

PENGARUH LINEARITAS DAN RESIPROSITAS mAs TERHADAP INTENSITAS RADIASI PADA PESAWAT SINAR-X MERK SAMSUNG

Ahmad Faesol, Yusron Adi Utomo

Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Email : yusronadi17@gmail.com

Abstract: This research is research quantitative with the approach observational to know the influence of linearity and reciprocity mAs to of the intensity of radiation on a plane x-rays owns the samsung in the radiology laboratory University of Aisyiyah Yogyakarta. Data analysis to the influence of linearity and reciprocity mAs to of the intensity of radiation uses the method densitometri with analysis on the outcome of a curve on the microsoft excel. The results of the study showed every the increase in mAs in a linear manner will increase output of the radiation intensity and density produced .While increase of the tube (mA) that it was offset to the decline in time exposure will produce the intensity and the constant density.

Keywords : linearity of mas, reciprocity of mas, intensitas radiasi

Abstrak: Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan observasional untuk mengetahui pengaruh Linearitas dan Resiprositas mAs terhadap Intensitas Radiasi pada Pesawat Sinar-X Merk Samsung di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Analisis data untuk pengaruh linearitas dan resiprositas mAs terhadap intensitas radiasi menggunakan metode densitometri dengan analisis pada hasil kurva menggunakan program Microsoft Excel. Hasil Penelitian menunjukkan setiap kenaikan mAs secara linier akan meningkatkan output intensitas radiasi dan densitas yang dihasilkan. Sedangkan kenaikan arus tabung (mA) yang diimbangi dengan penurunan waktu eksposi akan menghasilkan intensitas dan densitas yang konstan.

Kata kunci : linearitas mas, resiprositas mas, intensitas radiasi,

PENDAHULUAN

Radiasi merupakan pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas partikel atau gelombang elektromagnetik/cahaya (foton) dari sumber radiasi. Jenis radiasi secara garis besar digolongkan menjadi radiasi pengion dan radiasi non pengion. Radiasi pengion adalah jenis radiasi yang dapat menyebabkan proses ionisasi (terbentuknya ion positif dan ion negatif) apabila berinteraksi dengan materi. Yang termasuk dalam jenis radiasi pengion adalah partikel alpha, partikel beta, sinar gamma, sinar-x dan neutron, (BAPETEN, 2014).

Salah satu radiasi pengion yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran terutama diagnostik adalah Sinar-x. Sinar-X yang dipancarkan dari sistem pembangkit sinar-X merupakan pancaran foton dari interaksi elektron dengan inti atom di anoda. Pancaran foton tiap satuan luas disebut penyinaran atau exposure. Foton yang dihasilkan dari sistem pembangkit sinar-X dipancarkan ketika elektron menumbuk anoda. Beda tegangan antara katoda dan anoda menentukan besar energi sinar-X, juga mempengaruhi pancaran sinar-X. Dilihat dari spektrumnya sinar-X dibedakan menjadi 2 yaitu sinar-X kontinyu dan sinar-X karakteristik.

Interaksi dengan materi terjadi bila sinar-X ditembakkan pada suatu bahan. Sinar-X yang ditembakkan mempunyai energi yang lebih tinggi sehingga mampu mengeksitasi elektron-elektron dalam atom sasarannya.

Interaksi sinar-X dengan materi tergantung pada kualitas dan kuantitas yang dihasilkan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kuantitas atau kualitas

sinar-X adalah mili Ampere sekon atau arus dan waktu tabung. Ketetapan (reciprocity) dan kontinuitas (linearity) dari arus tabung dapat mempengaruhi keluaran atau intensitas radiasi yang dihasilkan. Kuantitas atau intensitas sinar-X yang dihasilkan dari sebuah pesawat sinar-X berpengaruh terhadap densitas film pada radiograf. Densitas tidak hanya dikatakan sebagai suatu derajat kehitaman yang terjadi pada film Rontgen, tetapi densitas merupakan perhitungan numerik (angka) yang dapat dihitung jika diketahui derajat cahaya insiden dan nilai cahaya transmisi yang melewati film (Bushong, 2011)

Program Studi DIII Teknik Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta merupakan salah satu instansi yang memiliki pesawat Sinar-X dengan modalitas *Digital Radiography* (DR) untuk menunjang praktikum laboratorium bagi para mahasiswa. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan peneliti di laboratorium tersebut, peneliti mendapati suatu perbedaan indeks exposure dan perbedaan kehitaman pada radiograf secara subyektif atau kualitatif ketika melakukan exposure dengan menggunakan phantom kepala dengan pengaturan variasi arus tabung (mA) berkelipatan dua dengan waktu penyinaran (s) tetap serta variasi arus tabung (mA) dan waktu (s) yang menghasilkan nilai mAs tetap. Perbedaan tersebut sangat berpengaruh terhadap hasil radiograf yang dimana ketajaman radiograf dan kontras radiograf.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh linearitas dan resiprositas mAs terhadap intensitas radiasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan observasional yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh Linearitas dan Resiprositas mAs terhadap Intensitas Radiasi. Pada penelitian ini pengaruh yang timbul adalah output atau intensitas radiasi yang dan densitas yang dihasilkan.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan pesawat sinar-X Merk Samsung Xgeo GF50 dan alat ukur survey meter Ray Safe. Analisis data untuk pengaruh linearitas dan resiprositas mAs terhadap intensitas radiasi menggunakan metode densitometri dengan analisis pada hasil kurva menggunakan program Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Linearitas mAs Terhadap Intensitas Radiasi dan Densitas Radiograf

Untuk mengetahui pengaruh linearitas mAs terhadap nilai intensitas radiasi dan densitas yang dihasilkan, dilakukan dengan cara melakukan pengukuran intensitas radiasi dengan variasi arus tabung (mA) dengan waktu (s) dan tegangan tabung (kVp) konstan atau tetap menggunakan digital survey meter Ray Safe dan densitometer. Pada penelitian ini menggunakan variasi arus tabung (mA) sebesar 50 mA, 100 mA, 200 mA dan 400 mA. Sedangkan waktu (s) yang digunakan tetap yaitu 0,1 s dan tegangan tabung yang digunakan adalah 70 kVp.

Setelah dilakukan pengukuran pengaruh linearitas mAs terhadap nilai

Intensitas radiasi pada pesawat siar-X merk Samsung di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta diperoleh hasil yang ditampilkan pada Tabel 1.

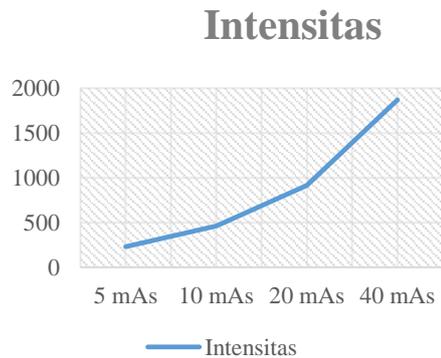
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Linearitas mAs terhadap Nilai Intensitas Radiasi

kVp	mA	S	Rata-Rata
70	50	0,1	230,7
70	100	0,1	461,8
70	200	0,1	916,9
70	400	0,1	1871,8

Berdasarkan Table 1 menunjukkan pada variasi tegangan tetap 70 kVp, arus 50 mA dan waktu 0,1 s menghasilkan Intensitas radiasi sebesar 230,8 μ Gy. Pada variasi arus 100 mA dan waktu 0,1 s menghasilkan intensitas radiasi sebesar 461,4 μ Gy. Pada variasi arus 200 mA dan waktu 0,1 s menghasilkan intensitas radiasi sebesar 914,2 μ Gy. Sedangkan pada variasi arus 400 mA dan waktu 0,1 s menghasilkan intensitas radiasi sebesar 1871,1 μ Gy.

Pada Tabel 1 menunjukkan setiap kenaikan variasi arus tabung dengan nilai waktu yang tetap mengakibatkan meningkatnya intensitas radiasi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pemaparan kurva pada Gambar 1.

Dari Grafik 1 terlihat bahwa intensitas radiasi yang dihasilkan semakin besar sebanding dengan bertambahnya nilai arus tabung. Pertambahan intensitas radiasi yang dihasilkan mendekati dua kali lipat dari keadaan semula, hal ini sesuai dengan pertambahan nilai arus tabung yang bertambah dua kali lipat dari keadaan semula.



Gambar 1. Hubungan antara Perubahan Arus Tabung dan Waktu dengan Intensitas Radiasi

Nilai mAs, secara langsung proporsional dengan intensitas sinar-X. Ketika mAs dinaikkan dua kali lipat, maka jumlah elektron yang ditembakkan ke target juga bertambah dua kali lipat, begitu juga dengan banyaknya emisi sinar-X juga naik dua kali lipat (Bushong, 2011)

Hal tersebut juga diperkuat oleh Willi A Kalender yang menyatakan bahwa pengaruh kenaikan nilai miliampere-second (mAs) yang berbeda yang akan mempengaruhi jumlah electron yang dihasilkan oleh filament. Semakin tinggi nilai miliampere maka akan semakin meningkatkan jumlah (intensitas) electron yang akan memproduksi sinar-x. Semakin tinggi konsentrasi electron maka akan semakin meningkatkan resolusi gambar (GE, 2003).

Percobaan yang dilakukan telah menghasilkan sejumlah data densitas yang dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik yang diperoleh merupakan grafik yang menggambarkan hubungan perubahan

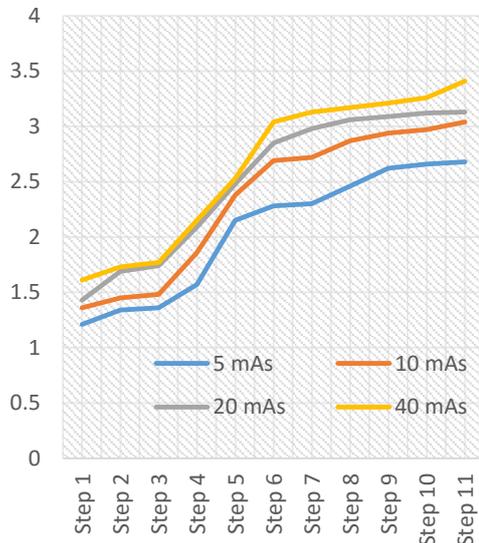
nilai arus tabung dengan nilai densitas yang dihasilkan. Pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan stepwedge dan alat pengukur densitas yaitu densitometer. Pengukuran dilakukan pada masing-masing step yang terdiri dari 11 step. Data tabel perubahan nilai arus tabung dengan densitas yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengukuran Pengaruh Linearitas mAs terhadap Densitas

No. Step	mAs			
	5 mAs	10 mAs	20 mAs	40 mAs
Step 1	1,21	1,36	1,43	1,61
Step 2	1,34	1,45	1,69	1,73
Step 3	1,36	1,48	1,74	1,77
Step 4	1,57	1,86	2,09	2,15
Step 5	2,15	2,38	2,48	2,53
Step 6	2,28	2,69	2,85	3,04
Step 7	2,3	2,72	2,98	3,13
Step 8	2,46	2,87	3,06	3,17
Step 9	2,62	2,94	3,09	3,21
Step 10	2,66	2,97	3,12	3,26
Step 11	2,68	3,04	3,13	3,41

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa densitas radiograf yang dihasilkan pada step 11 (70 kVp/5 mAs, 70 kVp/10 mAs, 70 kVp/20mAs, dan 70 kVp/40 mAs) memiliki nilai densitas paling besar dibandingkan dengan nilai sensitivitas pada step yang lainnya yaitu 2,68 (70 kVp/5 mAs); 3,04 (70 kVp/10 mAs); 3,13 (70 kVp/20mAs) dan 3,41 (70 kVp/40 mAs). Dari tabel diatas dapat diketahui kenaikan nilai arus tabung terhadap nilai densitas dari setiap nilai step 1 sampai dengan nilai step 11 memiliki hubungan yang sebanding, setiap kenaikan nilai arus tabung akan meningkatkan atau menaikkan nilai

densitas. Hal ini ditunjukkan oleh grafik hubungan kenaikan nilai arus tabung terhadap densitas yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara Perubahan Arus Tabung dan Waktu dengan Densitas

Pada data hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan setiap kenaikan nilai mAs (linearitas mAs) menyebabkan kenaikan pada nilai densitas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena kenaikan nilai mAs yang proporsional akan menyebabkan semakin banyak jumlah (intensitas) elektron yang terbentuk sehingga menghasilkan intensitas radiasi yang semakin besar pula yang ditransmisikan ke reseptor (film). Semakin banyak reseptor menerima distribusi radiasi maka akan meningkatkan nilai densitas yang dihasilkan pada film (Papp 2011).

Pengaruh Resiprositas mAs Terhadap Intensitas Radiasi dan Densitas Radiograf

Untuk mengetahui pengaruh resiprositas mAs terhadap nilai

intensitas radiasi dan densitas yang dihasilkan, dilakukan dengan cara melakukan pengukuran intensitas radiasi dengan variasi arus tabung (mA) dan waktu (s) sehingga menghasilkan nilai mAs yang konstan namun tegangan tabung (kVp) konstan atau tetap menggunakan digital survey meter Ray Safe dan densitometer. Pada penelitian ini menggunakan variasi arus tabung (mA) sebesar 50 mA, 100 mA, 200 mA dan 400 mA. Sedangkan waktu (s) yang digunakan sebesar 0,16 s; 0,08 s; 0,04 s; dan 0,02 s dan tegangan tabung yang digunakan adalah 70 kVp.

Pengukuran intensitas radiasi yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan digital survey meter Ray Safe dengan dilakukan eksposi sebanyak 3 kali pada masing masing faktor eksposi. Sedangkan pada pengukuran nilai densitas dilakukan dengan menggunakan film x-ray conventional dan stepwedge dan pengukuran densitas dilakukan dengan stepwedge pada masing masing step sebanyak tiga kali pengukuran.

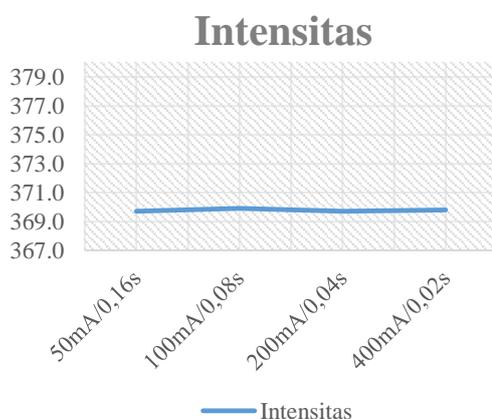
Setelah dilakukan pengukuran pengaruh resiprositas mAs terhadap nilai Intensitas radiasi pada pesawat siar-X mek Samsung Y diperoleh hasil pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengukuran Resiprositas mAs terhadap Nilai Intensitas Radiasi

kVp	mA	s	Rata-Rata
70	50	0,16	369,7
70	100	0,08	369,9
70	200	0,04	369,7
70	400	0,02	369,8

Pada data hasil penelitian yang ditampilkan Tabel 3 menunjukkan pada variasi tegangan tetap 70 kVp, arus 50 mA dan waktu 0,16 s menghasilkan Intensitas radiasi sebesar 369,7 μ Gy. Pada variasi arus 100 mA dan waktu 0,08 s menghasilkan intensitas radiasi sebesar 369,9 μ Gy. Pada variasi arus 200 mA dan waktu 0,04 s menghasilkan intensitas radiasi sebesar 369,7 μ Gy. Sedangkan pada variasi arus 400 mA dan waktu 0,02 s menghasilkan intensitas radiasi sebesar 369,8 μ Gy.

Pada data hasil penelitian yang ditampilkan Tabel 3 untuk menghasilkan nilai mAs yang sama dilakukan dengan melakukan variasi antara nilai mA dan s, yaitu dengan menaikkan dua kali nilai mA semula dan menurunkan 50% atau setengah dari waktu semula untuk menghasilkan nilai mAs yang konstan. Berdasarkan variasi tersebut hasil data diatas menunjukkan intensitas yang dihasilkan tidak jauh berbeda (mendekati sama) seperti yang ditunjukkan oleh grafik hubungan resiprositas mAs dengan intensitas radiasi berikut :



Gambar 3. Hubungan resiprositas mAs dengan Intensitas Radiasi

Pada gambar 3 menunjukan bahwa dengan variasi nilai mA dan s yang berubah untuk menghasilkan nilai mAs yang konstan menghasilkan intensitas radiasi yang sama. Dalam penelitian ini penulis menggunakan variasi mA dan s yang menghasilkan mAs yang konstan yaitu 8 mAs dan kVp yang konstan yaitu 70 kVp dan menghasilkan intensitas radiasi rata-rata sebesar 369,8 μ Gy.

Pada hasil data penelitian yang ditunjukkan tabel 3 dan gambar 3 menunjukkan tidak ada perbedaan intensitas radiasi yang signifikan pada perubahan nilai arus tabung dan waktu eksposi untuk menghasilkan nilai mAs yang konstan. Menurut Bushong (2011) mengemukakan bahwa kenaikan nilai arus tabung (mA) menjadi dua kali lipat akan menyebabkan penurunan waktu eksposi (s) menjadi 50% dari keadaan semula untuk dapat menghasilkan output atau intensitas radiasi yang sama.

Intensitas sinar-X sangat dipengaruhi oleh jumlah elektron persatuan waktu (s) dari katoda anoda yang mencapai atom target dan dinamakan kuat arus tabung (mA). Dengan kata lain intensitas sinar-X berbanding linier dengan derajat atau ketetapan nilai arus tabung (mA) dalam satuan waktu (s) (Meridith, 2003).

Percobaan yang dilakukan telah menghasilkan sejumlah data densitas yang dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik yang diperoleh merupakan grafik yang menggambarkan hubungan

resiprositas mAs dengan nilai densitas yang dihasilkan. Pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan stepwedge dan alat pengukur densitas yaitu densitometer. Pengukuran dilakukan pada masing-masing step yang terdiri dari 11 step dengan tiga kali pengulangan.

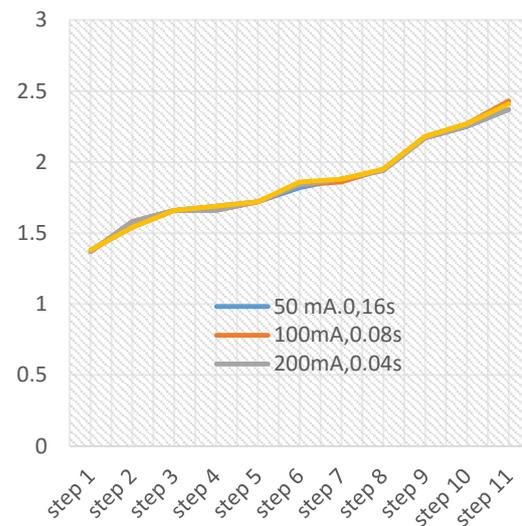
Data pengaruh resiprositas mAs dengan densitas yang dihasilkan, ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengukuran Pengaruh Resiprositas mAs terhadap Densitas

No Step	Resiprositas mAs			
	50 mA/ 0,16s	100mA/ 0,08s	200mA / 0,04s	400mA / 0,02s
step 1	1,38	1,37	1,37	1,38
step 2	1,54	1,58	1,58	1,54
step 3	1,66	1,66	1,66	1,66
step 4	1,69	1,66	1,66	1,69
step 5	1,72	1,72	1,72	1,72
step 6	1,82	1,84	1,84	1,86
step 7	1,88	1,86	1,88	1,88
step 8	1,94	1,95	1,94	1,95
step 9	2,17	2,18	2,17	2,18
step 10	2,25	2,27	2,25	2,27
step 11	2,37	2,43	2,37	2,41

Pada hasil penelitian yang ditunjukkan Tabel 4 menunjukkan bahwa densitas radiograf yang dihasilkan pada step 11 (50 mA/0,16 s; 100mA/0,08s; dan 200mA/0,04s; 400mA/0,02s) memiliki nilai densitas paling besar dibandingkan dengan nilai ensitas pada step yang lainnya yaitu 2,37 (50 mA/0,16 s); 2,43 (100mA/0,08s); 2,37 (200mA/0,04s) dan 2,41 (400mA/0,02s). Pada Tabel 4 dapat diketahui perubahan nilai mA dan s untuk menghasilkan nilai mAs yang konstan terhadap nilai densitas dari setiap nilai step 1 sampai dengan

nilai step 11 menghasilkan nilai densitas yang sama. Hal ini ditunjukkan oleh grafik hubungan kenaikan nilai arus tabung terhadap densitas seperti Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Resiprositas terhadap Nilai Densitas

Besarnya arus tabung dan waktu ekspose merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan densitas pada film dengan semua variabel yang lain tetap (Carrol, 2000). Kuantitas dari sinar-X yang diterima oleh radiograf menyebabkan timbulnya rentang atau range densitas yang berbeda-beda pada radiograf (Wilk, 2000)

Densitas tidak hanya dikatakan sebagai suatu derajat kehitaman yang terjadi pada film Rontgen, tetapi densitas merupakan perhitungan numerik (angka) yang dapat dihitung jika diketahui derajat cahaya insiden dan nilai cahaya transmisi yang melewati film (Bushong, 2011)

Pada hasil penelitian yang ditunjukkan tabel 6 dan grafik 4

menunjukkan tidak ada perbedaan rentang densitas yang signifikan dari setiap step pada masing-masing pengaturan resiprositas mAs. Hal ini terjadi karena setiap kenaikan nilai mAs akan menyebabkan penurunan nilai waktu penyinaran untuk menghasilkan nilai output yang konstan sehingga intensitas output radiasi yang terdistribusi menuju film akan memiliki nilai yang sama.

Hubungan antara arus tabung dan waktu eksposur (mAs) terhadap densitas, oleh karena itu apabila terjadi peningkatan terhadap nilai arus tabung menjadi dua kali mA semua, maka dilakukan penurunan waktu eksposur menjadi setengahnya untuk menghasilkan nilai densitas yang sama (Carrol, 2000).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa kenaikan dua kali nilai linearitas mAs menyebabkan meningkatnya nilai output intensitas radiasi yang dihasilkan menjadi dua kali nilai semula dan meningkatkan nilai densitas. Kenaikan nilai mAs yang diimbangi penurunan waktu eksposur (resiprositas mAs) untuk menghasilkan nilai mAs yang sama menghasilkan output intensitas radiasi dan densitas yang sama dengan nilai semula.

Saran

Perlu diperhatikan pemilihan faktor eksposur yang tepat untuk menghasilkan output intensitas radiasi untuk menghasilkan citra yang optimal dengan dengan penerimaan dosis yang seminimal mungkin.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), "Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN No. 15 Tahun 2014 tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar-x Radiologi Diagnostik dan Intervensional", Jakarta, 2014.
- Bushong, Stewart C. 2011, Radiologic Science For Technologists, fourth
- Carrol, B. Q. 2000. Radiographic Exposure, Processing and Quality Control. USA: Charles C. Thomas
- Meridith, WJ, Massey JB, 2003, Fundamental Physics of Radiology, John Wriqh & Son, Bristol
- Papp, Jeffrey. 2011, Quality Management in The Imaging Sciences, Fifth Edition. Elsevier, Mosby.
- Wilks J. Robin, BSc. PHd., 2000, Principles of Radiological Physics, 3th Edition, Melbourne and New York Churcill Livingston