

## Penentuan *Entrance Skin Exposure* (ESE) pada Pesawat Mammografi Mammomat 1000 dengan Filter *Molybdenum* (Mo) dan *Rhodium* (Rh)

Fitri Susanti, <sup>1</sup>Choirul Anam, Evi Setiawati

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah

Email : [lanam@fisika.undip.ac.id](mailto:lanam@fisika.undip.ac.id)

---

### ABSTRACT

Mammography is a radiographic examination to detect breast cancer earlier. However, the usage of radiation with low kVp can cause high dose and this becomes the reason why monitoring the dosage during the mammography process is an important thing to do. One of the techniques to monitor the radiation level is done based on the Entrance Skin Exposure (ESE) value. This research was aimed to determine the ESE value using molybdenum (Mo) and rhodium (Rh) as the filter at Mammomat 1000 mammographics system. The research was started by measuring the consistency of the X-ray tube voltage (kVp). After that, the ESE value at the target/filter Mo/Mo and Mo/Rh was measured using a Barracuda Multi Purpose Detector (MPD). The tube voltage during the research was 26, 28, and 30 kVp with fixed electrical current-time 100 mAs. The result shows that ESE value resulted at the target/filter Mo/Mo and Mo/Rh is tolerable, except at tube voltage 30 kVp with target/filter Mo/Mo. The comparison of ESE value shows that Mo/Rh has lower ESE value than Mo/Mo.

*Keywords: Entrance Skin Exposure (ESE), mammography, Barracuda Multi Purpose Detector (MPD)*

### ABSTRAK

Pemeriksaan mammografi merupakan tindakan efektif dalam mendeteksi adanya kanker payudara sejak dini. Namun demikian, penggunaan teknik radiasi dengan kVp rendah pada mammografi dapat menyebabkan dosis tinggi. Oleh karena itu, pemantauan dosis pada pemeriksaan mammografi sangat penting dilakukan. Salah satu teknik pemantauan dosis radiasi dapat dilakukan dengan nilai *Entrance Skin Exposure* (ESE). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai ESE dengan filter *molybdenum* (Mo) dan *rhodium* (Rh) pada pesawat mammografi Mammomat 1000. Penelitian diawali dengan pengukuran konsistensi keluaran tegangan tabung sinar-X (kVp *output*). Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai ESE pada target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh dengan menggunakan *Multi Purpose Detector* (MPD) merek Barracuda. Tegangan tabung yang digunakan dalam penelitian yaitu 26, 28 dan 30 kVp dengan arus-waktu tabung tetap yaitu 100 mAs. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ESE yang dihasilkan pada target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh masih berada dalam batas toleransi yang direkomendasikan, kecuali pada tegangan tabung 30 kVp untuk Mo/Mo. Hasil perbandingan nilai ESE menunjukkan bahwa Mo/Rh memiliki nilai ESE yang lebih rendah dibandingkan dengan Mo/Mo.

*Kata kunci : Entrance Skin Exposure (ESE), mammografi, Multi Purpose Detector (MPD) Barracuda.*

### PENDAHULUAN

Pesawat mammografi merupakan peralatan untuk pemeriksaan radiografi yang secara khusus digunakan untuk mendeteksi patologi payudara [1]. Pesawat mammografi memiliki desain khusus sehingga dapat membedakan tumor dengan jaringan lunak lainnya, dan menghasilkan dosis radiasi yang relatif rendah. Sebab, penggunaan radiasi yang berlebihan pada jaringan mammae dapat menyebabkan terjadinya resiko kanker.

Perbedaan atenuasi sinar-X oleh tumor dengan jaringan lunak pada mammae terjadi foton dengan energi rendah (di bawah 35 kV) [1]. Perbedaan atenuasi yang tinggi menyebabkan kontras radiografi juga tinggi [2]. Namun penggunaan teknik radiasi dengan kVp yang terlalu rendah, menyebabkan dosis radiasi terserap oleh jaringan mammae juga tinggi. Karena itu diperlukan pemilihan energi radiasi yang tepat agar diperoleh citra yang baik untuk menegakkan diagnosis, dengan dosis yang masih berada pada batas yang diijinkan. Untuk itu,

pesawat mammografi dirancang dengan menggunakan tegangan yang relatif rendah yaitu antara 25-30 kVp dan dengan menggunakan target dan filter khusus.

Bahan filter yang dapat digunakan dalam pesawat mammografi yaitu *molybdenum* (Mo), *rhodium* (Ro) dan *tungsten* (W) tergantung pada anoda yang digunakan. Untuk anoda dengan bahan Mo, bahan filter yang dapat digunakan yaitu Mo atau Rh. Jika anoda terbuat dari Rh, harus dikombinasikan dengan filter Rh [3]. Berdasarkan penelitian Budiwati dkk (2011), tentang simulasi pengaruh kombinasi target/filter terhadap spektrum sinar-X pada tabung pesawat mammografi dengan program EGSnrc, menunjukkan bahwa kombinasi target/filter yang dapat digunakan untuk pemeriksaan mammografi yaitu kombinasi Mo/Mo, Mo/Rh dan Rh/Rh. Kombinasi Rh/Mo tidak dapat digunakan karena filter Mo terlalu banyak mengatenuasi energi sinar-X karakteristik [4].

Adanya resiko tinggi dari penerimaan dosis radiasi sinar-X pada mammografi, menjadikan pemantauan terhadap penerimaan dosis radiasi harus dilakukan. Salah satu teknik pemantauan dosis radiasi sinar-X yang diterima dalam pemeriksaan mammografi dapat dinilai dengan *Entrance Skin Exposure* (ESE). Dari nilai ESE ini dapat digunakan untuk mengestimasi dosis pada jaringan yang paling sensitif, yaitu glandular. Yubhar dkk (2007) dari penelitian yang dilakukan pada pesawat mammografi merk Mammomat Balance Siemens AG, menunjukkan nilai ESE dari 49 pasien yang diukur menggunakan *Thermoluminescence Dosimeter* (TLD) dengan nilai rata-rata 7,6 ( $\pm$  3,9) mGy menghasilkan nilai *Mean Glandular Dose* (MGD) rata-rata 1,818 ( $\pm$  0,615) mGy [5]. Namun, setiap pesawat mammografi memiliki nilai ESE yang unik, sehingga setiap pesawat perlu dilakukan pengukuran nilai ESE ini.

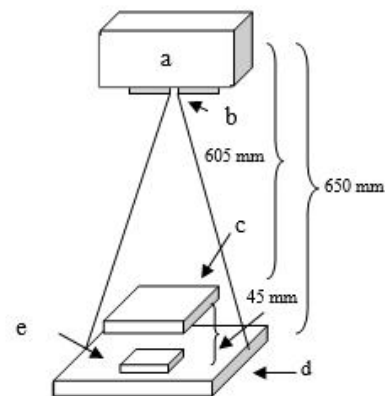
Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai ESE pesawat mammografi Mammomat 1000 dengan menggunakan detektor MPD merk Barracuda. Target dan filter yang digunakan pada studi ini adalah Mo/Mo dan Mo/Rh.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran secara langsung terhadap nilai ESE pada pesawat mammografi Mammomat 1000 yang terinstal di

Rumah Sakit Kersaras, Semarang. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Multi Purpose Detector* (MPD) merk Barracuda, keluaran RTI Electronics, Swedia [6]. MPD ini dihubungkan dengan electrometer untuk pengolahan data. Hasil olahan ditransfer melalui *bluetooth* ke PDA *handheld* untuk pembacaan dosis. Karena MPD ini detektor universal yang dapat digunakan untuk mengukur dosis pada banyak modalitas radiologi yang lain, maka sebelum digunakan untuk mammografi, harus diset terlebih dahulu untuk keperluan mammografi. Jenis target dan filter yang digunakan pada pesawat mammografi yang akan diukur juga harus diset pada MPD ini. Dalam penelitian ini digunakan target Mo dengan filter Mo dan Rh.

Teknik pengukuran dilakukan dengan mengatur luas lapangan sebesar 24x30 cm<sup>2</sup> dan jarak dari *focal spot* ke *breast support* 650 mm. MPD diletakkan di atas *breast support*. Posisi sensitif detektor berada pada jarak 6,3 mm dari bagian bawah MPD. Jadi jarak dari *focal spot* ke posisi sensitif detektor 643,7 mm, atau dibulatkan menjadi 644 mm. ESE sendiri menurut protokol harus diukur pada jarak 45 mm di atas *breast support*. Maka bacaan dosis MPD harus ditransformasi dari jarak 644 mm (SSD) ke jarak 605 mm (SSD norm). Sistem transformasi dosis di MPD ini dari SSD ke SSD norm dilakukan secara otomatis, menggunakan persamaan *inverse square law*. Pengukuran dilakukan tanpa menggunakan fantom. Skema pengukuran nilai ESE ditunjukkan oleh gambar 1.



**Gambar 1.** Skema pengukuran ESE, a adalah tabung sinar-X, b adalah kolimator, c adalah plat kompresi, d adalah meja reseptor, e adalah MPD.

Penelitian diawali dengan pengukuran konsistensi keluaran tegangan tabung sinar-X

(kVp output) untuk menilai performa pesawat sinar-X mammografi yang akan digunakan. Tegangan tabung yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 26, 28 dan 30 kVp dengan arus-waktu tabung tetap yaitu 100 mAs. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan nilai yang telah direkomendasikan yaitu batas toleransi konsistensi keluaran tegangan tabung  $\pm 5\%$  [7] dan nilai ESE  $\leq 12$  mGy [8].

**HASIL**

Hasil pengukuran konsistensi tegangan tabung pada target/filter Mo/Mo dapat dilihat pada tabel 1 dan Mo/Rh pada tabel 2.

**Tabel 1.** Konsistensi tegangan tabung pada target/filter Mo/Mo

Tegangan Tabung (kVp)		Konsistensi	Standar Deviasi
Setting	Output		
26	25,64	-1,38%	0,015
28	27,63	-1,32%	0,015
30	29,82	-0,60%	0,036

**Tabel 2.** Konsistensi tegangan tabung pada target/filter Mo/Rh

Tegangan Tabung (kVp)		Konsistensi	Standar Deviasi
Setting	Output		
26	26,22	0,85%	0,084
28	27,98	-0,07%	0,007
30	29,67	-1,10%	0,054

Dari tabel 1 dan 2 tampak bahwa konsistensi tegangan tabung pada target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh masih berada dalam batas toleransi yang direkomendasikan yaitu  $\pm 5\%$  [6]. Artinya tegangan yang diset dengan tegangan yang dihasilkan masih dikatakan konsisten. Pada nilai tegangan ini, nantinya akan ditentukan nilai ESE. Sedangkan hasil pengukuran nilai ESE pada target/filter Mo/Mo ditunjukkan oleh tabel 3 dan secara grafis ditunjukkan oleh Gambar 2.

**Tabel 3.** Nilai ESE pada target/filter Mo/Mo

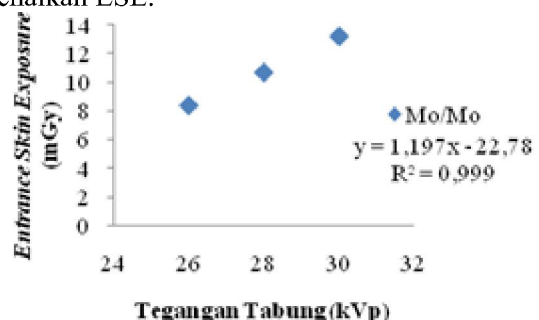
kVp	mAs	ESE (mGy)
-----	-----	-----------

26	100	8,389
28	100	10,683
30	100	13,180

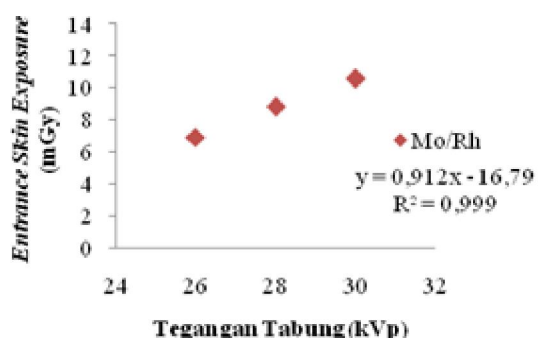
**Tabel 4.** Nilai ESE pada target/filter Mo/Rh

kVp	mAs	ESE (mGy)
26	100	6,914
28	100	8,775
30	100	10,563

Dari tabel 3 dapat diketahui besarnya nilai ESE meningkat sebanding dengan kenaikan tegangan tabung sinar-X. Hal ini terjadi karena besarnya intensitas sinar-X berbanding lurus dengan kuadrat tegangan tabung yang digunakan. Dengan demikian, setiap kenaikan nilai tegangan tabung dengan arus-waktu konstan, hal ini akan meningkatkan nilai intensitas radiasi [2], dan kenaikan intensitas radiasi akan berdampak pada kenaikan ESE.



**Gambar 2.** Grafik nilai ESE dengan variasi tegangan tabung pada target/filter Mo/Mo

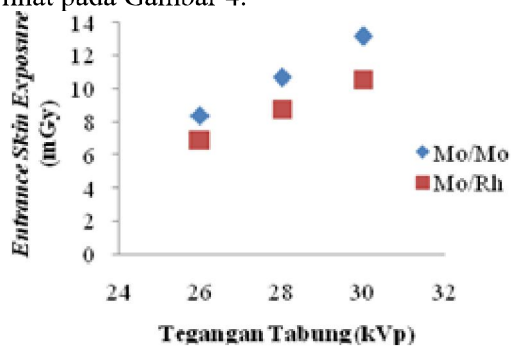


**Gambar 3.** Grafik nilai ESE dengan variasi tegangan tabung pada target/filter Mo/Rh

Gambar 2 menunjukkan besarnya nilai ESE berbanding lurus dengan tegangan tabung yang digunakan. Dengan demikian, dapat dilihat

bahwa kenaikan nilai tegangan tabung akan sangat berpengaruh terhadap kenaikan nilai ESE walaupun tanpa menaikkan nilai arus tabung-waktu (mAs). Sedangkan besarnya nilai ESE pada target/filter Mo/Rh dapat dilihat pada tabel 4 dan secara grafis ditampilkan pada Gambar 3. Dari tabel 4 dapat diketahui besarnya nilai ESE pada filter Rh juga meningkat sebanding dengan meningkatnya tegangan tabung sinar-X yang digunakan.

Selanjutnya dilakukan perbandingan nilai ESE pada target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh, seperti terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik nilai ESE dengan variasi tegangan tabung pada target/filter Mo/Mo dan Mo/Rh

Dari gambar 4, tampak bahwa pada penggunaan faktor eksposi dan target yang sama, filter Rh menghasilkan nilai ESE yang lebih rendah dibandingkan filter Mo.

### PEMBAHASAN

Berdasarkan nilai yang telah direkomendasikan, besarnya nilai ESE yang dapat diterima pada pemeriksaan mammografi yaitu tidak melebihi 12 mGy [7]. Berdasarkan hasil pengukuran, besarnya nilai ESE pada target/filter Mo/Mo untuk nilai tegangan tabung 26 dan 28 kVp masih berada dalam batas toleransi. Akan tetapi pada penggunaan tegangan tabung 30 kVp nilai ESE yang diterima yaitu 13,180 mGy. Dengan demikian, nilai ini telah melebihi batas toleransi yang direkomendasikan. Karena itu disarankan tidak menggunakan pesawat dengan faktor eksposi ini. Seandainya tetap digunakan tegangan tabung 30 kVp, maka arus-waktu harus diturunkan, sehingga ESE juga menurun.

Sedangkan besarnya nilai ESE pada target/filter Mo/Rh dengan variasi tegangan tabung masing-masing masih dalam batas toleransi yang

direkomendasikan yaitu kurang dari 12 mGy. Perbandingan nilai ESE pada target/filter Mo/Rh dengan variasi tegangan tabung menunjukkan nilai prosentase sebesar 21,33%; 21,74% dan 24,78% lebih rendah dari target/filter Mo/Mo.

Perbedaan nilai ESE yang lebih rendah pada target/filter Mo/Rh dibandingkan Mo/Mo hal ini terjadi karena perbedaan intensitas sinar-X yang dihasilkan. Perbedaan nomor atom bahan yang berbeda akan menyebabkan interaksi elektron yang juga berbeda. Nomor atom yang berbeda pada *molybdenum* (nomor atom 42) dan *rhodium* (nomor atom 45) menyebabkan penyerapan sinar-X yang berbeda pada bahan. Selain itu, perbedaan hasil interaksi antara target dan jenis filter yang digunakan juga dipengaruhi oleh distribusi spektrum ataupun rentang energi dari masing-masing jenis bahan. Kemampuan bahan untuk menyerap sinar-X dipengaruhi oleh perbedaan koefisien atenuasi bahan yang akan berpengaruh terhadap energi sinar-X yang dihasilkan. Semakin besar energi sinar-X yang dihasilkan maka atenuasinya semakin menurun.

Sinar-X yang mengalami filtrasi akan menjadi cenderung monoenergetik. Untuk mengurangi dosis pasien, filter harus menghilangkan semua energi sinar-X yang berada dibawah energi tertentu, namun harus disesuaikan dengan jenis pemeriksaan. Dengan adanya perbedaan jenis bahan yang menyebabkan perbedaan antenuasi dan energi sinar-X yang dihasilkan, hal ini menyebabkan filter Rh dapat memotong lebih banyak sinar-X dengan energi rendah dibandingkan filter Mo [3]. Dengan demikian, filter Rh dapat menghasilkan sinar-X dengan energi efektif yang lebih tinggi filter Mo. Dengan demikian target Mo dan filter Rh sangat cocok digunakan untuk mammae yang relatif tebal, karena energi efektifnya yang relatif tinggi dan dosis ESE yang relatif lebih rendah.

### KESIMPULAN

1. Nilai ESE dengan target/filter Mo/Mo pada tegangan tabung 26 dan 28 kVp pada 100 mAs masih dalam batas toleransi yang ditetapkan yaitu  $\leq 12$  mGy, sedangkan pada tegangan tabung 30 kVp nilai ESE telah melebihi batas toleransi yang ditetapkan.
2. Nilai ESE dengan target/filter Mo/Rh pada tegangan tabung 26, 28 dan 30 kVp pada 100

mAs masih dalam batas toleransi yang ditetapkan.

3. Nilai ESE yang dihasilkan pada target/filter Mo/Rh memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan target/filter Mo/Mo.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bushberg J.T., Siebert J.A., Leidholdt E.M., dan Boone J.M., 2002, *The Essential Physics of Medical Imaging (Second Edition)*, Baltimore : William and Wilkins.
- [2] Carlton R.R. and Adler A.M., 2001, *Principles of Radiographic Imaging An Art and Science (Third Edition)*, Thomson Learning : USA.
- [3] Bushong S.C., 2001, *Radiologic Science for Technologists Physics Biology and Protection (Seven Edition)*, Mosby Year Book Inc : Saint Louis.
- [4] Budiwati T., Anam C., Setiawati E., 2011, *Simulasi Pengaruh Kombinasi Target-Filter Tambahan Terhadap Spektrum Sinar-X pada Tabung Pesawat Mammografi dengan Program EGSnrc*, Jurnal Sains dan Matematika Undip : Semarang.
- [5] Yubhar Y., Adi R.W., Pawiro S.A., Kardinah, 2007, *Evaluasi Dosis Glandular pada Pemeriksaan Mammografi*, Badan Pengawas Tenaga Nuklir : Jakarta.
- [6] RTI Electronics, 2005, *How to measure ESAK and average glandular dose correctly with a Barracuda MPD or ionization chamber*, RTI Electronics AB, Sweden
- [7] Jeffrey P., 2006, *Quality Management in The Imaging Science*, Mosby Year Book Inc : Saint Louis.
- [8] Nassivera E. and Nardin L., 1997, *Quality Control Programme in Mammography (Second Level Quality Control)*, The British Journal of Radiology.