

Pengoptimuman Parameter Dedahan dalam Mamografi Digital Medan Penuh Menggunakan Rajah Merit (Optimization of Exposure Parameters in Full Field Digital Mammography using Figure of Merit)

LAILA SURYANI ELIAS*, ENG MAY LIN, ANG WEE CHIN, ABD AZIZ TAJUDDIN, SHANTINI A. ARASARATNAM, SURAYA AZIZ, KHAIRUL OSMAN & KANAGA KUMARI CHELLIAH

ABSTRAK

Mamografi digunakan sebagai alat penskrinan dalam pengesanan awal kanser payudara. Walau bagaimanapun, dos radiasi yang digunakan perlulah serendah mungkin bagi meminimumkan sebarang kesan pada wanita asimptomatik di samping mengekalkan kualiti imej bernilai diagnostik memandangkan ia digunakan setiap tahun. Kajian ini dijalankan bagi menentukan parameter dedahan optimum dalam kawalan dedahan automatik (AEC) untuk dua kombinasi anod/penuras iaitu molibdenum/molibdenum (Mo/Mo) dan molibdenum/rhodium (Mo/Rh) menggunakan sistem mamografi digital Lorad Selenia di Klinik Payudara Wanita, Pusat Kebangsaan Kanser Malaysia (NCS). Satu fantom kajian mamografi CIRS012A berketebalan 4 cm dengan 50% kandungan tisu glandular didedahkan pada projeksi kranio-kaudal (cc). TLD 100H telah digunakan untuk mengukur kerma udara kemasukan permukaan (ESAK). Nilai AGD ditentukan daripada nilai ESAK, melibatkan tiga faktor pembetulan (*g*, *c* and *s*) mengikut protokol Euref. Kualiti imej pula dinilai menggunakan nisbah isyarat kepada hingar (SNR) yang diperolehi dari sistem terbabit. Rajah merit (FOM) iaitu nisbah kuasa dua SNR kepada AGD menunjukkan 30 kVp adalah parameter dedahan optimum untuk fantom berketebalan 4 cm menggunakan kombinasi anod/penuras Mo/Rh dan Mo/Mo. Ujian korelasi Spearman tak parametrik menunjukkan hubungan linear negatif antara AGD dan SNR dengan peningkatan nilai voltan tiub untuk kedua-dua kombinasi anod/penuras.

Kata kunci: Dedahan; dos glandular purata; fantom CIRS012A; mamografi digital medan penuh

ABSTRACT

Mammography is used as a screening tool for early detection of breast cancer. However, the radiation dose used should be as low as possible to minimize any effects on asymptomatic woman while maintaining the diagnostic value of the image as mammography is done annually. This study was done to determine the optimum exposure parameter in exposure control mode (AEC) for two combinations of anode/filter which were molybdenum/molybdenum (Mo/Mo) and molybdenum/rhodium (Mo/Rh) using the Lorad Selenia digital mammography system at the Women's Breast Clinic, National Cancer Society (NCS). A CIRS012A mammography research of phantom 4 cm thickness with 50% glandularity was exposed in the cranio-caudal projection. TLD 100H was used to measure the entrance surface air kerma (ESAK). The AGD values were then calculated from the ESAK values, incorporating three correction factors (*g*, *c* and *s*) according to Euref protocol. Image quality was evaluated using signal to noise ratio (SNR). Figure of Merit (FOM) which is the ratio of the square of SNR to the AGD shows that 30 kVp is the optimum exposure parameter for a 4 cm thickness phantom with the use of Mo/Rh and Mo/Mo anode/filter combination. Non-parametric Spearman correlation test showed a negative linear relationship between AGD and SNR with increasing tube voltage for both anode/filters.

Keywords: Average glandular dose; CIRS012A phantom; exposure; full field digital mammography

PENGENALAN

Penskrinan mamografi adalah prosedur pengimejan payudara yang menggunakan sinar-X bertenaga rendah untuk pengesanan awal kanser payudara. Prosedur ini dilakukan untuk mengesan keabnormalan payudara sebelum dapat dikesan secara fizikal. Penskrinan mamografi ini dipercayai dapat mengurangkan kadar kematian wanita akibat kanser payudara (Kerlikowske et al. 1995; Letton et al. 1996). Di Amerika Syarikat, Eropah dan juga Malaysia, penyaringan mamografi terhadap wanita berumur 40 tahun ke atas disarankan dilakukan setiap tahun

(Lee 2002). Saranan tersebut dikhuatiri membahayakan manusia dengan kesan dos sinaran kumulatif. Oleh sebab itu, pengoptimuman dos radiasi dan kualiti imej adalah sangat penting dalam mamografi.

US Food and Drug Administration (FDA) telah meluluskan pengeluaran sistem mamografi digital medan penuh (FFDM) pada tahun 2000. Namun, sistem ini hanya berjaya menembusi pasaran di Malaysia pada tahun 2005. Kajian dijalankan untuk menguji keberkesanan sistem ini sebagai pengganti sistem mamografi skrin filem (SFM) yang kurang efektif kepada payudara wanita berketumpatan

tinggi (Burell et al. 1996; Gram et al. 1997; Tabar & Dean 1982). Sistem FFDM tersebut menggunakan pengesanan penukaran digital secara langsung bersama plat pengesanan fotokondutor. Sinar-X yang terserap ditukar kepada isyarat elektronik untuk disimpan dalam suatu kawasan transistor filem nipis dan disusun dalam data simpanan pembaca. Fotokondutor amorfus selenium merupakan teknologi pengesanan digital yang terancang dalam unit mamografi digital (Radiology Info 2007). Di samping itu, sistem ini turut dilengkapi dengan kawalan dedahan automatik (AEC) yang mengawal faktor dedahan mengikut struktur payudara.

Terdapat pelbagai istilah digunakan bagi menakrifkan kuantiti dos sinaran ke atas payudara. Di Eropah, kuantiti dos sinaran ini digelar sebagai *Average Glandular Dose* (AGD) manakala di USA dikenali sebagai *Mean Glandular Dose* (MGD). Untuk mendapatkan nilai dos ini, parameter seperti Lapisan Nilai Setengah (HVL) dan *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK) perlu diukur (Ng et al. 2006). Panggilan ESAK sering digunakan di Eropah manakala *Entrance Skin Exposure* (ESE) digunakan di Amerika Syarikat. Mengikut kajian ini, pengiraan dos radiasi dilakukan menggunakan protokol *Euref* daripada *European Union* (EU) iaitu:

$$AGD = ESAK \cdot g \cdot c \cdot s \quad (1)$$

Faktor g adalah faktor penukaran ESAK kepada AGD. Faktor c pula adalah faktor pembetulan mengikut komposisi payudara. Nilai c bergantung kepada komposisi tisu kelenjar, kualiti sinaran serta ketebalan payudara (Aichinger et al. 2004). Kombinasi anod/penuras pula diperbetulkan dengan faktor s (Dance et al. 2000; Hemdal et al. 2005). Pemilihan protokol ini adalah berdasarkan ciri-ciri pengiraannya yang melibatkan penggunaan anod/penuras dan kandungan komposisi payudara.

Seterusnya, kualiti imej boleh dinilai dengan nisbah isyarat kepada hingar (SNR) daripada nilai purata piksel yang didapati daripada kawasan yang diminati (ROI). Pengoptimuman dos radiasi dan kualiti imej diukur menggunakan rajah merit (FOM) pada setiap parameter dedahan. FOM atau juga dikenali sebagai rajah imej-kualiti (IQF) dinilai dari nisbah kuasa dua SNR kepada dos sinaran (Aichinger et al. 2004).

Sehubungan itu, kajian ini dijalankan untuk mengoptimumkan dos sinaran dan kualiti imej ke atas payudara dengan voltan tiub yang berbeza pada dua kombinasi anod/penuras serta menentukan parameter dedahan optimum. Parameter dedahan yang optimum boleh dijadikan sebagai garis panduan kepada radiografer semasa melakukan prosedur mamografi.

BAHAN DAN KAEDAH

Kajian ini dilakukan dengan menggunakan sistem mamografi Lorad Selenia (Hologic Inc.) selama empat bulan di Klinik Payudara Wanita, Pusat Kebangsaan Kanser Malaysia. Sistem Lorad Selenia menggunakan pengesanan selenium

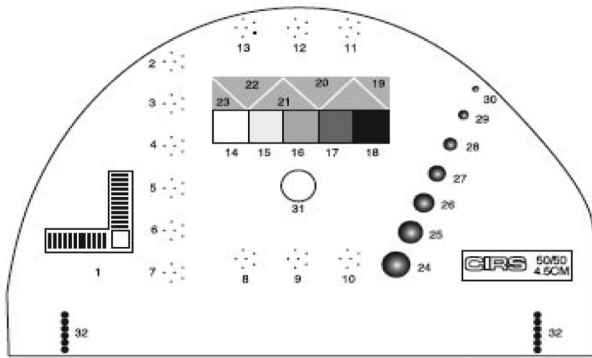
amorfus (a-Se) bagi menukar bim sinar-X terus kepada isyarat elektronik tanpa penukaran kepada cahaya. Sistem perolehan imej mamografi digital ini terdiri daripada komputer dan dual monitor yang berkualiti tinggi untuk bidang diagnostik berjenama Dell, Barco dengan 5 mega piksel dan 1024 nilai sebenar bentuk kelabu monitor membenarkan pemaparan imej pada resolusi penuh.

Sebanyak 40 cip dosimeter termopendarcahaya jenis LiF:Mg,Cu,P (TLD 100H) telah digunakan untuk pengukuran ESAK. Kesemua TLD 100H dipastikan berada dalam julat 15% sensitiviti relatif bagi memastikan sensitiviti cip berada dalam keadaan yang baik dan sesuai digunakan dalam kajian. TLD 100H ini dipilih dalam kajian pengimejan diagnostik kerana ianya lebih sensitif berbanding LiF:Mg,Cu (TLD-100). Julat pengesanan radiasi adalah lebih besar iaitu daripada 1 μ Gy hingga 20 Gy. Proses sepuh lindap dilakukan dengan menggunakan ketuhar (Radiology R & D 3121 Thermolyne 47900, Barnstead/Thermolyne Corp.) pada suhu 150°C selama satu jam. Pembacaan TLD-100H pula dibuat dengan menggunakan pembaca TLD (Harshaw 3500, ThermoElectron Corp.).

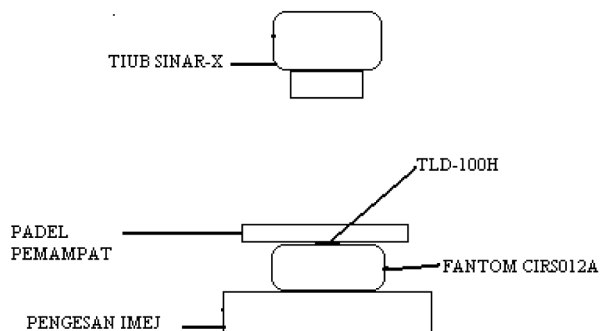
Sepanjang kajian ini, TLD 100H disimpan pada suhu rendah dan dibalut dengan kertas aluminium. Keadaan ini perlu untuk mengurangkan radiasi latar belakang yang boleh memberi kesan terhadap bacaan TLD 100H yang sebenar selain merosakkan TLD 100H pada jangka masa panjang. Semasa dedahan dijalankan, tiga cip TLD 100H diasingkan sebagai kawalan. Hasil purata bacaan cip TLD 100H ini dicatatkan sebagai bacaan latar belakang. Hasil bacaan setiap TLD 100H ditolak kembali dengan bacaan latar belakang tersebut untuk mendapatkan nilai ESAK sebenar.

Fantom payudara yang digunakan untuk kajian ini adalah set fantom mamografi model CIRS012A (Computerized Imaging Reference Systems Inc.) yang menyerupai bentuk payudara sebenar yang telah mampat. Fantom CIRS012A ini telah dikomersilkan hasil kajian Hammerstein et al. (1979) oleh Computerized Imaging Reference System, Inc. Fantom 4 cm dengan kandungan tisu lemak dan tisu kelenjar 50% digunakan seperti ditunjukkan pada Rajah 1. Fantom CIRS012A diletakkan di atas permukaan reseptor imej dan satu cip TLD 100H diletakkan pada titik tengah rujukan fantom. Fantom payudara ini diposisikan pada kedudukan kranio-kaudal seperti pada Rajah 2. Pemampat kemudiannya diturunkan sehingga menyentuh permukaan dosimeter TLD 100H. Dedahan dilakukan pada tiub voltan 26 kVp dan kombinasi Mo/Mo dengan titik fokus besar. Dedahan yang sama diulangi sebanyak tiga kali dengan menggunakan tiga TLD 100H.

Parameter dedahan ditukar kepada 28 kVp dan 30 kVp pada penuras Mo manakala 28 kVp hingga 32 kVp pada penuras Rh. Seterusnya, bacaan lapisan nilai setengah (HVL) pada sistem FFDM ini diukur dengan menggunakan kebuk pengionan (Radcal 9010, Radcal Corp.) pada setiap parameter dedahan. Nilai HVL diukur untuk memilih faktor penukaran g dan c , dan seterusnya melengkapkan Persamaan (1).



RAJAH 1. Rajah skematik fantom mamografi model CIRS012A



RAJAH 2. Kedudukan fantom CIRS012A semasa kajian dijalankan

Oleh sebab nilai purata piksel pada kawasan latar belakang adalah tidak sama pada setiap parameter dedahan, kualiti imej diukur dengan menggunakan SNR. Nisbah SNR ditentukan dari formula berikut:

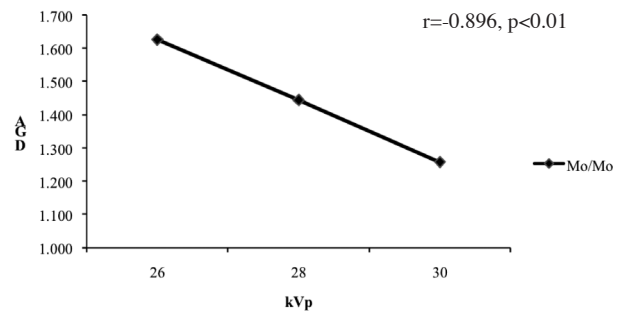
$$SNR = \frac{\text{purata zon rujukan} - \text{DC offset}}{\text{sisihan piawai zon rujukan}} \quad (2)$$

Nilai purata piksel dan sisihan piawai piksel pada zon rujukan fantom dipilih berdasarkan kawasan yang dikaji (Region of Interest-ROI). Seterusnya, FOM dinormalkan pada setiap parameter dedahan dengan nisbah kuasa dua SNR kepada AGD.

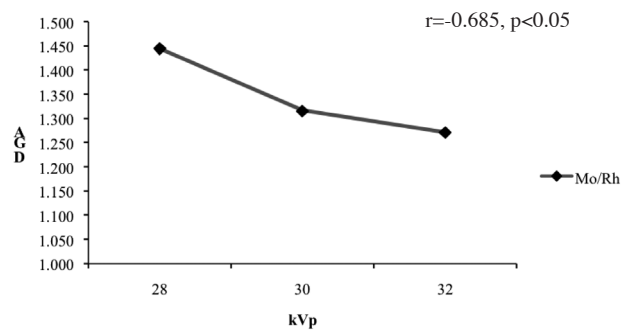
Bagi analisis statistik, ujian korelasi Spearman digunakan untuk membuktikan hubungan antara AGD dan SNR dengan voltan tiub pada dua penuras yang berlainan menggunakan perisian komputer Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 16.0.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Rajah 3 dan 4 menunjukkan nilai AGD menurun apabila voltan tiub semakin meningkat secara signifikan pada penuras Mo ($p < 0.01$) dan Rh ($p < 0.05$). Pada tiub voltan 28 kVp, kedua-dua penuras menunjukkan nilai AGD yang sama. Pada 30 kVp pula, penuras Rh menunjukkan nilai AGD yang lebih tinggi berbanding Mo sebanyak 4.61%.



RAJAH 3. Graf nilai AGD pada kombinasi anod/penuras Mo/Mo



RAJAH 4. Graf nilai AGD pada kombinasi anod/penuras Mo/Rh

Berdasarkan kajian Van Engen et al. (2003), nilai AGD yang didapati dari sistem FFDM ini terbukti tidak melebihi had piawai protokol Euref bagi fantom berketebalan 4 cm iaitu 2 mGy.

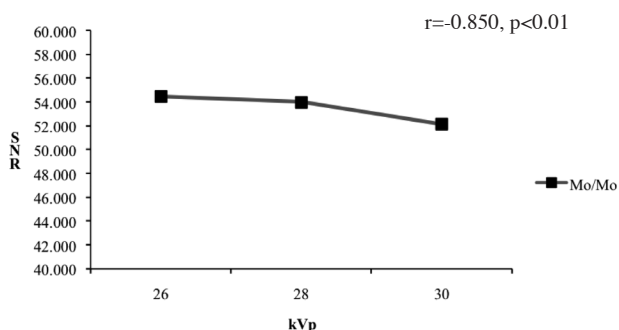
Arus (mAs) yang terhasil daripada AEC sistem Lorad Selenia pula ditunjukkan dalam Jadual 1. Pengurangan voltan arus ini menyebabkan SNR pada semua tiub voltan didapati semakin berkurangan apabila voltan tiub semakin ditingkatkan secara signifikan ($p < 0.01$) seperti dalam Rajah 5 untuk penuras Mo dan Rajah 6 untuk penuras Rh.

Pada tiub voltan yang sama, FOM yang lebih tinggi adalah pada penuras Mo. Namun demikian, pada kedua-dua penuras yang diuji, 30 kVp menghasilkan FOM yang paling baik berbanding voltan tiub yang lain. Keputusan ini membuktikan FOM sistem Lorad Selenia adalah hampir setara pada kesemua voltan tiub ($p > 0.01$) seperti ditunjukkan pada Rajah 7 dan 8. Keberkesanan sistem ini sangat konsisten disebabkan oleh SNR dan AGD yang berkadar terus secara negatif pada peningkatan tiub voltan. Hasil kajian ini terbukti pada kedua-dua jenis penuras pada sistem Lorad Selenia.

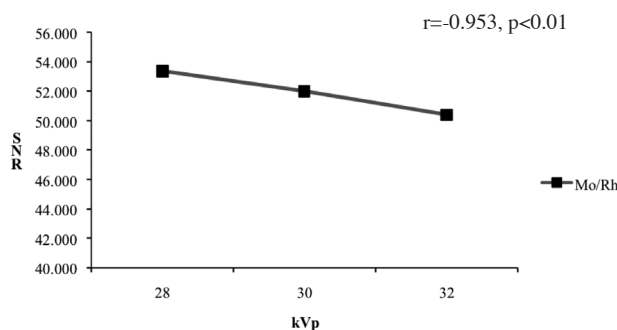
William et al. (2006) menjalankan kajian menggunakan fantom yang sama seperti kajian ini iaitu set fantom mamografi CIRS012A dengan ketebalan 3 cm, 5 cm, dan 7 cm pada tiga jenis glandulariti (30/70, 50/50 dan 70/30). Pada ketebalan 5 cm dengan 50% glandulariti, nilai maksimum FOM adalah 25 kVp (Mo/Mo) berbanding 28 kVp pada 3 cm dan 7 cm. Walau bagaimanapun, kajian

JADUAL 1. Arus dan FOM pada parameter dedahan yang berbeza

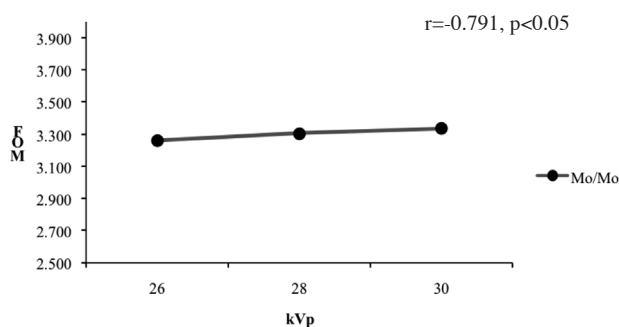
Anod/penuras	Voltan Tiub (kVp)	Arus (mAs)	AGD	SNR	FOM
Mo/Mo	26	88.90	1.626 ± 0.138	54.467	1824.386
	28	55.90	1.444 ± 0.078	53.967	2016.469
	30	37.30	1.257 ± 0.030	52.133	2162.123
	28	52.40	1.444 ± 0.016	53.367	1971.877
Mo/Rh	30	37.80	1.315 ± 0.128	52.000	2055.847
	32	29.30	1.271 ± 0.030	50.400	1997.893



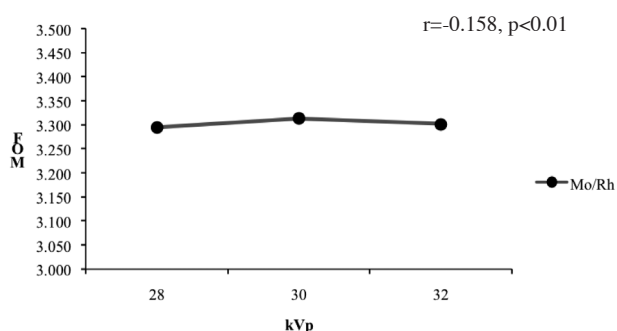
RAJAH 5. Graf nilai SNR pada kombinasi anod/penuras Mo/Mo



RAJAH 6. Graf nilai SNR pada kombinasi anod/penuras Mo/Rh



RAJAH 7. Graf nilai FOM pada kombinasi anod/penuras Mo/Mo



RAJAH 8. Graf nilai FOM pada kombinasi anod/penuras Mo/Rh

beliau menunjukkan nilai FOM adalah lebih baik pada anod/penuras Mo/Mo berbanding Mo/Rh sama seperti kajian ini.

Mengikut kajian Baldelli et al. (2008), pada anod/penuras Mo/Mo, nilai paling optimum adalah pada 27 kVp hingga 31 kVp manakala Mo/Rh lebih sesuai digunakan pada 28 hingga 30 kVp pada kawalan dedahan automatik Lorad Selenia. Beliau mencadangkan penggunaan anod/penuras tungsten/rhodium (W/Rh) yang optimum pada ketebalan payudara 4 cm hingga 6 cm.

Fantom CIRS012A telah digunakan dalam kajian ini mengambil kira faktor komposisi payudara dalam pengiraan AGD. Bor et al. (2008) membuktikan ketumpatan dan ketebalan payudara telah mempengaruhi MGD. Oleh itu set fantom mamografi CIRS012A digunakan dengan purata kesetaraan tisu payudara manusia 50% tisu glandular pada ketebalan 4 cm seperti yang telah dibuktikan oleh Hammerstein et al. (1979). Jamal et al. (2004) juga membuktikan purata ketumpatan payudara bagi wanita di

Malaysia adalah 48.9 ± 18.7 % iaitu menghampiri 50%. Fantom ini merupakan fantom yang sangat sesuai untuk kajian ini kerana memenuhi kriteria sempurna dari pada segi rupa bentuk, komposisi tisu dan ketebalan payudara manusia.

KESIMPULAN

Kombinasi anod/penuras Mo/Mo dan Mo/Rh, 30 kVp menghasilkan FOM yang paling baik. Kajian ini juga menunjukkan nilai FOM adalah lebih baik pada anod/penuras Mo/Mo berbanding Mo/Rh. Parameter yang terbaik ini boleh dijadikan sebagai panduan kepada juradiograf apabila membuat dedahan secara manual ke atas pesakit menggunakan sistem Lorad Selenia.

Kajian yang lebih mendalam menggunakan ketebalan fantom yang berlainan dan ketumpatan yang berlainan perlu dijalankan supaya dapat menentukan dos sinaran ke atas payudara manusia dengan lebih tepat. Selain itu,

dosimeter TLD-100H yang sangat sensitif perlu dijaga dengan lebih rapi supaya dapat mengurangkan serakan latar belakang yang sering mengganggu bacaan sebenar TLD-100H.

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan kepada MOSTI di atas geran Science Fund 01-1-02-SF0250 untuk kajian ini, Pusat Kebangsaan Kanser, Hospital Kuala Lumpur (HKL), Agensi Nuklear Malaysia, Universiti Teknologi MARA (UITM) Petaling Jaya, dan Pusat Perubatan Universiti Malaya. Tidak lupa kepada kakitangan Fakulti Sains Kesihatan Bersekutu, Universiti Kebangsaan Malaysia Kuala Lumpur atas segala bantuan dan sokongan sama ada secara langsung atau tidak langsung.

RUJUKAN

- Aichinger, H., Dierker, J., Joite-barfub, S. & Säbel, M. 2004. *Radiation Exposure and Image Quality in X-ray Diagnostic Radiology, Physical Principles and Clinical Applications*. Berlin Heidelberg: Springer-verlag 91-94.
- Baldelli, P., Phelan, N. & Egan, G. 2008. Effect of Anode/Filter Combination on the Dose and Image Quality of a Digital Mammography System Based on an Amorphous Selenium Detector. *Digital Mammography* 716-723.
- Bor, D., Tukul, S., Olgar, T., Toklu, T., Aydin, E. & Akyol, O. 2008. Investigation of mean glandular dose versus compressed breast thickness relationship for mammography. *Radiat. Prot. Dosimetry* 129(1-3): 160-4.
- Burell, H.C., Pinder, S.E., Wilson, A.R., Evans, A.J., Yeoman, L.J., Elston, C.W. & Ellis, I.O. 1996. The positive redictive value of mammographic signs: a review of 425 nonpalpable breast lesions. *Clin. Radiol.* 51(4): 277-81.
- Dance, D.R., Skinner, C.L., Young, K.C., Becktt, J.R. & Kotre, C.J. 2000. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using UK mammography dosimetry protocol. *Phys. Med. Biol.* 45(11): 3225-3240.
- Gram, I.T., Funkhouser, E. & Tabár, L. 1997. The Tabár classification of mammographic parenchymal patterns. *Eur. J. Radiol.* 24(2): 131-6.
- Harmmerstein, G.R., Miller, D.W., White, D.R., Masterson, M.E., Woodard, H.Q. & Laughlin, J.S. 1979. Absorbed dose in mammography. *Radiology* 130:485-491.
- Hemdal, B., Herrnsdorf, L., Andersson, I., Bengtsson, G., Heddson, B. & Olsson, M. 2005. Average Glandular Dose According to American and European Dose Protocols Using a Sectra MicroDose Mammography Unit. www.rti.se/dealer/downloads/documents/scientific/996icmp2005hemdal.pdf.
- Jamal, N., Ng, K. H., McLean, D., Looi, L. M., & Moosa, F. 2004. Mammographic Breast Glandularity in Malaysian Women: Data Derived from Radiography. *AJR* 182: 713-717.
- Kerlikowske, K., Grady, D., Rubin, S.M., Sandrock, C. & Ernster, V.L. 1995. Efficacy of screening mammography: A meta-analysis. *J. Am. Med. Assoc.* 273(2): 149-54.
- Lee, C.H. 2002. Screening mammography: proven benefit, continued controversy. *Radiol. Clin. North Am.* 49: 395-407.
- Letton, A.H., Mason, E.M. & Ramshaw, B.J. 1996. Twenty year review of a breast cancer screening project: ninety-five percent survival of patients with nonpalpable cancers. *Cancer* 77: 104-106.
- Ng, K.H., Jamal, N. & DeWerd, L. 2006. Global quality control perspective for the physical and technical aspects of screen-film mammography-image quality and radiation dose. *Radiation Protection Dosimetry* 121(4): 445-451.
- Radiology Info. 2007. The radiology information resource for patients. Radiological Society of North America, Inc. <http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=mammo&bhcp=1> [21 Ogos 2007].
- Tabar, L. & Dean, P. B. 1982. Mammographic parenchymal pattern: risk indicator for breast cancer? *J. Am. Med. Assoc.* 247: 185-9.
- Van Engen, R., Young, K., Bosmans, H. & Thijssen, M. 2003. Addendum on digital mammography to chapter 3 of the European guidelines for quality assurance in mammography screening, Versi 1.0 (Belgium: EUREF).
- Williams, M.B., Raghunathan, P., Seibert, A., Kwan, A., Lo, J., Samei, E., Fajardo, L., Maidment, A.D.A., Yaffe, M. & Bloomquist, A. 2006. Beam Optimization for Digital Mammography – II. *Digital Mammography* 273-280.
- Laila Suryani Elias*, Eng May Lin, Ang Wee Chin & Kanaga Kumari Chelliah
Program Pengimejan Diagnostik dan Radioterapi
Fakulti Sains Kesihatan Bersekutu
Universiti Kebangsaan Malaysia
Jalan Raja Muda Abd Aziz
50300 Kuala Lumpur, Malaysia
- Abd Aziz Tajuddin
Pusat Pengajian Sains Fizik,
Universiti Sains Malaysia,
11800 Minden, Penang, Malaysia
- Shantini A. Arasaratnam
Jabatan Radiologi
Hospital Kuala Lumpur
Jalan Pahang, 50300
Kuala Lumpur, Malaysia
- Suraya Aziz
Jabatan Radiologi
Hospital Universiti Kebangsaan Malaysia,
Jalan Yaacob Latif,
Bandar Tun Razak, 56000
Cheras, Kuala Lumpur, Malaysia
- Khairul Osman
Program Sains Forensik
Fakulti Sains Kesihatan Bersekutu
Universiti Kebangsaan Malaysia
Jalan Raja Muda Abdul Aziz
50300 Kuala Lumpur, Malaysia

*Pengarang surat-menyurat; email: elayani85@yahoo.com

Diserahkan: 14 April 2009

Diterima: 13 Julai 2009