



## Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis

Giner Maslebu<sup>\*</sup>), Jodelin Muninggar, Satriya Ary Hapsara

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

<sup>\*</sup>)Penulis Korespondensi: giner.maslebu@staff.uskw.edu

**ABSTRAK**-Sinar-X merupakan sumber radiasi pengion yang paling banyak digunakan untuk pemeriksaan diagnostik dalam aplikasi klinik. Radiasi pengion memang memberikan manfaat yang besar dalam pemeriksaan radiodiagnostik, namun paparan radiasi memiliki resiko yang berbahaya sehingga proteksi radiasi terhadap pasien atau pekerja di sekitar daerah sumber radiasi perlu diperhatikan, terutama wanita hamil karena berdampak langsung kepada janin. Dalam penelitian digunakan pesawat radiologi planar dengan filter 2 mmAl, *solid water phantom* dengan ketebalan sebesar 20 cm yang merepresentasikan ketebalan Pelvis, dan Multimeter X-ray untuk pengukuran dosis *x-ray* pada *Focus to Film Distance* (FFD) berturut – turut adalah 100 cm, 110 cm, 120 cm, 130 cm, 140 cm dan 150 cm. Pada setiap FFD, digunakan tegangan mulai dari 70 kVp, 73 kVp, 77 kVp, 81 kVp, 85 kVp, 90 kVp hingga 96 kVp pada beban tabung 10 mAs. Penentuan estimasi dosis janin dilakukan dengan menggunakan program Fet.Dose V5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai faktor resiko radiasi terhadap janin sebanding dengan tegangan tabung (kVp) dan berbanding terbalik dengan jarak obyek ke sumber radiasi. Untuk satu kali iradiasi dengan pesawat sinar-x dengan pengaturan yang memungkinkan nilai faktor resiko radiasi tertinggi untuk janin diperoleh pada FFD 100 cm dan tegangan tabung 96 kVp sedangkan nilai faktor resiko radiasi terendah diperoleh saat FFD 150 cm dan tegangan tabung 70 kVp.

**Kata Kunci:** *pelvis, radiasi, resiko janin, sinar-x*

### I. PENDAHULUAN

Sinar-X merupakan sumber radiasi pengion yang paling banyak digunakan untuk pemeriksaan diagnostik dalam aplikasi klinik (Osei and Darko 2013; Bushong 2001; Ali *et al.* 2013; Abdemola *et al.* 2013). Pemeriksaan radiodiagnostik adalah salah satu pemanfaatan dari radiasi pengion untuk penegasan hasil diagnosis yang dibutuhkan oleh pasien dalam rangka mengidentifikasi abnormalitas dari seorang pasien, dengan paparan radiasi seminim mungkin namun memberikan kualitas pencitraan medis yang baik (Abrahams *et al.* 2015; Kristina and Nilsson 2013.). Salah satu modalitas yang tersedia secara luas di berbagai rumah sakit adalah radiografi planar yang dapat menghasilkan gambaran dua dimensi menggunakan radiasi sinar-X (Ozbayrak *et al.* 2015).

Radiasi pengion memang memberikan manfaat yang besar dalam pemeriksaan radiodiagnostik, namun paparan radiasi memiliki resiko yang berbahaya sehingga proteksi radiasi terhadap pasien atau pekerja di sekitar daerah sumber radiasi perlu diperhatikan. Wanita hamil adalah termasuk dalam kelompok manusia yang sangat beresiko jika mendapat paparan radiasi diatas nilai batas dosis. Faktanya bahwa banyak wanita mengalami penyakit yang membutuhkan diagnosa dan penanganan yang cepat untuk diagnosa penyakit termasuk penggunaan sumber radiasi pengion (Osei EK and Darko 2012; Chaparian and Aghabageri 2013). Wanita memiliki risiko yang tinggi terhadap paparan radiasi ionisasi yang dihasilkan oleh prosedur medis, area kerja paparan radiasi, dan pemeriksaan

diagnostik sebelum kehamilan sehingga pemeriksaan radiodiagnostik pada masa kehamilan dapat memberikan efek biologis terhadap perkembangan janin (Ofori *et al.* 2013; Abdallah *et al.* 2015), seperti *gross congenital malformation*, *mental retardation*, kematian sebelum proses kelahiran, *spontaneous abortion*, pertumbuhan yang menjadi terbatas di dalam kandungan (*intrauterine growth limitation*), ukuran kepala yang kecil (*small head size*), malformasi organ dan kanker pada usia kanak - kanak juga kematian zigot ataupun embrio pada tahap embriologi stage (Xie and Zaidi 2014; Chaparian and Aghabageri 2013; Atarod *et al.* 2012).

Dosis yang diterima oleh pasien merupakan parameter yang menentukan tingkat resiko yang disebabkan oleh radiasi pengion (Christner *et al.* 2010). Bertolak dari kenyataan ini, maka International Commission on Radiological Protection (ICRP) telah mengeluarkan peraturan untuk proteksi radiasi bagi wanita yang hamil baik pekerja di daerah yang menggunakan sumber radiasi pengion maupun bagi wanita hamil pada umumnya (D'oria *et al.* 2015). Untuk kasus wanita hamil beberapa penelitian dengan berbagai modalitas telah dilakukan untuk mencari tahu besar dosis tersebut. Jaffe *et al.* (2008) menemukan adanya korelasi antara dosis serap dengan computed Tomography Dose Index (CTDI<sub>vol</sub>) dari pengukuran langsung dengan pesawat 16-MDCT pada awal trimester pertama periode kehamilan menggunakan phantom anthropomorphic dengan pengaturan tegangan tabung tetap sebesar 140 kVp. Ozbarlyak *et al.* (2015) menganalisis fetal radiation dose dari 304 kasus pemeriksaan 218 wanita hamil dari pemeriksaan radiografi dan CT-Scan dan membagi daerah resiko ke dalam tiga zona berdasarkan jaraknya dari fetus yaitu zona pertama terdiri dari head area, the lower extremities below the knee, and the upper extremities; zona kedua terdiri dari daerah cervicothoracic and upper thighs, dan daerah ketiga meliputi abdominopelvic area. Dari

ketiga daerah tersebut, the third zone memiliki nilai dosis serap rata-rata yang paling tinggi meskipun masih dibawah level yang dapat menyebabkan anomali pada janin. Hal ini dapat dipahami karena secara anatomis, daerah pelvis merupakan daerah yang dekat dengan fetus yang mendapatkan radiasi langsung dari sumber sehingga estimasi resiko terhadap dampak radiasi pada jenis pemeriksaan ini harus mendapat perhatian khusus dalam manajemen dosis radiasi (Abdelmoneim 2015). Selain itu, pada daerah pemeriksaan ini, terdapat beberapa organ kritis lainnya seperti testis dan ovarium yang sensitif terhadap radiasi pengion (Ofori *et al.* 2014).

Bertolak dari pemaparan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk memperoleh estimasi risiko radiasi janin dalam pemeriksaan radiografi planar melalui perhitungan dosis yang diserap oleh janin pada daerah pelvis dengan variasi berbagai faktor eksposi dan jarak dari sumber radiasi.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Penentuan Estimasi Dosis Janin

Pesawat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat radiologi planar dengan filter 2 mmAl. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *solid water phantom*, dengan ketebalan phantom sebesar 20 cm yang merepresentasikan ketebalan Pelvis. Penentuan estimasi dosis janin perlu dilakukan untuk memperoleh estimasi risiko radiasi yang diterima oleh janin. Secara matematis, estimasi dosis yang diserap oleh janin pada pemeriksaan radiografik dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (1) :

$$D_f = \sum_{i=1}^n NUD_{d,ESD,i} \times ESD_{rad,i} \times SF_i \quad (1)$$

dimana:

$$ESD = \left[ \left( \frac{FSD_{QA}}{FSD_{EX}} \right) \left( \frac{kVp_{EX}}{kVp_{QA}} \right) \right]^2 \times output \times mAs \quad (2)$$

$D_f$  merupakan dosis yang diserap oleh janin dalam mGy, NUD merupakan *Normalized to Uterine Dose* yang diperoleh dari program

FetDose V5,  $n$  merupakan banyaknya pemeriksaan radiografi,  $NUD_{d,ESD,i}$  adalah dosis uterus pada rata – rata kedalaman janin  $d$ , FSD adalah *Focus to Skin Distance* dan  $SF_i$  adalah faktor ukuran janin (faktor konversi dosis uterus ke janin). Untuk menentukan estimasi dosis janin, dilakukan pengukuran *Entrance Surface Dose* (ESD). Biasanya nilai ESD bervariasi tergantung pada ukuran tubuh pasien dan teknik yang dipakai oleh radiografer, namun dengan phantom standar hal semacam ini dapat kita abaikan. Dosis *output* pesawat X-ray (mGy) diukur dengan menggunakan Multimeter X-ray pada *Focus to Film Distance* (FFD) berturut – turut adalah 100 cm, 110 cm, 120 cm, 130 cm, 140 cm dan 150 cm. Pada setiap FFD, digunakan tegangan mulai dari 70 kVp, 73 kVp, 77 kVp, 81 kVp, 85 kVp, 90 kVp hingga 96 kVp pada beban tabung 10 mAs. Penentuan estimasi dosis janin dilakukan dengan menggunakan program Fet.Dose V5 versi terbaru dari program FetDose yang dikembangkan oleh Osei dan Darko untuk menentukan estimasi dosis radiasi pada janin (Costa and de Pulo, 2008; Osei and Darko 2013).

### 2.1. Penentuan Estimasi Risiko Radiasi oleh Janin

Setelah perhitungan estimasi dosis janin dilakukan, dengan bantuan program yang sama (FetDose V5) penentuan estimasi risiko radiasi oleh janin dapat ditentukan. Penentuan estimasi risiko radiasi yang diterima oleh janin secara matematis dapat dilakukan dengan mengalikan dosis serap janin dan koefisien risiko, seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 3.

$$R = D_f \times RC \quad (3)$$

$R$  merupakan risiko yang diterima oleh janin akibat paparan radiasi,  $D_f$  merupakan dosis serap janin (mGy), dan  $RC$  adalah koefisien risiko. Koefisien risiko yang digunakan dalam penelitian ini masing-masing adalah *childhood cancer* ( $8.0 \times 10^{-5}$  per mGy), *hereditary effect* ( $0.5 \times 10^{-5}$  per mGy), *decline in IQ* ( $25 \times 10^{-3}$  per mGy), dan *severe mental retardation* ( $43 \times 10^{-5}$  per mGy) (Wall *et al.* 2009; Atarod 2012).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran ESD menggunakan multimeter X-ray, nilai setiap pengukuran diolah dengan menggunakan pemrograman Fet.Dose, maka diperoleh nilai dosis janin ( $D_f$ ) pada variasi tegangan tabung (kVp) dan FFD seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1, dapat kita lihat bahwa setiap variasi FFD pada tegangan tabung yang tetap atau sebaliknya variasi tegangan tabung pada FFD yang tetap memberikan nilai dosis janin yang berbeda-beda. Pada tegangan tabung tetap 70 kVp nilai dosis janin untuk FFD 100-150 cm menurun dari 0,0057 mGy sampai 0,021 mGy. Kecenderungan ini terjadi untuk pengaturan semua tegangan tabung yang dibuat tetap yaitu terjadinya penurunan besarnya nilai dosis janin seiring bertambahnya jarak FFD. Pada FFD tetap 100 cm, nilai dosis janin untuk tegangan tabung 70-96 kVp meningkat dari 0,057 mGy sampai 0,198 mGy. Kecenderungan ini terjadi untuk pengaturan semua FFD yang dibuat tetap yaitu terjadinya pertambahan nilai dosis janin seiring bertambah besarnya nilai kVp.

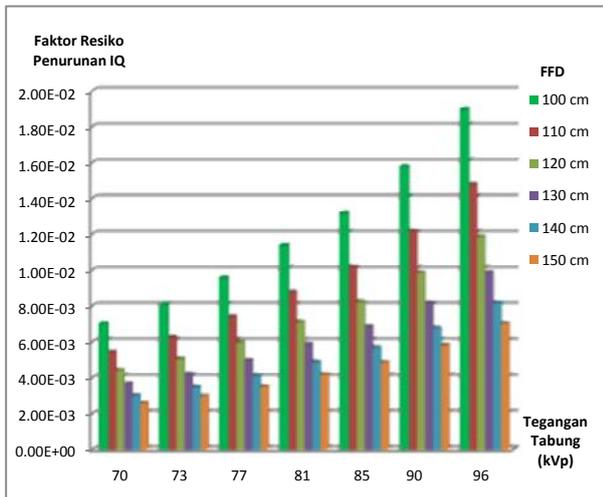
**Tabel 1.** Data dosis Janin hasil pengolahan data dengan program fet.Dose

kVp	Dosis Janin (mGy) pada variasi FFD					
	100 cm	110 cm	120 cm	130 cm	140 cm	150 cm
70	0,057	0,044	0,036	0,03	0,025	0,021
73	0,068	0,053	0,043	0,036	0,029	0,025
77	0,084	0,065	0,053	0,044	0,036	0,031
81	0,103	0,08	0,065	0,054	0,045	0,038
85	0,126	0,097	0,079	0,066	0,054	0,046
90	0,157	0,122	0,098	0,082	0,068	0,058
96	0,198	0,154	0,124	0,103	0,086	0,074

Berdasarkan sebaran data dosis janin tersebut, dosis janin terendah ditemukan pada pengaturan tegangan tabung 70 kVp dan FFD 150 cm sebesar 0,021 mGy sedangkan dosis tertinggi pada tegangan tabung 96 kVp dan FFD 100 cm sebesar 0,198 mGy. Dalam konteks proteksi radiasi dipahami bahwa semakin besar jarak, maka dosis yang diterima akan semakin kecil (Le Heron *et al.* 2010).

### 3.1. Penurunan IQ

Hasil perhitungan untuk faktor resiko penurunan IQ pada setiap kondisi FFD dan tegangan tabung (kVp) memberikan nilai yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada Gambar 1.



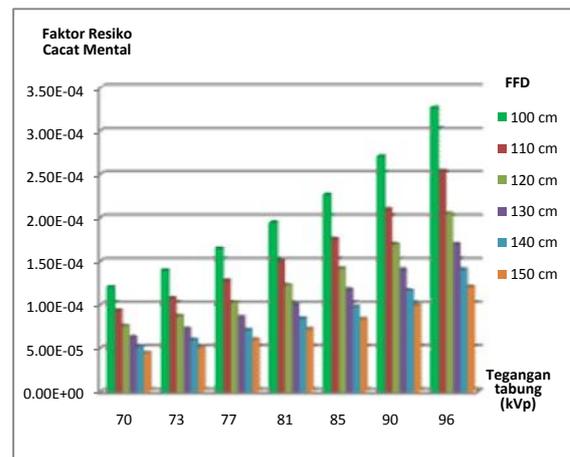
Gambar 1. Grafik Faktor Resiko Penurunan IQ

Dari Gambar 1, terlihat bahwa faktor resiko penurunan IQ pada pengaturan tegangan tabung tetap dan variasi FFD mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak FFD dan meningkat seiring bertambahnya tegangan tabung dengan sebaran nilai sebagai berikut : pada tegangan tabung 70 kVp faktor resiko janin  $7,05 \times 10^{-3}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $2,6 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 73 kVp faktor resiko janin  $8,13 \times 10^{-3}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $3,00 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 77 kVp faktor resiko janin  $9,6 \times 10^{-3}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $3,53 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 81 kVp faktor resiko

janin  $1,14 \times 10^{-3}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $4,2 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 85 kVp faktor resiko janin  $1,32 \times 10^{-3}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $4,88 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 90 kVp faktor resiko janin  $1,58 \times 10^{-2}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $5,83 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm, dan pada tegangan tabung 96 kVp faktor resiko janin  $1,90 \times 10^{-2}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $7,05 \times 10^{-3}$  pada FFD 150 cm. Berdasarkan data ini, maka nilai terendah dari faktor resiko penurunan IQ adalah sebesar  $2,60 \times 10^{-3}$  yang terukur saat phantom berada pada posisi terjauh dari sumber yaitu FFD 150 cm dan tegangan tabung terendah yaitu 70 kVp sedangkan nilai faktor resiko tertinggi yaitu sebesar  $7,05 \times 10^{-3}$  pada FFD 100 cm dan tegangan tabung tertinggi yaitu 96 kVp.

### 3.2. Severe mental retardation

Hasil perhitungan untuk faktor resiko *severe mental retardation* pada setiap kondisi FFD dan tegangan tabung (kVp) memberikan nilai yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Faktor Resiko Cacat Mental

Dari Gambar 2, terlihat bahwa faktor resiko *severe mental retardation* pada pengaturan tegangan tabung tetap dan variasi FFD mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak FFD dan meningkat seiring bertambahnya tegangan tabung dengan sebaran nilai sebagai berikut : pada

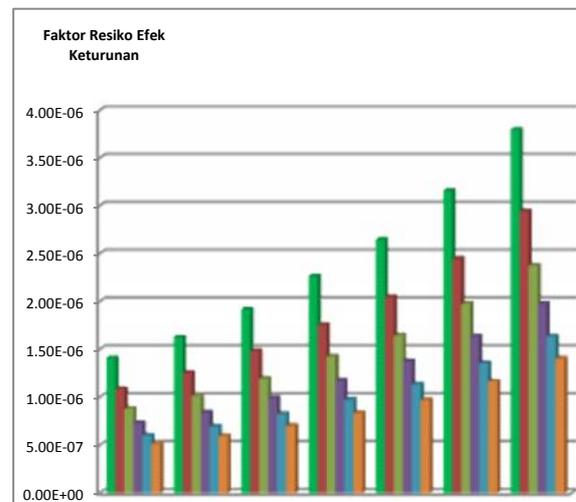
tegangan tabung 70 kVp faktor resiko janin  $1,21 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $4,47 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 73 kVp faktor resiko janin  $1,40 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $5,26 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 77 kVp faktor resiko janin  $1,65 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $6,06 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 81 kVp faktor resiko janin  $1,95 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $7,22 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 85 kVp faktor resiko janin  $2,27 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $8,39 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 90 kVp faktor resiko janin  $2,71 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,00 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, dan pada tegangan tabung 96 kVp faktor resiko janin  $3,27 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,21 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm. Nilai terendah dari faktor resiko sebesar  $4,47 \times 10^{-5}$  terukur saat phantom berada pada posisi terjauh dari sumber yaitu FFD 150 cm dan tegangan tabung terendah yaitu 70 kVp sedangkan nilai faktor resiko tertinggi yaitu sebesar  $3,27 \times 10^{-4}$  pada FFD 100 cm dan tegangan tabung tertinggi yaitu 96 kVp.

### 3.3. Heredity effect

Hasil perhitungan untuk faktor resiko *heredity effect* dari pajanan radiasi sinar-X dengan variasi FFD dan tegangan tabung (kVp) memberikan nilai yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa faktor resiko *heredity effect* pada pengaturan tegangan tabung tetap dan variasi FFD mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak FFD dan meningkat seiring bertambahnya tegangan tabung dengan sebaran nilai sebagai berikut : pada tegangan tabung 70 kVp faktor resiko janin  $1,41 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $5,20 \times 10^{-7}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 73 kVp faktor resiko janin  $1,63 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $6,00 \times 10^{-7}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 77 kVp faktor resiko janin  $1,92 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai

$7,05 \times 10^{-7}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 81 kVp faktor resiko janin  $2,27 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $8,40 \times 10^{-7}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 85 kVp faktor resiko janin  $2,65 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $9,75 \times 10^{-7}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 90 kVp faktor resiko janin  $3,16 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,17 \times 10^{-6}$  pada FFD 150 cm, dan pada tegangan tabung 96 kVp faktor resiko janin  $3,80 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,41 \times 10^{-6}$  pada FFD 150 cm.



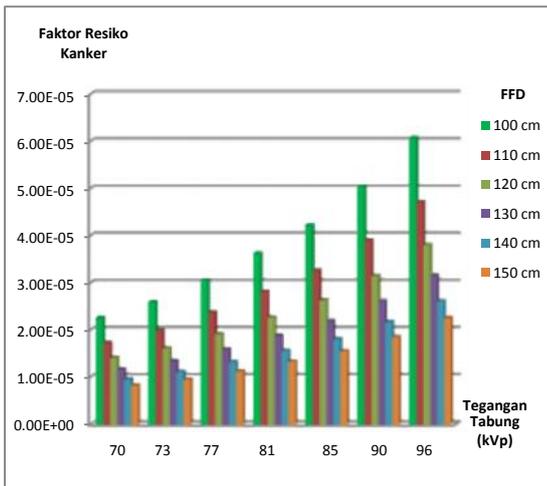
Gambar 3. Faktor Resiko Efek Hereditas

Berdasarkan sebaran data faktor resiko *heredity effect*, maka nilai terendah sebesar  $5,2 \times 10^{-7}$  terukur saat phantom berada pada posisi terjauh dari sumber yaitu FFD 150 cm dan tegangan tabung terendah yaitu 70 kVp sedangkan nilai faktor resiko tertinggi yaitu sebesar  $3,80 \times 10^{-6}$  pada FFD 100 cm dan tegangan tabung tertinggi yaitu 96 kVp.

### 3.4. Kanker

Hasil perhitungan untuk faktor resiko *childhood cancer* dari pajanan radiasi sinar-X dengan variasi FFD dan tegangan tabung (kVp) memberikan nilai yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Dari grafik tersebut terlihat bahwa faktor resiko *childhood cancer* pada pengaturan tegangan tabung tetap dan variasi FFD mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak FFD dan meningkat seiring bertambahnya tegangan tabung dengan sebaran nilai sebagai

berikut : pada tegangan tabung 70 kVp faktor resiko janin  $2,26 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $8,32 \times 10^{-6}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 73 kVp faktor resiko janin  $2,60 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $9,60 \times 10^{-6}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 77 kVp faktor resiko janin  $3,07 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,13 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 81 kVp faktor resiko janin  $3,63 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,34 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 85 kVp faktor resiko janin  $4,23 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,56 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, pada tegangan tabung 90 kVp faktor resiko janin  $5,05 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $1,86 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm, dan pada tegangan tabung 96 kVp faktor resiko janin  $6,08 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm menurun sampai  $2,26 \times 10^{-5}$  pada FFD 150 cm.



Gambar 4. Faktor Resiko Kanker

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh nilai terendah dari faktor resiko *childhood cancer* sebesar  $8,32 \times 10^{-5}$  terukur saat phantom berada pada posisi terjauh dari sumber yaitu FFD 150 cm dan tegangan tabung terendah yaitu 70 kVp sedangkan nilai faktor resiko tertinggi yaitu sebesar  $6,08 \times 10^{-5}$  pada FFD 100 cm dan tegangan tabung tertinggi yaitu 96 kVp.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditunjukkan bahwa

nilai faktor resiko radiasi terhadap janin, yaitu *childhood cancer, hereditary effect, decline in IQ, dan severe mental retardation* sebanding dengan nilai faktor eksposi tegangan tabung (kVp) dan berbanding terbalik dengan jarak obyek ke sumber radiasi (FFD kecil). Untuk satu kali iradiasi dengan pesawat sinar-x dengan pengaturan yang memungkinkan nilai faktor resiko radiasi tertinggi untuk janin diperoleh pada FFD 100 cm dan tegangan tabung 96 kVp sedangkan nilai faktor resiko radiasi terendah diperoleh saat FFD 150 cm dan tegangan tabung 70 kVp.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Training Center Universitas Diponegoro yang telah memfasilitasi penggunaan alat untuk pengambilan data dan Dr. Ernest K Osei dari Universitas Waterloo, Kanada yang telah memfasilitasi penggunaan *software fet.Dose*.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, Ibrahim, Elshikh, M., 2015. Effect of Radiation on Pregnancy. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 7(5), 98-101.
- Abrahams, R. B and Huda, W., 2015. X-Ray Based Medical Imaging and Resolution. *American Journal of Roentgenology*, 204 (4).
- Ali, R. T., Faraj, K.A., and Saeed, A. O., 2013. Quality Control and Radiation Dose Rates Measurement from Diagnostic X-Ray Examination at Different Places of Hospitals in Sulaimania. Iraq. *IJRRAS*, 16(2).
- Atarod, M., Shrokani, P and Pourmoghadas., 2012. Design of a Generally Applicable Abdominal Shield for Reducing Foetal Dose during Radiotherapy of Common Malignancies in Pregnant Patients. *Iran. J. Radiat. Res*, 10 (3-4), 151 – 156.
- Bushong, S.C., 2001. *Radiologic Science for Technologists Physics Biology and Protection, Seventh Edition*. St Louis: Mosby Inc.
- Chaparian, A, and Aghabagheri, M., 2013. Foetal Radiation Doses and Subsequent

- Risks From X – Ray Examinations: Should We be Concerned ?. *Iran J Reprod Med*, 11(11), 899-904.
- Christner, Jodie A., Kofler, J M and McCollough C H., 2010. Estimating Effective Dose for CT Using Dose – Length Product with Using Organ Dose: Consequences of Adopting International Commission on Radiological Protection Publication 103 or Dual – Energy Scanning. *American Journal of Roentgenology*, 194(4).
- Costa, P. R. and de Pulo G. S. G., 2008. *On-line software for the estimation of foetal radiation dose to patients and staff in diagnostic radiology*. Buenos Aires: 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA 12).
- D’Oria, L., Pellegrino, M., Licameli, A., De Luca, C., Visconti, D., Donati, L., Caruso, A., and De Santis, M., 2015. Prenatal X-ray Exposure and Teratogenic Risks: A literature Review. *Razavi Int J Med*, 3(2): e27508.
- Kristina, H.H., and Nilsson, Mats. 2013. The Effects on Absorbed Dose Distribution in Intraoral X-Ray Imaging When Using Tube Voltages of 60 and 70 kV for Bitewing Imaging. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*. 4.
- Jaffe, T.A., Terry T. Yoshizumi, T.T., Toncheva, G.I, Nguyen, G, Lynne M. Hurwitz, L.M., and Rendon C. Nelson, R.C., 2008. Early First-Trimester Foetal Radiation Dose Estimation in 16-MDCT without and with Automated Tube Current Modulation. *American Journal of Radiology*, 190, 860-864.
- Abdemola, A. K., Obed, R. I., Adejumobi, C. A., Abodunrin, O. P., Alabi, O. F., Oladapo, M., 2013. Assessment of Entrance Skin Dose in Routine X-Ray Examinations of Chest, Skul, Abdomen and Pelvis of Children in Five Selected Hospitals in Nigeria. *IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP)*, 5(2), 47-50.
- Ofori, E.K., Antwi, W.K., Diane N Scutt, D.N., and Ward, M, 2013. Patient Radiation Dose Assesment in Pelvic X-ray examination in Ghana, *OMIC Journal of Radiology*, 2 (151)..
- Osei, E.K., and Darko, J., 2013. *Foetal radiation dose and risk from diagnostic radiology procedures: a multinational study*. ISRN Radiology, 318425.
- Ozbayrak, M., Cavdar, I., Seven, M, Uslu, L., , Yeyin, N., Tanyildizi, H., , Abuqbeith, M., Acikgoz, A.S., Tuten, A., and Demir, M.,2015. Determining And Managing Foetal Radiation Dose From Diagnostic Radiology Procedures In Turkey. *Korean J Radiology*,16(6), 1276-1282.
- Abdelmoneim, S., 2015. Current Status of Radiation Dose Level in Conventional Pediatric Radiography: A Review Study. *Open Journal of Radiology*, 5, 104-110.
- Wall, B. F., 2009. *Protection of Pregnant Patients during Diagnostic Medical Exposure to Ionising Radiation: Advice from the Health Protection Agency, The Royal College of Radiologists and the College of Radiographers*. UK : Health Protection Agency Radiation, Chemical and Environmental Hazard.
- Xie, T and Zaidi, H., 2014. Foetal and Maternal Absorbed Dose Estimates for Positron-Emitting Molecular Imaging Probes. *The Journal of Nuclear Medicine*, 55(9).
- Le Heron, J., Padovani, R., Smith, I., and Czarwinski, R., 2010. Radiation protection of medical staff. *European Journal of Radiology* 76,20–23.