

PENGARUH FAKTOR EKSPOSI PADA PEMERIKSAAN ABDOMEN TERHADAP KUALITAS RADIOGRAF DAN PAPARAN RADIASI MENGGUNAKAN *COMPUTED RADIOGRAPHY*

Arif Fahmi¹, K. Sofjan Firdausi², Wahyu Setia Budi²

1). Rumah Sakit Umum Daerah

2). Laboratorium Fisika Atom & Nuklir, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

ABSTRACT

It has been researched about the change of exposure factors in radiographic examination of abdomen to radiographic quality and radiation exposure using computed radiography. The change of exposure factors to radiographic quality is obtained by measurement of radiographic density, which transmitted to step wedges and phantom abdomen. The density difference of step wedge and abdomen at each change of exposure factors result in radiographic contrast. To obtain radiation dose for patients, it is accounted by analytic method. The affect of scattering rate dose is obtained by measurement of scattering exposure rate using survey meter with positioned 100 cm from the object. The result of experiment shows that change of exposure factors in radiographic examination of abdomen makes no significant difference between radiographic density and contrast; however, it has decreased the patient dose.

Keywords: radiation exposure, radiographic density and contrast

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh perubahan faktor eksposi pada pemeriksaan radiografi abdomen menggunakan computed radiography terhadap kualitas radiograf dan paparan radiasi. Pengaruh perubahan faktor eksposi terhadap kualitas radiograf diperoleh melalui pengukuran densitas radiograf setelah sinar-X menembus stepwedge dan obyek phantom abdomen. Perbedaan kehitaman (densitas) pada stepwedge dan abdomen pada setiap perubahan faktor eksposi menghasilkan kontras radiograf. Untuk mengetahui pengaruh perubahan faktor eksposi pada teknik tegangan tinggi terhadap dosis radiasi yang diterima oleh pasien, dilakukan dengan cara analitik, sedangkan pengaruhnya terhadap laju dosis radiasi hambur dilakukan melalui pengukuran laju paparan radiasi hambur menggunakan survey meter yang diletakkan sejauh 100 cm dari obyek. Hasil penelitian menunjukkan, perubahan faktor eksposi pada pemeriksaan abdomen menggunakan computed radiography menghasilkan perbedaan densitas dan kontras yang tidak signifikan, tetapi dosis radiasi yang diterima oleh pasien dan laju paparan radiasi hambur berkurang.

PENDAHULUAN

Sejak ditemukannya sinar-X oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tanggal 8 November 1895, ilmu pengetahuan berkembang pesat termasuk di bidang radiodiagnostik dan radioterapi. Salah satu sifat dari sinar-X yang dimanfaatkan dalam dunia kesehatan adalah kemampuannya untuk menghitamkan plat film sehingga dapat menghasilkan suatu radiograf yang berkualitas. Dalam bidang radiodiagnostik, kualitas radiograf sangat berpengaruh dalam penentuan ketepatan diagnosa suatu penyakit [1]. Namun demikian, sesuai

dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), setiap pemanfaatan sumber radiasi selalu menghendaki adanya penerimaan dosis serendah mungkin terhadap pasien, pekerja radiasi maupun masyarakat [2].

Menurut *Conference Radiation Control Program Director, Incoorporation USA*, kontribusi terbesar dari total paparan radiasi terhadap manusia diperoleh dari pemeriksaan radiodiagnostik. Hal penting yang dilakukan dalam pemeriksaan radiologi adalah bagaimana memperoleh radiograf yang berkualitas dengan paparan

yang sekecil mungkin dengan biaya yang terjangkau.

Faktor yang mempengaruhi kualitas radiograf antara lain faktor eksposi yang terdiri atas tegangan tabung (kV), arus tabung (mA) dan waktu penyinaran (s). Pengaturan faktor eksposi yang tepat dapat menghasilkan kontras radiograf yang optimal yaitu mampu menunjukkan perbedaan derajat kehitaman yang jelas antar organ yang mempunyai kerapatan berbeda. Tegangan tabung menentukan kualitas radiasi atau daya tembus sinar-X yang dihasilkan. Arus tabung menentukan jumlah elektron yang akan melewati target sehingga dihasilkan sinar-X yang intensitas dan energinya cukup untuk menembus organ tertentu. Waktu menentukan lamanya penyinaran sehingga menentukan kuantitas sinar-X yang dihasilkan.

Bila sinar-X diinteraksikan dengan bahan dapat diteruskan, dihamburkan dan diserap. Banyaknya foton sinar-X yang diteruskan dan dihamburkan akan berpengaruh pada kualitas radiograf yang dihasilkan, sedangkan foton sinar-X yang diserap hanya akan berpengaruh pada dosis radiasi yang diterima pasien.

Pemeriksaan radiografi abdomen menggunakan tegangan tabung 77 kV biasanya disebut dengan teknik standar atau teknik tegangan rutin, sedangkan pemeriksaan radiografi abdomen menggunakan tegangan tabung diatas 100 kV sampai 150 kV yang dalam penggunaannya disertai dengan penurunan kuat arus dan waktu penyinaran disebut dengan teknik tegangan tinggi [3]. Semakin tinggi tegangan yang digunakan semakin tinggi daya tembus foton sinar-X yang dihasilkan, semakin kurang pula radiasi yang diserap oleh kulit yang terdekat pada tabung sinar-X selama membuat radiografi yang memuaskan, sehingga lebih luas pula batas-batas keamanan bagi pasien.

Dalam penelitian ini hendak diperoleh pengaruh perubahan faktor eksposi pada pemeriksaan radiografi

abdomen menggunakan *computed radiography* terhadap kualitas radiograf dan paparan radiasi.

Perubahan faktor eksposi tersebut di atas dapat berpengaruh terhadap intensitas radiasi, yang tentunya akan berpengaruh pula terhadap densitas radiograf yang dihasilkan, sehingga untuk menghasilkan dua atau lebih radiograf dengan densitas yang relatif sama, maka diperlukan energi sinar-X yang relatif sama, untuk itu perlu pengaturan faktor eksposi yang ditentukan oleh intensitas radiasi dan lamanya eksposi sebagai berikut [4]:

$$E = \frac{c.V^2it}{d^2} \dots\dots\dots(1)$$

dengan *E* adalah paparan sinar-X pada permukaan obyek dalam mR, *c* merupakan konstanta kesebandingan, *V* tegangan tabung dalam kV, *i* arus dalam mA, *t* waktu eksposi (detik) dan *d* jarak antara fokus dengan *Imaging Plate* (cm).

Dalam teknik tegangan tinggi, pengaturan tegangan tabung yang tinggi perlu diikuti dengan penurunan arus dan waktu agar dihasilkan densitas optik yang relatif sama. Untuk mendapatkan arus dan waktu yang baru dapat dicari dengan rumus sebagai berikut [3]:

$$(it)_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^4 (it)_1 \dots\dots\dots(2)$$

Computed Radiography (CR)

Computed radiography (CR) adalah proses digitalisasi gambar yang menggunakan *Photostimulable Plate* untuk akuisisi data gambar. Pada dasarnya CR sama dengan radiografi konvensional, hanya saja penerima gambar yang digunakan adalah *Photostimulable Phosphor Plate* sebagai *Imaging Plate (IP)* yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1981 di Brussel.

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati penggunaan faktor eksposi

yang bervariasi pada proses produksi sinar-X untuk menyinari obyek phantom abdomen dan direkam dalam *imaging plate (IP)* kemudian diproses dengan *Computed Radiography (CR)* hingga menghasilkan suatu radiograf beserta indeks eksposi. Pemakaian tegangan tinggi diatas 100 kV memungkinkan peningkatan radiasi hambur, sehingga untuk mengurangi (*cut off*) besarnya radiasi hambur pada *Imaging Plate* digunakan *grid/bucky* yang diletakkan diatas *Imaging Plate*. Selama penyinaran dilakukan pula pengukuran paparan radiasi hambur dengan menggunakan *surveymeter*. Untuk laju dosis serap, dapat dihitung secara analitik Setelah dihasilkan radiograf pada *display CR*, kemudian dicetak menggunakan film untuk dilakukan *densitometri*.

Pengambilan Data

Pengukuran kualitas radiograf dilakukan dengan mengukur densitas dan kontras dengan menggunakan densitometer, kemudian hasilnya dibuat tabel dan grafik untuk dianalisa.

Penghitungan paparan (*exposure*) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1). Sedangkan untuk mengkonversikan ke dosis serap jaringan (dalam satuan rad), maka paparan yang terhitung dikalikan dengan faktor serap jaringan sebesar 0,95 [5].

Pengukuran paparan radiasi hambur lingkungan diperoleh melalui penyinaran terhadap *phantom abdomen*. Pengukuran dilakukan melalui dua tahap. Pengukuran pertama diperoleh berdasarkan hasil yang terbaca pada alat ukur *survey meter*. Kemudian untuk memperoleh nilai dosis terukur yang sebenarnya adalah dengan mengalikan hasil pengukuran yang pertama dengan faktor kalibrasi dari alat ukur *survey meter* yang digunakan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Faktor Eksposi.

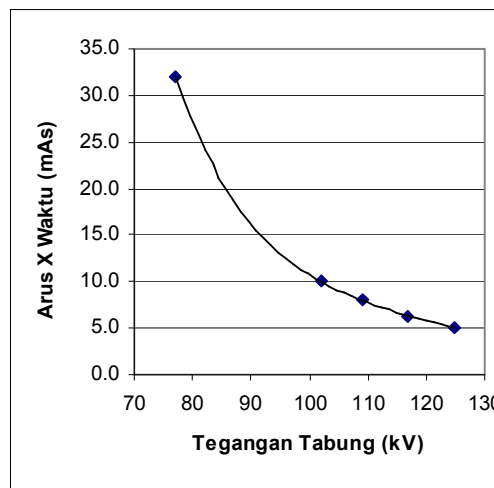
Dalam teknik tegangan tinggi, pengaturan tegangan tabung yang tinggi perlu diikuti dengan penurunan arus dan

waktu sehingga didapatkan intensitas sinar-X yang relatif sama. Untuk mendapatkan arus dan waktu yang baru dapat dicari dengan rumus 2. Sebagai referensi, penulis menggunakan faktor eksposi standar 77 kV dan 32 mAs untuk pemeriksaan abdomen AP dengan menggunakan CR, sehingga didapatkan beberapa faktor eksposi untuk teknik tegangan tinggi seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Hubungan tegangan tabung dengan arus tabung kali waktu eksposi.

Eksposi ke-	Tegangan Tabung (kV)	Arus x Waktu (mAs)
1	77	32
2	102	10
3	109	8
4	117	6,3
5	125	5

Hubungan tegangan tabung dengan arus tabung kali waktu untuk mendapatkan densitas optik yang relatif sama ditunjukkan oleh grafik pada gambar 1.

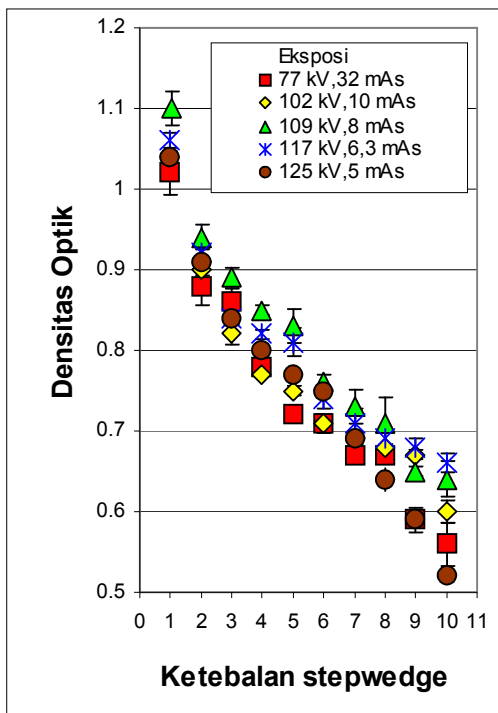


Gambar 1 Grafik hubungan tegangan tabung dengan arus tabung kali waktu. Persamaan kurva: $i_t = 1,12 \times 10^9 V^{-4}$

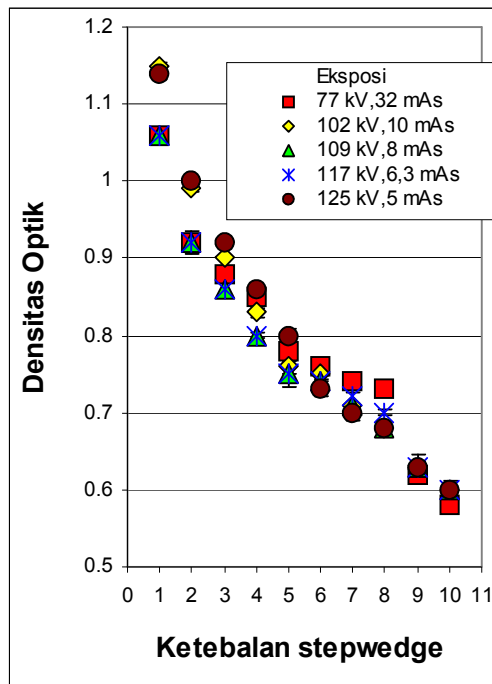
Dari grafik pada gambar 1 menunjukkan semakin besar tegangan tabung yang digunakan pada teknik tegangan tinggi, maka arus tabung dan waktu yang digunakan akan semakin kecil.

2. Pengaruh Perubahan Eksposi Untuk Teknik Tegangan Tinggi Terhadap Densitas.

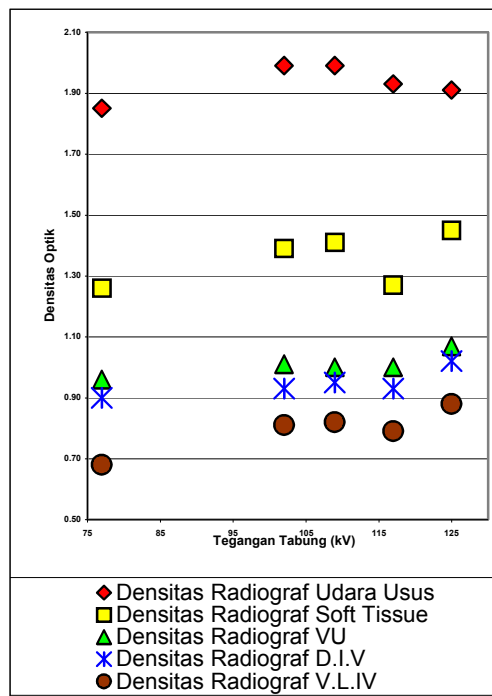
Percobaan yang dilakukan telah menghasilkan sejumlah data yang dapat ditampilkan dalam grafik. Grafik yang diperoleh antara lain adalah hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan densitas optik *stepwedge* pada film sebelum dan sesudah pengolahan citra CR (gambar 2 dan gambar 3) dan hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan densitas optik *phantom abdomen* pada film sebelum dan sesudah pengolahan citra CR (gambar 4 dan gambar 5). Pengukuran densitas optik *stepwedge* dilakukan pada masing-masing step, sedangkan untuk *phantom abdomen* dilakukan pada beberapa titik, yaitu udara usus, jaringan lunak (*soft tissue*), kantung kemih (*vesica urinaria*), *discus intervertebralis*, dan vertebra lumbal IV.



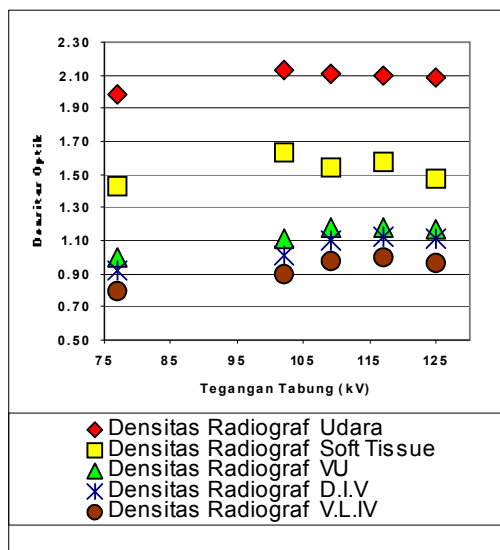
Gambar 2 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan densitas optik *stepwedge* pada film sebelum pengolahan citra CR.



Gambar 3 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan densitas optik *stepwedge* pada film sesudah pengolahan citra CR.



Gambar 4 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan densitas optik *phantom abdomen* pada film sebelum pengolahan citra



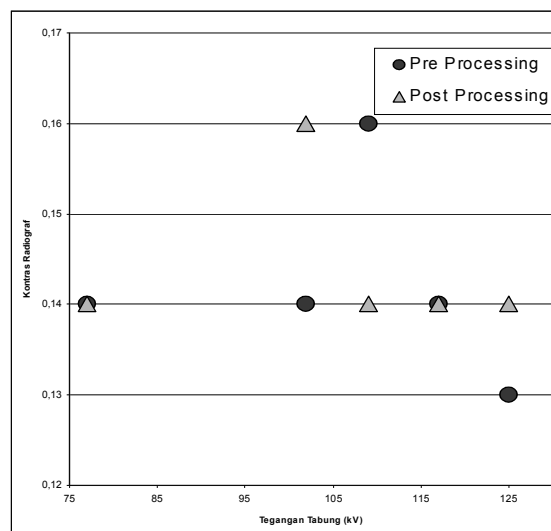
Gambar 5 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan densitas optik *phantom abdomen* pada film sesudah pengolahan citra

Dari keempat grafik tersebut terlihat bahwa densitas radiograf yang dihasilkan pada teknik tegangan tinggi (102 kV/10 mAs, 109 kV/8,0 mAs, 117 kV/6,3 mAs dan 125 kV/5,0 mAs) lebih besar dibanding dengan densitas yang dihasilkan oleh faktor eksposi dengan 77 kV/32 mAs dengan perubahan densitas pada stepwedge antara 0,01(1,45%) sampai 0,07 (9,75%) sebelum pengolahan citra dan 0,01 (0,57%) sampai 0,04 (6,16%) setelah pengolahan citra CR. Sedangkan pada *phantom abdomen*, perubahan densitas sebelum pengolahan citra antara 0,06 (6,25%) sampai 0,15 (21,32%) dan sesudah dilakukan pengolahan citra, perubahan tersebut menjadi 0,13 (6,44%) sampai 0,17 (17,93%). Namun, perbedaan densitas pada penggunaan kedua teknik ini tidak begitu besar dan masih dalam batas toleransi, sehingga tidak begitu berpengaruh terhadap radiograf. Hal ini disebabkan penggunaan tegangan tinggi di atas 100 kV pada teknik tegangan tinggi diikuti dengan penurunan nilai mAs sehingga intensitas sinar-X yang dihasilkan setelah menembus *image receptor* setara dengan intensitas sinar-X yang dihasilkan pada tegangan standard (77 kV/32 mAs).

Perbedaan densitas lebih kecil lagi setelah dilakukan manipulasi (*post processing*) radiograf. Inilah salah satu dari kelebihan CR dibanding dengan radiografi konvensional, dimana pada radiograf yang dihasilkan oleh CR mempunyai *dynamic range* yang lebih luas dibandingkan sistem *film-screen*, sehingga pengambilan gambar kembali (pengulangan foto) oleh karena *under exposure* atau *over exposure* jarang dilakukan. *Imaging Plate* (IP) mendemonstrasikan respon linear yang unggul terhadap intensitas sinar-X dibanding dengan film radiografi, maka IP mampu menampilkan performa yang tinggi dalam kemampuannya memberi informasi diagnostik yang lebih baik pada daerah *underexposed* atau *overexposed*.

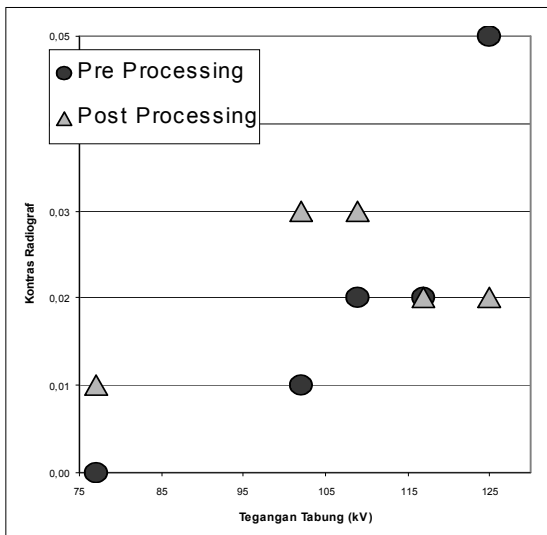
3. Pengaruh Perubahan Eksposi Untuk Teknik Tegangan Tinggi Terhadap Kontras

Kontras merupakan perbedaan derajat kehitaman (densitas) antara dua jaringan yang berdekatan. Semakin tinggi kontras radiograf, semakin jelas perbedaan jaringan yang ditampilkan oleh radiograf. Pengaruh perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi terhadap kontras radiograf dapat dilihat pada gambar 6 sampai dengan 9

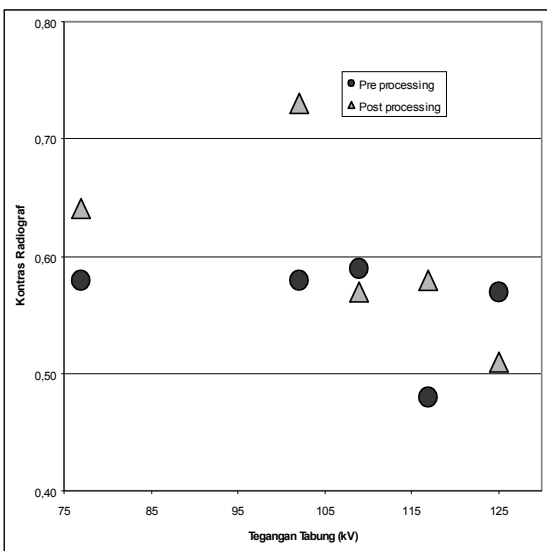


Gambar 6. Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan kontras maksimum *stepwedge* (ketebalan 0,175 cm

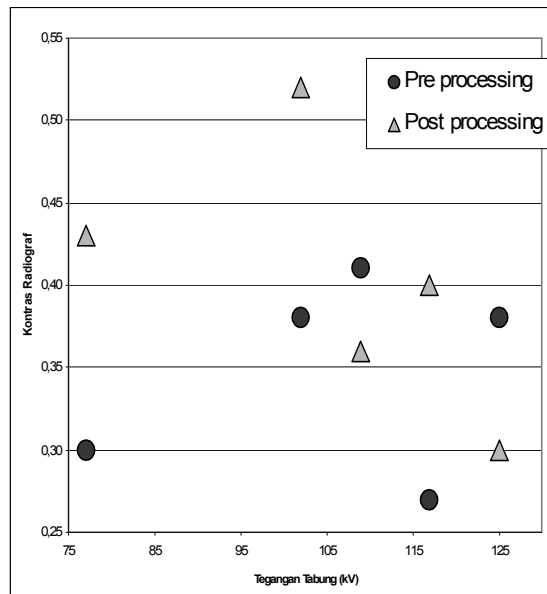
- 0,35 cm) pada film sebelum dan sesudah pengolahan citra CR.



Gambar 7 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan kontras minimum *stepwedge* (ketebalan 1,325 cm - 1,4 cm) pada film sebelum dan sesudah pengolahan citra CR.



Gambar 8 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan kontras antara jaringan lunak (*soft tissue*) dan vertebra *phantom abdomen* pada film sebelum dan sesudah pengolahan citra CR.



Gambar 9 Grafik hubungan antara perubahan eksposi untuk teknik tegangan tinggi dengan kontras antara jaringan lunak (*soft tissue*) dan (*vesica urinaria*) *phantom abdomen* pada film sebelum dan sesudah pengolahan citra CR.

Dari gambar 6 terlihat kontras maksimum untuk tegangan tinggi hampir setara dengan kontras maksimum yang dihasilkan tegangan standar yang diambil dari perbedaan densitas pada step 1 (ketebalan 0,175 cm) dan step 2 (ketebalan 0,35 cm). Pada tegangan 102 kV dan 115 nilai kontras yang dihasilkan sama dengan nilai kontras pada tegangan standar yaitu sebesar 0,14. Peningkatan nilai kontras terjadi pada tegangan 109 kV sebesar 0,16 atau naik 0,02(14,3%) sedangkan pada tegangan 125 kV nilai kontras berkurang sebesar 0,13 atau turun 0,01 (7,1%).

Penghitungan nilai kontras maksimum setelah pengolahan citra pada CR (gambar 7) terlihat lebih setara antara tegangan standar dan tegangan tinggi, yaitu pada tegangan 109 kV, 117 kV dan 125 kV yang menunjukkan nilai kontras sebesar 0,14 sebagaimana yang dihasilkan pada tegangan standar. Penurunan kontras hanya terjadi pada tegangan 125 kV sebesar 0,13 atau turun 0,01 (7,1%).

Adapun untuk kontras minimum yang diambil dari perbedaan densitas pada

step 7 (ketebalan 1,325 cm) dan step 8 (ketebalan 1,4 cm) terlihat bahwa penggunaan tegangan tabung di atas 100 kV akan semakin meningkatkan nilai kontras (gambar 4.8), dengan peningkatan mulai dari 0,01 sampai 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa pada ketebalan tersebut penggunaan tegangan tabung di atas 100 kV akan semakin efektif karena prosentase sinar-X yang ditransmisikan ke obyek menuju *plate imaging* akan semakin besar. Setelah mengalami proses pengolahan citra pada CR, kontras minimum yang dihasilkan dapat ditingkatkan ataupun diturunkan sesuai dengan kondisi radiograf yang diinginkan, dalam penelitian ini, selisih kontras antara teknik tegangan standar dengan teknik tegangan tinggi hanya berkisar antara 0,01 – 0,02, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 7.

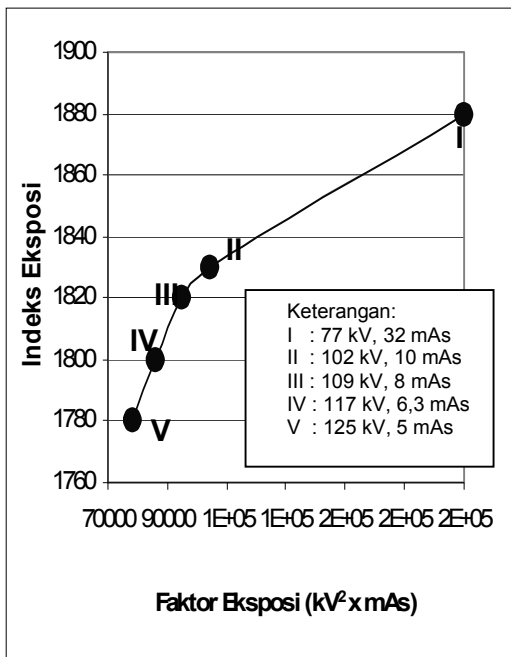
Pada radiograf *phantom abdomen*, kontras maksimum diambil dari densitas dua jaringan yang mempunyai perbedaan yang tinggi, dalam hal ini adalah densitas dari jaringan lunak (*soft tissue*) dan tulang vertebra lumbal. Sedangkan untuk kontras minimum diambil dari densitas dua jaringan yang mempunyai perbedaan kecil, yaitu antara jaringan lunak (*soft tissue*) dan kandung kemih (*vesica urinaria*). Pada kedua jaringan ini, kontras yang dihasilkan baik sebelum manipulasi ataupun sesudah manipulasi menunjukkan hasil yang tidak sama (gambar 8 dan gambar 9). Pada gambar 8, menunjukkan bahwa untuk kontras maksimum yang dihasilkan oleh radiograf abdomen sebelum pengolahan citra pada CR, pada penggunaan tegangan di atas 100 kV hampir setara dengan tegangan standar, yaitu berkisar antara 0,57 – 0,59, kecuali pada tegangan 117 kV yang mengalami penurunan kontras menjadi 0,48 atau turun 0,1 (17%). Kemudian setelah radiograf mengalami proses manipulasi gambar CR, perbedaan kontras lebih bervariasi antara tegangan standar maupun tegangan tinggi, yaitu sebesar 0,02 (3,4%) hingga 0,15 (25%).

Selisih kontras dari tegangan standar dengan tegangan tinggi sekitar 0,06 (9,4%) sampai dengan 0,13 (20%).

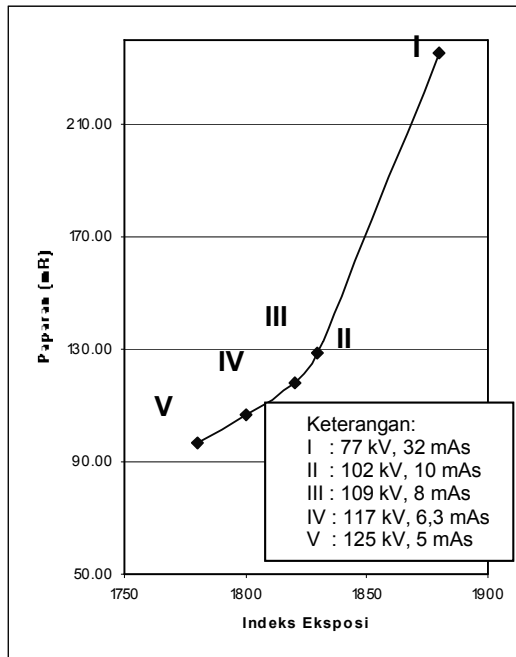
Pada gambar 9 menunjukkan bahwa sebelum pengolahan citra pada CR, kontras yang dihasilkan oleh tegangan di atas 100 kV mengalami peningkatan dibanding kontras yang dihasilkan oleh tegangan standar sebesar 0,08 (26,7%) sampai 0,11 (36,7%), kecuali pada tegangan 117 kV mengalami penurunan sebesar 0,03 (10%), sedangkan setelah proses pengolahan citra, kontras radiograf dari tegangan tinggi lebih rendah dari tegangan standar dengan selisih antara 0,07 (16,3%) hingga 0,13 (43%), kecuali pada tegangan 102 kV yang mengalami peningkatan sebesar 0,09 (20,9%).

3. Pengaruh Perubahan Eksposi Terhadap Indeks Eksposi, Paparan, Dosis Serap dan Laju Paparan Radiasi Hambur Bagi Lingkungan.

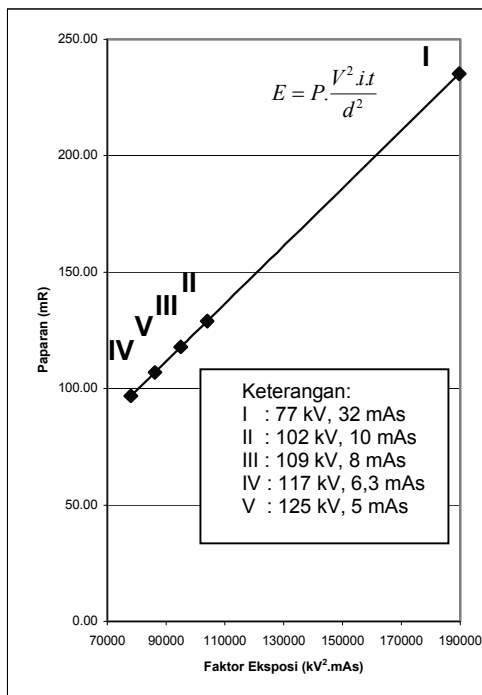
Indeks eksposi adalah suatu parameter numerik yang merupakan perkiraan dari paparan radiasi pada *imaging plate*. Pada penelitian ini didapatkan grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap indeks eksposi yang dihasilkan dari suatu radiografi abdomen (gambar 10), grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap paparan radiasi bagi pasien (gambar 11), grafik hubungan antara indeks eksposi dengan paparan radiasi bagi pasien (gambar 12), grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap dosis serap jaringan (ESD) (gambar 13), grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap laju paparan radiasi hambur bagi lingkungan yang diukur menggunakan survey meter yang diletakkan pada jarak 100 cm dari obyek (gambar 14) dan grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap laju paparan radiasi hambur bagi lingkungan yang dikonversikan ke dosis serap jaringan (gambar 15).



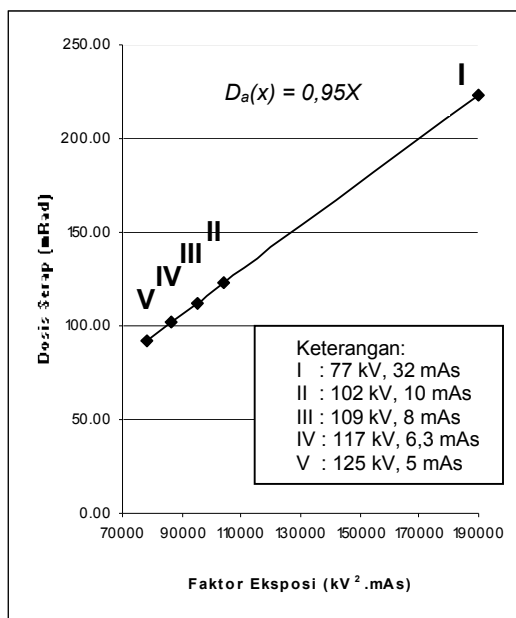
Gambar 10. Grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap indeks eksposi.



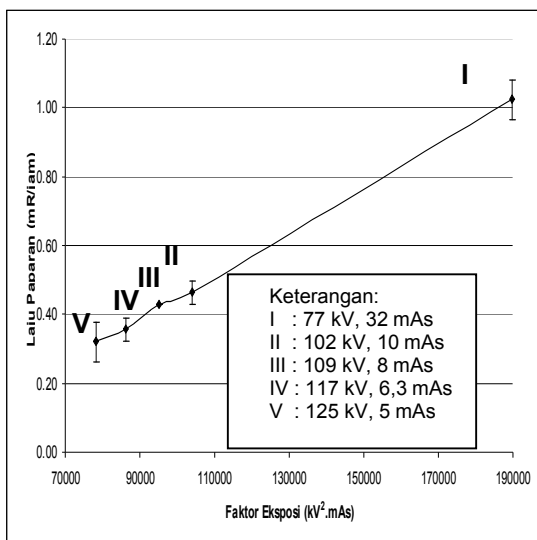
Gambar 12. Grafik hubungan antara pengaruh indeks eksposi terhadap paparan radiasi pada pasien.



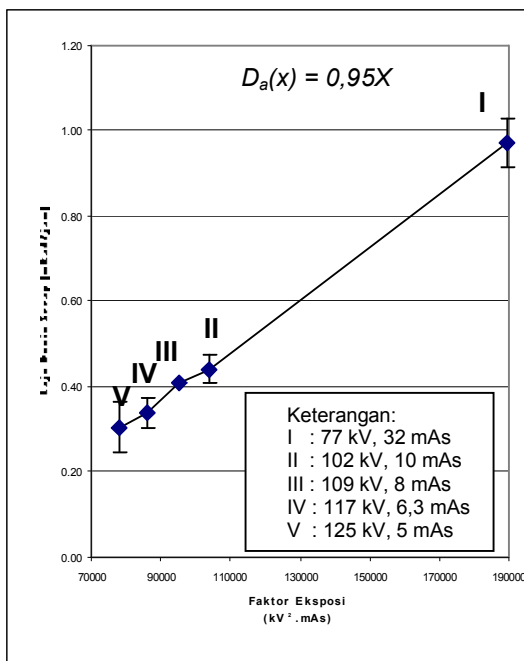
Gambar 11. Grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap paparan radiasi bagi pasien.



Gambar 13 Grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap dosis serap jaringan (ESD)



Gambar 14 Grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap laju paparan radiasi hambur bagi lingkungan yang diukur menggunakan survey meter yang diletakkan pada jarak 100 cm dari obyek



Gambar 15 Grafik hubungan antara perubahan eksposi terhadap laju paparan radiasi hambur bagi lingkungan yang dikonversikan ke dosis serap jaringan menggunakan survey meter yang diletakkan pada jarak 100 cm dari obyek.

Dari gambar 10 terlihat bahwa penggunaan tegangan di atas 100 kV pada

teknik tegangan tinggi berpengaruh terhadap indeks eksposi yang dihasilkan. Semakin tinggi tegangan tabung yang dipakai yang diikuti pula dengan penurunan kuat arus tabung, maka semakin kecil indeks eksposi yang dihasilkan, yang berarti perkiraan paparan radiasi bagi pasienpun akan semakin kecil (gambar 11 dan gambar 12). Penurunan paparan radiasi berarti pula penurunan dosis serap jaringan pada pasien (gambar 13). Paparan radiasi ini dihitung secara analitik dengan menggunakan rumus 4. Demikian pula dengan dosis serap jaringan yang sebanding dengan paparan radiasi, sehingga pemilihan tehnik tegangan tinggi ini sangat menguntungkan dan efektif dalam menekan paparan radiasi bagi pasien.

Dari gambar 14 dan gambar 15 tampak bahwa pemilihan tehnik tegangan tinggi juga sangat efektif dalam menekan laju paparan radiasi hambur bagi lingkungan, yang berarti dari segi proteksi radiasi hal ini sangat menguntungkan terutama dalam menekan dosis radiasi bagi petugas maupun masyarakat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perubahan faktor eksposi untuk teknik tegangan tinggi pada pemeriksaan abdomen dengan menggunakan CR merk Kodak tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas radiograf yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh faktor CR yang mempunyai *dynamic range* yang sangat luas sehingga mampu menampung faktor eksposi dengan rentang yang lebar dan menampilkan performa yang tinggi dalam kemampuannya memberi informasi diagnostik yang lebih baik pada daerah *underexposed* atau *overexposed*.
2. Untuk mendapatkan densitas optik yang setara, pemilihan tehnik tegangan tinggi akan diikuti dengan penurunan arus tabung dan waktu eksposi

sehingga hal ini sangat efektif dalam mengurangi besarnya paparan dan dosis serap jaringan yang diterima pasien.

3. Pengukuran laju paparan radiasi hambur dengan menggunakan *survey meter* yang diletakkan pada jarak 100 cm dari obyek menghasilkan laju paparan yang semakin rendah pada faktor eksposi yang semakin tinggi, itu berarti pemilihan teknik tegangan tinggi sejalan dengan prinsip-prinsip proteksi radiasi, baik bagi petugas maupun masyarakat sekitar.

Untuk menghasilkan suatu radiograf yang berkualitas dengan paparan radiasi yang minimum, perlu dilakukan penelitian lebih spesifik pada berbagai pemeriksaan dengan menggunakan CR, khususnya pada pemilihan tegangan tabung tinggi, seperti pada *IVP, Colon in Loop*, dan pada pemeriksaan dengan media kontras lainnya yang dilakukan secara serial.

Sedangkan untuk mengetahui dosis paparan dari pemakaian teknik tegangan tinggi ini terhadap *entrance skin exposure* dapat diukur secara lebih valid dengan menggunakan *elektrometer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hoxter E, 1973, *Teknik Memotret Rontgen*, terjemahan Sombu P., Penerbit Erlangga Jakarta.
- [2] Akhadi, M., 2000, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, Edisi I, Rineka Cipta, Jakarta.
- [3] Jenkins D., 1988, *Radiographic, Photographic and Imaging Process*, Mary Land Aspen Publication.
- [4] Wilks J. Robin, BSc. PHd., 1987, *Principles of Radiological Physics*, 3th Edition, Melbourne and New York Churcill Livingston.
- [5] Christensen, 1990, *Physics of Diagnostic Radiology*, 4th Edition, Lea and Febiger Publisher, London.