

APLIKASI ALAT RADIOGRAFI DIGITAL DALAM PENGEMBANGAN LAYANAN FOTO RONTGEN

¹Susilo , ¹Sunarno, ²E Setiowati, ³L Lestari

1) Dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang Gedung D7 Lt. 2 Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229

2) Dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang

3) Radiolog pada Devisi Radiologi RSPAW Salatiga

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 30 Januari 2012

Disetujui 22 Februari 2012

Dipublikasikan Oktober 2012

Keywords:

digital radiography

intensifying screen

X-ray

medical imaging

Abstrak

Sistem radiografi digital (RD) selama ini dianggap sebagai teknologi impor yang canggih, mahal, dan memerlukan kemampuan sumber daya yang tinggi. Pengadaan secara *built-in* cenderung menyerap APBD cukup besar terutama untuk pelaksanaan otonomi daerah dan desentralisasi, selain itu juga tidak memberi nilai tambah bagi struktur iptek daerah. Dalam upaya pengembangan sistem RD untuk aplikasi medis, penelitian ini mengembangkan sistem pencitraan radiografi digital untuk pengembangan layanan RS Daerah. Melalui penelitian ini, hasil penelitian terdahulu dikembangkan menjadi model prototipe aplikasi pencitraan medis yang dilengkapi dengan sistem pelindung radiasi, dan sistem penangkap gambar yang dibangun dari tabung kedap cahaya, *intensifying screen* bersama kamera CCD, dan pengolah citra. Hasil penelitian ini adalah berupa model prototipe sistem pencitraan radiografi digital (tanpa film) untuk pemeriksaan fraktur tulang dan *software* analisis citra radiografi digital berbasis Matlab 7.1, sehingga pencitraan medis ini dapat diduplikasi oleh unit kendali mutu yang ada di rumah sakit kota/ daerah.

Abstract

Digital radiography system (RD) is considered as advanced and expensive imported technology, and it requires high resource capabilities. Built-in procurement tends to absorb substantial budget, especially for the implementation of regional autonomy and decentralization, but it also does not add value to the structure of the science and technology region. To develop the RD system for medical applications, this study developed a digital radiographic imaging system for the development of regional hospital services. Through this research, the results of previous studies developed a prototype model of medical imaging application that comes with the system of radiation protection and image capture system built from a light-tight tube, intensifying screen with a CCD camera and image processing. This study results a prototype model of digital radiography imaging system (without film) for examination of bone fractures and image of digital radiography software analysis based on Matlab 7.1, so that medical imaging can be duplicated by the quality control unit of city/ regional hospital.

Pendahuluan

Penelitian ini didasarkan atas modalitas radiografi yang cenderung bersifat analog dan menggunakan film radiografi. Cara ini melihat film hasil radiografi berbasis film analog dengan menggunakan *lightbox*. Hasil diagnostik berbasis visual ini sangat tergantung pada subjektivitas dokter dan kelemahan teknis ketika proses pencetakan film.

Penelitian menghasilkan suatu *output* berupa modalitas sistem radiografi konvensional yang dimodifikasi menjadi sistem radiografi digital, tanpa film, yang hasilnya dapat dilihat langsung melalui layar monitor komputer dalam sistem RD (Korner *et al.* 2007). Keunggulan sistem ini antara lain citra digital hasil dapat diproses lebih lanjut, misalnya dengan teknik pengolahan citra (*image processing, pattern recognition* dan *image archiving*), disimpan dalam *harddisk* dan lainnya (Linuma *et al.* 2000).

Sistem RD yang dibangun sudah bisa dioperasikan dalam skala lab., seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Sistem ini dapat diaplikasikan dalam bidang medis di RS.



Gambar 1. Sistem RD yang telah dibangun pada tahun pertama.



Gambar 2. Meja pasien dan tabung kedap cahaya yang dibangun pada tahun pertama

Prinsip dari radiografi digital adalah memanfaatkan perbedaan penyerapan sinar-X pada bagian-bagian tulang dan jaringan lainnya (Kotter 2002). Pada tulang padat, sinar-X yang diserap lebih banyak sehingga sinar yang datang ke *intensifying screen* menjadi berkurang mengakibatkan gambaran tulang menjadi lebih putih dibanding dengan jaringan tulang lainnya. Oleh karena itu gambaran jaringan tulang yang densitasnya berbeda dengan tulang normal ditampilkan berbeda pula pada layar tampilan gambar.

Paparan sinar-X mengenai objek (tulang), sehingga menghasilkan radiograf yang bisa menggambarkan densitas dari tulang tersebut. Untuk pencitraan pada objek yang terkena paparan (tulang normal dan tulang metastasis) dapat dinyatakan secara matematis sebagai:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

dengan I = intensitas setelah mengenai objek, I_0 = intensitas mula-mula dan x adalah tebal obyek (Rowlands 2002).

Tingkat keabuan sebanding dengan intensitas berkas sinar-X, sehingga dengan menggunakan nilai tingkat keabuan dari 0~255 dapat digunakan untuk menentukan I dan I_0 , sehingga dapat digunakan pula untuk diagnosis fraktur tulang. Salah satu *software* yang digunakan dalam kajian ini adalah menggunakan bahasa pemrograman *Matlab* (*Matrix Laboratory*) yang dikembangkan oleh MathWork. Dengan memanfaatkan fasilitas GUI (*Graphical User Interface*) bisa dibangun *software* berbasis *Matlab* untuk diagnosis fraktur tulang.

Metode

Tempat Penelitian

Penelitian dipusatkan di Lab. Fisika-FMIPA UNNES Semarang, sebagai *host* penelitian, dimana unit penangkap gambar VC dan komputer PC pengolah citra beserta *software* aplikasi dirakit, sedang perakitan komponen unit sinar-X dan uji radiografi dilakukan di Lab. Fisika Medik-FMIPA UNDIP Semarang karena komponen unit *X-ray* dan perlengkapannya milik Lab. Fisika Undip, sedang aplikasi sistem RD untuk pemeriksaan fraktur dilakukan di Rumah Sakit Paru Ario Wirawan (RSPAW) Salatiga.

Alat dan Bahan

Fasilitas utama yang akan menjadi kunci awal realisasi pengembangan teknologi RD ini,

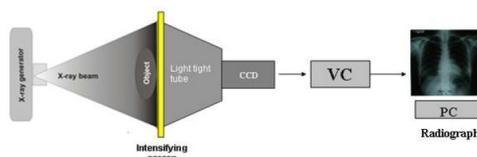
yaitu unit generator sinar-X dan tabung sinar-X belum dipasang, masih berupa komponen-komponen lepas yang belum ter-*install*, tetapi secara fungsional masih baik. Fasilitas tambahan lainnya yang perlu diadakan adalah PC dengan sebuah penangkap gambar VC atau *frame-grabber* komersial dengan citra resolusi video yang ditangkap dengan kecepatan 40 msec/ frame, yang dapat dikembangkan menjadi citra resolusi yang lebih baik.

Sistem yang dibangun juga memerlukan komponen-komponen tambahan seperti lembaran timbal untuk proteksi radiasi. Sedangkan unit *power supply* dengan pendingin dan unit kontrol generator sinar-X sudah ada. Melalui penelitian sebelumnya, unit kontrol itu dimodifikasi sehingga dapat dioperasikan secara otomatis berbasis PC.

Peralatan penelitian itu telah terpasang dan secara teknis dapat dioperasikan secara aman, sehingga penelitian ini memerlukan bahan-bahan berikut sebagai pendukung, yaitu *objek phantom thorax* yang terbuat dari *wax* dan tulang sapi, *chest X-ray phantom*, *skull X-ray phantom*, objek hayati nyata (kelinci atau anjing) yang digunakan untuk merepresentasikan tubuh manusia. *Penetrometer step wedge* untuk keperluan kalibrasi alat dan bahan.

Rancang Bangun Sistem

Pada prinsipnya, sistem RD dibangun dari sistem Radiografi Konvensional (RK) yang terdiri dari unit-unit generator sinar-X, kaset film, ruang gelap pemroses film, dan film radiograf dengan menghilangkan dan menambah unit tertentu. Pada penelitian ini, sistem RK dimodifikasi menjadi sistem RD berbasis *Intensifying Screen* dengan mode Radiografi sebagai suatu unit pencitraan yang ada di rumah-sakit (RS), dan upaya modifikasi yang dilakukan dapat ditunjukkan pada diagram alir Gambar 3. Dengan menambah tabung kedap cahaya (*light tight tube*) dibelakang *intensifying screen* maka bayangan objek bisa ditangkap oleh kamera CCD untuk ditampilkan pada layar monitor PC sebagai citra radiograf, sehingga pemrosesan film radiograf konvensional tidak diperlukan lagi.



Gambar 3. Diagram alir Sistem RD modifikasi dari Sistem RK (Susilo *et al.* 2009)

Prosedur Kerja

Pertama, pembuatan tabung kedap cahaya berbasis *intensifying screen*, berfungsi untuk mengubah sinar-X (yang bukan sinar tampak) menjadi sinar tampak sehingga bayangan yang terbentuk dari objek pada *intensifying screen* dapat ditangkap oleh camera CCD. Kegiatan tahap ini dilakukan di Lab. Fisika Instrumentasi FMIPA UNNES Semarang.

Kedua, perakitan ulang unit generator sinar-X (*roentgen*) bekas yang masih merupakan komponen-komponen lepas dari unit-unit sistem RK. Sistem ini merupakan hibah dari RS Dr. Kariadi Semarang yang tidak digunakan lagi untuk Lab. Fisika Medik FMIPA Undip, sehingga perlu di-*install* ulang. Kegiatan tahap ini dilakukan di Lab. Fisika Medik FMIPA UNDIP Semarang.

Ketiga, *setting unit frame grabber* atau penangkap gambar VC (*video capture*), komputer PC bersama *software* penangkap gambar.

Keempat, dilakukan instalasi proteksi radiasi untuk menunjang keamanan radiasi bagi pelaksana inspeksi radiografi sinar-X. Proteksi ini berupa suatu ruang timbal dengan ketebalan 2 mm, berukuran panjang x lebar x tinggi berturut-turut adalah 4 x 3 x 1,5 meter.

Seluruh proses eksperimen dilakukan di laboratorium fisika *medik* melalui pengukuran dan pengamatan visual secara langsung terhadap kinerja sistem yang dibangun. Proses akuisisi citra dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis pada perangkat pencitra *frame grabber* dan PC. Proses akuisisi ini secara prinsip menggunakan mode radiografi, namun diakuisisi dalam waktu mode radiografi (0,4 sec), sehingga didapatkan 20 *frame* untuk sekali paparan pada objek yang sama dan pada posisi yang sama. Dengan mode radiografi, dosis radiasi dapat ditekan minimum karena penggunaan kV dan mAs yang rendah, lebih rendah daripada mode radiografi konvensional.

Berbagai objek phantom telah diujikan untuk mengetahui kinerja sistem. Untuk setiap phantom dikaji kualitas citra yang dihasilkan sebagai fungsi tegangan kV dan arus waktu mAs.

Suatu citra X ray medis diperoleh ketika sinar X diaktifkan dan dibiarkan memapari objek (tubuh phantom) sedemikian sehingga sebuah citra terbentuk pada *Intensifying Screen* yang merupakan bagian depan dari tabung

kepada cahaya. Sebuah citra diagnostik medis tubuh phantom diperoleh melalui proses digitisasi citra radiograf yang ditangkap oleh camera CCD dalam tabung kedap cahaya melalui perangkat *frame grabber* yang terprogram. Citra hasil digitisasi ini langsung dapat tervisualisasi di layar monitor komputer. Citra digital tersebut kemudian disimpan dalam memori penyimpanan pada PC sebagai file citra radiograf digital. Dalam penelitian ini, setiap citra radiograf digital yang diperoleh akan dilengkapi dengan tambahan informasi rekam medis atau *database* lainnya, untuk keperluan identifikasi.

Selanjutnya, setelah citra diperoleh dan disimpan di dalam server, citra dapat diakses untuk dianalisis. Luaran adalah berbentuk laporan citra radiograf berupa file dengan *format imageJPG* atau *BMP*.

Teknik pengolahan data

Citra digital yang tersimpan di server dapat diakses, dieksplorasi, dan diolah menggunakan perangkat lunak hasil rekayasa berbasis Matlab. Sebuah program aplikasi komputer dibuat khusus untuk para radiolog guna membantu melakukan proses pencitraan medis yang dilengkapi dengan fitur *image processing*, pencetakan, dan penyimpanan.

Namun, sebelum sistem radiografi digital ini digunakan untuk keperluan pencitraan medis, kepada sistem radiografi digital itu perlu dilakukan uji kinerja dan validitas sistem. Untuk itu, dilakukan pengujian kinerja terhadap sistem pembangkit sinar-X, paparan radiasi, uniformitas berkas radiasi, dan linieritas kV-mAs. Uji validitas dilakukan berbasis pada ketentuan ketetapan spesifikasi medis minimum, misalnya resolusi ruang dan dosis paparan radiasi.

Dari metode penelitian ini, luarannya adalah: model *prototype* sistem pencitraan radiografi digital, citra radiograf *stepwedge*, citra hewan atau *volunteer*, dan akhirnya rekomendasi untuk aplikasi medis. Sedangkan indikator luaran yang terukur adalah: kV, mAs, resolusi citra dan kontras citra.

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan Perbaikan dan Instalasi di RSPAW Salatiga.

Telah dilakukan modifikasi sistem Radiografi Konvensional (RK) menjadi sistem Radiografi Digital (RD) pada kegiatan riset

tahap awal, sehingga pada tahap berikutnya merupakan aplikasi sistem RD di lapangan dalam hal ini di RSPAW Salatiga. Kegiatan tersebut meliputi:

Kegiatan pertama adalah melakukan pendataan, perbaikan, dan penyesuaian dengan sistem RK yang ada di Bagian Radiologi RSPAW Salatiga.

Kegiatan kedua adalah *install* ulang PC untuk sistem RD karena ditemukannya kerusakan pada tabung sinar-X mengakibatkan pula kerusakan *riley-riley* pada rangkaian *interface* yang menghubungkan *unit control table* dengan unit PC. Kegiatan perbaikan kerusakan ini ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Kegiatan ketiga adalah kegiatan mengurus perizinan dan mematangkan kerjasama penelitian dengan tim peneliti dari pihak RSPAW Salatiga, sambil meninjau keadaan di bagian Radiologi tempat dimana modifikasi sistem RD akan dilakukan (Gambar 6).



Gambar 4. Pemasangan rangkaian *interface* pada unit *Control Table* oleh tim peneliti



Gambar 5. Rangkaian *interface* yang menghubungkan *control table* dan PC.

Kegiatan keempat adalah *setting system* RK milik RSPAW di ruang radio-diagnostik menjadi sistem RD dengan cara menggabungkan sistem RK tersebut dengan tabung penangkap gambar kedap cahaya bersama rangkaian *interface*, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Tim peneliti RSPAW (dr. Lilik, Sp.Rad) bersama tim Unnes pada bagian Radiologi RSPAW Salatiga.



Gambar 7. Sistem RD hasil modifikasi sistem RK di RSPAW Salatiga

Kegiatan kelima adalah uji coba final dengan menggunakan sistem RD yang dibangun di bagian Radiologi RSPAW Salatiga. Dengan berbagai variasi objek (*stepwedge phantom, volunteer* dll) dan juga berbagai variasi faktor ekspose (kV, mA, mAs, jarak) dihasilkan citra radiografi. Beberapa hasil radiograf ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Radiograf kaki *volunteer* tulang normal.

Kegiatan Pengambilan Data Pasien Volunteer.

Kegiatan selanjutnya adalah pengambilan data foto roentgen radiografi dengan objek pasien sungguhan menggunakan sistem RD yang dibangun di bagian Radiologi RSPAW Salatiga. Foto kegiatan pemotretan dengan radiografi sinar-X ditunjukkan pada Gambar 9, sedang radiograf hasil foto roentgen

ditunjukkan pada Gambar 10. Radiograf tersebut dipotret dengan faktor eksposi 40 kV 0,1 mAs, faktor eksposi dengan dosis paparan yang cukup rendah.



Gambar 9. Pemotretan fraktur tulang pada kaki dan tangan



Gambar 10. Radiograf fraktur tulang beberapa objek

Foto citra radiograf jenis digital ini mempunyai dimensi 320 x 240 pixel, jenis *Bitmap Image*, dengan ukuran 225 kB. Ini disebabkan karena penangkap gambar menggunakan camera CCD. Ukuran citra tersebut cukup kecil, sehingga mudah dikirim menggunakan fasilitas SMS, MMS, atau internet. Namun foto tersebut dibanding dengan hasil kamera yang terkini dianggap kecil sehingga masih bisa ditingkatkan dengan cara lain.

Kelebihan dari foto radiograf digital ini adalah bisa dicetak seperti film *roentgen* biasanya, atau bisa disimpan di harddisk berupa file computer dalam bentuk *image* jenis BMP, JPG, JPEG, atau lainnya (Susilo *et al.* 2007). Oleh karena itu file tersebut bisa diolah atau diproses lebih lanjut menggunakan *software*, dalam penelitian ini digunakan *software* hasil rekayasa berbasis Matlab. Dengan menggunakan *software* tersebut bisa mengubah data kualitatif menjadi data kuantitatif, yaitu menjadi angka-angka tingkat keabuan (*grey level*) dari angka 0-255 atau dari warna intensitas gelap sampai terang. Oleh karena itu kajian ini dapat mengurangi variabilitas interpretasi radiograf oleh para radiolog, juga bisa mengurangi subjektivitas pemeriksaan (Arbak *et al.* 2000; Jiang *et al.* 2001)

Selama tahap pertama dan kedua telah dilakukan kajian Fisika dan Medis tentang rancang bangun sistem pencitraan radiografi digital, sehingga dari penelitian ini diperoleh pemahaman yang komprehensif tentang radiografi digital untuk aplikasi pemeriksaan fraktur tulang pasien.

Dari perkembangan lanjutan kegiatan riset ini telah pula dipublikasikan sebuah artikel dengan topik Kajian Fisika Indeks Keabuan dengan Teknik Radiografi Digital pada Pemeriksaan Tulang Metastatik (Susilo *et al.* 2012).

Keterbatasan Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah diuraikan di atas, terdapat keterbatasan dari kajian ini, antara lain terangkum sebagai berikut.

Faktor dimensi atau ukuran pixel sangat berpengaruh terhadap kualitas citra, disini belum dibahas secara detail, sehingga dapat dipertimbangkan untuk penelitian lanjutan tentang kajian ini.

Pada penelitian ini belum dibahas mengenai analisis *cost benefit* dan analisis *cost effectiveness* sehingga perlu dilakukan studi lanjutan mengenai analisis ini.

Simpulan

Penelitian ini telah berhasil memfungsikan kembali generator sinar-X radiografi, tabung sinar-X, *control table*, unit catu daya, dan *collimator*. Hasilnya adalah model sistem RD yaitu dengan menambah unit penangkap gambar dan software penunjang lainnya.

Secara operasional sistem RD yang dibangun telah menghasilkan suatu foto atau radiograf dari *stepwedge phantom*, dan fraktur tulang, yang dapat diinterpretasi secara digital oleh dokter atau radiolog sehingga mengurangi subjektivitas pemeriksaan.

Aplikasi alat RD yang dibangun dapat mengembangkan layanan foto roentgen, khususnya untuk peningkatan layanan roentgen RS kota/ daerah

Sistem RD ini dapat digunakan untuk mendiagnosis pasien fraktur pada tulang panjang.

Saran

Sistem RD dengan menggunakan tabung kedap cahaya berbasis *intensifying screen* perlu selalu dikinikan terhadap perkembangan

teknologi sehingga citra radiograf yang dihasilkan sesuai dengan perkembangan teleradiografi yang juga selalu berkembang.

Dengan menggunakan unit generator sinar-X *portable* maka dapat dibangun sistem RD mobile yang sangat cocok untuk mengatasi pemeriksaan radiografi di daerah bencana seperti gempa, tsunami, atau banjir.

Sistem Radiografi Digital ini juga bisa digunakan untuk mendiagnosis pasien fraktur pada tulang pipih.

Daftar Pustaka

- Arbak K, Okkoza O, Karacan O, Kaya A, Gonullu U. 2000. Interobserver variability of interpretation of chest roentgenograms. *Tuberkuluz ve Toraks Dergisi* 148(1): 47-51.
- Jiang Y, Nishikawa RM, Schmidt RA, Toledano AY, Doi K. 2001. Potential of computer-aided diagnosis to reduce variability in radiologists' interpretations of mammograms depicting micro-calcifications. *Radiol.* 220: 787-794.
- Korner M, Weber CH, Wirth S, Pfeifer K, Reiser MF, Treitl M. 2007. Advances in digital radiography: Physical Principles and System Overview. RSNA. *Radio Graphics* 27: 675-686. Published online 10.1148/rg.273065075.
- Kotter E, Langer M. 2002. Digital radiography with large-area flatpanel detectors. *Eur Radiol.* 12: 2562-70.
- Linuma G, Ushio K, Ishikawa T, Nawano S, Sekiguchi R, Satake M. 2002. Diagnostic of Gastric Cancers: Comparison of conventional radiography and digital radiography with a 4 million-pixel charge-coupled device. RSNA. *Radiol.* 214: 497-502.
- Rowlands J The physics of computed radiography. 2002. *Phys Med Biol.* 47: R123-66.
- Susilo, MT Maesadji, Kusminarto, Wahyu S.B. 2012. Kajian Fisika Indeks Keabuan dengan Teknik Radiografi Digital pada Pemeriksaan Tulang Metastatik. *J Pendidikan Fisika Indonesia (JPMI)*. 8(1): 98-105.
- Susilo, Sunarno, Azam M, Anam C. 2009. *Rancang Bangun Sistem Pencitraan Radiografi Digital untuk Pengembangan Layanan RS Daerah dalam Pelaksanaan Otonomi Daerah dan Desentralisasi*. Jakarta: Dikti. Laporan Penelitian Strategis Nasional tahun ke-1.
- Susilo, Isa A, Kusminarto, Suparta GB, Nugroho W, Swakarma IK, 2007. *Pengembangan Sistem Radiografi Digital untuk Pemeriksaan Medis* Jakarta: Dikti. Laporan Penelitian Hibah Bersaing.