

## KAJIAN RADIOGRAFI DIGITAL TULANG TANGAN

Susilo<sup>a,\*</sup>, Wahyu Setia Budi<sup>b</sup>, Kusminarto<sup>c</sup> dan G.B. Suparta<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Semarang (UNNES), Indonesia

<sup>b</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika  
Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang, Indonesia

<sup>c</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gajah Mada (UGM) Yogyakarta, Indonesia

\*Corresponding author. Tel/Fax : 085641811456; Email: susilosumarto@yahoo.com

### Intisari

Teknologi diagnostik medis yang digunakan pada unit radiologi di rumah sakit sudah cenderung bergeser dari teknologi analog berbasis film menjadi teknologi digital (*filmless*). Salah satu cara membuat sistem radiografi tanpa film adalah dengan cara konversi digital menggunakan tabung kedap cahaya (*light tight tube*). Dalam penelitian ini, kami telah mengkaji kemungkinan pemanfaatan sistem pencitraan radiografi digital sinar-x berbasis X-Ray Intensifying Screen (XRIS) dihubungkan dengan perangkat *frame-grabber*. Hasil eksperimen tahap awal untuk memperoleh radiograf tulang tangan menunjukkan bahwa sistem ini cukup dioperasikan pada tegangan anode-katode 50 kV, arus waktu filamen 50 mAs dan waktu paparan 0,1 detik untuk menghasilkan citra yang cukup dapat dilihat. Untuk sekali paparan, dimungkinkan memperoleh beberapa citra untuk obyek yang sama pada posisi tetap, tiap-tiap citra mengandung informasi radiografi berbeda ditunjukkan oleh distribusi tiap citra yang bervariasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ini diharapkan lebih efisien dan lebih efektif dibandingkan dengan metode konvensional berbasis film, dan dapat dikembangkan untuk diagnose mineral tulang.

**Kata kunci:** radiografi digital; *filmless*; sinar-x; tulang tangan

### Pendahuluan

Teknologi diagnostik medis yang digunakan oleh unit radiologi di rumah sakit modern sudah cenderung bergeser dari teknologi analog berbasis film menjadi teknologi digital (*filmless*). Namun, prinsip radiografi sinar-X sendiri relatif tidak banyak berubah. Beberapa cara aplikasi *filmless radiography* dapat ditempuh, antara lain dengan teknik digitisasi film radiograf atas prinsip densitas optik (*optical densitometry*) mekanik hingga ke bentuk pemaparan digital menggunakan *flatbed scanner*. Kemudian dengan melakukan proses konversi citra fluoroskopi, DR (*Direct Radiography*), dengan menggunakan flat detektor yang telah dilengkapi dengan sistem konversi digital. Perbandingan kinerjanya dapat dianalisis dengan metode seperti yang dilakukan oleh Bianchi, *et al* [1].

Variasi proses konversi tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Setidaknya, ada perbedaan kontras antara sebuah proses radiografi tidak langsung, yang diwakili oleh keempat teknik digitisasi pertama, relatif terhadap teknik digitisasi berbasis flat detektor. Keempat teknik radiografi pertama cenderung berbasis pada proses konversi analog ke digital. Proses demikian akan tergantung pada resolusi spasial (ukuran matriks citra), resolusi dinamik (bit/piksel), waktu konversi (kecepatan akuisisi) dan proses manipulasi citra (*image processing*). Jadi, keempat teknik tersebut lebih cenderung dapat disebut sebagai *computerized radiography*. Sebaliknya, dengan sistem flat detektor, proses digitisasi dan manipulasi dapat dikatakan langsung terjadi. Dengan adanya dukungan teknologi *microchip* dan *nanotechnology*, proses itu kemudian menjadi landasan bagi perkembangan *computed*

*radiography*, dimana proses akuisisi, filtering dan manipulasi citra dapat dilakukan secara langsung [2].

Alat-alat berbasis *computed radiography* relatif masih baru dan harga unit sistemnya relatif mahal di Indonesia [3]. Biaya operasionalnya juga relatif tinggi karena sel detektor atau elemen detektor relatif mudah mengalami kerusakan akibat terjangkit radiasi sinar-x secara terus-menerus. Karena itu, alternatif investasi teknologi radiografi yang cukup baik adalah dengan mengembangkan teknologi digitisasi berbasis *x-ray intensifying screen (XRIS)*. Keunggulannya adalah bahwa unit pendigitisasinya semata-mata merupakan suatu konversi bayangan obyek akibat disinari sinar-x pada layar pendar CsI(Tl) yang difokuskan ke suatu bidang gambar pendaran. Gambar pada gambar pendaran tersebut kemudian ditangkap oleh suatu sistem optik untuk selanjutnya diubah menjadi sinyal digital [4].

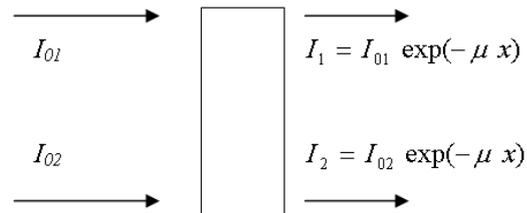
Pada makalah ini didiskusikan tentang hasil pencitraan radiografi digital sinar-x berbasis XRIS yang telah didigitisasi menggunakan perangkat digitisasi *video capturer* komersial yang sederhana. *Video capturer* komersial sudah umum dijual di masyarakat dengan biaya yang relatif terjangkau. Keuntungan yang diperoleh melalui pemanfaatan perangkat *video capturer* komersial tersebut adalah bahwa perangkat tersebut cenderung banyak tersedia di pasar domestik diikuti dengan kemudahan sukucadang dan *platform* sistem operasi seperti MS Windows atau LINUX yang sudah sangat umum dipakai.

**Metode Penelitian**

**Bahan dan Peralatan**

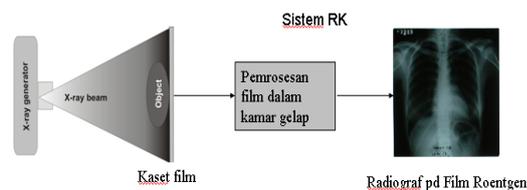
Berkas sinar-X yang digunakan adalah tak homogen. Intensitas di tengah paling tinggi dan menurun secara gradual kearah tepi [5-6]. Ini akan mempengaruhi citra-citra yang dihasilkan. Citra yang

dihasilkan pada dasarnya adalah pemetaan dari berkas yang diteruskan  $I$ . Karena berkas yang baru datang  $I_o$  tak homogen, oleh karena itu berkas yang diteruskan adalah tak homogen, seperti dijelaskan pada gambar 1.

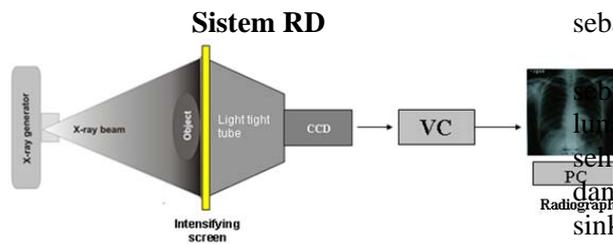


Gambar 1: Berkas sinar datang dan yang diteruskan tak homogen

Secara skematis, rancang bangun sistem Radiografi Digital dilukiskan seperti gambar berikut. Gambar 2 menjelaskan tentang sistem Radiografi Konvensional yang dimodifikasi menjadi sistem Radiografi Digital berbasis *X-ray Intensifying Screen* dengan mode radiografi sebagai suatu unit pencitraan yang ada di rumah-sakit, dan digambarkan dalam gambar 3. Dengan menambah tabung kedap cahaya (*light tight tube*) dibelakang *intensifying screen* maka bayangan obyek bisa ditangkap oleh camera CCD kemudian diteruskan ke unit *frame grabber* atau penangkap gambar VC (*video capturer*). Data digital yang diperoleh diteruskan ke komputer PC dengan *software* pengolah citra untuk kemudian citra ditampilkan pada layar monitor PC, sehingga pemrosesan film dalam radiografi konvensional tidak diperlukan lagi.



Gambar 2: Sistem Radiografi Konvensional [7]



Gambar 3: Sistem Radiografi Digital modifikasi dari Sistem Radiografi Konvensional

### Eksperimental

Berdasarkan skema diatas cara kerjanya adalah sebagai berikut. Sebuah obyek ditempatkan di depan layar sintilasi CsI(Tl) yang menyatu dengan perangkat tabung kedap cahaya berbasis *Intensifying screen*, yang sudah dilengkapi dengan sistem kamera beserta sistem optiknya. Ketika generator sinar-x mulai diaktifkan, tegangan anode-katode, arus filamen dan waktu paparan dapat diatur. Dalam percobaan ini, sistem generator sinar-x diatur pada posisi minimum, yaitu untuk tegangan anode-katode 50 kV, arus waktu filamen 50 mAs dan waktu exposure 0,1 detik. Ketika generator sinar-x diaktifkan sehingga x-ray memancar mengenai obyek (tangan *volunteer*), maka radiasi sinar-x akan berinteraksi dengan obyek yang hendak diradiografi. Hasilnya adalah berupa bayangan radiasi sinar-x pada layar sintilasi. Citra yang tampak pada layar sintilasi merupakan citra tampak. Kemudian, citra tulang tangan yang tampak tersebut ditangkap oleh kamera, lalu diubah menjadi sinyal video analog *gray level*. Selanjutnya, citra tersebut dapat ditampilkan pada layar monitor PC. Proses digitisasi menggunakan *video capturer* dapat dilakukan dengan cara memasukkan sinyal *video output* luaran dari unit tersebut ke dalam *input video* pada perangkat *video capturer* yang telah diinstalasikan pada unit komputer. Lalu, dengan perangkat lunak video capturer, suatu citra digital dapat diperoleh, yang

diikuti dengan proses penyimpanan sebagai sebuah file digital.

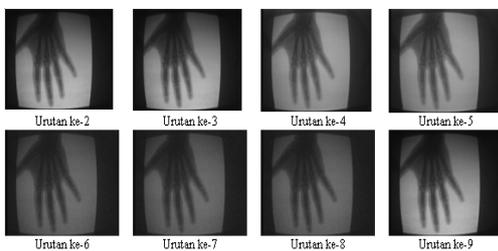
Untuk keperluan penelitian ini, sebuah perangkat keras dan perangkat lunak khusus telah dibuat sedemikian sehingga proses aktivasi generator sinar-x dan video capturer dapat bekerja secara sinkron. Dengan perangkat tersebut, proses radiografi dapat dilakukan dalam waktu relatif cepat (mode radiografi), namun menghasilkan 10 citra tulang tangan tunggal dari obyek yang sama (*multiple images*). Selanjutnya terhadap semua citra yang diperoleh dapat dilakukan manipulasi menggunakan metode *image processing* secara independen maupun manipulasi kolektif, misalnya *images averaging*.

### Hasil dan Pembahasan

Secara umum, proses radiografi film umumnya memerlukan waktu 0,25 – 0,50 detik untuk sekali pemaparan, namun tegangan dan arus operasional tabung sinar-x untuk menghasilkan intensitas sinar-x relatif besar, yaitu tegangan anode-katode 80 - 125 kV dan arus filamen 50 mA – 200 mA. Bahan anode secara umum adalah tungsten yang memiliki energi karakteristik pada tegangan 60 keV. Konsekuensinya adalah dosis radiasi yang diberikan kepada pasien relatif masih tinggi dan tenaga listrik operasional yang diperlukan juga tinggi. Sebaliknya, proses radiografi berbasis *intensifying screen* yang konvensional menggunakan mode pemaparan radiografi dimana tegangan operasinya dapat relatif tetap, namun arus filamen dapat direduksi hingga antara 40 ~ 50 mAs. Namun, karena proses diagnostik yang diterapkan cenderung online diagnostik, maka waktu diagnostik relatif lebih singkat antara 0.05 – 0.1 detik. Tenaga listrik yang diperlukan relatif rendah hingga sama dengan sistem radiografi film tergantung waktu paparan. Keuntungan pemanfaatan mode radiografi adalah bahwa umur generator sinar-x

dapat lebih lama akibat pemakaian filamen pada tabung sinar-x dengan waktu lebih singkat.

Gambar 4 menunjukkan hasil pencitraan radiografi sinar-x berbasis XRIS yang dioperasikan pada mode radiografi. Untuk memperoleh hasil pencitraan tersebut, generator sinar-x diset-up pada tegangan (40 ~ 50 kV), arus waktu filamen (40 ~ 50 mAs) atau arus filamen (400 ~ 500 mA) dan waktu paparan (0.05- 0.1 detik) . Tegangan 50 kV sesungguhnya berada di bawah tegangan minimum untuk menghasilkan sinar-x karakteristik. Akibatnya, pada sistem tersebut mayoritas radiasi sinar-x yang digunakan berupa radiasi sinar-x *bremstrahlung* yang polikromatis, dengan tegangan kerja rata-rata dibawah 50 kV. Apabila kondisi tersebut diterapkan untuk radiografi film, maka citra yang dihasilkan cenderung gelap karena intensitas radiasi yang digunakan cenderung rendah untuk obyek yang diuji sehingga tidak cukup menghitamkan film.



Gambar 4. Hasil pencitraan radiografi sinar-x berbasis *intensifying screen* mode radiografi.

Dengan menggunakan perangkat lunak khusus untuk keperluan digitisasi yang telah dibuat, untuk sekali paparan selama 0,1 detik dapat diperoleh sekitar 10 citra sekuensial untuk obyek yang sama pada posisi yang sama. Jumlah citra hasil ini berbeda dengan metode konvensional sebelumnya yaitu mode radiografi. Sebaliknya metode konvensional berbasis film cenderung menghasilkan sebuah citra yang direkam pada sebuah film radiograf [8].

Setelah proses digitisasi berhasil dilakukan, citra yang diperoleh telah berbentuk citra digital dalam format bitmap (\*.BMP) atau \*.JPG, yang selanjutnya dapat dibuka dengan program aplikasi berbasis operating system Microsoft Windows, seperti PhotoShop, ACDSee, Photopaint, Ulead Photo Studio, dll yang banyak tersedia secara komersial. Namun, walaupun demikian, semua perangkat lunak tersebut cenderung tidak efisien untuk keperluan aplikasi medis, disamping memerlukan keahlian khusus baik untuk operasi maupun interpretasinya. Pada Gambar 5 dan 6 ditunjukkan hasil pengolahan menggunakan program aplikasi Matlab 7.1 yang dikembangkan. Melalui proses pengolahan citra terhadap sekuens citra yang diperoleh dapat dihasilkan sebuah citra yang relatif lebih baik dibanding sejumlah citra tunggal yang telah diperoleh sebelumnya dan dapat dianalisis (histogram, mean, SD, pixel info, invert, lens distort, convert grey dll).



Gambar 5. Sebagian hasil pengolahan citra radiograf tangan volunteer



Gambar 6. Contoh analisis citra radiograf digital menggunakan perangkat lunak yang dikembangkan.

**Kesimpulan**

Melalui proses eksperimen ini dapat ditunjukkan bahwa proses digitisasi citra radiografi berbasis XRIS yang digandeng dengan sistem penangkap citra digital dapat menghemat tenaga listrik, mereduksi dosis radiasi yang diterima pasien, mereduksi waktu paparan dan dapat menghasilkan citra tulang tangan jamak untuk obyek yang sama pada posisi yang sama, yang selanjutnya dapat dipilih dan dievaluasi secara terpisah ataupun digabung lalu dirata-rata untuk memperoleh kualitas citra yang lebih baik.

Berdasarkan studi ini diperoleh pemahaman bahwa proses digitisasi dapat dilakukan dengan komponen yang sederhana, yang tersedia dan mudah diperoleh di pasar domestik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan rekomendasi untuk memperhatikan, memelihara dan meningkatkan kinerja fasilitas radiografi berbasis XRIS yang terdapat di berbagai rumah sakit di Indonesia sebelum rumah sakit tersebut mempertimbangkan untuk melakukan investasi berupa pengadaan perangkat radiografi digital yang lebih canggih.

**Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini dapat terselenggara melalui bantuan IRT dan atas izin RS Dr. Kariadi Semarang yang tetap memberi izin riset lanjutan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Rudi Setiawan, Sdr. I Ketut Swakarma, M.T., Sdr. Wayan Sutrisna, S.T. atas bantuannya dalam penelitian ini.

**Daftar Pustaka**

- [1] Bianchi, M.F., C. de Nitto, A. Liscio and N. Scala, 2004. "Evaluating performance characteristics of x-ray equipment and film system without the use of electronic measurement and/or special instruments", *Proceeding of WCNDT 2004, Montreal, Canada*, 30 Agust - 3 Sept. 2004.
- [2] Deprins, E., 2004. "Computed Radiography in NDT Applications", *Proceeding of CNDT2004, Montreal, Canada*, 30 Agust - 3 Sept. 2004.
- [3] Pongtuluran, M.P., G.B. Suparta, A. A. Moenir, B.T. Wahjuadi, R. Mamentu, D. Keliat, M. Gandatua, 2000, "Perbaikan/Modifikasi Peralatan x-ray untuk produksi "aluminium wheel", Laporan Proyek, PMBI BATAN-PT Pakoakuina.
- [4] Suparta, G.B., A.A. Moenir, dan I K Swakarma, 2005, "Sistem Radiografi Digital untuk Medis", *Proceeding, The Ketingan Physics Forum 2005, UNS Solo*, 24 September 2005.
- [5] Kusminarto, G.B. Suparta, B. Supardiyono dan Bagaswoto, 1995, "Sistem Radiografi Fluoresens Digital", Laporan penelitian, Riset Unggulan Terpadu II.
- [6] Kusminarto, G.B. Suparta, B. Supardiyono dan Bagaswoto, 1996, "A Noise reduction and image correction for inhomogeneity of the x-ray beam in a digital fluoresence x-ray radiography system", *Proceeding, The international conf. On Microelectronics, Bandung*.
- [7] Moenir, A.A., 2000, "Perekayasaan dan pe-ngembangan teknologi pesawat sinar-x untuk diagnose", *Laporan Penelitian, Program Terpilih Proyek Pembinaan Kelembagaan dan Program Nuklir, BATAN*.
- [8] Ludwig Karl, Horst Lenzen, Friedrich Kamm, thomas M. Link, stefan Diederich, Dag Wormanns, and Halter Heindel, 2002. Performance of a flat-panel detector in detecting artificial bone lesions: Comparison with Conventional Screen-film and storage -phosphore radiography. *RSNA 2002*; 222:453-459.

