

RANCANG BANGUN SISTEM PENCITRAAN RADIOGRAFI DIGITAL UNTUK PENGEMBANGAN LABORATORIUM FISIKA MEDIK UNNES

Susilo¹, Supriyadi¹, Sutikno¹, Sunarno¹, Rudi Setiawan²

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang ,
Kampus UNNES Sekaran, Semarang, 50229

² Magister Ilmu Fisika, Universitas Diponegoro
E-mail: susilosumarto@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan modifikasi sistem penangkap gambar kedap cahaya yang dapat menampilkan langsung citra radiograf digital pada layar monitor PC dan menyimpan file radiograf tersebut sehingga bisa ditampilkan kembali. Penelitian ini bertujuan membangun model prototip sistem penangkap gambar berbasis kamera digital, sehingga hasilnya bisa diproses lebih lanjut menggunakan perangkat lunak pengolah citra berbasis Matlab. Hasil pemotretan dengan sinar-X pada benda uji dan volunteer digunakan untuk menguji keajegan hasil radiograf tersebut, dan diperoleh perbaikan kontras yang signifikan, ditunjukkan dengan tampilan histogram, nilai MSE dan PSNR yang sesuai. Aplikasi perangkat lunak tersebut dalam menganalisis radiograf benda uji, kaki, tangan serta stepwedge menunjukkan juga kenaikan ukuran file, kontras citra radiograf dan resolusi citra. Hasil ini menunjukkan bahwa pada model prototip penangkap gambar yang dilengkapi dengan perangkat lunak berbasis Matlab dapat dikembangkan untuk pemeriksaan radiografi digital yang handal, bisa ditangani sendiri, ramah lingkungan (tanpa zat kimia) serta paper less, sesuai dengan pesan program konservasi Unnes.

Kata kunci: sinar-X, radiografi digital, ramah lingkungan

PENDAHULUAN.

Modalitas radiografi konvensional bersifat analog dan menggunakan zat kimia untuk pemrosesan film radiografi, sehingga menimbulkan polusi. Film hasil radiografi bersifat analog dan diobservasi oleh dokter secara visual menggunakan *lightbox*. Hasil diagnostik berbasis visual ini sangat tergantung pada subyektivitas dokter dan kelemahan teknis ketika proses pemrosesan film.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menghasilkan suatu output berupa modalitas sistem radiografi konvensional yang dimodifikasi menjadi sistem radiografi digital (RD)

menggunakan kamera CCTV, tanpa film, hasilnya dapat diamati langsung melalui layar monitor komputer. Keunggulan lainnya adalah bahwa citra digital hasil dapat diproses lebih lanjut, misalnya dengan teknik pengolahan citra (*image processing, pattern recognition* dan *image archieving*) (Susilo dkk., 2010; Garmer, M et al., 2000)

Upaya rancang-bangun dan instalasi sistem RD ini dapat saja dilakukan dengan cara mengimpor sistem dan teknologinya dari luar negeri. Namun, analisis kelayakan teknis menunjukkan bahwa sebuah rancang-bangun sistem radiografi digital dapat dilakukan dengan biaya kompetitif serta cenderung eksklusif.

Penelitian ini mengembangkan suatu format teknologi radiografi digital untuk pencitraan medis sedemikian sehingga biaya pengadaan peralatan, biaya instalasi, operasi, perawatan dan perbaikan dapat lebih terjangkau bagi sebagian besar rumah-sakit di Indonesia, sehingga masalah pengadaan peralatan tak banyak membebani anggaran.

Sistem RD yang dikembangkan ini berupaya menggunakan komponen-komponen generik yang tersedia di pasar domestik atau regional (AFTA). Beberapa komponen penting seperti X-ray generator lengkap telah dapat dibuat ataupun dirakit oleh BATAN berbasis pada komponen yang diperoleh di pasar primer (*factory direct*). Ini sejalan dengan maksud pemerintah untuk mengurangi ketergantungan produk medik impor dan mendorong perkembangan industri peralatan medik dalam negeri, sehingga dikeluarkan UU No 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Iptek yang mewajibkan sinergi antara lembaga litbang pemerintah, universitas, swasta, dan pengguna.

METODE

Penelitian ini merupakan study eksperimen dengan rancang-bangun model prototype system radiografi digital mobile menggunakan intensifying screen berbasis kamera digital. Study eksperimen ini merupakan penelitian laboratorium dengan study prospektif, penelitian terapan, dan bersifat deskriptif. Pada penelitian ini akan dilanjutkan dengan eksperimen sungguhan (*true experiment*), dengan menggunakan pasien volunteer yang sebelumnya sistem ini diuji dengan menggunakan penetrometer, phantom, dan jika sudah valid dan reliable akan digunakan untuk uji sistem.

Penelitian dipusatkan di Lab Fisika Medik UNNES Semarang, sebagai host penelitian, dimana unit-unit mobile X-ray generator, automatic processing film, bad radiography, ruang timbal sudah terpasang membentuk suatu sistem Radiografi Konvensional (RK) Mobile (Anonymous, 20012). Oleh karena itu sebelum digunakan secara benar maka sistem RK mobile ini perlu diuji dengan uji standard sesuai persyaratan kendali mutu radiografi dignostik di Lab Fisika Medik.

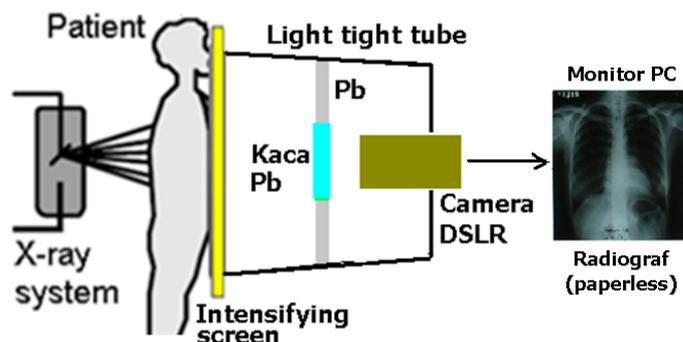
Modifikasi sistem RK mobile menjadi sistem RD mobile perlu unit-unit tambahan yaitu

unit tabung kedap cahaya sebagai penangkap gambar, rangkaian interface pada komputer PC, pengolah citra beserta perangkat lunak aplikasi menggunakan Matlab. Rekonstruksi unit tersebut dilakukan pada bengkel/workshop WLF Fisika UNNES. Penambahan kelengkapan unit proteksi radiasi juga dilakukan di bengkel WLF Fisika, sedang pembuatan rangkaian interface dilakukan di Lab Instrumentasi Elektronika UNNES, karena sifat rangkaian mengandung beberapa komponen elektronika.

Ketika proposal penelitian ini diajukan fasilitas utama yang menjadi kunci awal realisasi pengembangan teknologi RD mobile adalah unit generator sinar-X mobile dan tabung sinar-X yang terpasang dalam satu paket. Unit-unit ini mempunyai roda sehingga mudah dipindah. Peralatan tersebut sudah terpasang namun secara fungsional belum diuji dengan peralatan kendali mutu (Anonymous, 2009). Fasilitas tambahan lainnya yang perlu diadakan adalah sebuah tabung kedap cahaya (*light tight tube*) sebagai penangkap gambar, kamera digital DSLR komersial resolusi tinggi sebagai perekam citra digital dan PC beserta perangkat lunak aplikasi untuk mengolah citra.

Peralatan penelitian RD tersebut telah terpasang dan secara teknis dapat secara aman dioperasikan, namun penelitian ini masih memerlukan kelengkapan uji berat, yaitu: obyek phantom *stepwedge* yang terbuat dari aluminium, obyek real hayati (kelinci) yang digunakan untuk merepresentasikan tubuh manusia.

Secara skematis, rancang bangun sistem Radiografi Digital yang disusun dilukiskan seperti dengan diagram alir pada Gambar 1. Diagram alir tersebut menjelaskan tentang sistem Radiografi Konvensional (RK) yang akan dimodifikasi menjadi sistem RD berbasis *Intensifying Screen* dengan mode radiografi sebagai suatu unit pencitraan radiografi digital. Dengan membangun tabung kedap cahaya dibelakang *intensifying screen* maka bayangan obyek bisa ditangkap oleh kamera DSLR untuk ditampilkan pada layar monitor PC (radiograf), sehingga pemrosesan film radiografi konvensional tidak diperlukan lagi.



Gambar 1. Diagram alir Sistem Pencitraan Radiografi Digital modifikasi dari Sistem Radiografi Konvensional

Pertama, pembuatan tabung kedap cahaya berbasis *intensifying screen*, berfungsi untuk mengubah sinar-X menjadi sinar tampak, sehingga bayangan yang terbentuk dari obyek dapat ditangkap oleh kamera DSLR. Kegiatan tahap ini dilakukan di Lab Fisika Instrumentasi FMIPA UNNES Semarang.

Kedua, setting unit penangkap gambar berupa kamera DSLR (di dalam tabung kedap cahaya), komputer *PC* bersama perangkat lunak penangkap gambar.

Ketiga dilakukan instalasi proteksi radiasi untuk menunjang keamanan radiasi bagi pelaksana inspeksi. Proteksi ini berupa suatu ruang timbal dengan ketebalan 1,5 mm, berukuran 4 x 3 meter persegi, dan tinggi 1,8 meter.

Seluruh proses eksperimen melalui pengukuran dan pengamatan visual secara langsung terhadap kinerja sistem yang dibangun dilakukan di laboratorium Fisika Medik. Proses akuisisi citra akan dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis *Matlab* bersama kamera DSLR sebagai penangkap gambar dan PC. Proses akuisisi ini secara prinsip menggunakan mode radiografi, sehingga didapatkan sebuah gambar untuk sekali paparan pada obyek tersebut. Berbagai obyek phantom diujikan untuk mengetahui kinerja sistem. Untuk setiap phantom akan dikaji kualitas citra yang dihasilkan sebagai fungsi tegangan kV dan arus waktu mAs.

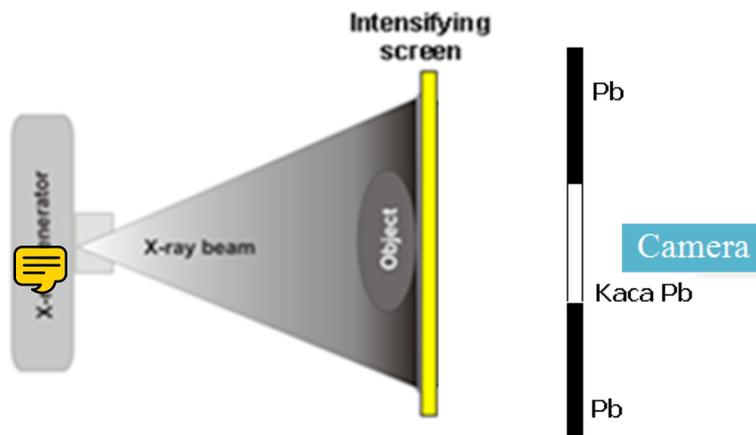
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja sistem RD ini adalah memanfaatkan sinar-X (sinar tak tampak) yang berhasil menembus obyek dan kemudian sinar yang tak terserap obyek menerjang *intensifying screen* (IS) yang peka terhadap terpaan sinar-X. Pendaran pada IS karena terpaan sinar-X merupakan sinar tampak. Gambaran pada IS kemudian dipotret oleh kamera digital khusus yang bisa memotret citra pada cahaya minim dan resolusi tinggi.

Secara skematis rancang bangun model prototip sistem RD berbasis kamera digital ditunjukkan pada Gambar 2. Fungsi alat atau unit tersebut adalah: *X-ray generator*: untuk membangkitkan sinar-X (sinar tak tampak). *X-ray beam*: paparan sinar-X pada obyek yang diarahkan oleh colimator, sehingga muncul gambaran pada IS karena intensitas sinar-X yang sampai ke IS tersebut tidak homogen. IS: mengubah sinar-X menjadi sinar tampak, sehingga gambaran pada IS bisa dipotret oleh kamera digital. Sifat IS adalah peka terhadap sinar-X, pendaran IS sebanding dengan intensitas sinar-X yang menerpanya.

Kaca timbal: memproteksi kamera digital dari terpaan sinar-X langsung, dan meneruskan sinar tampak, sehingga gambaran yang berupa pendaran pada IS bisa dipotret dengan aman.

Kamera digital: menangkap atau memotret gambar yang terbentuk pada IS, dimana gambar tersebut mempunyai tingkat kecerahan minim. Untuk itu perlu kamera khusus yang bisa memotret dalam keremangan dan resolusi tinggi.



Gambar 2. Rancang bangun sistem RD berbasis kamera digital

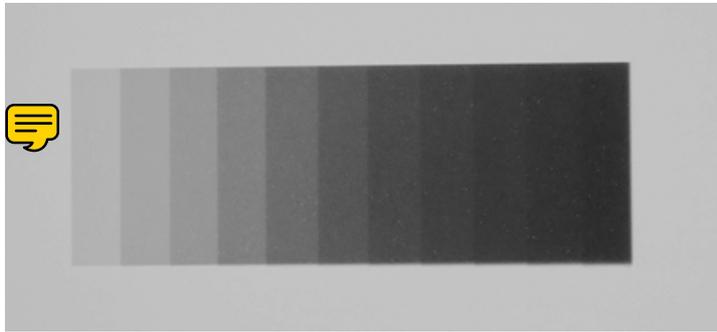
Capaian output riset : Model prototip penangkap gambar sistem RD berbasis kamera digital.

Perangkat lunak pengolah citra berbasis program aplikasi Matlab. Radiograf digital dari obyek, stepwedge, kaki dan tangan volunteer. Artikel Prosiding dengan judul “Kajian system radiografi digital sebagai pengganti system *computed radiography* yang mahal”, diterbitkan pada Prosiding Seminar Nasional IPA, ISBN 978 602 99075 3 7. Seminar Nasioal IPA IV. Lulus bimbingan skrepsi 3 mahasiswa S1 Fsika Unnes dan tesis 1 mahasiswa S2 Fisika Undip Semarang dalam Group Fisika Medik.

Stepwedge dengan bahan Al dengan 11 step, tebal setiap step 3 mm dijadikan obyek paparan sinar-X. Prototip model sistem RD menggunakan *intensifying screen* dan berbasis camera DSLR ini digunakan untuk memotret obyek tersebut, hasilnya berupa file radiograf digital yang bisa disimpan dan dipanggil kembali menggunakan PC. Adapun parameter pemotretan adalah sbb.:

Faktor eksposi untuk sistem RK berturut-turut adalah: 70 kV, 32 mA dan 0.25 s. Setting kamera DSLR adalah: shutter speed = 0.25 s, aperthur = F/4, ISO = 15,600. Hasil file radiograf dengan spesifikasi type, dimensions, size berturut-turut: JPEG Image, 5472x3648, 4.47 MB.

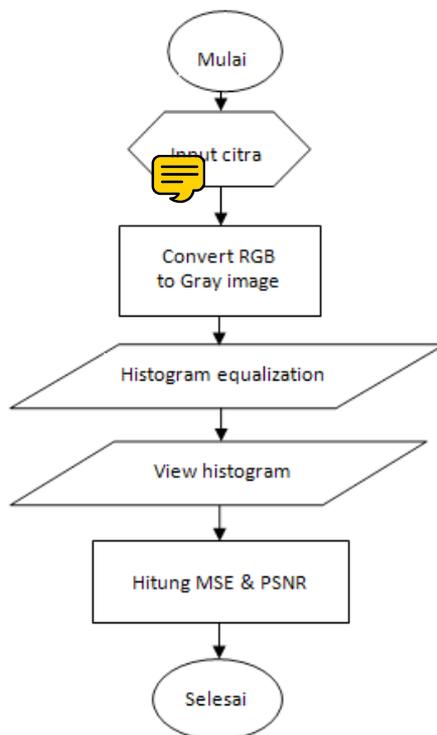
File radiograf digital secara visual langsung diobservasi pada layar monitor PC, terlihat bahwa 8/11 step bisa teramati, sedangkan dengan menggunakan angka-angka *gray scale* (software berbasis Matlab) bisa terbedakan sampai 10/11 step (lihat Gambar 3). Dari riset ini terlihat bahwa dengan menggunakan camera DSLR terjadi peningkatan yang berarti dibandingkan dengan sistem RD menggunakan camera CCTV pada riset sebelumnya (Susilo dkk., 2009 dan 2010). Ini sejalan dengan Jiang et al (2001), melaporkan tentang diagnosis berbantuan komputer menunjukkan potensi meningkatkan akurasi diagnosis, juga mempunyai potensi untuk mengurangi variabilitas antar radiolog dalam menafsirkan citra.



Gambar 3. Radiograf stepwedge hasil pemotretan menggunakan sistem RD

Matlab (*Matrix Laboratory*) merupakan salah satu bahasa pemrograman yang sekaligus bisa sebagai alat visualisasi, sehingga bisa digunakan oleh programmer yang menghendaki kepraktisan dalam membuat program. Untuk komputasi dan visualisasi program Matlab mempunyai fasilitas yang dikenal dengan nama GUI (*Graphics User Interface*), sehingga user mudah menjalankan suatu aplikasi program radiografi digital.

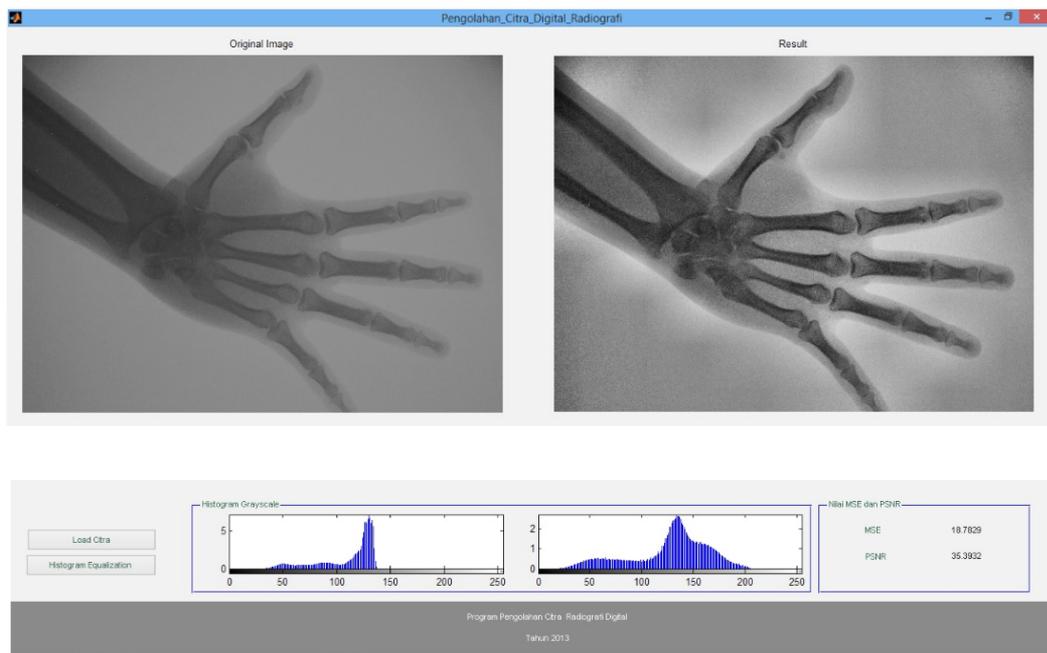
Untuk mengetahui program pengolahan citra menggunakan Matlab dapat digambarkan melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pengolahan citra radiograf digital

Dengan pemrograman GUI dari Matlab ini dapat digunakan untuk perbaikan kontras citra radiograf digital serta sekaligus menghitung dan menampilkan histogram, MSE (*Mean square error*) dan PSNR (*Peak signal to noise ratio*). Tampilan citra asli dari paparan obyek, citra yang mengalami perbaikan kontras, histogram dan nilai parameternya ditunjukkan pada Gambar 5.

Dari Gambar 5 terlihat secara visual terjadi perbaikan kontras, dengan membandingkan antara citra asli (*original image*) dan citra hasil perbaikan kontras (*result*). Juga bisa dilihat pada kedua histogram dibawahnya, serta secara kuantitatif tertera nilai MSE = 18,7829 dan PSNR = 35,3932 yang menunjukkan perbaikan yang berarti.



Gambar 5. Tampilan citra asli dan hasil, histogram, MSE dan PSNR.

Detail radiograf dapat juga ditunjukkan dengan serat-serat yang tampak pada citra yang diamati (*region of interest – ROI*), sedang resolusi citra dapat ditunjukkan dengan menentukan ROI tertentu (*crop*) kemudian di perbesar (*zoom*) sampai luasan tertentu, tetapi citra tetap tidak pecah (Gambar 6 dan Gambar 7). Ini menunjukkan bahwa file citra radiograf resolusi yang cukup tinggi, bila dibandingkan dengan hasil radiograf sebelumnya (Susilo dkk, 2007, 2009 dan 20010).

Model prototip sistem RD ini juga dapat dicobakan untuk keperluan lain, pada kasus ini dicoba sebagai *metal detector* (deteksi logam/bom) dalam tas yang tertutup berisi tool set elektronik. Adapun faktor ekspose pada sistem RK saat itu adalah: 60 kV, 32 mA 0.25 s, sedang setting kamera DSLR yang sesuai adalah: shutter speed = 0.25 s, F = 4.0 dan ISO = 15,600.



Gambar 6. Citra radiograf kaki volunteer



Gambar 7. Citra radiograf kaki volunteer yang dicrop dan di besarkan.

Berdasarkan studi file radiograf terhadap riset sebelumnya didapat rangkuman perbandingan seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Dari ketiga studi tersebut, sistem RD 2013 berbasis kamera DSLR paling efisien dan ekonomis, sehingga mempunyai potensi untuk dikembangkan. Ini sejalan dengan maksud pemerintah untuk mengurangi ketergantungan produk medik impor dan mendorong perkembangan industri peralatan medik dalam negeri (UU No 18 Tahun 2002).

Tabel 1. Perbandingan studi file radiograf untuk RD 2010, CR Kodak di RSDK dan RD 2013

Study	RD 2010	CR di RSDK	RD 2013
Dimension	720x480	2048x2500	5184x3456
Size	0,98 MB	9,76 MB	5,30 MB
Type	Bitmap image	Dicom	JPEG image
Sensor radiograf	CCD Camera	Image plate	DSLR Camera
Biaya	Terjangkau	Sangat mahal	Terjangkau

Catatan:

CR di RSDK: sistem Computed Radiography di Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Melalui studi ini dapat ditunjukkan bahwa proses digitisasi citra radiografi menggunakan *intensifying screen* berbasis kamera digital dapat menentukan karakteristik sistem RK, dan dapat menghasilkan citra tulang tangan dengan kontras, detail yang meningkat serta resolusi tinggi.

Berdasarkan riset ini pula diperoleh pemahaman bahwa proses digitisasi dapat dilakukan dengan komponen yang tersedia dan mudah diperoleh di pasar domestik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja fasilitas radiografi menggunakan *intensifying screen* berbasis kamera digital DSLR yang mampu diadakan oleh RS Daerah atau Puskesmas di Indonesia sebelum mempertimbangkan untuk melakukan investasi berupa pengadaan sistem radiografi digital lain yang mahal. Berdasar kajian ini pula maka model prototip sistem RD ini bisa dikembangkan untuk laboratorium fisika medik, handal dan bisa ditangani oleh sumber daya manusia Indonesia serta bebas polusi zat kimia atau ramah lingkungan.

Saran

Untuk kepentingan keilmuan dan berdasar studi awal, system pencitraan radiografi digital mobile disarankan untuk dilanjutkan dan dipertimbangkan sebagai salah satu sistem radiografi digital yang murah, handal dan bisa ditangani.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2012. *Daftar Barang/Peralatan Pengadaan Peralatan Laboratorium MIPA*. FBS, PTIK Universitas Negeri Semarang. PT Caturindo Karsa Manunggal Utama.
- Anonymous. 2009. *The mobile diagnostic X-ray machine – The user manual*. Type SF100 BY, Shanghai Guang Zheng medical instrument limited company.
- Jiang Sunshine, Margulls Alexander, Jonathan P.D. 2001, "Potential of computer-aided

- diagnosis to reduce variability in radiologists interpretation of mammograms depicting microcalcifications”. *Radiology* 2001, 220:787-794.
- Linua Margulls, Jonathan Sunshine, Klaus Mathias. 2000. “Diagnosis of gastric cancers: comparison of conventional radiography and digital radiography with a 4 millions-pixel charge-coupled device”. *Radiology* 2000, 214:497-502.
- Marietta Garmer, Svenja Hennigs, Horst Jager, Felicitas Schrick, Thomas van de Loo, Andreas Jacobs. 2000. “Digital radiography versus conventional radiography in chest imaging”. *AJR* 2000; 174:75-80.
- Susilo, Isa Akhlis, Kusminarto, Gede Bayu Suparta. 2007. “Pengembangan sistem radiografi digital untuk pemeriksaan medis”. *Laporan penelitian Hibah Bersaing. DIKTI*.
- Susilo, Sunarno, Mohamad Azam, Khoirul Anam. 2009. “Rancang bangun sistem pencitraan Radiografi Digital untuk pengembangan layanan RS Daerah dalam pelaksanaan otonomi daerah dan desentralisasi”. *Laporan penelitian Hibah Unggulan Strategis Nasional – tahun ke-1. DP2M – DIKTI*.
- Susilo, Sunarno, Evi Setiowati, Lilik Lestari. 2010. “Rancang bangun sistem pencitraan Radiografi Digital untuk pengembangan layanan RS Daerah dalam pelaksanaan otonomi daerah dan desentralisasi”. *Laporan penelitian Hibah Unggulan Strategis Nasional – tahun ke-2. DP2M – DIKTI*.
- Tony P. Smith, Mark Ryan, Brian Brodwater. 2002. “Comparison of the diagnostic capabilities of conventional film-screen and digital angiography”. *Chest* 2002;122: 968-972.