



PEREKAYASAAN PESAWAT SINAR-X FLUOROSCOPY: RANCANGAN

I Putu Susila, Ferry Sujatno, Istofa dan Sukandar

PRPN – BATAN, Kawasan Puspipstek, Gedung 71, Lt. 2, Serpong, Tangerang, Banten, 15310,
Telp. (021) 7560896, Faks. (021) 7560928.

ABSTRAK.

PEREKAYASAAN PESAWAT SINAR-X FLUOROSCOPY: RANCANGAN. Perangkat pesawat sinar-x fluoroscopy yang ada sekarang ini menghasilkan citra organ tubuh yang divisualisasikan pada layar pendar. Untuk menentukan tindakan diagnosis, dokter langsung melakukan pengamatan pada layar pendar. Oleh karena itu, dokter akan beresiko terkena pancaran radiasi dari tabung sinar-x. Untuk mengurangi resiko radiasi pada dokter atau operator maka perlu dilakukan perekayasa sistem pesawat sinar-x fluoroscopy. Perekayasa dilakukan dengan cara mentrasfer data hasil pencitraan ke dalam sistem komputer melalui sebuah CCD kamera. Dengan demikian dokter cukup melihat hasil gambar melalui monitor yang ditempatkan di ruang kontrol sehingga dapat mengurangi bahaya paparan radiasi. Pada makalah ini akan dibahas mengenai rancangan pesawat sinar-x fluoroscopy. Rancangan ini akan dijadikan acuan untuk membuat prototip yang akan dilakukan pada kegiatan selanjutnya.

Kata kunci: fluoroscopy, sinar-x, layar pendar, CCD kamera

ABSTRACT.

DEVELOPMENT OF MEDICAL X-RAY EQUIPMENT FOR FLUOROSCOPY: THE DESIGN. Medical x-ray equipment for fluoroscopy is producing an image that visualized in the fluorescent screen. In a conventional system, in order to diagnose the patient, typically the physician directly observed the phosphorescent screen. Thus, physician will be at risk of radiation exposure from x-ray tube. Therefore, there is a need to modify the conventional fluoroscopic x-ray equipment in order to reduce the risk of radiation exposure to the physician or operator. In the equipment to be developed, image data will be transferred to computer system via a CCD camera as a digital image. Using the computer, the image then will be proceed and displayed in the monitor in control room. The observation of the image can be done by the physician in the control room to reduce radiation exposure. In this paper, we will discuss the design of the x-ray equipment for fluoroscopy that will be developed. The prototype of the equipment will be created in the next term of the research based on the design presented here.

Keywords: fluoroscopy, x-ray, fluorescent screen, CCD camera

1. PENDAHULUAN

Penggunaan sinar-x berawal dari penemuan Wilhelm Röntgen pada tahun 1895 yang melakukan penelitian mengenai keberadaan sinar yang tidak tampak oleh mata telanjang dan dapat menembus objek seperti buku, kertas dan lain sebagainya. Penggunaannya untuk keperluan medis diawali ketika dia mendapati gambar tangan istrinya yang dihasilkan dari sinar-x. Pada gambar tersebut terlihat jelas tulang-tulang yang ada dalam jari-jari tangan [1,2].

Saat ini, selain untuk keperluan diagnosa medis, sinar-x juga digunakan diberbagai bidang seperti keamanan, karakterisasi unsur, pengecekan cacat pada produk, dan lain



sebagainya. Dalam dunia medis sendiri, terdapat berbagai jenis perangkat diagnosis yang berbasis sinar-x. Perangkat-perangkat itu seperti, pesawat sinar-x konvensional yang menggunakan film untuk menangkap citra organ tubuh, pesawat sinar-x fluoroscopy untuk keperluan diagnosa secara real-time, pesawat sinar-x digital yang menggunakan image intensifier maupun detektor solid state untuk menangkap citra, maupun CT (computed tomography) scan yang dapat menghasilkan citra tiga dimensi dari organ tubuh. Di Indonesia sendiri, pesawat sinar-x banyak terdapat di rumah sakit maupun di klinik-klinik. Hal ini disebabkan karena pengoperasian dan perawatan pesawat sinar-x relatif mudah dan aman karena hanya menghasilkan radiasi sinar-x pada saat alat dioperasikan.

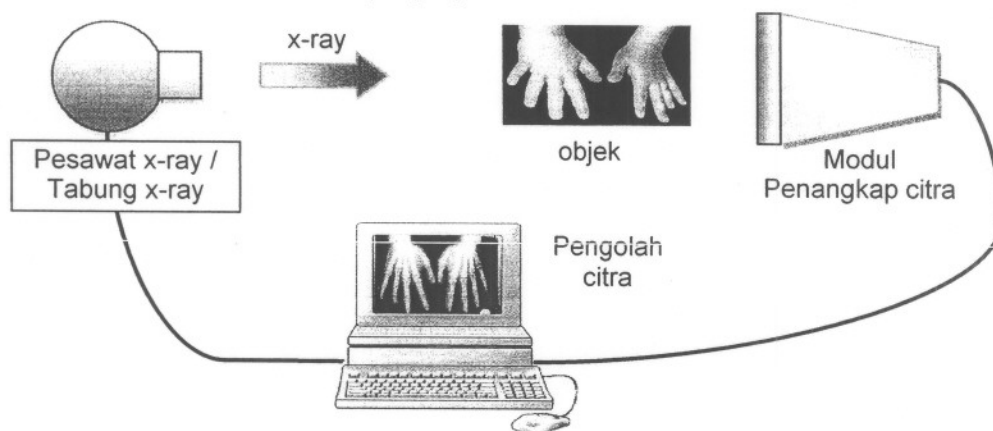
Pesawat sinar-x fluoroscopy merupakan sebuah pesawat pembangkit sinar-x yang dapat digunakan sebagai diagnose medis. Sinar-x yang dipancarkan hasil dari pencitraan akan ditangkap oleh layar pendar (Fluorescent screen). Untuk pesawat sinar-x fluoroscopy yang masih konvensional hasil gambar dari layar pendar akan langsung diamati oleh dokter di tempat pencitraan, sehingga dokter atau petugas beresiko terkena pancaran radiasi sinar-x. Untuk mengurangi resiko paparan radiasi tersebut, perlu dilakukan upaya perekayasaan pesawat sinar-x fluoroscopy konvensional.

Perekayasaan pesawat sinar-x fluoroscopy dilakukan selain untuk mengurangi resiko paparan radiasi terhadap dokter atau petugas, juga bertujuan untuk memperdalam pengetahuan mengenai proses kerja pesawat sinar-x fluoroscopy dan untuk membuat modul penangkap citra sinar-x berbasis layar pendar menggunakan komponen-komponen yang bisa didapatkan dipasaran lokal. Modul penangkap citra ini diharapkan dapat digunakan untuk menggantikan film yang banyak digunakan pada pesawat sinar-x konvensional.

Kegiatan perekayasaan pesawat sinar-x fluoroscopy akan dilakukan dalam 2 (dua) tahap yaitu perancangan dan pembuatan prototip. Pada makalah ini akan dibahas mengenai rancangan pesawat sinar-x fluoroscopy yang merupakan hasil dari kegiatan tahun ini. Rancangan ini akan dijadikan acuan untuk membuat prototip yang akan dilakukan pada kegiatan selanjutnya.

2. TEORI

Pesawat sinar-x fluoroscopy seperti pada Gambar 1 terdiri dari 3 (tiga) bagian meliputi: perangkat pembangkit sinar-x (pesawat sinar-x itu sendiri), perangkat penangkap citra dan komputer pengolah citra. Bagian pesawat sinar-x terdiri dari sistem kendali dan tabung sebagai pembangkit sinar-x. Selanjutnya, bagian penangkap citra terdiri dari layar pendar yang terbuat dari bahan posfor, CCD kamera untuk menangkap citra dan interface dengan komputer. Kemudian, pada komputer pengolah citra terdapat bagian akuisisi data, pemrosesan citra, antarmuka dan penyimpanan citra.



Gambar 1. Skema penangkap citra pada pesawat sinar-x fluoroscopy

Sinar-x yang dihasilkan oleh tabung sinar-x mengenai dan menembus objek kemudian mengenai layar pendar pada modul penangkap citra. Oleh layar pendar, sinar-x akan diubah



menjadi cahaya tampak sehingga citra yang dihasilkan bisa diamati langsung seperti pada pesawat sinar-x fluoroscopy konvensional. Dalam kegiatan ini, cahaya tersebut ditangkap dengan CCD kamera lalu ditransfer ke komputer sebagai data digital. Data citra akan diolah lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum ditampilkan atau dicetak.

3. TATAKERJA PERANCANGAN

Perancangan pesawat sinar-x fluoroscopy dibagi menjadi 3 (tiga) bagian. Pertama, perancangan pesawat sinar-x itu sendiri sebagai pembangkit sinar-x. kemudian yang kedua perancangan penangkap citra berbasis layar pendar, dan yang terakhir perancangan perangkat lunak pengolah citra pada komputer.

Rancangan pesawat sinar-x itu sendiri dibuat berdasarkan pada rancangan pesawat sinar-x yang sudah dibuat sebelumnya (seri IX-7) oleh tim PRPN^[3,4]. Sistem mekanik, rangkaian elektrik maupun elektronik mengadopsi rancangan sebelumnya. Modifikasi dilakukan pada bagian-bagian tertentu untuk menyempurnakan kekurangan pada rancangan yang sudah ada. Selanjutnya untuk perangkat penangkap citra, dipilih CCD kamera dimana gain, exposure dan shutternya bisa diatur melalui perangkat lunak atau hardware external. Antarmuka dengan komputer juga dipilih yang kompak dan koneksinya mudah. Kemudian, untuk perangkat lunak, dirancang dari awal. Pertimbangan pada perancangan perangkat lunak adalah pemilihan pustaka (*library*) atau framework yang memungkinkan beroperasi pada berbagai sistem operasi baik komersial maupun yang berbasis *open source*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 merupakan spesifikasi teknis dari pesawat sinar-x yang akan dibuat. Sebagian besar daya yang dikonsumsi digunakan oleh tabung untuk membangkitkan sinar-x yang memerlukan tegangan sampai 100 kV dengan arus filamen maksimum 100 mA. Sementara itu, sistem catu daya tegangan rendah digunakan untuk mensupply daya ke sistem kendali, dan kamera. Agar kompak, sistem kendali yang terdiri dari kendali daya, arus dan pewaktu dibuat berbasis mikrokontroler. Sistem kendali dapat dihubungkan ke komputer melalui port serial (RS232) dan apabila komputer tidak dilengkapi dengan port serial, bisa menggunakan Serial-to-USB yang banyak beredar dipasaran. Sedangkan interface antara komputer dan kamera menggunakan Ethernet, sehingga koneksinya sangat mudah. Selanjutnya, komputer harus dilengkapi dengan .Net Framework versi 3.5 keatas untuk membuat dan menjalankan perangkat lunak pengolah citra.

Tabel 1. Spesifikasi teknis pesawat sinar-x fluoroscopy yang dirancang

Konsumsi Daya	220 VAC 1 phase / 10 kVA
Sistem catu daya tegangan rendah	5 VDC @ 3A, 12 VDC @ 5A
Tabung sinar-x	Tegangan ~ 100 kV, arus filamen ~ 100 mA
Sistem kendali	Berbasis mikrokontroler
Pewaktu	0,1 s/d 60 detik
Interface dengan komputer	RS232 (bisa dikonversi ke USB)
Layar pendar	Phosfor, 25cmx25cm
CCD kamera	Gain, exposure, timing bisa diatur. Antarmuka ke komputer melalui Ethernet
Perangkat lunak	Perlu .Net Framework 3.5 keatas

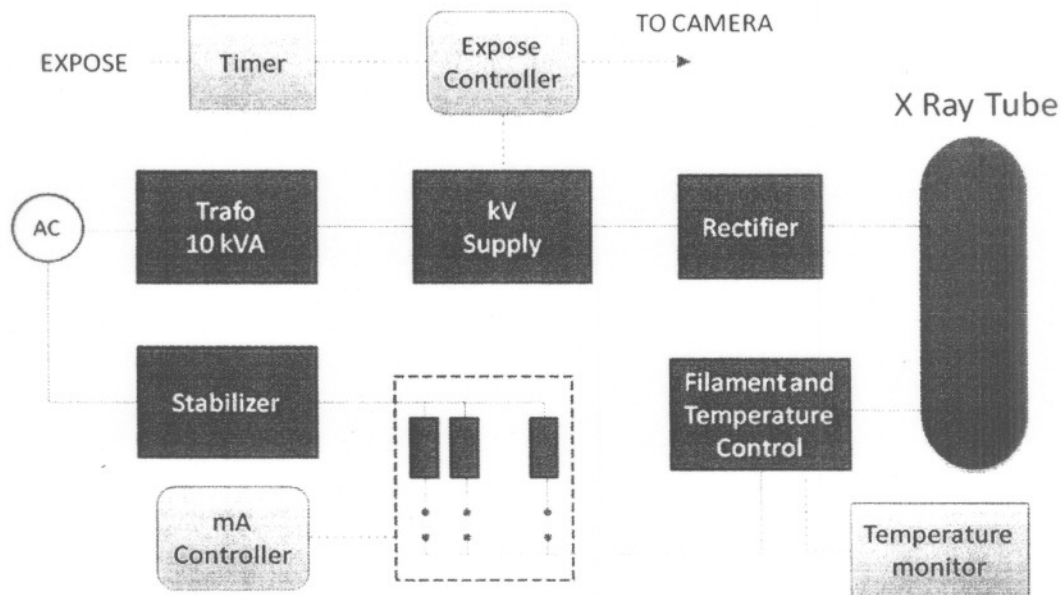
Hasil rancangan pesawat sinar-x terdiri dari tiga bagian yaitu bagian perangkat pembangkit sinar-x, penangkap citra serta perangkat lunak kendali dan pengolah citra. Rancangan dari pesawat sinar-x sebagai pembangkit sinar-x ditunjukkan pada Gambar 2. Perangkat ini akan menghasilkan sinar-x apabila ada tegangan tinggi dan arus yang



mengalir pada tabung sinar-x dalam waktu tertentu. Dengan kata lain, komponen utama dari bagian perangkat pembangkit sinar-x ini adalah: pengendali tegangan, pengendali arus dan pewaktu. Komponen pengendali tegangan berfungsi untuk mengendalikan besarnya tegangan pada tabung sinar-x. Dari spesifikasi teknis pada Tabel 1 diketahui bahwa besarnya tegangan yang akan dikendalikan mencapai 100 kV. Untuk merealisasikannya diperlukan trafo 10 kVA, SCR dan penyearah (rectifier). Prinsip kerja dari pengendali tegangan tinggi adalah:

1. Tegangan AC melewati trafo 10 kVA yang sekaligus berfungsi untuk mengisolasi rangkaian tegangan tinggi dan tegangan rendah.
2. Tegangan AC keluaran trafo masuk ke SCR yang dikendalikan dengan PWM (*pulse width modulation*). Dengan menggunakan SCR dan kendali PWM, dapat diatur prosentase dari tegangan AC yang dilewatkan.
3. Seberapa lama tegangan tinggi dilewatkan diatur berdasarkan pewaktu yang diset oleh operator.
4. Keluaran SCR yang masih berupa AC kemudian dirubah ke DC dengan rangkaian penyearah sebelum dilewatkan ke tabung sinar-x.

Sistem pengendali tegangan berbasis SCR dan PWM ini merupakan penyempurnaan dari rancangan pesawat sinar-x sebelumnya yang menggunakan SCR, potensio dan stepper motor untuk mengendalikan besarnya tegangan yang akan dilewatkan. Dengan penyempurnaan ini diharapkan tegangan yang dihasilkan lebih presisi dan PCB (*printable circuit board*) yang dihasilkan akan lebih kompak.

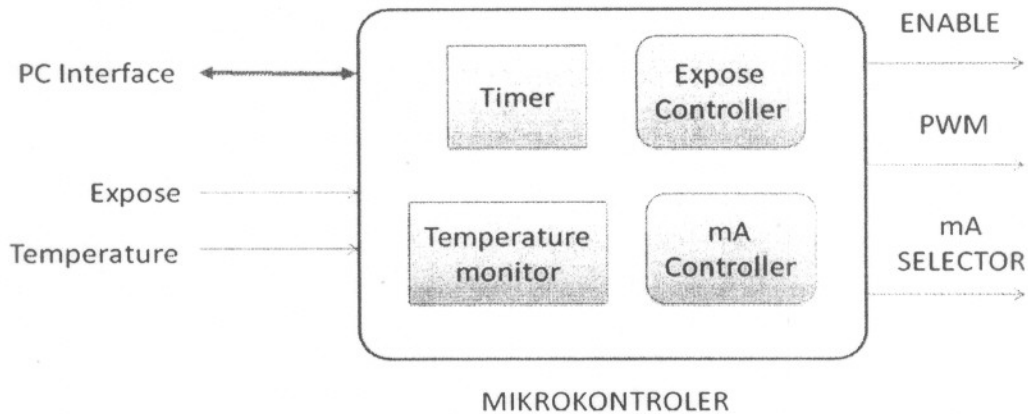


Gambar 2. Rancangan perangkat pembangkit sinar-x

Selanjutnya untuk pengendali arus diperlukan stabilizer, resistor, relay dan monitor suhu tabung. Hasil keluaran dari pengendali arus adalah arus dengan besaran 20 mA, 40 mA, 60 mA, 80 mA dan 100 mA. Untuk mendapatkan arus dengan besaran seperti tersebut sebelumnya, digunakan resistor dengan besaran tertentu (11K, 5.5K, 3.7K, 2.75K dan 2.2K). Yang perlu diperhatikan adalah daya yang melewati resistor cukup besar sehingga diperlukan resistor dengan nilai watt besar (~ 22 watt). Selanjutnya, stabilizer yang dipasang sebelum resistor berfungsi untuk menstabilkan tegangan AC yang dilewatkan ke resistor, sehingga hasilnya nanti arus yang lewat juga stabil dan konstan sesuai dengan yang diinginkan (V dan R konstan). Kemudian, setelah resistor dipasang relay untuk memilih resistor yang akan dilewatkan arus sehingga didapatkan nilai sesuai dengan yang diset oleh



operator. Terakhir, pada tabung dipasang thermocouple untuk memonitor suhu tabung. Apabila suhu tabung terlalu tinggi, maka arus yang melewati tabung harus diputus.



Gambar 3. Pengendali utama berbasis mikrokontroler

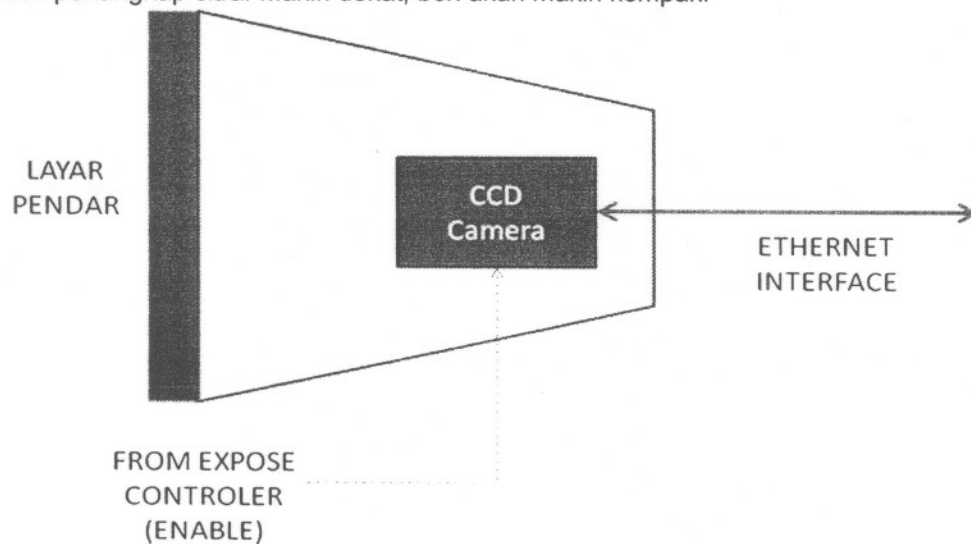
Selain pengendali tegangan dan arus, pada perangkat sinar-x juga terdapat pengendali expose. Pengendali expose akan aktif apabila operator menekan tombol expose. Lama expose tergantung dari waktu yang diset oleh operator. Pengendali expose ini juga berkaitan erat dengan pengendali tegangan dan pengendali arus. Tegangan tinggi dan arus ke tabung hanya dilewatkan pada saat expose. Agar rancangan lebih kompak, bagian utama dari pengendali tegangan, arus, pewaktu dan monitor suhu dibuat berbasis mikrokontroler. Dengan pertimbangan keberadaan komponen dipasaran lokal dan kemudahan memprogram, maka dipilih mikrokontroler dari keluarga 8051 keluaran Atmel Corporation [5,6].

Bagian selanjutnya dari rancangan adalah bagian penangkap citra seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Bagian ini terdiri dari layar pendar yang terbuat dari posfor dan CCD kamera. Apabila berkas sinar-x mengenai layar pendar, layar tersebut akan berpendar dengan intensitas yang sebanding dengan sinar-x yang mengenai bagian pada layar. Sinar-x ketika melewati organ-organ tubuh manusia akan mengalami pelemahan yang besarnya tergantung dari jaringan yang dilewati. Perbedaan kekuatan sinar-x yang mengenai layar pendar inilah yang menghasilkan citra organ dalam bentuk pendaran (cahaya tampak). Pendaran tersebut kemudian ditangkap oleh CCD kamera dan selanjutnya ditransfer ke komputer sebagai citra digital.

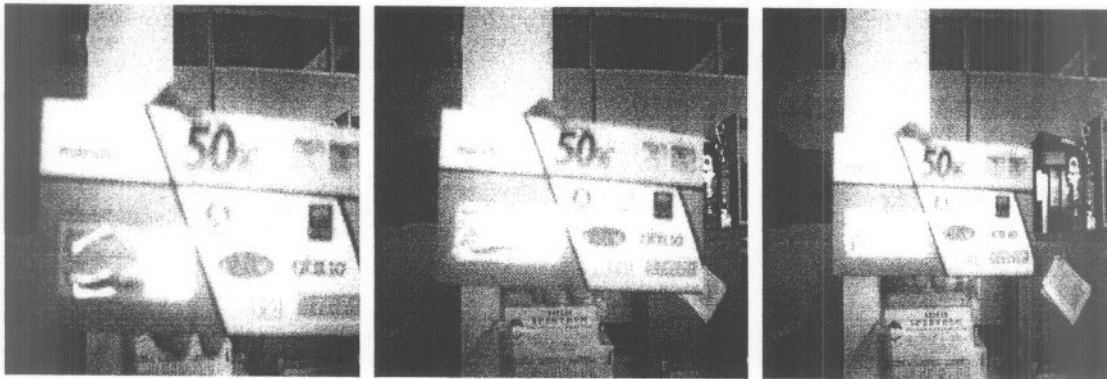
Bagian utama dari penangkap citra adalah CCD kamera. Pemilihan kamera dengan kombinasi lensa yang tepat akan menghasilkan citra dengan kualitas yang bagus. Pada penelitian ini, dipilih kamera dimana gain, exposure dan waktu pengambilan gambar bisa diatur dari luar baik melalui perangkat lunak maupun rangkaian tambahan. Dengan menggunakan kamera seperti ini, kualitas citra yang dihasilkan akan dapat diatur disesuaikan dengan cahaya latar, kemudian waktu pengambilan gambar juga bisa disinkronkan dengan waktu exposure. Selain itu, oleh karena citra yang dihasilkan pada dasarnya berasal dari perbedaan intensitas, maka kamera yang digunakan cukup kamera monochrome. Saat ini, CCD kamera yang akan digunakan sudah ada yaitu kamera dari Prosilica seri GigE (GC650) dengan fasilitas antarmuka melalui Ethernet [7]. Untuk uji fungsi dan mengetahui kualitas gambar dari kamera yang ada maka dilakukan pengujian pengambilan gambar terhadap objek yang diletakkan pada jarak masing-masing 30cm, 40cm dan 50cm dari kamera. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil menunjukkan kamera berfungsi dengan baik dan gambar pada posisi yang jauh lebih tajam dari yang lainnya. Ketajaman ini dipengaruhi oleh jarak focus lensa yang digunakan. Kedepannya akan dipilih lensa dengan titik focus yang lebih dekat sehingga bisa mengambil citra dari



objek pada jarak dekat dengan kualitas tajam. Titik focus lensa ini mempengaruhi dimensi dari box penangkap citra. Makin dekat, box akan makin kompak.

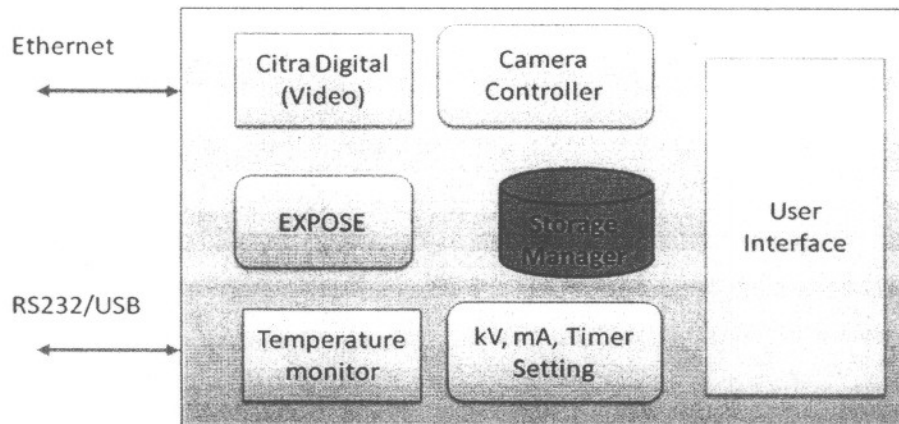


Gambar 4. Penangkap citra berbasis layar pendar



Gambar 5. Hasil pengambilan gambar dengan CCD kamera. Kiri: posisi objek 30cm, tengah 40cm, kanan 50cm dari kamera

Bagian terakhir dari rancangan adalah perangkat lunak pengendali dan pengolah citra. Komponen-komponen penyusun dari perangkat lunak ini ditunjukkan pada Gambar 6, yaitu: bagian pengendali, akusisi dan pengolahan citra, user interface dan manajemen storage. Pada bagian pengendali, setting tegangan tinggi dan arus serta perintah expose diambil dari user interface kemudian dikirim ke mikrokontroler. Sedangkan pada bagian akusisi data, setting gain, exposure dan lainnya yang berkaitan dengan kamera juga diambil dari user interface kemudian dilakukan akusisi citra digital melalui antarmuka ethernet. Selanjutnya pada bagian manajemen storage terdiri dari penyimpanan gambar (local harddisk atau database) dan penyimpanan nilai-nilai setting yang sudah dimasukkan oleh operator. Untuk memudahkan pengembangan perangkat lunak dan mengantisipasi kemungkinan penggunaan sistem operasi open source, akan digunakan framework .Net yang sudah didukung oleh sistem operasi komersial maupun opensource.



Gambar 6. Komponen-komponen pada perangkat lunak pengendali dan pengolah citra

5. KESIMPULAN.

Telah dilakukan perancangan perangkat sinar-x fluoroscopy berbasis layar pendar. Rancangan dibagi menjadi tiga bagian yaitu: perangkat pembangkit sinar-x, penangkap citra dan perangkat lunak kendali serta pengolah citra. Rancangan pesawat pembangkit sinar-x dibuat mengacu pada desain pesawat sinar-x yang dikembangkan sebelumnya dengan beberapa penyempurnaan. Sedangkan rancangan penangkap citra dan perangkat lunak dibuat baru. Rancangan yang ada akan digunakan sebagai acuan dalam membuat prototip yang akan dilakukan pada tahapan selanjutnya.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di PRPN (Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir), khususnya Bidang Instrumentasi Kesehatan dan Keselamatan atas diskusi, masukan dan sarannya demi penyempurnaan rancangan ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Peters, Peter (1995), W. C. Roentgen and the discovery of x-rays, Chapter 1 Textbook of Radiology, Medcyclopedia.com, General Electric Healthcare. Available: <http://www.medcyclopaedia.com/library/radiology/chapter01.aspx>. Diakses 1 November 2010.
2. Spiegel, Peter K., The first clinical X-ray made in America—100 years, American Journal of Roentgenology, *164* (1) (1994), 241-243
3. Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Dokumen Jaminan Mutu: Perancangan Pesawat Sinar-X (IX-7), 2007
4. Ferry Sujatno, Istofa dan Sukandar, Rancangan sistem instrumentasi pembangkit sinar-x pada pesawat roentgen, Prosiding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN – BATAN, 11 November 2009, 28-32
5. Atmel Corp., 89C51 Datasheet, 2000
6. Atmel Corp., Atmel 8051 Microcontrollers Hardware Manual, 2007
7. Allied Vision Technologies Canada Inc., GC650/GC650C Technical Manual, 700020A Updated August 27, 2010