



## PEREKAYASAAN PESAWAT SINAR-X FLUOROSCOPY: PEMBUATAN PROTOTIP

I Putu Susila<sup>1</sup>, Sukandar<sup>2</sup>, Leli Yuniarsari<sup>3</sup> dan Ferry Suyatno<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

### ABSTRAK.

*PEREKAYASAAN PESAWAT SINAR-X FLUOROSCOPY: PEMBUATAN PROTOTIP. Perangkat pesawat sinar-X fluoroscopy yang ada saat 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. Kegiatan penelitian ini merupakan lanjutan dari kegiatan perancangan yang telah dilakukan pada tahun sebelumnya. 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. Selain itu, citra digital yang dihasilkan juga dapat disimpan sebagai basis data sehingga mudah diorganisir dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan-keperluan seperti pembelajaran, pembuatan sistem diagnosa penyakit berbasis perangkat lunak dan sebagainya. Untuk mengetahui kualitas citra yang dihasilkan oleh prototip yang dibuat, maka dilakukan pengujian khususnya terhadap sistem penangkap citra. Hasil uji menunjukkan bahwa layar pendar dapat menghasilkan citra sinar-X dari objek walaupun masih belum sebagus jika menggunakan film konvensional. Diharapkan hasil ini dapat dijadikan acuan untuk membuat perangkat sinar-X fluoroscopy yang dapat dimanfaatkan secara langsung untuk kepentingan diagnosa penyakit.*

*Kata kunci: fluoroscopy, sinar-X, layar pendar, CCD kamera, prototip*

### ABSTRACT.

*DEVELOPMENT OF MEDICAL X-RAY EQUIPMENT FOR FLUOROSCOPY: PROTOTYPE DEVELOPMENT. Medical X-ray equipment for fluoroscopy produces 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 this paper, the prototype development of the X-ray equipment for fluoroscopy will be discussed. In the prototype 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. Furthermore, the image can be stored digitally in the database which will simplify archive management. The image archive then can be used for teaching, development of automated diagnosis system, etc. An experiment was conducted to determine the quality of the image which is produced by the developed prototype, or specifically by the phosphorescent screen. It was shown that the phosphorescent screen was able to produce X-ray image although the quality is still not as good as the image which was produced by conventional X-ray film. Hopefully, the obtained result could be used as reference for developing X-ray equipment that will be used for diagnostic.*

*Keywords: fluoroscopy, X-ray, fluorescent screen, CCD camera, prototype*



## 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<sup>[1,2]</sup>.

Saat ini, selain untuk keperluan diagnosa medis, sinar-X juga digunakan diberbagai bidang seperti keamanan transportasi meliputi pencitraan barang bawaan penumpang maupun peti kemas, karakterisasi unsur, pengecekan cacat pada produk seperti PCB (*Printed Circuit Board*), 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 konvensional 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.

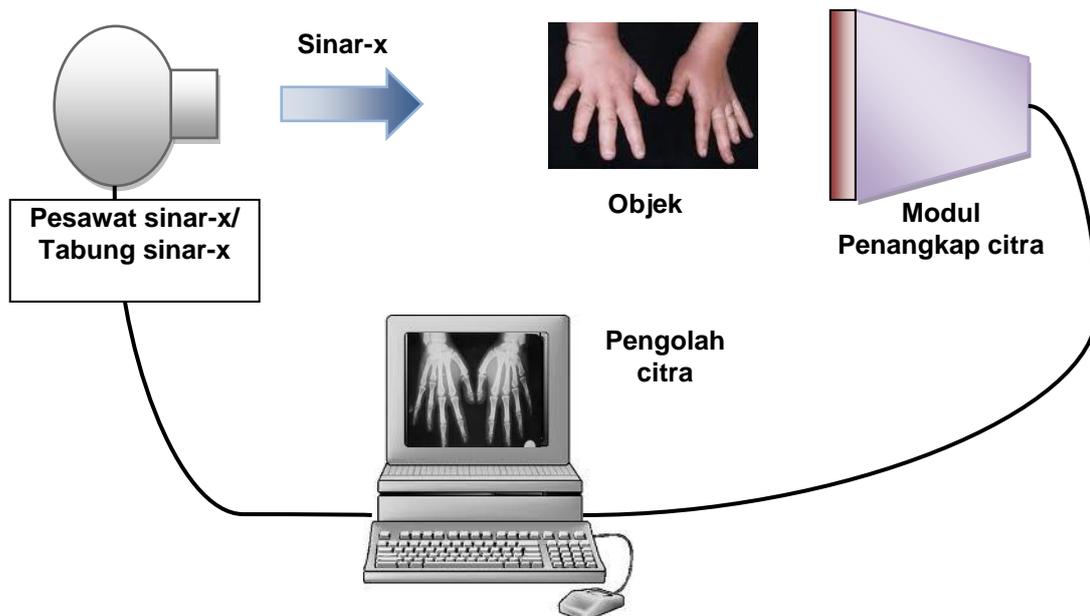
Pesawat sinar-X fluoroscopy merupakan sebuah pesawat pembangkit sinar-X yang dapat digunakan untuk keperluan diagnosa medis. Sinar-X yang dihasilkan oleh tabung generator akan diarahkan ke tubuh pasien yang terdiri dari berbagai jaringan yang tidak homogen. Ketidakhomogenan ini mengakibatkan sinar-X yang melewati tubuh pasien setelah berinteraksi dengan berbagai jaringan tersebut menjadi tidak homogen juga. Sinar-X tersebut jika mengenai layar pendar akan menghasilkan pendaran dengan intensitas cahaya yang berbeda-beda. Perbedaan intensitas ini akan teramati sebagai perbedaan kontras dan membentuk citra dari organ yang terlewati seperti paru-paru, tulang dan sebagainya. 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 juga dapat digunakan untuk menggantikan film yang banyak digunakan pada pesawat sinar-X konvensional. Proses penggantian film konvensional dimaksudkan untuk memudahkan proses pembuatan arsip digital dari citra sinar-X. Tujuan dari pembuatan arsip digital ini selain mempermudah pengorganisasian data, juga untuk membuat basis data yang bisa dimanfaatkan untuk pengajaran, data masukan untuk membuat sistem diagnosa penyakit otomatis serta keperluan-keperluan penelitian lainnya.

Kegiatan perekayasaan pesawat sinar-X fluoroscopy dilakukan dalam 2 (dua) tahap yaitu perancangan dan pembuatan prototip. Perancangan telah dilakukan pada tahun sebelumnya<sup>[3]</sup>. Pada makalah ini akan dibahas mengenai pembuatan protip pesawat sinar-X fluoroscopy yang merupakan hasil dari kegiatan tahun ini. Sistematika penulisan makalah ini adalah sebagai berikut: Pendahuluan dilanjutkan Teori pada bagian kedua, Tatakerja Pembuatan Prototip pada bagian ketiga, Hasil dan Pembahasan pada bagian selanjutnya dan diakhiri dengan Kesimpulan.

## 2. TEORI

Pesawat sinar-X fluoroscopy seperti pada Gambar 1 terdiri dari 3 (tiga) bagian utama yang 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 fosfor, CCD kamera untuk menangkap citra dan *interface* dengan komputer.



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

Kemudian, pada komputer pengolah citra terdapat bagian akuisisi data, pemrosesan citra, antarmuka dan penyimpanan citra.

Dalam tabung sinar-X terdapat katoda (*filament*) dan anoda. Jika arus dialirkan ke katoda, akan mengakibatkan suhu katoda meningkat dan elektron-elektron yang ada menjadi labil (mudah melepaskan diri). Selanjutnya, antara katoda dan anoda diberikan tegangan tinggi. Dengan adanya beda potensial antara kedua elektroda tersebut, menyebabkan elektron-elektron pada katoda akan tertarik dan menumbuk anoda. Akibat dari tumbukan ini akan timbul panas dan sinar-X (sebagian kecil).

Sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X mengenai dan menembus objek kemudian mengenai layar pendar yang dipasang pada modul penangkap citra. Interaksi antara sinar-X dan bahan pada layar pendar akan menghasilkan pendaran yang intensitasnya sebanding dengan intensitas sinar-X yang mengenainya. Dengan kata lain, oleh layar pendar sinar-X 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 disimpan di komputer dan dapat pula dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum ditampilkan atau dicetak.

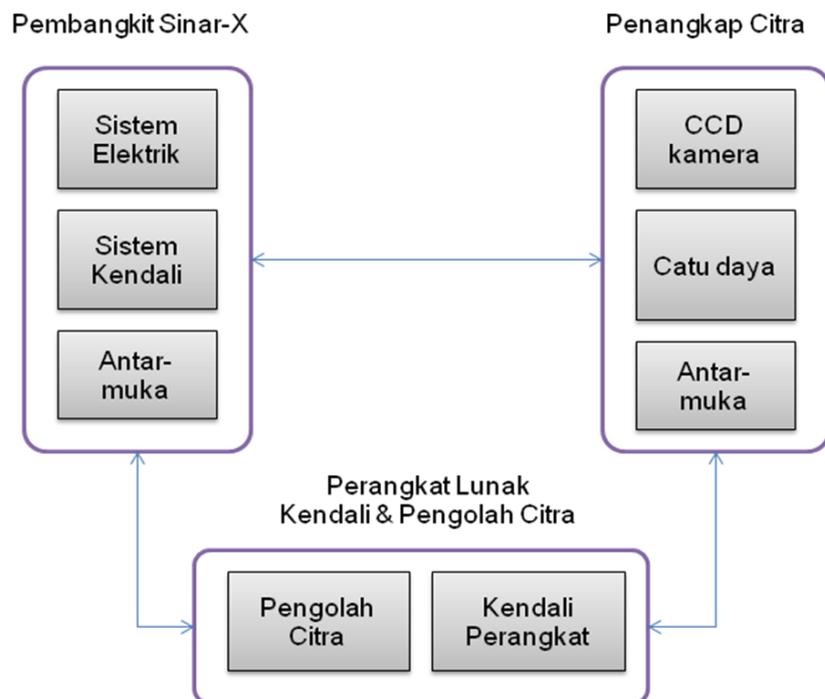
### 3. TATAKERJA

Pesawat sinar-X selain untuk keperluan diagnosa medis, juga dapat digunakan diberbagai bidang seperti keamanan transportasi meliputi pencitraan barang bawaan penumpang maupun peti kemas, karakterisasi unsur, pengecekan cacat pada produk seperti PCB (*Printed Circuit Board*), dan lain sebagainya. Pada penelitian ini akan dibuat prototip pesawat sinar-X fluoroscopy yang dapat digunakan untuk diagnosa medis. Pesawat sinar-X yang dibuat akan menangkap citra sinar-X dengan layar pendar, kemudian ditransfer menjadi data digital ke komputer untuk disimpan, diolah dan ditampilkan. Pengoperasiannya (*expose*, setting tegangan tinggi, arus, dan waktu *expose*) juga dapat dilakukan melalui komputer. Selain itu, penempatan komponen-komponen elektrik dan elektronik harus diatur sedemikian rupa untuk memudahkan pemeliharaan maupun perbaikan.



Tabel 1. Spesifikasi teknis pesawat sinar-X fluoroscopy yang dirancang<sup>[3]</sup>

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	Sistem Operasi minimum adalah Windows XP + .Net Framework versi 3.5 keatas



Gambar 2 Bagian-bagian dari prototip perangkat sinar-X fluoroscopy

Proses pembuatan prototip dikerjakan dalam beberapa tahapan dengan mengikuti kaidah-kaidah perkerjasama dan berpatokan pada sistem jaminan mutu yang telah ditetapkan di PRPN – BATAN. Tahapan-tahapan tersebut meliputi perancangan, pembuatan prototip, uji fungsi dan uji klinis. Tahapan perancangan telah dilakukan pada kegiatan sebelumnya<sup>[3]</sup>. Pada makalah ini difokuskan pada tahapan pembuatan prototip. Prototip pesawat sinar-X dibuat berdasarkan pada rancangan yang telah dikerjakan pada penelitian sebelumnya. Prototip yang dibuat meliputi prototip perangkat pembangkit sinar-X, perangkat penangkap citra dan perangkat lunak pengolah citra. Spesifikasi teknis dari prototip pesawat sinar-X fluoroscopy ditunjukkan pada Tabel 1.

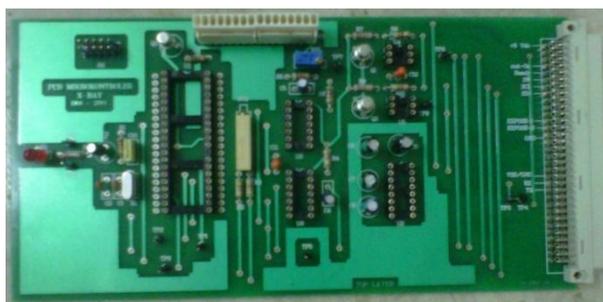
Gambar 2 menunjukkan bagian-bagian dari prototip yang akan dibuat. Prototip perangkat pembangkit sinar-X terdiri dari sebuah tiga bagian perangkat keras yaitu: sistem elektrik, sistem kendali dan sistem antarmuka dengan komputer. Selanjutnya, prototip perangkat penangkap citra terdiri dari CCD kamera + lensa dan rangkaian elektronik seperti catu daya dan antarmuka dengan komputer serta perangkat pembangkit sinar-X. Prototip perangkat lunak terdiri dari pengolah citra dan sistem kendali pesawat sinar-X untuk melakukan *expose*, pengaturan waktu, arus dan



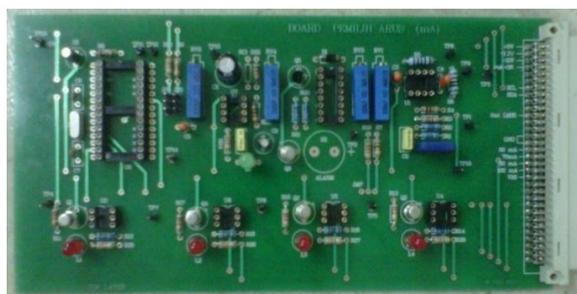
tegangan tinggi. Penjelasan lebih rinci mengenai sistem elektromekanik pesawat sinar-X fluoroscopy tercantum pada makalah [4].

Selain pembuatan prototip, juga dilakukan pengujian layar pendar yang bertujuan untuk mengetahui apakah layar pendar dapat menghasilkan citra sinar-X yang diinginkan atau tidak. Hasil citra layar pendar juga dibandingkan dengan hasil citra yang diperoleh dengan menggunakan film konvensional. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan pesawat sinar-X yang sudah ada di Poliklinik BATAN – Puspittek Serpong. Lebih detil mengenai pengujian ini, dapat dilihat pada makalah [5].

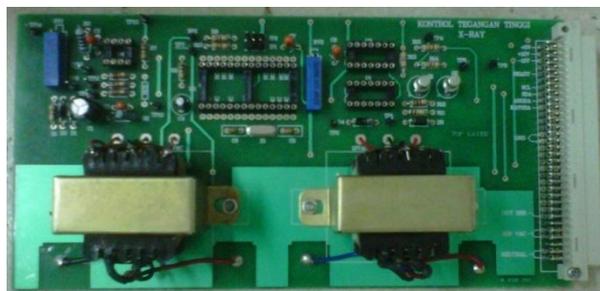
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. PCB sistem pada box kontrol yang terdiri dari: Mikrokontroler untuk antarmuka dan kendali (a), pengatur mA (b) serta pengatur kV (c). Pengatur waktu expose ada pada board (a), sedangkan pembaca suhu ada pada board (c).

Dalam kegiatan ini, prototip sistem pembangkit sinar-X terdiri dari tabung sinar-X dan box kontrol yang terdiri dari sistem elektrik, sistem kendali dan antarmuka dengan komputer. Untuk

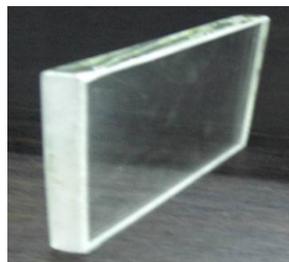


tabung sinar-X, kami memanfaatkan tabung yang telah diadakan pada kegiatan sebelumnya<sup>[6,7]</sup>. Sedangkan untuk box kontrol, dibuat baru. Secara fisik, sistem kendali dan antarmuka berada dalam satu box, sedangkan sistem elektrik terpisah. Sistem kendali berfungsi untuk mengatur arus yang dialirkan ke *filament* (mA), tegangan tinggi yang diberikan ke elektroda tabung (kV), dan waktu *expose* (t). Didalamnya juga terdapat rangkaian elektronik untuk membaca suhu diluar tabung, rangkaian untuk *expose*, rangkaian untuk *setting* parameter (mA, kV, t) melalui *keypad* dan menampilkannya pada LCD yang terpasang di box kontrol. Fungsi-fungsi ini dikoordinasikan dengan mikrokontroler yang sekaligus berfungsi sebagai antarmuka dengan komputer. Rangkaian elektronik yang dimaksud secara fisik dibagi menjadi 3 (tiga) buah PCB (*Printed Circuit Board*) yang ditunjukkan pada Gambar 2. Semua PCB dibuat dengan standar *euro-card*, dengan tujuan agar instalasi dan penggantian komponen menjadi lebih mudah.

Selanjutnya untuk sistem penangkap citra, terdiri dari CCD kamera, layar pendar dan rangkaian elektronik seperti catu daya dan *interface* dengan box kontrol. Diantara layar pendar dan kamera diletakkan kaca timbal dengan ukuran 15 x 20 cm untuk mencegah kerusakan pada lensa kamera akibat radiasi sinar - X. Kerusakan dimaksud adalah kerusakan pada lapisan dipermukaan lensa kamera akibat radiasi yang mengakibatkan lensa menjadi buram. Lebih detil mengenai sistem penangkap citra dibahas pada makalah<sup>[4]</sup>

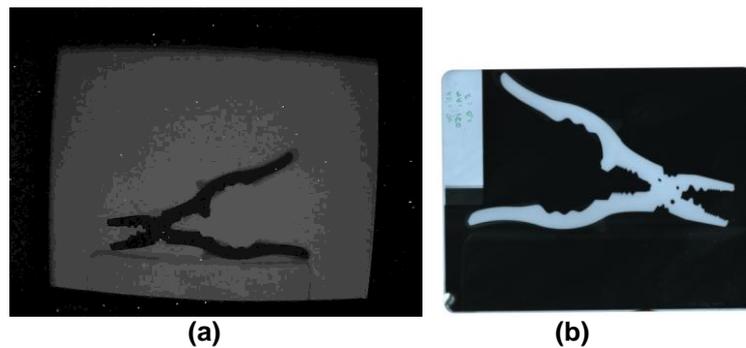


Gambar 4. Layar pendar yang digunakan sebagai sistem penangkap citra



Gambar 5. Kaca timbal

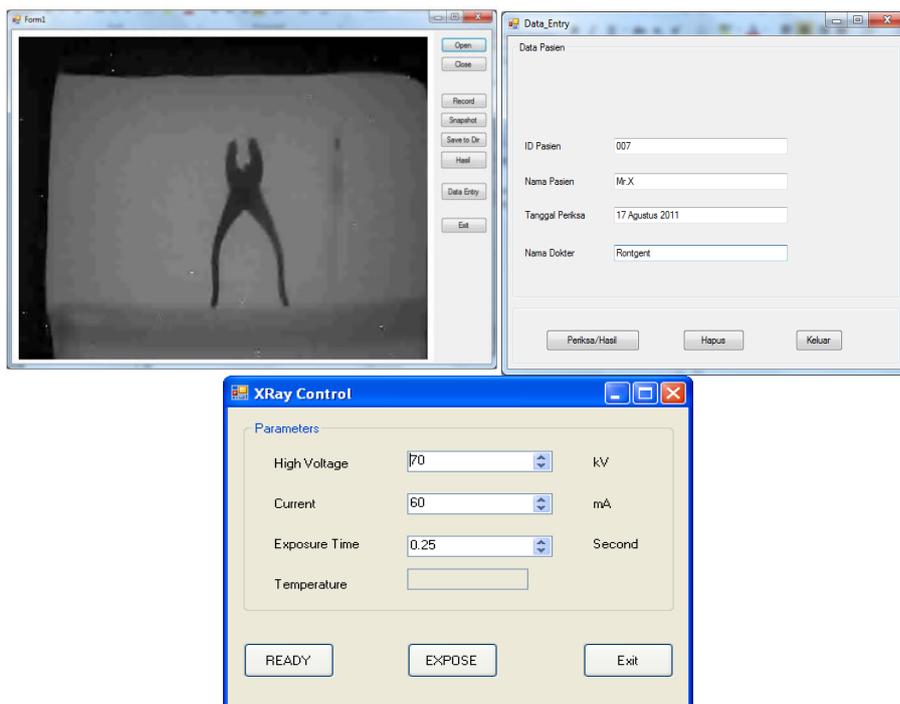
Untuk mengetahui kemampuan layar pendar yang digunakan, dilakukan pengujian pengambilan citra sinar-X terhadap beberapa objek diantaranya tang besi. Citra juga diambil dengan menggunakan film konvensional kemudian didigitalisasi dengan menggunakan *scanner* agar bisa dibandingkan hasilnya. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan pesawat sinar-X komersial yang ada di poliklinik BATAN, PPTN Serpong.



Gambar 6 Citra sinar-X dari layar pendar (a) dan film konvensional (b). Citra diambil dengan parameter tegangan diset 70 kV

Gambar 6(a) adalah citra yang dihasilkan oleh layar pendar yang kemudian ditangkap dengan CCD kamera. Sedangkan citra dari film konvensional terhadap objek yang sama dapat dilihat pada Gambar 6(b) (Untuk hasil pengujian dengan objek dan parameter lainnya dibahas dalam makalah [5]). Dari hasil percobaan diketahui bahwa layar pendar dapat menghasilkan citra sinar-X dengan kualitas yang cukup bagus. Akan tetapi citra yang dihasilkan oleh layar pendar jika dibandingkan dengan citra yang diperoleh dari film konvensional, kualitasnya masih kurang bagus. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh efisiensi dari layar pendar masih rendah atau dengan kata lain kemampuan layar pendar untuk mengubah sinar-X menjadi cahaya tampak tidak 100 %. Spesifikasi kamera dan nilai parameter yang tidak optimal (*exposure*, *gain*, dan sebagainya), juga bisa menjadi penyebab kenapa kualitas citra yang dihasilkan oleh layar pendar masih tidak optimal.

Selanjutnya, untuk prototip perangkat lunak telah dibuat seperti pada Gambar 7. Perangkat lunak ini terdiri dari penangkap citra, pengendali pesawat sinar-X (pengaturan parameter mA, kV, waktu dan *expose*).



Gambar 7. Tampilan perangkat lunak penangkap citra dan kontrol sinar-X



## 5. KESIMPULAN.

Telah dilakukan pembuatan prototip perangkat sinar-X fluoroscopy berbasis layar pendar. Prototip yang dibuat terdiri prototip perangkat pembangkit sinar-X, perangkat penangkap citra dan perangkat lunak pengolah citra. Selain itu, telah dilakukan pula pengujian pengambilan citra sinar-X dengan layar pendar untuk mengetahui kualitas citra sinar-X yang dihasilkan. Citra yang diperoleh juga dibandingkan dengan citra sinar-X yang diambil dengan film konvensional, yang kemudian di-digitalisasi dengan menggunakan *scanner*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa layar pendar dapat menangkap citra sinar-X dari objek walaupun masih belum sebaik jika menggunakan film konvensional. Selanjutnya, hasil dari kegiatan ini baik prototip maupun hasil pengujian diharapkan dapat dijadikan acuan untuk membuat perangkat sinar-X fluoroscopy yang dapat dimanfaatkan secara langsung untuk kepentingan diagnosa penyakit.

## 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. I Putu Susila, Ferry Sujatno, Istofa dan Sukandar, Perencanaan Pesawat Sinar-X Fluoroscopy: Rancangan, Prosiding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN – BATAN, 30 November 2010, 197-203
4. Ferry Sujatno, Abdul Jalil, Budi Santoso, Ahmad, Sistem Elektromekanik Perangkat Sinar-X Fluoroscopy, Prosiding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN – BATAN, 2011 (akan dimuat)
5. Istofa, I Putu Susila, Sukandar dan Leli Yuniarsari, Uji fungsi Penangkap Citra Sinar-X, Prosiding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir PRPN – BATAN, 2011 (akan dimuat)
6. Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Dokumen Jaminan Mutu: Perancangan Pesawat Sinar-X (IX-7), 2007
7. 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

## PERTANYAAN :

1. Apa perbedaan penambahan arus dan penambahan tegangan ? (UTAJA)

## JAWABAN :

1. Kalo arus nya ditambah maka pergerakan energinya akan lebih cepat. Kalo tengannya ditambah maka energinya akan lebih besar karena terjadi penambahan elektron