

KARAKTERISASI FLAT- PANEL DETECTOR UNTUK PESAWAT SINAR-X DIGITAL

I Putu Susila, Wiranto Budi Santoso dan Istofa
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong Gd. 71
Lt. 2, Tangsel, 15310

ABSTRAK

KARAKTERISASI FLAT-PANEL DETECTOR UNTUK PESAWAT SINAR-X DIGITAL. Pesawat Sinar-X digital merupakan perangkat sinar-X yang tidak memerlukan proses kimiawi seperti pada film sehingga biaya operasionalnya rendah dan ramah lingkungan. Selain itu, citra hasil pemeriksaan segera dapat diamati, mudah disimpan dan digandakan. Didasari adanya keunggulan-keunggulan tersebut, saat ini di PRPN – BATAN dilakukan perekayasaan pesawat sinar-X digital. Penangkap citra yang digunakan adalah flat-panel detektor yang berbasis silikon. Untuk mengetahui karakteristik serta kualitas citra yang dihasilkan, perlu dilakukan pengujian terhadap detektor tersebut. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan di poliklinik PKTN-BATAN menggunakan pesawat sinar-X dengan nilai arus sebesar 150mA, nilai kV diubah-ubah serta waktu expose selama 0,1 detik. Objek yang diambil citranya adalah standard test object, PCB, detector NaI(Tl), obeng dan tangan. Selanjutnya, citra yang diperoleh dianalisis secara kualitatif (pengamatan terhadap citra positif dan negatif) dan kuantitatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa resolusi citra adalah sebesar 3,7 ~ 4,0 LP/mm dan tidak terjadi distorsi geometri pada citra sinar-X. Kualitas citra yang ditunjukkan dengan nilai signal-to-noise ratio (SNR), semakin tinggi seiring dengan meningkatnya nilai kV. Selanjutnya, perlu dilakukan koreksi uniformity agar kualitas citra tinggi terutama pada nilai kV rendah. Sedangkan untuk contrast, pada objek yang perbedaan intensitasnya sedikit, perbedaan tersebut akan terlihat jelas apabila ditampilkan sebagai citra negatif. Hasil-hasil tersebut dapat dijadikan acuan untuk interpretasi citra dan pengembangan perangkat lunak pengolah citra.

Kata kunci: Sinar-X, Flat-panel Detector, Radiografi Digital, Karakterisasi Flat Detektor, Kualitas Citra

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF FLAT PANEL DETECTOR FOR DIGITAL X-RAY MACHINE. The digital x-ray equipment does not need chemical process like a film. The operational cost is then low and environment friendly. In addition, the image can be viewed immediately and can easily be stored and copied. Based on these advantages, PRPN-BATAN develops a digital x-ray machine which uses silicon-based flat-panel detector to produce x-ray digital image. To understand the characteristic of the detector and quality of the images, a characterization is needed. In this study, the experiment was conducted at polyclinic PKTN-BATAN, utilizing an existing x-ray generator. During experiment, the filament current was set to 150mA, varied the voltage and exposure time was set to 0.1 second. Standard test object, PCB, NaI(Tl) detector, toolset and hand were utilized as testing objects. The acquired images then were being analyzed qualitatively (observation of positive and negative image) and quantitatively. It was shown that the resolution is between 3.7 and 4.0 LP/mm and there is no geometric distortion occurred in the images. Image quality which is described by signal-to-noise ratio (SNR) is increasing as voltage increased. Uniformity correction is needed for images taken with lower voltage value. Finally, for object which has nearly same intensity, the difference can be seen as contrast difference in the negative images. These results can be utilized as reference for images interpretation and image processing software development.

Keywords: X-Ray, Flat-panel Detector, Digital Radiography, Flat Detector Characterization, Image Quality

1. PENDAHULUAN

Sinar-X sudah dimanfaatkan di berbagai aspek kehidupan masyarakat selama lebih dari satu dekade. Sinar-X ditemukan oleh Wilhelm Röntgen pada tahun 1895 yang melakukan penelitian mengenai keberadaan sinar yang tidak tampak oleh mata telanjang dan dapat menembus objek seperti buku, kayu dan obyek-obyek lainnya. Penggunaannya untuk keperluan medis diawali ketika dia secara tidak sengaja mendapati gambar telapak 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 diagnosis medis, sinar-X juga digunakan di berbagai bidang seperti keamanan transportasi meliputi pencitraan barang bawaan penumpang maupun peti kemas, karakterisasi unsur, pengecekan cacat pada produk seperti *printed circuit board* (PCB), dan lain sebagainya. Dalam dunia medis, terdapat berbagai jenis perangkat diagnosis yang berbasis sinar-X, antara lain pesawat sinar-X konvensional yang menggunakan film untuk menangkap citra organ tubuh, pesawat sinar-X *fluoroscopy* untuk keperluan diagnosis secara real-time, pesawat sinar-X digital yang menggunakan *image intensifier* maupun detektor *solid state* untuk menangkap citra, serta perangkat *computed tomography* (CT) yang dapat digunakan untuk merekonstruksi citra tiga dimensi dari organ tubuh pasien. Di Indonesia sendiri, pesawat sinar-X konvensional banyak terdapat di rumah sakit maupun klinik atau puskesmas milik pemerintah. Banyaknya pemanfaatan pesawat sinar-X untuk keperluan diagnosis medis dibandingkan dengan perangkat kedokteran nuklir lainnya kemungkinan disebabkan karena pengoperasian dan perawatan pesawat sinar-X relatif mudah dan aman karena hanya menghasilkan radiasi sinar-X pada saat alat dioperasikan.

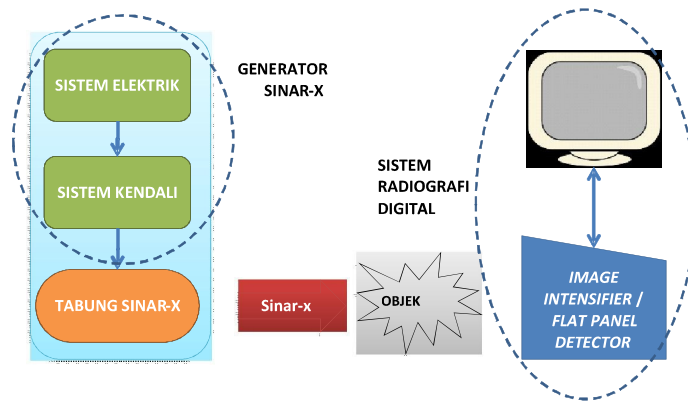
Perangkat sinar-X digital atau yang umumnya disebut sistem radiografi digital terdiri dari pesawat sinar-X (generator sinar-X) dan penangkap citra seperti *image intensifier*, *flat-panel detector* yang mampu menghasilkan citra digital, komputer pengolah data dan penampil citra, serta komputer untuk menyimpan data dari seluruh pasien. Keuntungan dari radiografi digital adalah tidak diperlukan ruang gelap dan bahan kimia dalam pemrosesannya, citra dari pasien mudah untuk diobservasi, bisa diterapkan teknik pengolahan citra untuk meningkatkan kualitas gambar, dapat disimpan dengan mudah sebagai basis data untuk pembelajaran maupun acuan diagnosis serta bisa dipertukarkan dengan mudah melalui internet dengan ahli-ahli radiografi yang ada di seluruh dunia.

Saat ini, dalam rangka penguasaan teknologi sistem radiografi digital, di Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) BATAN, sedang dilakukan perekayasaan perangkat sinar-X digital^[3]. Pada kegiatan tersebut, digunakan *flat-panel detector* sebagai penangkap citra. Untuk mengetahui karakteristik serta kualitas citra dari *flat-panel detector*, perlu dilakukan pengujian serta analisis terhadap citra yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada karakterisasi *flat panel detector* melalui pengujian dengan menggunakan pantom standar dan beberapa contoh objek. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui parameter karakteristik detektor tersebut antara lain: resolusi, distorsi geometri, *uniformity*, *contrast*, *dynamic range* dan *signal-to-noise ratio* (SNR). Selanjutnya, hasil analisis yang diperoleh akan dijadikan acuan dalam pengembangan perangkat lunak pengolah citra. Pada makalah ini, diuraikan mengenai tata kerja pengujian dan analisis data, hasil pengujian dan hasil analisis beserta pembahasannya, serta kesimpulan dari penelitian ini.

2. TEORI

Pesawat sinar-X digital seperti pada Gambar 1 terdiri dari 3 (tiga) bagian utama yang meliputi generator sinar-X (sistem kontrol dan tabung sinar-X), serta sistem radiografi digital yang terdiri dari perangkat penangkap citra, dan komputer

pengolah citra. Bagian generator sinar-X terdiri dari sistem kendali dan tabung sebagai pembangkit sinar -X. Selanjutnya, untuk bagian penangkap citra bisa memanfaatkan layar pendar yang terbuat dari bahan fosfor ditambah dengan *charge-coupled device* (CCD) kamera, image intensifier maupun *flat-panel detector*. Kemudian komputer digunakan untuk penyimpanan data pasien, akuisisi, pengolahan, penampilan dan penyimpanan citra dari organ tubuh pasien [3].



Gambar 1. Skema pesawat sinar-X digital [3]

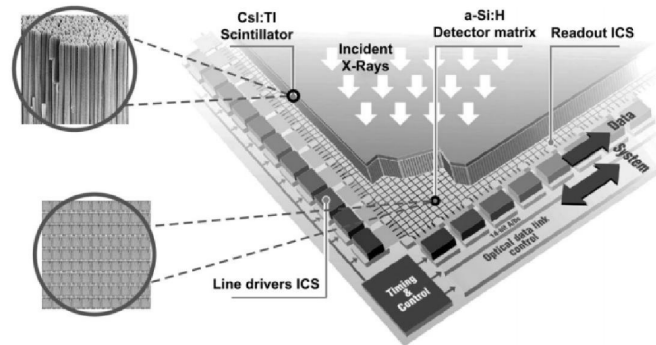
Dalam tabung sinar-X terdapat katoda (*filament*) dan anoda. Jika arus dialirkan ke katoda, akan mengakibatkan suhu katoda meningkat dan elektron yang ada menjadi labil. Antara katoda dan anoda diberikan tegangan tinggi. Dengan adanya beda potensial antara kedua elektroda tersebut, maka elektron pada katoda akan tertarik dan menumbuk anoda. Tumbukan ini menimbulkan panas dan sinar-X (sebagian kecil).

Sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X mengenai dan menembus objek yang dalam hal ini berupa organ tubuh manusia, kemudian mengenai penangkap citra (detektor). Dari segi fisis, jaringan pada organ tubuh manusia mempunyai kerapatan yang berbeda-beda, sehingga ketika sinar-X melewati suatu organ, akan mengalami atenuasi yang berbeda-beda tergantung dari bagian yang dilewatinya. Perbedaan atenuasi mengakibatkan perbedaan nilai intensitas yang ditangkap oleh detektor, dan perbedaan intensitas ini divisualisasikan sebagai citra dari organ.

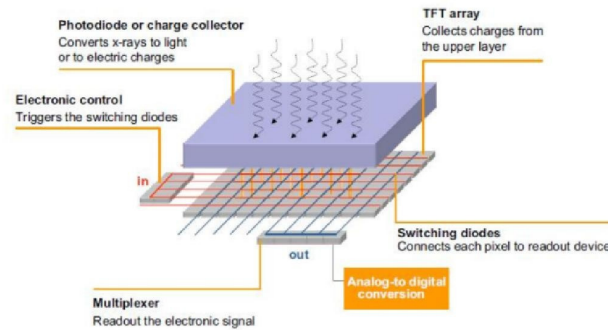
Flat-panel detector merupakan detektor sinar-X berbasis silikon. Ada dua jenis detektor yaitu detektor konversi tak langsung dan detektor konversi langsung. Pada detektor konversi tak langsung, sinar-X yang mengenai detektor akan diubah menjadi cahaya tampak oleh lapisan kristal sintilasi. Selanjutnya, cahaya tampak yang dihasilkan, dirubah menjadi sinyal elektronik oleh matrik fotodiode, yang kemudian dibaca dan dikonversi menjadi citra oleh bagian akuisisi data dari detektor tersebut (Gambar 2a).

Skema *flat-panel detector* jenis konversi langsung, ditunjukkan pada Gambar 2b. Lapisan pertama dari detektor ini berfungsi untuk mengubah sinar-X menjadi muatan listrik, dan lapisan ini umumnya terbuat dari kristal sintilasi yang *dicouple* dengan *photodiode*. Lapisan kedua berfungsi untuk mengumpulkan muatan listrik yang disusun oleh *thin film transistor* (TFT) dan mengubahnya menjadi tegangan atau arus. Pada lapisan ini terdapat jutaan atau lebih komponen yang tersusun secara matriks, dimana matriks ini terkait dengan piksel pada citra yang dihasilkan. Lapisan selanjutnya adalah bagian *readout* (pembaca piksel) yang berfungsi untuk mengubah tegangan atau arus listrik pada lapisan sebelumnya menjadi data citra digital yang terdiri dari piksel.

Pada kegiatan perekayasaan pesawat sinar-X digital yang sedang dilakukan di PRPN, *flat-panel detector* yang digunakan adalah jenis DMC-12DR dari DONGMUN Korea (gambar 3). Spesifikasi lengkap dari detektor ini dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa detektor ini mempunyai ukuran yang sama ukurannya dengan detektor konvensional dan rentang energi sampai 40-150kVp sehingga cocok digunakan untuk berbagai macam diagnosis seperti *thorax*, tulang dan sebagainya.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Skema *flat-panel detector* tipe konversi tidak langsung^[4], (b) Skema *flat-panel detector* tipe konversi langsung^[5]



Gambar 3. *Flat-panel detector* DMC-12DR

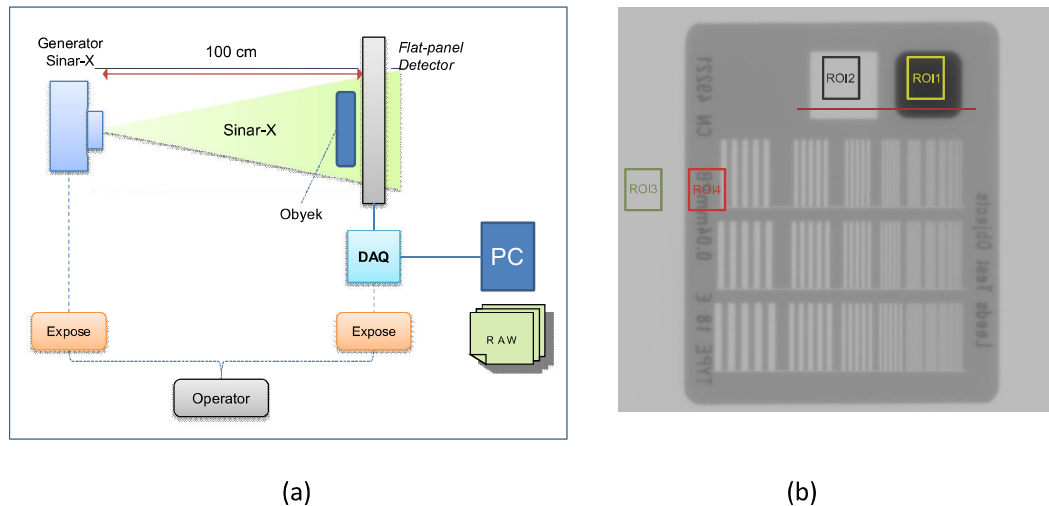
Tabel 1. Spesifikasi *flat-panel detector* DMC-12DR

No	Item Spesifikasi	Nilai
1	Matriks Piksel	2080 x 2560
2	Luasan detektor	264 x 325mm
3	Ukuran piksel	127 μ m
4	Resolusi A/D converter	14-bit
5	Skala keabuan (<i>grayscale</i>)	16384
6	<i>Dynamic Range</i>	> 73dB
7	Resolusi citra sinar-X	3,9 LP/mm
8	Rentang energi	40-150kVp
9	Koneksi data	<i>Ethernet</i> 100 Mbps
10	Dimensi (<i>WxLxH</i>), berat	422x403x22mm, 3,4 Kg
11	Catu daya detektor	24VDC
12	Catu daya AC, daya	115/230V (50~60Hz), 50W

Apabila citra hasil dari detektor digunakan untuk diagnosis, agar interpretasi citra tidak bias, perlu diketahui batasan dari detektor serta dipastikan bahwa detektor yang digunakan mempunyai karakteristik yang memenuhi syarat untuk keperluan diagnosis. Karakteristik yang dimaksud disini adalah sifat dari *flat-panel detector* yang berpengaruh pada citra keluarannya, antara lain: resolusi citra keluaran detektor, distorsi geometri, *uniformity*, *contrast*, serta kualitas citra yang ditunjukkan dengan nilai perbandingan antara sinyal dan *noise*.

3. TATAKERJA

Pengujian detektor dilakukan di Poliklinik Pusat Kemitraan Teknologi Nuklir (PKTN) BATAN. Sebagai generator sinar-X digunakan pesawat konvensional (berbasis film) yang ada di poliklinik tersebut. Pada Gambar 4a ditunjukkan konfigurasi ketika dilakukan



Gambar 4. (a) Skema konfigurasi pengujian *flat-panel detector*, (b) pemilihan ROI untuk perhitungan SNR dan penilaian *unsharpness* (ketidak tajam)

pengujian. Detektor diletakkan sejauh 100 cm dari generator sinar-X, sedangkan objek yang diambil citranya diletakkan persis di depan detektor. Selanjutnya, detektor dihubungkan dengan komputer via 100 Mbps *Ethernet* melalui modul akuisisi data. Baik

generator sinar-X maupun detektor, masing-masing memiliki tombol *expose*. Oleh karena itu, pada saat pengambilan citra, operator harus menekan kedua tombol secara bersamaan. Setelah kedua tombol *expose* ditekan, citra yang dihasilkan akan ditransfer ke komputer sebagai *rawdata*, yaitu berupa matriks piksel 16-bit yang merupakan nilai intensitas sinar-X yang mengenai elemen detektor.

Eksperimen dilakukan dengan mengeset nilai arus filamen pada generator sinar-X sebesar 150 mA dan waktu *expose* selama 0,1 detik. Sedangkan nilai tegangan tinggi (kV) divariasi dengan memilih salah satu nilai yaitu 55kV, 60kV atau 70kV tergantung dari obyek yang diambil. Obyek yang diambil citranya pada pengujian tersebut berupa *test phantom* untuk sistem sinar-X digital (LP/mm, *uniformity*, distorsi geometri, kontras), obeng, PCB, detektor NaI(Tl), dan tangan.

Citra yang didapat dalam percobaan ini kemudian dibaca dengan perangkat lunak buatan sendiri untuk ditampilkan sebagai citra positif dan citra negatif. Citra positif artinya jika makin besar intensitas sinar-X yang mengenai detektor, maka pada citra hasil akan tampak makin putih. Sebaliknya citra negatif berarti bahwa makin besar intensitas sinar-X yang mengenai detektor, citra hasilnya akan tampak makin hitam, sama seperti pada kaset film. Perangkat lunak yang sama juga digunakan untuk memilih *range of interest* (ROI), melakukan perhitungan statistik berupa nilai minimum, maksimum, median, rata-rata dan standar deviasi, mengukur jarak, mengambil piksel pada ROI tertentu dan membuat data histogram dari piksel-piksel tersebut.

Analisis yang diterapkan terhadap citra yang diperoleh dari eksperimen adalah analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan mengamati citra positif dan citra negatif kemudian dinilai berdasarkan persepsi pengamat. Analisis kualitatif yang dilakukan berupa penentuan nilai LP/mm, distorsi geometri, *uniformity*, dan kontras melalui pengamatan terhadap citra dari tes objek standar. Sedangkan, analisis kuantitatif dilakukan dengan penilaian terhadap hasil perhitungan statistik maupun grafik piksel yang mencerminkan intensitas sinar-X. Penilaian kualitas citra berupa SNR, perhitungan jarak, penilaian *uniformity* maupun kontras dilakukan dengan metode analisis ini.

Penilaian kualitas citra dengan SNR dilakukan menggunakan 2 (dua) persamaan berbeda. Persamaan pertama yaitu^[6]:

$$SNR_1 = \frac{\mu_r}{\sigma_r} \dots\dots\dots(1)$$

dimana μ_r adalah nilai rata-rata dari semua nilai piksel pada ROI tertentu (representasi dari sinyal) dan σ_r adalah standar deviasi dari nilai-nilai piksel pada ROI tersebut (representasi dari *noise*). ROI untuk perhitungan SNR dengan metode ini contohnya ROI1 atau ROI2 pada Gambar 4b. Persamaan kedua yang digunakan untuk menghitung nilai SNR yaitu^[6]:

$$SNR_2 = 20 \log \frac{\sigma_s}{\sigma_n} \dots\dots\dots(2)$$

dimana σ_s adalah nilai standar deviasi dari nilai-nilai piksel pada ROI dalam area objek yang merupakan representasi dari sinyal (contohnya ROI4 pada Gambar 4b) dan σ_n adalah nilai standar deviasi dari nilai-nilai piksel pada ROI dalam area bukan objek yang merupakan representasi dari *noise* (contohnya ROI3 pada Gambar 4b).

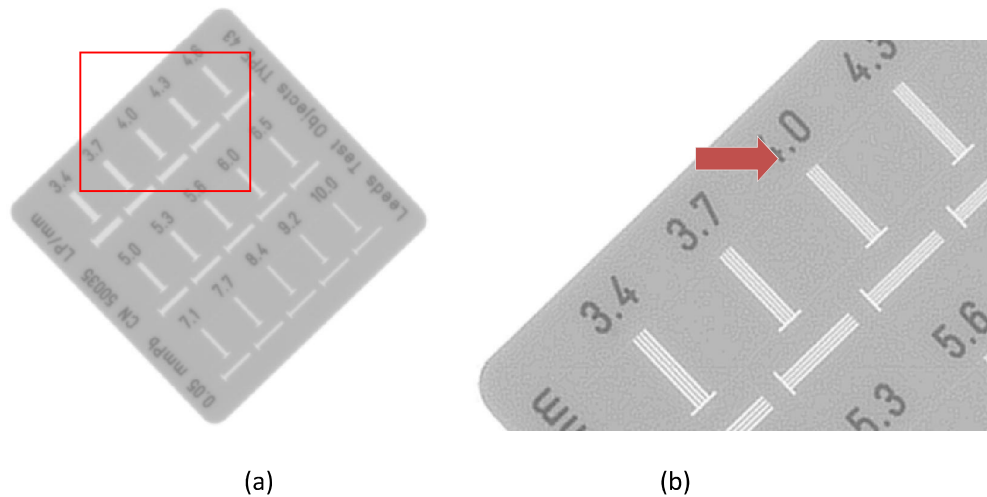
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Resolusi Citra

Hasil pengujian resolusi citra yang dilakukan dengan mengambil citra sinar-X terhadap tes objek untuk menampilkan nilai LP/mm ditunjukkan pada

Gambar 5. Pada citra asli, pola garis belum jelas terlihat, tapi setelah dipertajam dan di lakukan pembesaran, terlihat bahwa pola garis dengan nilai LP/mm antara 3,7 dan 4,0 masih terlihat (terdapat 4 garis). Berdasarkan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1, nilai resolusi citra sinar-X adalah 3,9 LP/mm, oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa, hasil pengujian menunjukkan hasil yang sesuai dengan *datasheet*. Nilai resolusi dapat ditingkatkan lagi dengan dengan cara menjauhkan objek dari detektor sehingga pada citra yang ditangkap terjadi magnifikasi (pembesaran) terhadap objek aslinya. Selain itu, seperti ditunjukkan pada

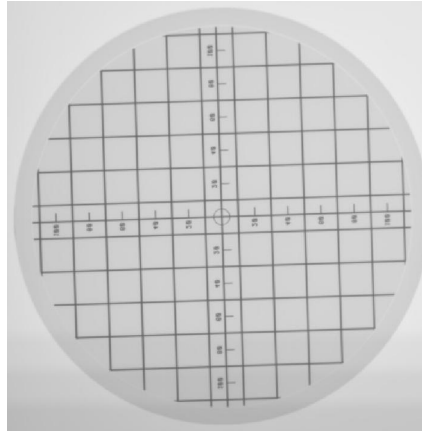
Gambar 5, resolusi juga dapat ditingkatkan dengan melakukan penajaman gambar, dengan resiko *noise* (terlihat sebagai pola bintang-bintang pada latar) juga ikut meningkat.



Gambar 5. Hasil pengujian resolusi dengan pola LP/mm (60kV, 150mA dan 0,1 detik),
(a) citra positif asli, (b) citra setelah dipertajam dan diperbesar

4.2 Distorsi Geometri

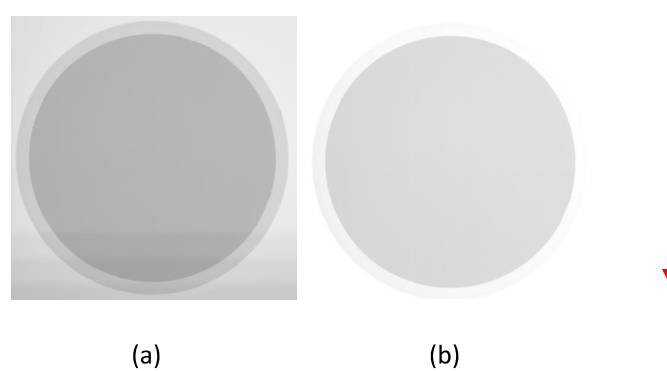
Pengujian distorsi geometri dilakukan dengan tes objek pola bujur sangkar dengan sisi masing-masing sepanjang 20 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6. Dari gambar terlihat bahwa tidak terjadi distorsi (misalnya pembelokan garis) geometri pada citra yang dihasilkan. Selain itu, dengan perangkat lunak yang dikembangkan sendiri, juga dilakukan pengukuran panjang sisi bujur sangkar di beberapa tempat dan kemudian hasilnya dirata-rata. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata panjang sisi bujur sangkar adalah sebesar 20,07 mm setelah dilakukan 7 (tujuh) kali pengukuran. Perbedaan sebesar 0,07 mm dapat disebabkan karena panjang sisi bukan kelipatan resolusi piksel (0,127 mm).



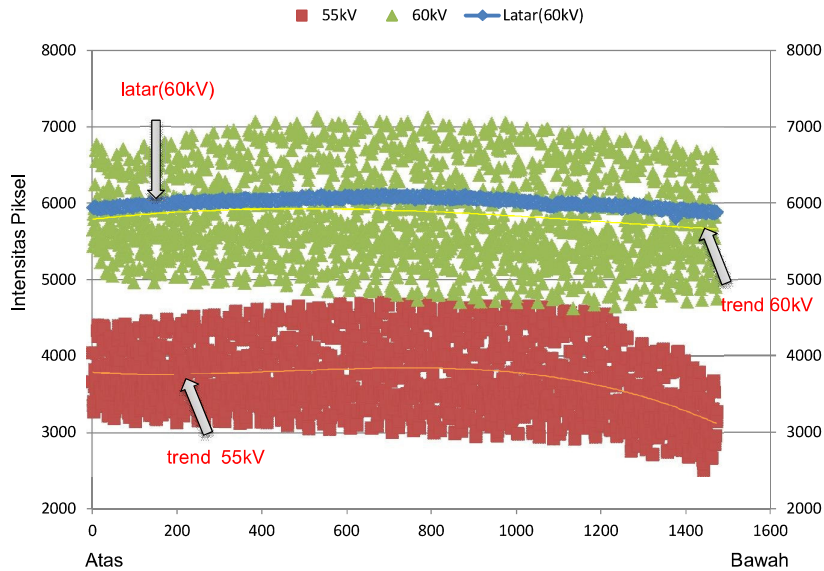
Gambar 6. Hasil pengujian distorsi geometri (55kV, 150mA dan 0,1 detik)

4.3 Uniformity

Pengujian *uniformity* dilakukan dengan test objek *uniformity*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 7. Dari gambar terlihat bahwa pada tegangan tinggi 55kV, bagian bawah citra masih belum *uniform*, sedangkan untuk nilai tegangan tinggi 60kV, citra hasil sudah *uniform*. Untuk mengetahui lebih detil respon detektor, dilakukan ekstraksi piksel secara vertikal (tanda panah pada Gambar 7), terhadap citra 55kV (Gambar 7.a), 60kV (Gambar 7.b) dan citra dari objek lain yang diexpose dengan tegangan tinggi sebesar 60kV (Latar 60kV). Hasil ekstraksi kemudian diplot dan ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik menunjukkan kecenderungan yang sama seperti pada Gambar 7 dimana pada nilai kV rendah, intensitas citra tidak *uniform*, sehingga perlu dikoreksi.



Gambar 7. Hasil pengujian *uniformity* dengan arus filamen 150mA dan *expose* 0,1 detik, tegangan tinggi (a) 55kV, (b) 60kV



Gambar 8. Profil nilai intensitas piksel pada citra latar dipotong dari atas ke bawah

4.4 Kontras

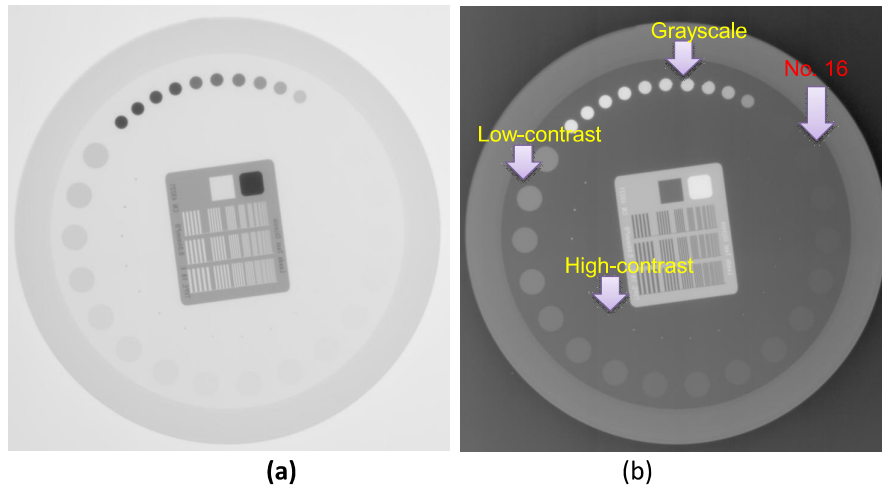
Pengujian kontras dilakukan dengan pengambilan citra tes objek TOR-CDR [7] yang berguna untuk pengendalian kualitas sinar-X secara rutin. Dalam objek TOR-CDR terdapat pola kontras, dan resolusi. Citra hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9 dan

Gambar 10. Pada gambar terdapat 3 pola kontras yaitu *grayscale*, *low-contrast* dan *high-contrast*. Nilai kontras 1 artinya perbedaan dengan latar paling besar (sensitivitas sangat rendah), sedangkan nilai kontras 0 artinya tidak ada perbedaan dengan latar. Makin kecil nilai kontras, maka makin sensitif atau kemampuan untuk mengekspresikan perbedaan yang kecil makin tinggi. Pada pengujian ini, hasil pengamatan dicocokkan dengan tabel pada manual TOR-CDR [[6]], diperoleh nilai kontras untuk *grayscale* sebesar 0,11 (sensitivitasnya sebesar $1/0,11 = 9$). Selanjutnya, untuk nilai *low-contrast* (perbedaan dengan latar kecil), diperoleh nilai sebesar 0,003 (0,3%) dari rentang 0,075 ~ 0,002, dan nilai *high-contrast* (perbedaan dengan latar besar), diperoleh nilai sebesar 0,045 dari rentang 0,954 ~ 0,039. Dari hasil ini diperoleh bahwa nilai kontras dari detektor rendah atau dengan kata lain nilai sensitivitasnya tinggi baik untuk *low-contrast* maupun *high-contrast*.

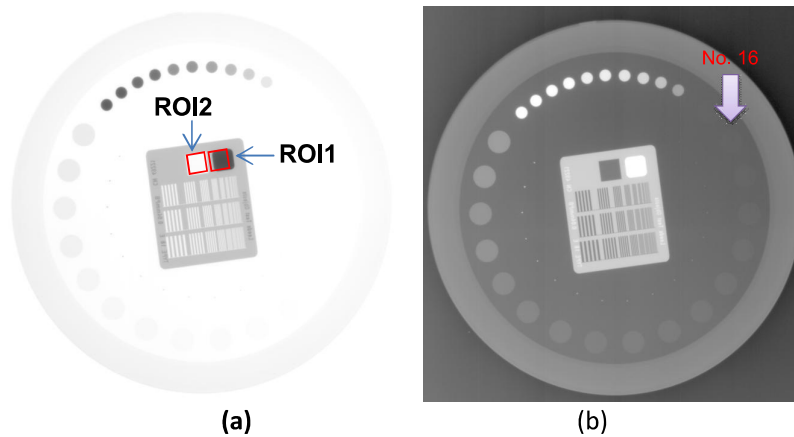
4.5 Kualitas citra

Kualitas citra diukur dengan menghitung nilai SNR pada *low-contrast* (radiasi yang diserap oleh bahan sedikit atau radiasi yang mengenai detektor besar sehingga sinyal juga besar) dan *high-contrast* (radiasi yang diserap bahan banyak atau radiasi yang mengenai detektor besar sehingga sinyal yang dihasilkan kecil). Semakin tinggi nilai SNR, maka semakin jelas citra yang dihasilkan. Nilai SNR diperoleh dari perbandingan nilai rata-rata piksel (representasi dari sinyal) dalam ROI dan standar deviasi dari nilai piksel (representasi dari *noise*) dalam ROI tersebut. Dari perhitungan dengan persamaan (1) terhadap citra pada

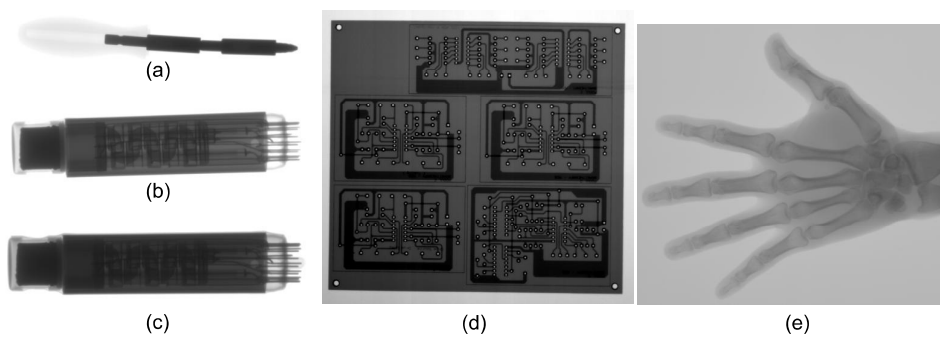
Gambar 10 diperoleh SNR sebesar 27 (sinyal:noise = 27:1) untuk *ROI1* dan 281 (sinyal:noise = 281:1) pada *ROI2*.



Gambar 9. Hasil pengujian kontras pada tegangan 55kV, (a) citra positif, (b) citra negatif



Gambar 10. Hasil pengujian kontras pada tegangan 60kV, (a) citra positif, (b) citra negatif



Gambar 11. Citra dari beberapa objek, (a) obeng dengan 60kV, (b) detektor NaI(Tl) dengan 70kV, (c) detektor NaI(Tl) dengan sinar-X 60kV, (d) PCB 60kV, (e) tangan 55kV

4.6 Citra Selain Tes Objek

Pada pengujian juga dilakukan pengambilan citra terhadap beberapa objek seperti PCB, obeng, detektor NaI(Tl) dan tangan. Hasil dari pengambilan citra ini dapat dilihat pada Gambar 11(a) ~ (e). Kualitas citra diukur dengan SNR pada persamaan (2). Nilai SNR dengan metode ini didapatkan dari perbandingan antara nilai variasi sinyal dari obyek (representasi dari sinyal pengukuran) dan nilai variasi sinyal pada area yang tidak ada obyeknya atau citra latar (representasi dari *noise*). Nilai variasi sinyal tersebut dihitung dengan nilai standar deviasi dari piksel pada ROI yang terdapat obyek dan ROI pada citra latar. Hasilnya masing-masing (a) 32,6, (b) 16,8, (c) 19,8, (d) 19,8 dan (e) 24,6. Dari hasil tersebut terlihat bahwa (a) obeng dan (e) tangan mempunyai nilai lebih besar dari obyek lainnya. Nilai ini menggambarkan bahwa *dynamic range* pada kedua citra tersebut cukup besar jika dibandingkan dengan perubahan pada latar sehingga objek akan terlihat lebih jelas.

5. KESIMPULAN.

Telah dilakukan pengujian dan analisis dalam rangka karakterisasi *flat-panel detector* yang akan digunakan pada perekayasaan perangkat sinar-X digital. Pengujian dilakukan dengan pesawat sinar-X yang ada di Poliklinik PKTN-BATAN dengan bantuan petugas radiografer. Dalam pengujian, nilai arus filamen dan waktu *expose* ditetapkan pada 150mA dan 0,1 detik, sedangkan nilai tegangan tinggi kV dipilih antara 55kV, 60kV dan 70kV. Objek yang diambil citranya adalah *standard test object*, PCB, detektor NaI(Tl), obeng dan tangan. Selanjutnya, citra yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif melalui pengamatan terhadap citra positif dan negatif. Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa resolusi citra adalah sebesar 3,7 ~ 4,0 LP/mm dan tidak terjadi distorsi geometri pada citra sinar-X. Kualitas citra yang ditunjukkan dengan nilai SNR, semakin bagus seiring dengan meningkatnya nilai kV. Selanjutnya, walaupun secara kasat mata tidak tampak, pada citra dengan nilai kV rendah perlu dilakukan koreksi *uniformity*. Sedangkan, untuk kontras, pada objek yang perbedaan intensitasnya sedikit, perbedaan tersebut akan terlihat jelas apabila ditampilkan sebagai citra negatif. Hasil-hasil yang telah diperoleh pada penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk interpretasi citra dan pengembangan perangkat lunak pengolah citra.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diucapkan kepada poliklinik PKTN-BATAN serta bapak Mulyadi selaku petugas radiografer atas fasilitas serta bantuannya dalam pelaksanaan pengujian ini. Terima kasih juga diucapkan kepada rekan-rekan di BIKK maupun BPP yang telah membantu pengujian serta pengerjaan penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PETERS, P., 1995, *W. C. Roentgen and the discovery of x-rays, Chapter 1 Textbook of Radiology*, Medcyclopaedia.com, General Electric Healthcare.
Sumber : <http://www.medcyclopaedia.com/library/radiology/chapter01.aspx>.
Diakses 1 November 2013
- [2] SPIEGEL, P.K., 1994, *The first clinical X-ray made in America—100 years*, *American Journal of Roentgenology*, 164 (1), 241-243

- [3] SUSILA, IP., 2012, *Perekayasaan Pesawat Sinar-X Digital*, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN, Serpong, BATAN-RPN-L-2012-06-027
- [4] COWEN, A.R., KENGYELICS, S.M. and DAVIES, A.G., 2008, *Solid-state, flat-panel, digital radiography detectors and their physical imaging characteristics*, *Clinical Radiology* 63, 487-498
- [5] LANCA, L. and SILVA, A., 2009, *Digital radiography detectors - A technical overview: Part 1*, *Radiography* 15, 58-62
- [6] Hye-Suk Park dkk, 2010, *Effects of Image Processing on the Detective Quantum Efficiency*, *Journal of the Korean Physical Society* 56 (2), 653-658.
- [7] LEEDS TEST OBJECTS, 2010, "*TOR CDR user manual*"