

## KALIBRASI AKUISISI CITRA PESAWAT SINAR-X PORTABLE DIG 1100

Fitri Suryaningsih, Andeka Tris Susanto  
PRFN-BATAN, Kawasan Puspiptek Gd 71, Tangerang Selatan - 15310  
fitri\_sn@batan.go.id

### ABSTRAK

**KALIBRASI AKUISISI CITRA PESAWAT SINAR-X PORTABLE DIG 1100.** Radiografi digital adalah sebuah bentuk pencitraan sinar-X, dimana sensor-sensor sinar-X digital digunakan menggantikan film radiografi konvensional. Pengolahan citra secara kimiawi digantikan dengan sistem komputer yang terhubung dengan monitor atau laser printer sehingga hasil citra radiografi dapat langsung diamati serta mudah disimpan dan digunakan. Pesawat sinar X perlu dikalibrasi karena penggunaan pesawat sinar-X digital yang belum dikalibrasi menghasilkan citra yang kurang memuaskan. Karena ketika sinar-X tiba pada spesimen standar yang rata, bagian tengah akan menerima paparan yang lebih besar, sehingga pada citra yang dihasilkan, bagian tengah akan lebih terang dibanding bagian samping atau luar. Kalibrasi dilakukan untuk mengkompensasi efek ini. Dalam kegiatan rekayasa ini, kalibrasi dilakukan dengan akuisisi dark frame tanpa menggunakan sinar-X dan akuisisi bright frame dengan menggunakan pesawat sinar-X

Kata kunci: kalibrasi, akuisisi, radiografi digital, sinar-X

### ABSTRACT

**AN ACQUISITION IMAGE CALIBRATION OF THE DIG 1100 PORTABLE X-RAY EQUIPMENT.** A digital radiography is a form of X-ray imaging where the digital X-ray sensors are used to replace conventional radiographic film. Chemical image processing is replaced with a computer-based image processing system which is connected to a monitor or a laser printer. The system allows the resulting radiographic image to be directly observed, and makes the image easy to store and use. The X-ray equipment used need to be calibrated prior to use since the use of uncalibrated digital X-ray equipment produces unsatisfactory images. The poor quality image is produced since when the X-ray arrives on a flat standard specimen, the central part receives a greater exposure, resulting in an image which is brighter in the center than in its edges or outer parts. The calibration is intended to compensate the effects of this variation in exposure. In this work, the calibration was performed through the acquisition of the dark frame without using x-rays and the acquisition of bright frame using the X-ray camera.

Key words: calibration, acquisition, digital radiography, X-ray

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini sangat pesat, khususnya dalam bidang radiografi yang telah menghasilkan inovasi baru dalam pengolahan citra radiografi. Inovasi terbaru yang memungkinkan hasil radiografi secara cepat dapat segera dilihat setelah dilakukan *exposure* yaitu radiografi digital. Radiografi digital adalah sebuah bentuk pencitraan sinar-X, dimana sensor-sensor sinar-X digital digunakan menggantikan film radiografi konvensional. Pengolahan citra secara kimiawi digantikan dengan sistem komputer yang terhubung dengan monitor atau laser printer.

Citra radiografi yang merupakan hasil akhir dari pencitraan radiografi haruslah memiliki kualitas yang baik. Citra yang berkualitas adalah citra yang dapat memberikan informasi sebanyak-banyaknya atas objek yang diperiksa sehingga akan membantu dalam ketepatan diagnosis radiografi. Semakin baik kualitas citra maka akan semakin

banyak juga manfaat yang diperoleh, baik dari segi diagnosa, biaya maupun dari sisi proteksi radiasi karena tidak perlu pengulangan *exposure*. Dengan demikian diperlukan kegiatan kontrol kualitas untuk memonitor kondisi parameter-parameter yang berhubungan dengan kegiatan radiografi agar tetap konsisten sesuai dengan kondisi yang diinginkan dan yang diizinkan.

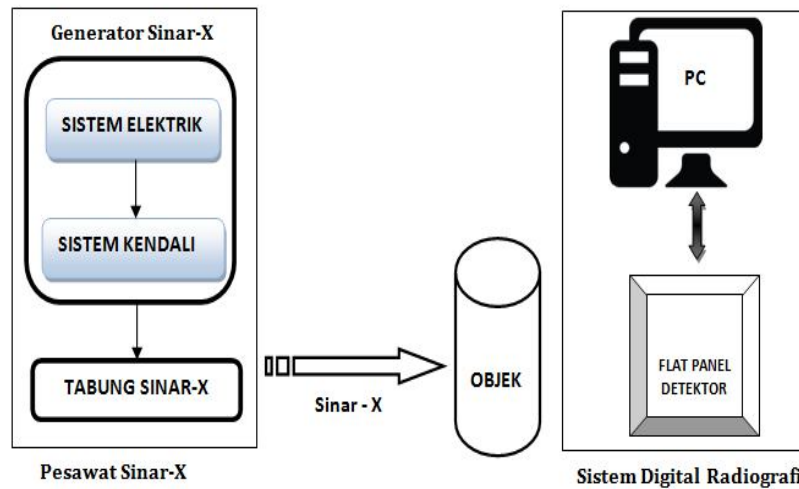
Penggunaan pesawat sinar-X secara terus menerus dapat menurunkan performa kerja pesawat tersebut. Salah satu cara untuk menjamin kualitas performa kerja pesawat sinar-X adalah dengan melakukan kalibrasi terhadap pesawat sinar-X. Pada kegiatan kalibrasi ini digunakan pesawat sinar-X *portable* dan detektor *flat-panel* sebagai penangkap citra. Pada makalah ini, diuraikan mengenai tata kerja kalibrasi, hasil pengujian dan analisis beserta pembahasannya, serta kesimpulan dari kegiatan kalibrasi ini.

## 2. DASAR TEORI

Kalibrasi secara umum menurut ISO/IEC *Guide* 17025 adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Kalibrasi suatu alat uji dan alat ukur teknis mempunyai peran yang sangat penting dalam upaya mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk, baik barang maupun jasa, sehingga mendukung upaya tercapainya standardisasi produk. Kalibrasi juga berkaitan dengan masalah keselamatan kerja dan lingkungan. Alat ukur radiasi, misalnya, biasanya merupakan alat untuk mengukur laju dosis radiasi di tempat kerja yang memanfaatkan zat radioaktif atau sumber radiasi lainnya. Kesalahan fatal dapat terjadi apabila alat tersebut salah dalam memberikan informasi hasil pengukuran intensitas radiasi di tempat kerja<sup>[9]</sup>.

Ada dua jenis kalibrasi pada alat uji dan alat ukur teknis. Pertama, kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang menuju ke ketelitian (akurasi), yaitu dengan membandingkan dengan suatu alat standar yang telah diketahui ketelitiannya. Sebagai contoh, kalibrasi pada personal dosimetri, surveymeter dan pH meter. Kedua, kalibrasi untuk membuat alat yang dikalibrasi bekerja sesuai dengan tata kerja yang seharusnya, sesuai dengan desain pabrik pembuatnya. Sebagai contoh, kalibrasi akuisisi citra pesawat sinar-X *portable* DIG 1100. Dalam makalah ini, kalibrasi yang dimaksud yaitu kalibrasi jenis kedua.

Pesawat sinar-X digital seperti pada Gambar 1 terdiri dari generator sinar-X dan 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 detektor *flat-panel*. Kemudian komputer digunakan untuk penyimpanan data objek, akuisisi, pengolahan, penampilan dan penyimpanan citra dari objek<sup>[1]</sup>.



Gambar 1. Skema pesawat sinar-X digital

Prinsip kerja dari pembangkit sinar-X dapat dijelaskan sebagai berikut. Produksi sinar-X dihasilkan dalam suatu tabung berisi suatu perlengkapan yang diperlukan untuk menghasilkan sinar-X yaitu filamen (katoda), bahan sasaran (anoda) dan ruang hampa. Elektron bebas dihasilkan oleh emisi dari filamen yang dipanaskan. Bila ada beda tegangan, maka elektron akan bergerak dari katoda menuju anoda. Gerakan elektron ini akan dipercepat bila antara katoda dan anoda diberi beda potensial yang cukup besar. Gerakan elektron yang berkecepatan tinggi dihentikan oleh suatu bahan yang ditempatkan pada anoda. Tumbukan antara elektron dengan anoda ini menghasilkan sinar-X. Pada tumbukan antara elektron dengan sasaran akan ada energi yang hilang. Energi ini akan diserap oleh sasaran dan berubah menjadi panas sehingga bahan sasaran akan mudah memuai. Untuk menghindarinya bahan sasaran dipilih yang berbentuk padat. Bahan yang biasa digunakan sebagai anoda adalah platina, wolfram, atau tungsten. Untuk menghasilkan energi sinar-X yang lebih besar, tegangan yang diberikan ditingkatkan sehingga menghasilkan elektron dengan kecepatan yang lebih tinggi. Dengan demikian energi kinetik yang dapat diubah menjadi sinar-X juga lebih besar<sup>[2]</sup>.

Sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X mengenai dan menembus objek, kemudian mengenai penangkap citra (detektor). Objek mempunyai kerapatan yang berbeda-beda, sehingga ketika sinar-X melewati suatu objek, akan mengalami atenuasi yang berbeda-beda tergantung dari bagian yang dilewatinya. Perbedaan atenuasi ini mengakibatkan perbedaan nilai intensitas yang ditangkap oleh detektor, dan perbedaan intensitas inilah yang divisualisasikan sebagai citra dari objek tersebut. Detektor disini dapat menggunakan film, *image intensifier* ataupun *flat panel*<sup>[1]</sup>.

Terdapat 2 pengaturan pada pesawat sinar-X yaitu pengaturan arus filamen (mA) dan pengaturan tegangan antara anoda dan katoda (kV). Pengaturan arus mA akan menyebabkan perubahan jumlah elektron yang dihasilkan filamen dan intensitas berkas elektron sehingga mempengaruhi intensitas sinar-X. Pengaturan tegangan (kV) akan menyebabkan perubahan gaya tarik anoda terhadap elektron sehingga kecepatan elektron menuju target akan berubah. Semakin besar mA akan menghasilkan intensitas sinar-X yang semakin besar. Semakin besar (kV) akan menghasilkan energi dan daya tembus yang semakin besar. Kualitas radiografi adalah kemampuan radiografi dalam memberikan informasi yang jelas mengenai objek yang diperiksa. Kualitas radiografi ditentukan oleh beberapa komponen, yaitu densitas dan kontras. Gangguan pada citra dapat berupa *blur*, *artefak* dan *noise*<sup>[3]</sup>.

Pada kegiatan perekayasaan pesawat sinar-X digital yang sedang dilakukan di PRFN pesawat sinar-X yang digunakan adalah jenis pesawat sinar-X *portable* DIG 1100. Sedangkan detektor *flat panel* yang digunakan adalah jenis DMC-12DR. Kedua peralatan tersebut merupakan produk dari DONGMUN Korea (Gambar 2 dan 3). Spesifikasi lengkap dari pesawat sinar-X dan detektor *flat panel* ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 2. Pesawat sinar-X *portable* DIG 1100<sup>[5]</sup>



Gambar 3. Detektor *flat panel* DMC-12DR<sup>[6]</sup>

Tabel 1. Spesifikasi Pesawat Sinar-X *Portable* DIG 1100<sup>[5]</sup>

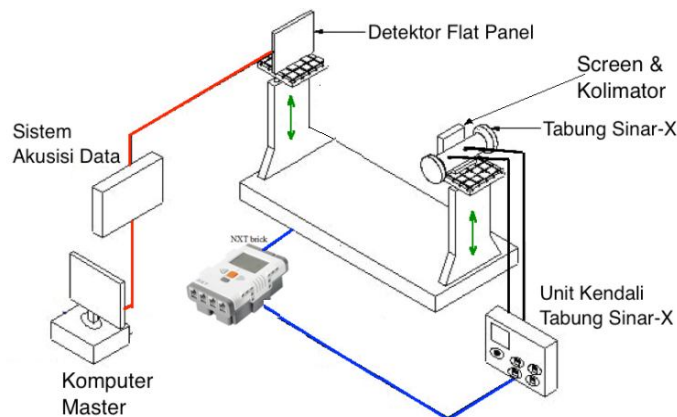
Item Spesifikasi	Nilai
Keluaran maksimal	100mA/110KV
Konsumsi daya	5.0kW
Rentang kVp	40-110kV
Rentang mAs	0.1-100mAs

Tabel 2. Spesifikasi detektor *flat panel* DMC-12DR<sup>[7]</sup>

Parameter Detektor	Nilai
Piksel matriks	2080 x 2560 piksel
Luas detektor	264 x 325 mm
Ukuran piksel	127 $\mu$ m
Resolusi A/D converter	14-bit
Tingkat keabuan ( <i>grayscale</i> )	16384
Rentang dinamis	>73 dB
Resolusi citra sinar-X	3,9 lp/mm
Rentang Energi	40 – 150 KVp
Koneksi data	Ethernet 100 Mbps
Ukuran (WxLxH)	422 x 403 x 22 mm
Berat	3,4 Kg
Catu daya detektor	24 VDC
Catu daya AC	115/230 V (50~60Hz)
Konsumsi daya	50W

### 3. TATA KERJA

Pada kegiatan ini, kalibrasi dilakukan di Laboratorium Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) BATAN. Hal yang harus diperhatikan, pesawat sinar-X harus dioperasikan pada suhu kamar dan dalam keadaan stabil. Selain itu, sebelum melakukan akuisisi citra, pemanasan dilakukan sekitar 30 menit. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan citra yang berkualitas tinggi. Pada Gambar 4 ditunjukkan konfigurasi ketika dilakukan kalibrasi. Jarak dari pesawat sinar-X ke detektor *flat panel*/Source to Image Distance (SID) yaitu 1300 mm. Selanjutnya, detektor dihubungkan dengan komputer via 100 Mbps *Ethernet* melalui modul akuisisi data.

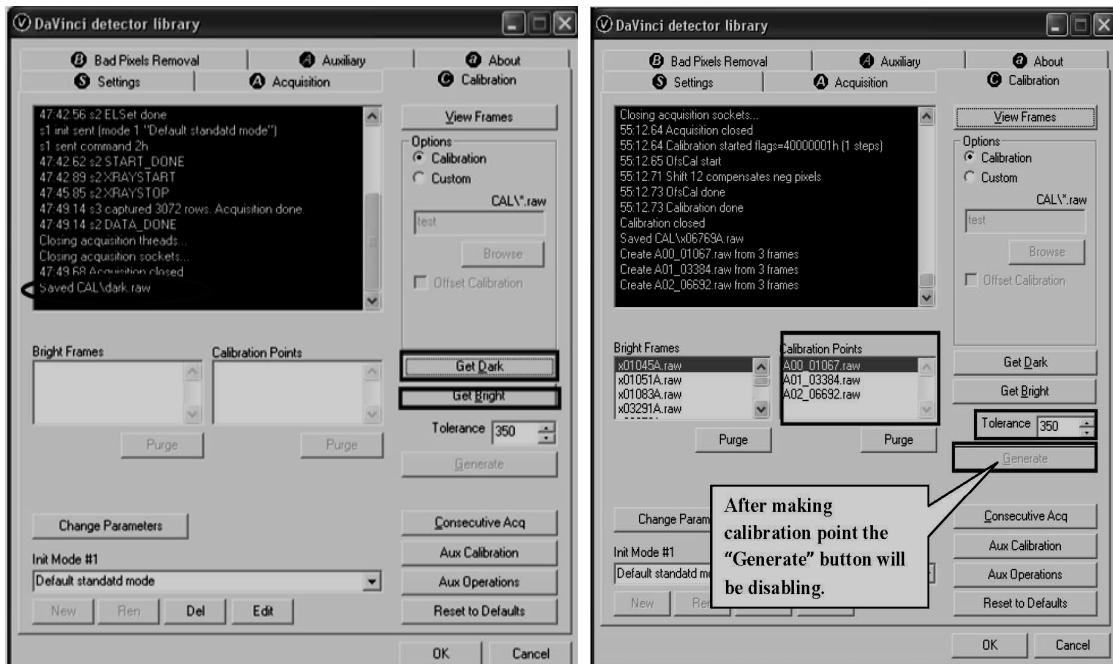


Gambar 4. Konfigurasi peralatan<sup>[4]</sup>

Tahapan dari kalibrasi pesawat sinar-X *portable* DIG 1100 yaitu sebagai berikut :

- Akuisisi *dark frame* (frame gelap)  
Pilih drive C pada hard disk, kemudian pilih *folder davinci* dan jalankan *software vadav* seperti yang terlihat pada gambar 5. Selanjutnya pindahkan ke mode "Calibration" dan

tekan tombol “Get Dark” untuk memperoleh *dark frame*, selanjutnya dalam folder CAL akan dihasilkan file *dark.raw*. *Dark frame* hanya memerlukan satu frame.



5.a. Akuisisi *dark frame* dan *bright frame*

5.b. *Generate*, untuk mendapatkan *calibration points*

Gambar 5. Tampilan software *DaVinci*

b. Akuisisi *bright frame* (frame terang)

Selanjutnya untuk mendapatkan *bright frame*, pada software *DaVinci* tekan tombol "Get Bright". Dalam jendela "*Bright Frames*" dihasilkan file dengan nama xNNNNNA.raw, dimana NNNNN adalah nilai median. File tersebut juga tersimpan dalam folder CAL. Disarankan untuk melakukan akuisisi minimal 3 kali pada masing-masing titik. Untuk mendapatkan nilai median yang sesuai pada setiap titik, maka diperlukan pengaturan nilai eksposi (Kv, mAs). Nilai-nilai median dari *bright frame* dari setiap titik diberikan di Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Median<sup>[8]</sup>

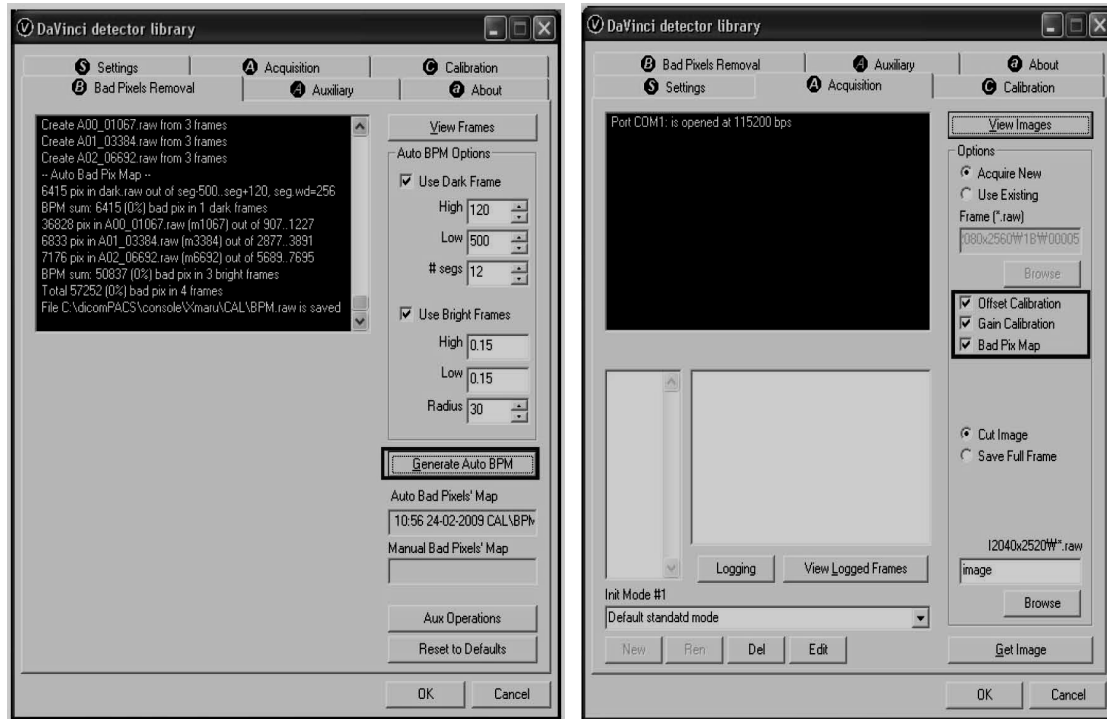
Titik	1	2	3	4	5	6
Nilai Median	700~ 1000	2000~ 2500	3500~ 4000	6000~ 6500	8000~ 9000	11000~ 12000

c. Mendapatkan *calibration point*

Jika nilai median sudah didapat semua, tekan tombol “Generate” untuk akuisisi nilai median. Selanjutnya pada jendela “Calibration Point” dihasilkan file dengan nama "A point\_rata-rata nilai median.raw". Nilai toleransi, dalam kegiatan ini yaitu 350 merupakan standar deviasi dari nilai median *bright frame* yang dirata-ratakan.

d. Mendapatkan *bad pixels removal*

Setelah langkah ketiga, kemudian ke tab “Bad Pixels Removal”. Klik tombol “Generate Auto BPM”, dan kemudian akan dihasilkan nama file BPM.raw di folder CAL.



5.c. Bad pixels removal

5.d. Mengaktifkan kalibrasi

Gambar 5. Tampilan software DaVinci

Selanjutnya pindahkan ke mode “Acquisition”, dan pengaktifan pada “Offset Calibration”, “Gain Calibration”, dan “Bad Pix Map” untuk mengaktifkan masing-masing kalibrasi dan Bad Pixels Removal. Jika tidak diaktifkan, maka tidak akan bekerja ketika akan melakukan pemrosesan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan kalibrasi ini dilakukan dengan akusisi dua jenis *frame* yaitu *dark frame* dan *bright frame*. Untuk mendapatkan *dark frame*, dilakukan akusisi tanpa menggunakan pesawat sinar-X sebanyak satu *frame*. Sedangkan untuk mendapatkan *bright frame*, dilakukan akusisi menggunakan pesawat sinar-X minimal 3 kali pada setiap titik. Tabel 4 adalah ringkasan hasil pengaturan ekspose (kV dan mAs) dan nilai median dari *bright frame*.

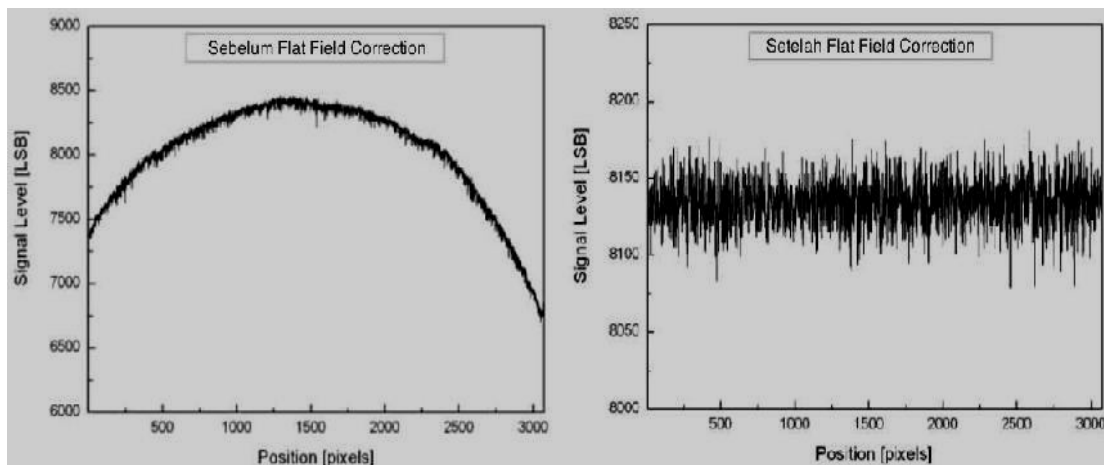
Tabel 4. Hasil akusisi *bright frame*

Titik	1	2	3	4	5	6
Persyaratan nilai median	700 ~1000	2000 ~2500	3500 ~4000	6000 ~6500	8000 ~9000	11000 ~12000
Kondisi eksposi	55 kV 1.6 mAs	65 kV 2.2 mAs	80 kV 2.0 mAs	95 kV 2.0 mAs	105 kV 2.2 mAs	110 kV 2.9 mAs
Bright frames	x00867.raw x00884.raw x00901.raw	x02240.raw x02264.raw x02250.raw	x03929.raw x03949.raw x03951.raw	x06290.raw x06300.raw x06223.raw	x08669.raw x08688.raw x08685.raw	x11753.raw x11770.raw x11779.raw
Calibration point	A00_ 00882.raw	A01_ 02256.raw	A02_ 3944.raw	A03_ 06208.raw	A04_ 08678.raw	A05_ 11769.raw

Dari Tabel 6 terlihat bahwa nilai median dari setiap *bright frame* yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang diijinkan. Sehingga dapat dilakukan *generate* untuk mendapatkan *calibration point*. *Calibration point* yang dihasilkan dari Tabel 6 merupakan nilai rata-rata *bright frames* untuk nilai toleransi 350. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa *calibration point* memenuhi persyaratan yang diijinkan.

*Dark frame* digunakan untuk *offset calibration*, sedangkan *bright frames* digunakan untuk mendapatkan *calibration point*. *Calibration point* yang didapat nantinya digunakan untuk *gain calibration*. Hasil dari kedua jenis *frames* tersebut nantinya akan digunakan untuk mengaktifkan kalibrasi.

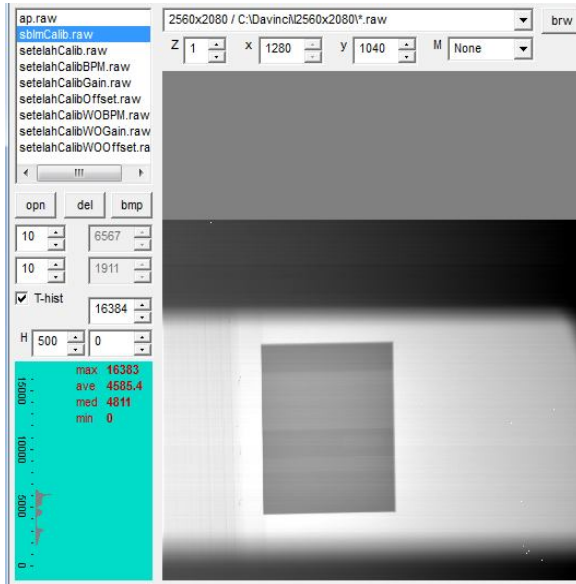
Kegiatan kalibrasi pesawat sinar-X digital sebelum digunakan untuk akuisisi citra radiografi sangat penting. Hal ini dikarenakan, ketika sinar-X dikenakan pada spesimen standar yang rata, maka citra bagian tengah akan mendapat ekspose yang lebih besar, atau dengan kata lain bagian tengah akan lebih terang dibanding bagian samping/ luar. Umumnya proses ini disebut *Flat Field Correction* (koreksi bidang datar). Ilustrasi *Flat field correction* dapat dilihat pada Gambar 6. Pada citra radiografi yang tidak dikalibrasi bagian tengahnya lebih cerah daripada bagian samping atau luar. Proses kalibrasi digunakan untuk mengkompensasi efek ini.



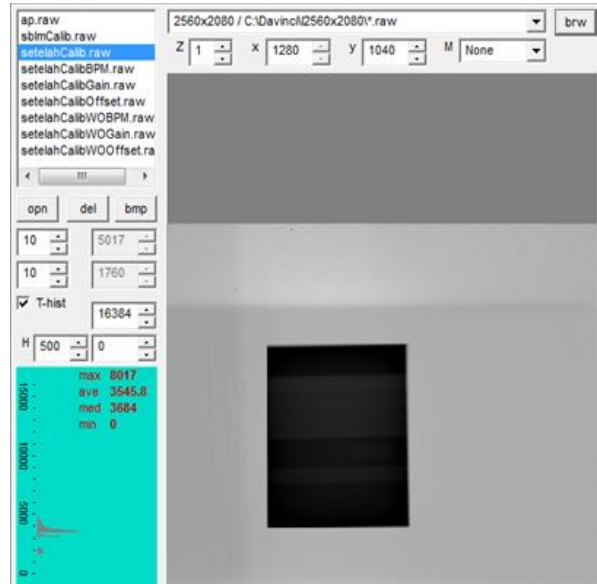
Gambar 6. Perbandingan proses koreksi bidang datar (*flat field correction*)

Gambar 7 merupakan citra radiografi tanpa proses kalibrasi. Citra yang dihasilkan kontras objek kurang jelas, area yang tidak mendapat ekspose (tertutup kolimator) gelap, dan ada beberapa *bad pixels*. Gambar 8 merupakan citra radiografi yang telah dikalibrasi dengan mengaktifkan *offset calibration*, *gain calibration* dan *bad pixels map*. Citra yang dihasilkan, kekontrasan antara objek dengan sekitarnya jelas dan batas antara objek terlihat jelas, area yang tidak mendapat ekspose (tertutup kolimator) menjadi terang, dan *bad pixels* sudah dihapus. Untuk mengetahui perbedaan dan pengaruh masing-masing jenis kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9.a merupakan citra radiografi dengan hanya mengaktifkan *bad pixels map*, citra yang dihasilkan hanya menghapus *bad pixels*. Gambar 9.b merupakan citra radiografi dengan hanya mengaktifkan *gain calibration*, citra yang dihasilkan pada area yang mendapat ekspose menjadi terang dan masih terdapat *bad pixels*. Gambar 9.c merupakan citra radiografi dengan hanya mengaktifkan *offset calibration*, citra yang dihasilkan pada area yang tidak mendapat ekspose menjadi lebih gelap dan masih terdapat *bad pixels*. Sehingga untuk mendapatkan citra yang ideal, dimana kontras antara objek jelas dan tidak terdapat bad pixels maka harus mengaktifkan semua jenis kalibrasi (*offset calibration*, *gain calibration*, *bad pixels map*).

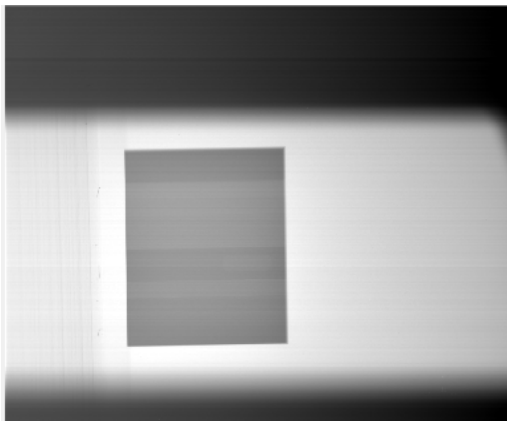




Gambar 7. Citra radiografi tanpa kalibrasi



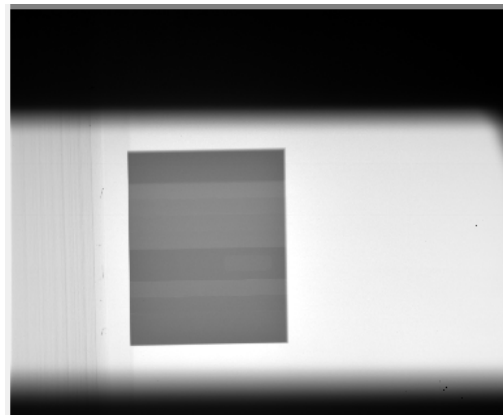
Gambar 8. Citra radiografi dengan kalibrasi



Gambar 9.a. Citra radiografi dengan mengaktifkan *bad pixels map*



Gambar 9.b. Citra radiografi dengan mengaktifkan *gain calibration*



Gambar 9.c. Citra radiografi dengan mengaktifkan *offset calibration*

## 5. KESIMPULAN

Penggunaan pesawat sinar-X digital sebelum dilakukan kalibrasi menghasilkan citra yang kurang memuaskan. Sehingga perlu dilakukan kalibrasi terhadap pesawat sinar-X. Kalibrasi dilakukan dengan akusisi *dark frame* tanpa menggunakan pesawat sinar-X, akusisi *bright frame* dengan menggunakan pesawat sinar-X dan *generate bad pixels removal*. Proses kalibrasi pesawat sinar-X penting untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan, ketika sinar-X dikenakan pada spesimen standar yang rata, maka citra bagian tengah akan mendapat ekspos yang lebih besar, atau dengan kata lain bagian tengah akan lebih terang dibanding bagian samping/luar. Proses kalibrasi digunakan untuk mengkompensasi efek ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUSILA, I.P, *Perekayasa Pesawat Sinar-X Digital : Karakterisasi Flat Panel Detector*, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN, Serpong.
- [2] Anonim, 30 April 2015, *Fisika Radiodiagnostik*, <http://www.academia.edu>.
- [3] Abidin Z, 2013, *Kalibrasi kV Pesawat Sinar-X Rigaku 250EG-S3 Dengan Metode Exposure Chart Standar*, 2nd Lonttar Physiics Forum, STTN- Batan, Yogyakarta.
- [4] Kurnianto K, 2014, *Perekayasa Perangkat Digital Computed Tomography Untuk Industri*, Prosiding PRFN.
- [5] Dongmun, 30 April 2015, *Spesification Portable X-ray Unit- High frequency inverter*, <http://www.dong-mun.net/>.
- [6] Anonymous, 2012, *Digital Portable X-ray System DMC-12DR DMC-12DR Install Manual*, Dongmun, Gyeonggi-do, Republic of Korea,
- [7] Anonymous, 2012, *Digital Portable X-ray System DMC-12DR DMC-12DR User Manual*, Dongmun, Gyeonggi-do, Republic of Korea.
- [8] Anonymous, 2012, *Digital Portable X-ray System DMC-12DR DMC-12DR Operasion Manual*, Dongmun, Gyeonggi-do, Republic of Korea.
- [9] Mutumed, 28 Mei 2015, *Pengertian dan Cara Kalibrasi Alat Kesehatan*, <http://www.mutumed.co.id/>