

Evaluasi Nilai *Noise* Sebelum Dan Sesudah Kalibrasi Sebagai Salah Satu Wujud Kinerja Pesawat CT-Scan

Andrey Nino Kurniawan ¹⁾, Indah Soesanti ²⁾

¹⁾ Poltekkes Kemenkes Semarang, Tirta Agung, Banyumanik Semarang,
Mahasiswa Magister Teknik Instrumentasi, Prodi S2 Teknik Elektro, FT UGM

²⁾ Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM
Jl. Grafika Yogyakarta

Abstract

The noise has to be measured daily because it directly degrades image quality, which in turn it is difficult to define between normal and pathological tissues on a-CT image. This research's aim was performed to examine noise differences between before and after calibrating of the CT-scanner system, and also to study the chance of noise deviated values day-by-day during 20 days of the two different periods of measurement.

A calibrated head water phantom was scanned before and after equipment calibrations, using the head scanning parameter, and device measurement at ROI 228.2 mm² to obtain the noise data. Descriptive statistics was employed to present related information, and the T-test paired-sample was the statistical tool to test the null hypothesis (H₀) with level of significance (α) 0.05.

The results showed most of noise values between before and after equipment calibrations fall around the base line or within two standard deviation (2SD). In before calibration of the noise, the base line noise value is 4.76 HU whereas the upper limit and the lower limit of the noise values are 5.34 HU and 4.18 HU (respectively) with a-1.16 HU difference. In after calibration of the noise, the base line noise value is 4.35 HU whereas the upper limit and the lower limit of the noise values are 5.29 HU and 3.41 HU with a-1.87 HU difference. However, there are two out of forty noise values ($\pm 5\%$) that fall outside of the 2SD limit if a number falls outside of 2SD from the base line in the same direction (i.e., all high or all low) more than four days in a row, it is a shift that could be due to a machine malfunction and should be investigated before the outer control limit is exceeded. Statistical analyses with paired-sample T-test showed p-value (0.005) < 0.05. By this meaning that, the noise between before and after CT-Scanner calibrations are different in their values additionally most of the noise values after calibration seem to be low compared with that of the values before calibrations.

Keywords: CT scan, evaluation, noise.

1. Pendahuluan

Sejak publikasi AAPM Report no.1 "Phantom for Performance Evaluation and Quality Assurance of CT Scanners" pada tahun 1977, penelitian dalam CT-scan semakin berkembang. Hal utama dalam bidang radiologi diagnostik adalah kualitas gambar, dosis radiasi dan proteksi radiasi sehingga diperlukan adanya bentuk evaluasi kinerja untuk ketiga hal tersebut.

Menurut Sprowls (1995) ada lima karakteristik yang penting dalam pencitraan gambaran CT-scan, yaitu: *spatial resolution*, *contrast resolution*, *noise*, *distortion* dan *artefact CT-scan*. Noise merupakan perbedaan/variasi dari nilai HU pada suatu material yang sama sehingga dapat untuk membedakan koefisien atenuasi pada jaringan normal dan patologi (AAPM rpt#39,1993). Namun nilai *noise* yang terlalu besar akan mengganggu resolusi kontras dari

gambaran CT scan yang akhirnya akan mempengaruhi hasil diagnosa, selain itu juga radiolog sering menggunakan ROI dalam pengukuran tissue/jaringan tertentu untuk menentukan hasil diagnosa sehingga perlu dilakukan suatu evaluasi atau *quality control* terhadap *noise*.

Noise dapat diukur dengan cara melakukan *scanning* terhadap phantom berbentuk tabung silinder yang berisi air maupun material lain yang homogen. Menurut Seeram (2001) evaluasi *noise* sebaiknya dilakukan setiap hari, seperti yang dilaporkan oleh AAPM (Report#39,1993) bahwa pengukuran *noise* merupakan salah satu tes/uji yang sangat penting dilakukan. Pada pengukuran nilai Hounsfield Unit (HU) gambaran CT-scan untuk air telah ditentukan besarnya adalah nol dan nilai dari *noise* dipresentasikan sebagai besarnya angka nilai standard deviasi yang dihasilkan dalam pengukuran ROI (Bushong,2000). Menurut Seeram (2001) pengukuran *noise* dilakukan dengan frekuensi harian, kalibrasi merupakan salah satu cara dalam mengurangi *noise* pada CT-scan namun dalam pelaksanaannya, kalibrasi untuk setiap instansi radiologi dapat berbeda-beda, contoh : sehari sekali, seminggu sekali.

Dari penelitian ini akan dapat mengetahui perbedaan nilai *noise* pada air dari waktu ke waktu sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi dan penyimpangan nilai *noise* yang terjadi dari waktu ke waktu sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi pada pesawat CT scan

2. Fundamental

Suatu sistem CT-Scan sekarang ini terdiri atas komputer elektronik yang menghasilkan dan memproses data dalam jumlah yang sangat besar. Sistem program jaminan mutu penting untuk memastikan kinerja sistem optimal dan mutu gambaran dengan jumlah dosis radiasi yang mengenai pasien seminimal mungkin (Papp, 2006).

Jaminan mutu dirancang untuk menyediakan parameter-parameter kinerja tertentu untuk menentukan apakah spesifikasi suatu unit yang diinstal menyimpang dari spesifikasi awal dari pabrik setelah pemakaian. Suatu program jaminan mutu CT diselenggarakan oleh tenaga yang

berkualitas dari Fisikawan medis dan Radiografer (Papp, 2006).

Acceptance Testing

Pada umumnya, setelah pemasangan unit-unit CT segera dilakukan pengujian penerimaan oleh radiografer yang berkualitas. Tujuan dari uji penerimaan itu untuk memastikan bahwa peralatan yang dipasang sudah sesuai dengan spesifikasi pabrik sebelum alat itu dipakai untuk penggunaan klinis.

Pengujian penerimaan terdiri dari pengukuran dosis radiasi dan kinerja elektromekanik, kualitas gambar dan mengevaluasi sistem komponen. Hasil-hasil dari uji penerimaan itu digunakan untuk mengidentifikasi sistem komponen yang memerlukan sedikit penyesuaian sedangkan bagian cacat harus diganti. Pada akhir pengujian penerimaan, scan diambil pada objek standar sehingga diperoleh CT angka-angka, dan simpangan baku yang direkam sebagai patokan untuk pengukuran kinerja sistem yang akan datang (Papp, 2006).

Pengujian Rutin

Untuk lebih konsisten di dalam pengukuran maka pabrik pembuatan CT-Scan harus menyerahkan alat *phantom* pengendalian mutu untuk menguji beberapa parameter yang meliputi skala kontras, *noise*, ketebalan irisan, *spatial resolution* untuk kontras tinggi, dan *CT Number*.

Semua pengendalian mutu dilaksanakan menurut prinsip dasar

- Pengendalian mutu harus dilaksanakan secara teratur.
- Hasil pengukuran pengendalian mutu harus didokumentasikan .
- Uji pengendalian mutu diperlukan untuk mengetahui peralatan yang diuji sesuai sudah sesuai dengan parameter yang ditetapkan (Papp, 2006).

Pengukuran Kontrol Kualitas

Pemilihan teknik untuk pengujian kontrol kualitas tergantung pada jenis CT-Scan dan pengujian yang akan dilaksanakan. Beberapa

variabel yang dapat digunakan antara lain kVp, mA, waktu scan, lebar irisan, jenis dari *algoritma*, jenis filter sinar X dan ukuran focal spot (Seeram, 2001).

Macam-macam pengukuran pada CT-Scan menurut The Government of Western Australia :

- a. Ketelitian voltase tabung
- b. keluaran radiasi dan mutu berkas sinar-X
- c. CT indeks dosis
- d. Mutu gambaran :
 - 1) *CT number/uniformity/noise*
 - 2) *Beam alignment* untuk panthom CT- Scan
 - 3) *Linearitas*
 - 4) *Indeks meja*
 - 5) *Alignment light* dan *image slice congruence*
 - 6) *Ketebalan irisan*
 - 7) *Resolusi* kontras tinggi

Parameter fisik pengukuran kontrol kualitas alat CT-Scan terdiri dari:

- a. *Equipment Function Check and Warm Up*

Uji fungsi merupakan kegiatan untuk mengetahui kinerja dan kemampuan alat dalam hal fungsi komponen, keluaran dan keselamatan. Aspek yang harus dipenuhi dalam operasional peralatan CT-Scan meliputi:

- 1) Alat dalam keadaan siap pakai, berfungsi dengan baik dan aman digunakan.
- 2) Aksesori alat lengkap dan baik.
- 3) Ruang pengoperasian memenuhi syarat.
- 4) Prasarana listrik, air, gas dll memadai.
- 5) Sumber Daya Manusia siap.
- 6) Bahan operasional tersedia.
- 7) Prosedur tetap pelayanan tersedia dan dipahami.
- 8) Prosedur tetap pengoperasian tersedia dan dipahami.

Pemeriksaan fisik secara visual meliputi :

- 1) Catu daya
- 2) Body/ badan alat dan permukaan alat.
- 3) Aksesori peralatan
- 4) Lampu-lampu indikator.
- 5) Perencanaan ruang pemeriksaan
- 6) Pengkondisian udara.

- b. Uji *Phantom*

Uji *phantom* berguna untuk kalibrasi alat dan mengevaluasi performance alat CT-Scan. Uji *phantom* dapat berguna untuk mengecek *mean*

CT Number, uniformity, noise, spatial resolution, slice thickness, dosis radiasi dan posisi meja.

- c. *CT Number*

Akurasi nilai *CT Number* dapat dibuktikan dengan pengujian terhadap obyek *phantom* dengan parameter standar yang biasa dipakai. Nilai *CT Number* dipengaruhi voltase tabung sinar-X, filtrasi sinar-X dan ketebalan obyek. Nilai *CT Number water* adalah 0 HU, sedangkan nilai rata-rata *CT Number* pada pusat *phantom* berkisar antara ± 4 HU (Jaengri, 2004). Kalibrasi *CT Number* dilakukan dengan frekuensi harian, dengan menggunakan *phantom* dari akrilik berdiameter 20 cm berisi air.

Menurut American College of Radiology Acceptance Criteria, Nilai rata-rata *CT Number* untuk Polyethylene antara -107 dan -87 HU, untuk air antara -7 dan +7 HU, Nilai rata-rata *CT Number* untuk *Acrylic* antara +110 dan +130 HU (Papp,2006).

- d. *Linearitas*

Linearitas merupakan hubungan linier antara perhitungan *CT Number* dan *linear attenuation coefficient* tiap elemen dari obyek. *Linearitas* penting untuk mengevaluasi gambaran CT-Scan. Nilai Penyimpangan dari *linearitas* tidak melebihi rentang ± 5 HU pada rentang spesifik jaringan atau tulang (Jaengri,2004).

- e. *Uniformity*

Uniformity berhubungan dengan nilai rata-rata *CT Number* air pada obyek *phantom* diameter 20 cm homogen dalam area yang sempit. Perbedaan rata-rata *CT Number* di tepi dan pusat pantom homogen kurang dari 8 HU. Apabila perbedaannya lebih besar bisa disebabkan karena *beam hardening* (Jaengri, 2004).

Menurut Seeram (2001) frekuensi pengujian terhadap *uniformity* atau *Flatness CT Number* dilakukan frekuensi tahunan. Batas yang diterima jika *CT Number* berbeda lebih dari 5 dari rata-rata, maka bayangan tidak datar. Jika *CT Number* di tengah tinggi dan rendah dipinggir diatas data image akan berbentuk *cupping*.

Menurut *American College of Radiology (2003)* perbedaan antara rata-rata *CT Number* tengah dan di tepi kurang dari 5 HU untuk keempat posisi tepi. Nilai *CT Number* di tengah antara -7 dan +7 HU dengan selisih ± 5 HU pada tepi yang dipilih (Papp,2002).

f. Noise

Noise adalah fluktuasi *CT Number* diantara titik (*picture element*) pada materi yang *uniform*, misalkan air. *Noise* dapat dideskripsikan dengan *standard deviasi* (σ) dari nilai-nilai *pixel* yang terdapat dalam *matriks* dari sebuah gambaran CT-Scan. Pengukuran *noise* dilakukan dengan frekuensi harian (Seeram, 2001) dengan *phantom* dari akrilik atau plastik silinder berdiameter 20 cm berisi air.

Nilai *noise* yang direpresentasikan dengan nilai HU berhubungan dengan nilai dosis radiasi yang diterima pasien (Rong, 2010 dan Goldman, 2007) dan kalibrasi pada CT scan harus dilakukan secara periodik untuk menghasilkan nilai HU yang akurat (Goldman, 2007).

Penghitungan nilai square root of number dari nilai *noise* yang didapat dengan cara mencari rata-rata *noise* (\bar{X}). Selanjutnya setiap nilai *noise* dikurangi dengan nilai rata-rata kemudian dikuadratkan ($(X - \bar{X})^2$), kemudian hasil tersebut dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah data dikurangi satu ($n-1$) lalu diakar kuadratkan. Hasil yang didapat adalah nilai square rootnya sebagaimana dirumuskan sebagai:

$$\text{SQRT} = \sqrt{(\sum (X - \bar{X})^2 / N - 1)} \quad (1)$$

Hasil perhitungan ditabulasikan kemudian dicari batasan simpangan baku maksimal dan minimal dari base line (nilai rata-rata *noise*) yang diperbolehkan yaitu dua atau tiga simpangan baku.

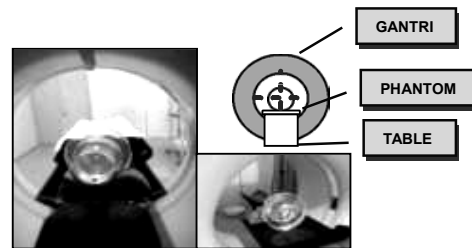
$$\begin{aligned} 2\text{SD.min} &= \bar{X} - 2.\text{SQRT} \\ 2\text{SD.min} &= \bar{X} + 2.\text{SQRT} \\ 3\text{SD.min} &= \bar{X} - 3.\text{SQRT} \\ 3\text{SD.min} &= \bar{X} + 3.\text{SQRT} \end{aligned} \quad (2)$$

3. Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian *explanative* dengan pendekatan *eksperimental*.

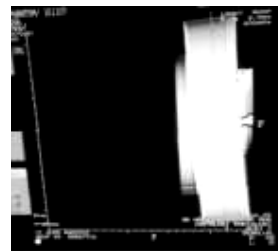
Prosedur Penelitian:

- Penetapan parameter *scanning* yang digunakan adalah parameter untuk pemeriksaan kepala (120 kV, 80 mA, thick 10 mm, kernel standart, level width 35/250, range 250)
- Phantom diletakkan pada meja pemeriksaan, diatur tepat pada pertengahan lampu indikator horisontal dan vertikal di dalam gantri pesawat CT scan.



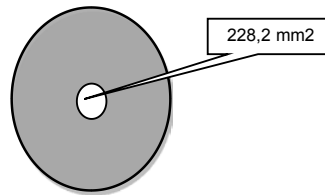
Gambar 1. Sketsa dan gambar penempatan phantom air pada gantri

- Dibuat scanogram phantom dan dibuat rencana *scanning* sebanyak satu slice pada pertengahan phantom (sejajar dengan bidang phantom)



Gambar 2. Tampilan scanogram phantom

- Dilakukan *scanning* pada phantom saat sebelum dan sesudah kalibrasi pesawat CT-scan. *Scanning* pada phantom dilakukan setiap hari, selama dua periode dan setiap periodenya selama 10 hari.
- Hasil *scanning* tersebut dilakukan pengukuran nilai HU pada sisi tengah dengan luasan area ROI sekitar 200–300 piksel. Dengan cara mengaktifkan tombol *image processing* pada sisi kiri monitor kemudian pilih untuk pengukuran ROI dan bentuknya lingkaran.



Gambar 3. Sketsa penempatan ROI saat pengukuran

- f Hasil pengukuran dicatat dan dimasukkan ke dalam bentuk tabel
- g Hasil pengukuran tersebut diolah untuk selesai dilakukan penarikan kesimpulan.

Analisis Data

Prinsip penganalisaan data adalah diskriptif statistik yang dilakukan dengan cara menghitung nilai rata-rata *noise* berdasarkan tendensi sentral (mean, modus, SD).

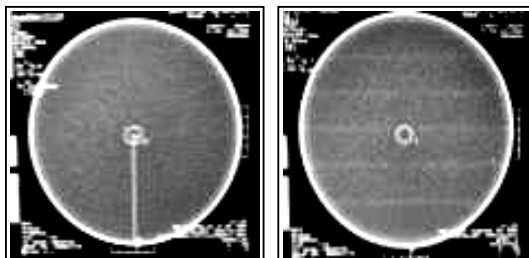
Nilai-nilai *noise* hasil pengukuran, base line *noise*, batas maksimal dan minimal dijadikan satu dalam bentuk grafik lalu dibuat deskripsinya. Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil pengolahan statistika menggunakan uji Paired-sampel T-test dengan tingkat signifikansi α sebesar 0,05 (95%) untuk keseluruhan data nilai *noise* yang didapatkan, sebelum kalibrasi dan sesudah kalibrasi.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Dari hasil pengukuran *noise* dengan ROI pada Pesawat CT-scan dengan merk Shimadzu Type SCT-4800TFZ adalah seperti pada Gambar 4:

- a. Hasil gambaran irisan phantom air



Gambar 4. Pengukuran ROI pada hasil *scanning*

Pada Gambar 4 dilakukan pengukuran ROI pada pertengahan irisan phantom air dengan luas area 228,2 mm² (228,2 piksel)

- b. Hasil pengukuran ROI

Setelah dilakukan pengukuran nilai *noise* saat sebelum dan sesudah kalibrasi dilakukan selama 10 hari berturut-turut dan dilakukan dalam dua periode, didapatkan hasil sebagai berikut :

- 1) Sebelum kalibrasi

Hasil pengukuran nilai *noise* sebelum kalibrasi selama dua periode adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai *noise* x (HU) sebelum kalibrasi periode I

Hari ke-	Nilai Noise X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
1	4,7	0,02	0,0004
2	4,9	0,22	0,0484
3	4,9	0,22	0,0484
4	4,7	0,02	0,0004
5	5	0,32	0,1024
6	4,6	-0,08	0,0064
7	4,7	0,02	0,0004
8	4,9	0,22	0,0484
9	4,3	-0,38	0,1444
10	4,1	-0,58	0,3364
Rata-rata (\bar{X})	4,68		
$\sum (X - \bar{X})^2$			0,7360
$\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)$			0,0818
SQRT (SD) = $\sqrt{(\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1))}$			0,2860

Di lihat dari tabel 1 dapat diperhatikan bahwa nilai *noise* sebelum kalibrasi periode I sangatlah bervariasi besarnya dengan rata-rata 4,68 HU dan sebaran variasinya masih berada di sekitar nilai rata-rata tersebut dengan nilai maksimal sebesar 5,0 HU, nilai minimal 4,1 HU. Nilai *noise* yang sering muncul adalah 4,9 HU pada hari ke-2, ke-3, dan ke-8, begitu juga dengan 4,7 HU yaitu pada hari ke-1, ke-4, dan ke-7. Serta nilai simpangan baku dari rata-rata *noise*-nya sebesar 0,286 HU dengan varian sebesar 0,0818.

Begitu juga dengan tabel 2 dapat diperhatikan bahwa nilai *noise* sebelum kalibrasi

periode II juga bervariasi besarnya dengan rata-rata 4,84 HU, nilai maksimal sebesar 5,3 HU, dan nilai minimal 4,3 HU. Nilai *noise* yang sering muncul adalah 4,9 HU yaitu hari ke-7 dan ke-8. serta nilai simpangan baku dari rata-rata *noisenya* sebesar 0,295 HU dengan varian sebesar 0,0871.

Tabel 2. Nilai *noise x (HU)* sebelum kalibrasi periode II

Hari ke-	Nilai Noise (X)	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
1	4,6	-0,24	0,0576
2	5,3	0,46	0,2116
3	5	0,16	0,0256
4	4,6	-0,24	0,0576
5	4,3	-0,54	0,2916
6	4,8	-0,04	0,0016
7	4,9	0,06	0,0036
8	4,9	0,06	0,0036
9	5,2	0,36	0,1296
10	4,8	-0,04	0,0016
Rata-rata (\bar{X})	4,84		
$\sum (X - \bar{X})^2$			0,7840
$\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)$			0,0871
SQRT (SD) = $\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)}$			0,2951

Dari kedua tabel tersebut dapat dikatakan nilai *noise* yang sering muncul (modus) adalah 4,9 HU. Nilai rata-rata *noise* dari kedua periode tersebut adalah 4,76 HU dan rata-rata SQRT (SD) 0,29.

2) Sesudah kalibrasi

Hasil pengukuran nilai *noise* pada periode I seperti pada Tabel 3.

Dari tabel 3 nampak nilai *noise* sesudah kalibrasi pada periode I rata-ratanya 4,39 HU, nilai maksimal sebesar 4,9 HU, nilai minimal 3,8 HU dan tidak ada nilai *noise* yang sama dalam periode tersebut. Sedangkan nilai simpangan baku dari rata-rata *noisenya* sebesar 0,396 HU dengan varian sebesar 0,1566.

Tabel 3. Nilai *noise x (HU)* sesudah kalibrasi periode I

Hari ke-	Nilai Noise (X)	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
1	4,3	-0,09	0,0081
2	4,9	0,51	0,2601
3	4,1	-0,29	0,0841
4	4,4	0,01	0,0001
5	4,8	0,41	0,1681
6	3,8	-0,59	0,3481
7	4,2	-0,19	0,0361
8	3,9	-0,49	0,2401
9	4,7	0,31	0,0961
10	4,8	0,41	0,1681
Rata-rata (\bar{X})	4,39		
$\sum (X - \bar{X})^2$			1,4090
$\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)$			0,1566
SQRT (SD) = $\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)}$			0,3957

Pada tabel 4 dapat diperhatikan bahwa nilai *noise* sesudah kalibrasi periode II memiliki rata-rata 4,30 HU, nilai maksimal sebesar 5,1 HU, dan nilai minimal 3,2 HU. Nilai *noise* yang sering muncul adalah 4,5 HU yaitu hari ke-5 dan ke-8. serta nilai simpangan baku dari rata-rata *noisenya* sebesar 0,538 HU dengan varian sebesar 0,2889.

Tabel 4. Nilai *noise x (HU)* sesudah kalibrasi periode II

Hari ke-	Nilai Noise (X)	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
1	3,9	-0,40	0,1600
2	4	-0,30	0,0900
3	4,5	0,20	0,0400
4	5,1	0,80	0,6400
5	4,2	-0,10	0,0100
6	3,2	-1,10	1,2100
7	4,9	0,60	0,3600
8	4,5	0,20	0,0400
9	4,2	-0,10	0,0100
10	4,5	0,20	0,0400
Rata-rata (\bar{X})	4,30		
$\sum (X - \bar{X})^2$			2,6000
$\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)$			0,2889
SQRT (SD) = $\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 : (n - 1)}$			0,5375

Dari kedua tabel diatas dapat dikatakan nilai *noise* yang sering muncul adalah 4,5 HU. Nilai rata-rata *noise* dari kedua periode tersebut adalah 4,35 HU dan rata-rata SQRT (SD) 0,47.



Gambar 5. Grafik nilai *noise* sesudah dan sebelum kalibrasi

Jadi dari hasil pengukuran *noise* dengan teknik ROI selama dua periode maka secara keseluruhan didapatkan nilai rata-rata seperti Tabel 5:

Tabel 5. Nilai rata-rata total *noise* x (HU) selama dua periode

Nilai <i>Noise</i>	Sebelum kalibrasi	Sesudah kalibrasi
Rata2 total <i>noise</i>	4.76	4.35
Rata2 total SD	0.29	0.47
2SD UPP	5.34	5.28
2SD LOW	4.18	3.41
3SD UPP	5.63	5.74
3SD LOW	3.89	2.95

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa rata-rata total *noise* sebelum kalibrasi lebih tinggi dan nilai rata-rata total SQRT (SD) lebih rendah daripada sesudah kalibrasi

Pembahasan

Pengevaluasi nilai *noise* dilakukan dengan cara menentukan batas penerimaan nilai *noise* yang diperbolehkan terlebih dahulu ditentukannya base line *noise* atau batas dasar dari *noise*. Base line *noise* adalah rata-rata dari total *noise* yang didapatkan dari pengukuran ROI. Penentuan

batasannya penerimaan *noise* dapat dilakukan dengan dua atau tiga simpangan baku dari base line *noise* :

a. Sebelum Kalibrasi

Base line *noise* sebelum kalibrasi adalah sebesar 4,76 HU maka untuk batasan dua simpangan baku, batas atas adalah 5,34 HU, batas bawah adalah 4,18 HU, dan rentang simpangan sebesar 1,16 HU. Sedangkan untuk batasan tiga simpangan baku, batas atas adalah 5,63 HU, batas bawah adalah 3,89 HU dan rentang simpangan sebesar 1,74 HU.



Gambar 6. Grafik nilai *noise* sebelum kalibrasi

Dari Gambar 6 tampak bahwa sebaran nilai *noise* sebelum kalibrasi memiliki nilai yang berubah-ubah namun masih berada disekitar base line *noise*.

b. Sesudah Kalibrasi

Base line *noise* sesudah kalibrasi adalah sebesar 4,35 HU maka untuk batasan dua simpangan baku, batas atas adalah 5,29 HU, batas bawah adalah 3,41 HU, dan rentang simpangan sebesar 1,87 HU. Sedangkan untuk batasan tiga simpangan baku, batas atas adalah 5,76 HU, batas bawah adalah 2,94 HU dan rentang simpangan sebesar 2,8 HU. Dari gambar grafik selanjutnya tampak bahwa sebaran nilai *noise* sesudah kalibrasi juga memiliki nilai yang berubah-ubah namun masih berada disekitar base line *noise*. dan hanya satu kejadian nilai *noise* berada diluar batas dua simpangan baku yaitu pada hari ke-16 yang berada di bawah lower limit tetapi masih dalam batas tiga simpangan baku. Hal tersebut juga terjadi ketika sebelum kalibrasi.



Gambar 7. Grafik nilai *noise* sesudah kalibrasi

Pada Gambar 6 dan 7 terlihat terdapat dua kejadian nilai *noise* yang berada di luar batas dua simpangan baku yaitu sebelum kalibrasi pada hari ke-10 sebesar 4,1 HU dan sesudah kalibrasi pada hari ke-16 sebesar 3,2 HU. Tetapi nilai tersebut masih berada di bawah batasan lower limit dan masih dalam batas tiga simpangan baku. Peristiwa tersebut kemungkinan dapat terjadi karena sebagian besar sumber *noise* adalah kuantum *noise* dari variasi statistik pada angka-angka sinar-x yang terdeteksi. Kuantum *noise* dapat disebabkan beberapa faktor antara lain: dosis radiasi (kVp, mA, waktu dan filtrasi), ketebalan irisan (kolimasi), algoritma rekonstruksi dan kelurusan berkas cahaya (beam alignment). Sehingga hal tersebut dapat terjadi karena peralatan CT scan, gangguan power supply, dan teknik penempatan luasan ROI saat pengukuran dilakukan.

Dari pemaparan di depan, hasil pengukuran nilai *noise* sebelum dan sesudah kalibrasi masih dalam batasan normal dan dapat dikatakan tidak ada perbedaannya walaupun dalam pengukuran tampak sangat bervariasi nilainya dan terdapat 2 dari 40 nilai atau sekitar 5% berada di luar batasan dua simpangan baku seperti yang dinyatakan oleh Geise. Jika hal tersebut berulang lebih dari empat hari berarti ada kemungkinan terjadi malfungsi dari alat dan harus dilakukan investigasi sebelum menetapkan 3SD. Kejadian tersebut ada kemungkinannya dapat berulang pada hari yang lain yang tidak dapat terpantau selama penelitian karena waktu penelitian yang pendek dan terdapat perbedaan besar rentang simpangan baku yang cukup besar. Sehingga evaluasi ini juga dapat digunakan untuk menunjukkan nilai *noise* sesungguhnya

apabila mempunyai data yang cukup, dalam waktu yang panjang.

Terdapat perbedaan rentang simpangan antara batas atas dan batas bawah terhadap nilai *noise* sebelum dan sesudah kalibrasi, untuk dua simpangan baku rentangnya 1,87 HU – 1,16 HU = 0,71 dan untuk tiga simpangan baku 2,8 HU – 1,74 HU = 1,06. Bila dibandingkan antara sebelum dan sesudah kalibrasi, rentang simpangan sebelum kalibrasi lebih kecil (1,16 HU) dan lebih dekat dengan base line daripada sesudah kalibrasi (1,87 HU) tetapi nilai base line sebelum kalibrasi (4,76 HU) lebih besar dibandingkan dengan sesudah kalibrasi (4,35 HU). Sehingga dapat dikatakan nilai *noise* sesudah kalibrasi lebih tereduksi dibandingkan dengan sebelum kalibrasi dan hasil citra CT scan dapat lebih baik kualitasnya. Hal ini seperti yang dinyatakan oleh Neseth (2000) bahwa nilai standar deviasi haruslah bernilai nol atau lebih tinggi sehingga kualitas citra akan semakin baik.

Pernyataan tersebut didukung juga bahwa pada penelitian ini hasil pengujian statistika terhadap hipotesa awal (H_0) bahwa tidak perbedaan nilai *noise* dari waktu ke waktu sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi pada pesawat CT scan, pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ (95%) dan derajat kebebasan (df) sebesar 19. Dari deskripsi statistika untuk keseluruhan data didapatkan hasil bahwa rata-rata nilai *noise* sebelum kalibrasi adalah 4,76 HU dengan standar deviasi sebesar 0,2945 HU (0,29 HU) dan rata-rata sesudah kalibrasi adalah 4,345 HU (4,35 HU) dengan standar deviasi 0,4617 HU (0,46 HU), hasil ini sama dengan Tabel 6 tentang nilai rata-rata total *noise* selama dua periode. Dan hasil dari Paired-samples T-test didapatkan nilai signifikansi sebesar $p=0,005$ ($p<0,05$) atau $t\text{-tabel} < t\text{-hitung}$ ($1,179 < 3,167$) sehingga H_0 ditolak, berarti ada perbedaan antara nilai *noise* sebelum dan sesudah kalibrasi.

5. Kesimpulan

1. Nilai *noise* sebelum dan sesudah kalibrasi ada perbedaannya tetapi masih dalam batasan nilai *noise* yang normal yaitu dua atau tiga simpangan baku dan kecenderungan nilai *noise*

- yang dihasilkan sesudah kalibrasi lebih kecil dibandingkan dengan sebelum kalibrasi
2. Nilai *noise* sesudah kalibrasi lebih baik dalam menghasilkan citra CT scan karena mendekati nol walaupun rentang simpangan bakunya lebih lebar dibandingkan dengan sebelum kalibrasi.
 3. Terdapat 5% nilai *noise* yang berada di luar batasan dua simpangan baku dari base line *noise* walaupun demikian masih dikatakan normal karena masih dalam batasan tiga simpangan baku
 4. Untuk mengurangi nilai *noise* pesawat CT-scan harus dikalibrasi dahulu dan nilai *noise* pada pesawat CT-scan merk Shimadzu Type SCT-4800TFZ masih dalam batasan normal.

Daftar Pustaka

- American Association of Physicists in Medicine, 1977, Phantom For Performance Evaluation And Quality Assurance of CT-Scanners, http://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_01.pdf
- American Association of Physicists in Medicine, 1993, Phantom For Performance Evaluation And Quality Assurance of CT-Scanners, http://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_39.pdf
- American College of Radiology , 2003, *Computed Tomography (CT) Accreditation Program* , http://www.acr.org/accreditation/computed/qc_forms/Phantom_Testing_Instruction_Final.aspx p.10
- Bushong, S. C., 2000, *Computed Tomography : Essential of Medical Imaging Series*, The MacGraw-Hill Companies, New York.
- Geise, Richard, Daily Quality Control for CT Scanners, akses: 12 April 2011, 12:10pm, <http://www.drad.umn.edu/faculty/geise/CTQC.html>
- Goldman LW., 2007, Principles of CT: Radiation Dose and Image Quality, *Journal Of Nuclear Medicine Technology*, 35:213–225
- Jaengsri Nuttawan, 2004, *CT Protocol*, Radiology Departement Of Takshin Hospital, Bangkok
- Neseth R., 2000, *Procedurs and Documentation for CT and MRI*, CIC Edizioni Internazionali.
- Papp, Jeffrey, PhD,RT(R)(QM), 2006, *Quality Management in The Imajing Sciences*, third edition. Mosby Elsevier, Inc. Missoouri.
- Payne, Tom PhD, 2001, *Fundamental Principles of CT Performance Evaluation*, AAPM Summer School June. Abbott Northwestern Hospital Minneapolis, MN. <http://www.aapm.org/meetings/2001SS/presentations/payne.pdf>
- Rong, Yi, Ph.D, Jennifer Smilowitz, Ph.D., Dinesh Tewatia, M.S., Wolfgang A. Tomé, Ph.D., Bhudatt Paliwal, Ph.D., 2010, Dose Calculation On Kv Cone Beam Ct Images: An Investigation Of The Hu-Density Conversion Stability And Dose Accuracy Using The Site- Specific Calibratio, *Medical Dosimetry Volume 35, Issue 3* , Pages 195-207
- Seeram, Euclid, 2001, *Computed Tomography : Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control*, Second Edition, W. B. Saunders Company, Canada.
- Sprowls, Perry, Jr,PhD, FACR, 1995, *Physical Principle of Medical Imajing*, second edition, Medical Physic Publishing, Medison, Wisconsin. Wikipedia, *Encyclopedia Hounsfield Scale*, akses: 12 April 2011, 11:25 am http://en.wikipedia.org/wiki/Hounsfield_scale#column-one#column-one.