

# Evaluasi Kurva *Noise Power Spectrum* (NPS) dari Citra CT Scan dengan Variasi Faktor Eksposi

Doharmansyah Putra<sup>1</sup>, Ni Larasati Kartika Sari<sup>1\*</sup>, Puji Hartoyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta

\*Korespondensi penulis: nilarasati@civitas.unas.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini menganalisis kualitas citra CT-Scan berupa *noise* yang diukur dengan menggunakan metode NPS. (*Noise Power Spectrum*). Citra CT-Scan didapatkan dengan menggunakan CT-Scan merk *siemens somatom emoticon* dengan menggunakan *solid water phantom* dan variasi faktor eksposi 80 kV dan 130 kV dengan variasi mAs 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, 300 mAs. Program pengukuran NPS dilakukan dengan menerapkan transformasi fourier pada 4 *Region of Interest* (ROI) homogen di citra. Program pengukuran NPS dikembangkan dengan *software matlab*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kurva NPS berbentuk parabola, dimana terdapat 2 kemiringan. Kemiringan tersebut merupakan hasil dari *filtering* yang dilakukan oleh algoritma rekonstruksi pada sistem rekonstruksi citra CT-Scan. Selain itu tinggi puncak kurva NPS juga dipengaruhi oleh nilai kV dan mAs. Semakin tinggi nilai kV dan mAs yang diberikan maka puncak kurva NPS yang didapatkan semakin rendah. Luas di bawah kurva NPS merupakan nilai varians ( $\sigma^2$ ), sehingga hal ini menunjukkan semakin tinggi kV dan mAs semakin rendah tingkat *noise*.

**Kata kunci:** standar deviasi, transformasi fourier, varians, *noise power spectrum*

**Abstract.** This study analyzes CT-Scan image quality in the form of noise using NPS (*Noise Power Spectrum*) method. CT-Scan images were obtained in Siemens somatom emoticon CT-Scan using solid water phantom and variation of exposure factor 80 kV and 130 kV with mAs variation of 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, 300 mAs. The NPS measurement was performed by applying fourier transforms to 4 homogenous Region of Interest (ROI). The NPS measurement program was developed with Matlab software. The results showed that the NPS curve is parabolic, where there are 2 slopes. The slope is the result of the filtering performed by the reconstruction algorithm on the CT-Scan's image reconstruction system. In addition, the peak height of the NPS curve is also influenced by the values of kV and mAs. The higher the value of kV and mAs given the lower the NPS curve obtained. The area under the NPS curve is proportional to the variance ( $\sigma^2$ ), so it shows that the higher the kV and mAs the lower the noise level.

**Keywords:** standard deviation, fourier transform, variance, noise power spectrum

## PENDAHULUAN

Beban kerja pesawat *Computed Tomography Scan* (CT-Scan) di Instalasi Radiologi cukup tinggi, sehingga harus dibarengi kendali kontrol (*quality control*) yang rutin tiap bulannya. Salah satu komponen dalam *quality control* CT-Scan adalah kualitas citra. Evaluasi kualitas citra pada CT Scan penting untuk memastikan kualitas diagnostik [1]. Terdapat beberapa indikator untuk mengevaluasi kualitas citra CT-Scan, diantaranya *Spatial resolution*, *contrast resolution*, distorsi, artefak, dan *noise* [2].

Pengukuran *Noise* pada citra umumnya dilakukan dengan mengukur *Signal To Noise Ratio* (SNR). Pengukuran *noise* dengan SNR dengan perubahan faktor eksposi didapat bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan maka nilai SNR yang didapatkan semakin besar, menunjukkan hasil citra dengan kualitas yang baik [3]. Selain dengan metode SNR, pengukuran tingkat *Noise* pada citra juga dapat dilakukan dengan NPS (*Noise Power Spectrum*). NPS adalah ukuran yang berguna memberikan deskripsi *noise* yang lebih

lengkap daripada standar deviasi sederhana. NPS menggambarkan variasi *noise* sebagai fungsi dari frekuensi spasial dan ciri khas tekstur *noise* [4].

Nilai NPS berbanding terbalik dengan banyaknya jumlah *fluence* sinar-X yang datang, yang juga berbanding dengan dosis radiasi sehingga pengukuran NPS pada kondisi klinis sangat diperlukan [5]. Grafik NPS selain menggambarkan tekstur *noise* pada frekuensi spasial, luas area dibawah grafik NPS juga sebanding dengan standar deviasi kuadrat ( $\sigma$ ) [6]. Perhitungan NPS secara lokal dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya banyaknya ROI (*Region of Interest*), posisi ROI, dan ukuran ROI [7]. NPS pada pemeriksaan *Cone Beam CT* payudara menunjukkan ketergantungan terhadap ukuran matriks, ukuran piksel, algoritma rekonstruksi, koreksi hamburan dan faktor eksposi [8]. Penggunaan dua algoritma rekonstruksi, SAFIRE (*sinogram affirmed iterative reconstruction*) dan ADMIRE (*advanced modelled iterative reconstruction*) pada pesawat CT Scan yang sama, menunjukkan perbedaan kualitas citra dalam hal MTF (*Modulation Transfer Function*) dan NPS. Kualitas citra lebih baik saat menggunakan ADMIRE dibanding SAFIRE [9]. Perbedaan kernel filter juga mempengaruhi nilai NPS, semakin tajam kernel filter yang digunakan (B70 dan B80), *noise* yang dihasilkan semakin mengarah ke spasial frekuensi yang lebih tinggi [10].

Seiring dengan perkembangan teknologi CT-Scan yang salah satunya menggunakan banyak detektor dan algoritma rekonstruksi yang lebih rumit [2]. Yang juga berkontribusi pada *noise* citra. Dengan NPS fisikawan medik dapat mengevaluasi *noise* lebih lengkap baik dari segi besarnya *noise* dan tekstur *noise*. Oleh karena itu penulis mengambil tema analisis *noise* hasil citra CT dengan metode NPS.

## METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pesawat CT-Scan Merk : Somatom emotion 16, Seri : 86669, type tabung : DURA 422 MV, Tegangan Tabung : 130 kV seperti pada gambar 1a., Monitors : Dual TFT LCD, Workstation : HP8200 Linux, dan *Solid waterphantom* siemens, seperti pada gambar 1b.



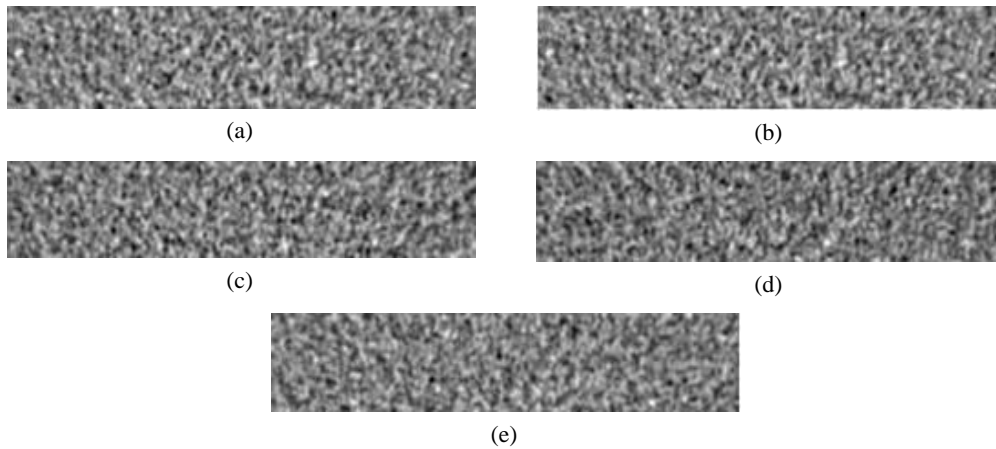
**GAMBAR 1.** Peralatan yang digunakan: a). CT-Scan Siemens Somatom emotion 16 Slice, b). *Solid Water Phantom*.

Kurva NPS (*Noise Power Spectrum*) dibuat dengan menggunakan *software* Matlab 2013a. Langkah pertama adalah dengan membuat 4 ROI (*Region Of Interest*) dengan ukuran matriks 256x50 piksel. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai piksel rata-rata dari keempat ROI tersebut dan menerapkan transformasi Fourier untuk memperoleh nilai NPS dan frekuensi spasial. Kurva NPS terhadap frekuensi spasial ditampilkan dengan satuan piksel dan siklus/mm, serta  $\text{mm}^2$  dan siklus/mm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

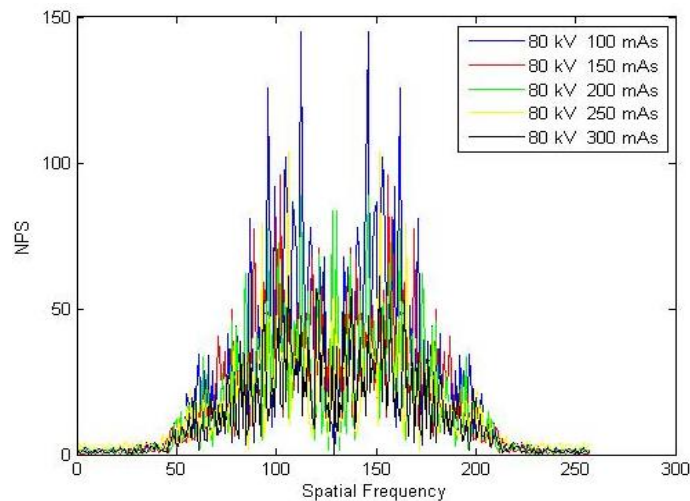
Variasi pertama pengambilan data dilakukan dengan menggunakan faktor eksposi 80 kv dan variasi mAs 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, 300 mAs. Gambar 2a. merupakan

hasil ROI citra yang diambil dari citra *Phantom* pada gambar 1b. Gambar 2b hingga e merupakan citra dari *Phantom* yang sama diambil dengan faktor eksposi 80 kV dan secara berurutan 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs dan 300 mAs. Pada kelima citra terlihat bahwa perubahan mAs menghasilkan perubahan tekstur *noise*.



**GAMBAR 2.** Hasil Citra sampel yang dipotong dengan ukuran 256x50 a). 80 kV 100 mAs, b). 80 kV 150 mAs, c). 80 kV 200 mAs, d). 80 kV 250 mAs, e). 80 kV 300 mAs.

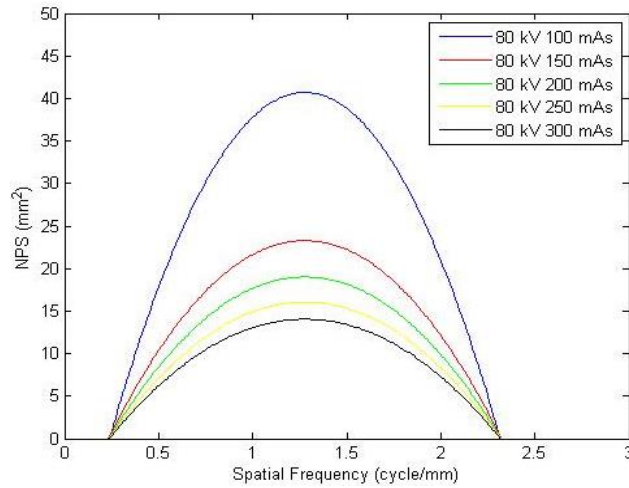
Selanjutnya, dilakukan pengukuran NPS dengan melakukan transformasi fourier pada rata-rata nilai piksel di tiap ROI. Kurva hasil pengukuran nps dapat dilihat pada gambar 3. sumbu X merupakan nilai dari NPS dan sumbu Y merupakan *spatial frequency*. Kurva pada gambar 3 merupakan kurva NPS dengan satuan piksel.



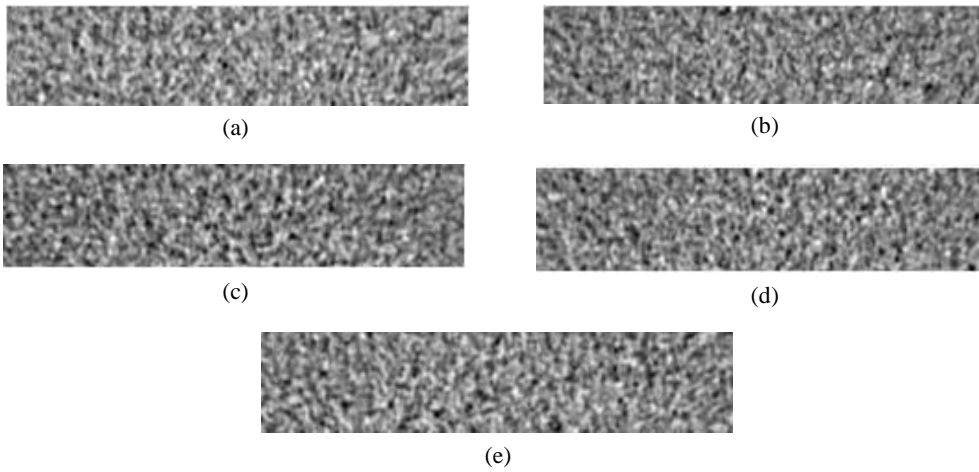
**GAMBAR 3.** Kurva *noise power spectrum* (NPS) terhadap *spatial frequency*.

Kurva NPS juga dapat dinyatakan dengan satuan NPS mm<sup>2</sup> dan satuan *spatial frequency* cycle/mm<sup>2</sup> seperti pada gambar 4.

Variasi selanjutnya pengambilan data dilakukan dengan menggunakan faktor eksposi 130 kV dan variasi mAs 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, 300 mAs. Gambar 5a. merupakan hasil ROI citra yang diambil dari citra *Phantom* pada gambar 1b. Gambar 5 b hingga e merupakan citra dari *Phantom* yang sama diambil dengan faktor eksposi 130 kV dan secara berurutan 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs dan 300 mAs. Pada kelima citra terlihat bahwa perubahan mAs menghasilkan perubahan tekstur *noise*.

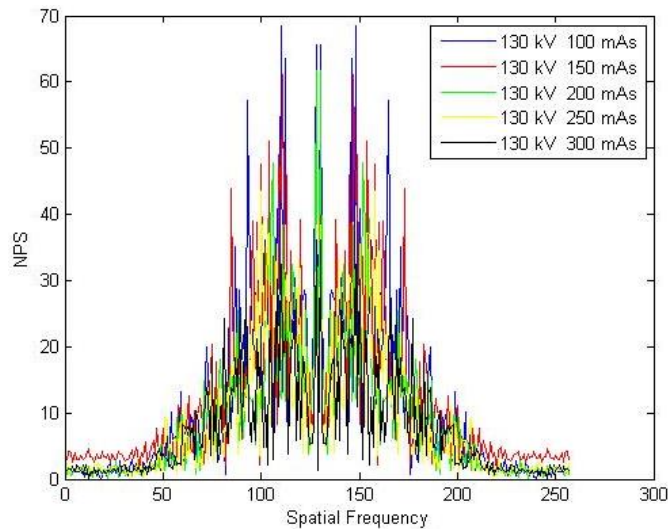


GAMBAR 4. Kurva noise power spectrum dengan satuan cycle/mm<sup>2</sup>



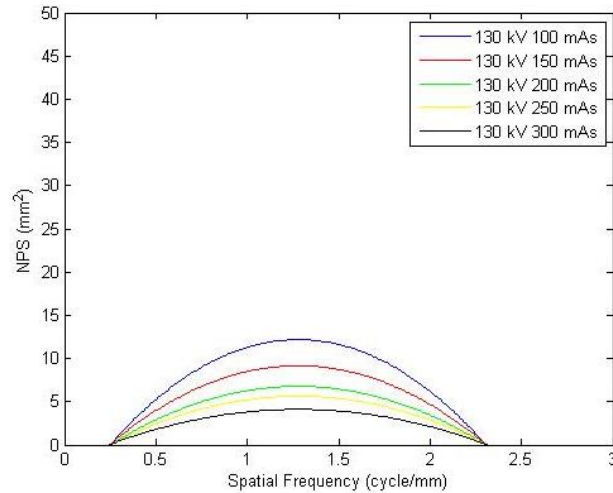
GAMBAR 5. Hasil citra sampel yang dipotong dengan ukuran 256x50 a). 130 kV 100 mAs, b). 130 kV 150 mAs, c). 130 kV 200 mAs, d). 130 kV 250 mAs, e). 130 kV 300 mAs.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran NPS dengan melakukan transformasi fourier pada rata-rata nilai piksel di tiap ROI. Kurva hasil pengukuran nps dapat dilihat pada gambar 4.7. sumbu X merupakan nilai dari NPS dan sumbu Y merupakan *spatial frequency*. Kurva pada gambar 4.7 merupakan kurva NPS dengan satuan piksel.



GAMBAR 6. Kurva noise power spectrum terhadap *spatial frequency*.

Kurva NPS juga dapat dinyatakan dengan satuan NPS  $\text{mm}^2$  dan satuan *spatial frequency* cycle/ $\text{mm}^2$  seperti pada gambar 7.



**GAMBAR 7.** Perbandingan *noise power spectrum* dari perubahan faktor eksposi 130 kV dan variasi mAs.

Secara umum bentuk kurva NPS baik pada gambar 4 dan 7 bentuknya hampir sama yaitu terdapat 2 kemiringan kurva (*slope*). Kurva tersebut menjelaskan bagaimana sistem CT-Scan memproses variasi *noise*. Dapat terlihat pada kurva bahwa *noise* dengan *spatial frequency* rendah (ukuran besar) dan *spatial frequency* tinggi (ukuran kecil), yang berada diujung kanan kiri kurva memiliki NPS rendah, yang berarti *noise* tersebut tidak diproses secara maksimal oleh detektor. *Noise* dengan *spatial frequency* sedang (bagian tengah kurva) memiliki NPS tinggi yang berarti *noise* tersebut diproses secara maksimal oleh detektor.

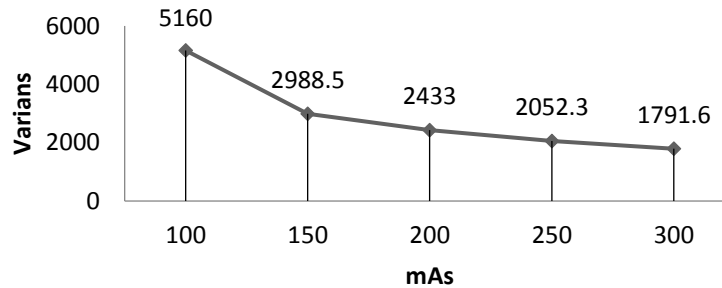
Kemiringan pada *spatial frequency* rendah disebabkan dari *ramp filtering* yang digunakan dalam rekonstruksi *filter back projection* pada CT-Scan [3]. *Filter back projection* menghasilkan citra yang kabur. Agar dapat memperoleh citra yang lebih detail digunakan filter tambahan yaitu *ramp filtering*. Filter tersebut merupakan high pass filter yaitu filter yang melewatkan sinyal dengan frekuensi tinggi, sehingga terdapat pengurangan sinyal *noise* pada frekuensi rendah [11]. Kemiringan kurva pada *spatial frequency* tinggi karena penggunaan rekonstruksi kernel yang meredam *noise* dengan *spatial frequency* tinggi.

**TABEL 1.** Nilai mAs terhadap luas dibawah kurva NPS pada 80 kV dan 130 kV.

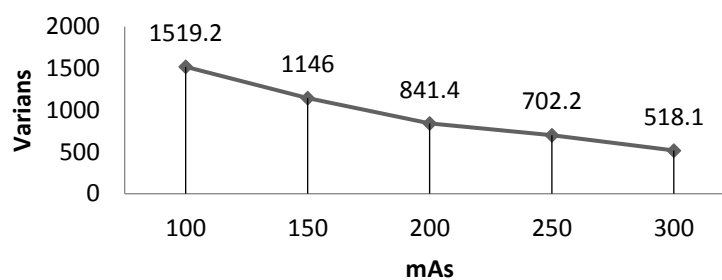
mAs	Luas dibawah kurva NPS (varians) pada 80 kV	Luas dibawah kurva NPS (varians) pada 130 kV
100	5160	1519,2
150	2988,5	1146
200	2433	841,4
250	2052,3	702,2
300	1791,6	518,1

Gambar 8 merupakan kurva NPS yang diperoleh dari citra *Phantom* dengan kV tetap yaitu 80 kV dan variasi mAs yaitu 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs dan 300 mAs bentuk kurva NPS pada tiap variasi mAs berbeda, semakin besar nilai mAs maka puncak kurva semakin rendah dan luas dibawah kurva semakin kecil. Kurva NPS dari citra *Phantom* dengan faktor eksposi 130 kV dan 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, 300 mAs yang ditunjukkan pada gambar 7 juga menunjukkan kecenderungan yang sama.

Luas dibawah kurva NPS sebanding dengan nilai varians ( $\sigma^2$ ). Nilai luas daerah dibawah kurva NPS terhadap perubahan mAs dapat dilihat pada gambar 8a dan 8b, semakin besar mAs semakin kecil luas dibawah kurva NPS.



(a)



(b)

**GAMBAR 8.** Grafik varians (luas dibawah kurva NPS) terhadap mAs. a) Pada tegangan tabung 80 kV, b) pada tegangan tabung 130 kV.

Nilai varians menunjukkan besarnya *noise*. Sehingga semakin besar nilai mAs semakin kecil *nois*nya. Penggunaan mAs yang besar mengurangi kuantum *noise*. Kuantum *noise* adalah *noise* yang disebabkan oleh sedikitnya jumlah foton (partikel sinar-x ) yang datang. Penggunaan mAs yang besar berarti terdapat banyak foton yang datang ke detektor sehingga jumlah kuantum *noise* berkurang. Selain itu, besarnya kV juga mempengaruhi nilai luas dibawah kurva NPS, seperti yang terlihat pada tabel 4.1 dan 4.2 kenaikan tegangan tabung dari 80 kV ke 130 kV pada mAs yang sama, mengurangi nilai luas dibawah kurva NPS. Sehingga semakin besar nilai kV semakin kecil *noise*.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis *noise* pada kualitas citra pada CT- Scan dengan menggunakan metode NPS yang diolah menggunakan *software Matlab* di Instalasi Radiologi RS Hermina Bekasi maka dapat disimpulkan bahwa : pada faktor eksposi 80 kV dan variasi mAs 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, dan 300 mAs semakin besar nilai mAs semakin rendah luas dibawah kurva NPS, yang berarti semakin rendah tingkat *noise* nya. Begitu juga pada faktor eksposi 130 kV dan variasi mAs 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs, dan 300 mAs semakin besar nilai mAs semakin rendah luas dibawah kurva NPS, yang berarti semakin rendah tingkat *noise* nya. Dari data tersebut di dapat bahwa perubahan tegangan tabung dari 80 kV ke 130 kV mengurangi luas dibawah kurva NPS yang berarti semakin besar nilai kV semakin rendah tingkat *noise*. Selain itu, terlihat bahwa kurva NPS berbentuk parabola, dengan 2 kemiringan yaitu pada *spatial frequency* rendah dan *spatial frequency* tinggi, yang berarti sistem CT-Scan tidak memproses *noise* dengan *spatial frequency* rendah dan tinggi secara maksimal. Kurva NPS dapat digunakan untuk melihat tingkat *noise* dan tekstur *noise*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] F.R.Verduna, D.Racinea, J.G.Otta, M.J.Tapiovaara, P.Toroi, F.O.Bochud, W.J.H.Veldkamp, A.Scheegerer, R.W.Bouwmand, I. Hernandez Giron, N.W.Marshall, S.Edyveang. *Image quality in CT: From physical measurements to model observers*. Physica Medica, Volume 31, Issue 8, December 2015, Pages 823-843
- [2] Bushberg, J. T, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Third Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.2012
- [3] Riski, Nihayati. 2017. Analisis Kualitas Citra pada CT Scan Dengan Metode SNR (*Signal to Noise Ratio*) Menggunakan *Software ImageJ*. Universitas Nasional. 2017
- [4] *Radiation Dose And Image-Quality Assessment In Computed Tomography*, Journal of the ICRU Vol 12 No 1 Report 87, Oxford University Press, 2012
- [5] Solomon, J. B., Christianson, O., and Samei, E “*Quantitative comparison of noise texture across CT scanners from different manufacturers,*” Med. Phys.9, 6048–6055, 2012.
- [6] Friedman. N Saul, Fung S.K George, Siewerdsen. J. H, “*A simple approach to measure computed tomography(CT) modulation transfer function(MTF) and noise power spectrum (NPS) using the american college of radiology(ACR) accreditation phantom*”,Med.Phys. 40(5), May 2013.
- [7] Steven Dolly, Hsin-Chen Chen, Mark Anastasio, Sasa Mutic, Hua Li1. *Practical considerations for noise power spectra estimation for clinical CT scanners*. JOURNAL OF APPLIED CLINICAL MEDICAL PHYSICS, VOLUME 17, NUMBER 3, 2016
- [8] Ricardo Betancourt Benitez, Ruola Ning, David Conover and Shaohua Liu. 2009. *NPS characterization and evaluation of a cone beam CT breast imaging system*. Journal of X-Ray Science and Technology 17, 17–40.
- [9] L Rolstadaas and E Wasbø. 2018. *Variations in MTF and NPS between CT scanners with two different IR algorithms and detectors*. Biomedical Physics & Engineering Express, Volume 4, Number 2.
- [10] Jiwon, Choi. 2013. Measurement of Noise Power Spectra for CT Images Reconstructed with Different Kernels. Journal of Convergence Information Technology(JCIT), Volume8, Number 16.
- [11] Gengsheng L. Zeng. 2015. Revisit of the Ramp Filter. IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 62, NO. 1