

**ANALISIS VARIASI *TIN FILTER* TERHADAP NILAI *NOISE*
DAN DOSIS RADIASI PADA PROTOKOL *CT SCAN*
MASTOID DENGAN *CT SCAN SINGLE SOURCE*: STUDI
PHANTOM**



Oleh:

Merry Suzana, S.Si, M.Tr.ID

NIK: 004110803

RUMAH SAKIT HERMINA DEPOK

TAHUN 2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS VARIASI *TIN FILTER* TERHADAP NILAI *NOISE* DAN DOSIS RADIASI PADA PROTOKOL *CT SCAN MASTOID* DENGAN *CT SCAN SINGLE SOURCE: STUDI PHANTOM*

Disusun dan Diajukan
Oleh :

Merry Suzana, S.Si, M.Tr.ID

NIK: 004110803

Tanggal, 6 Oktober 2023



(Merry Suzana, S.Si, M.Tr.ID)

Diketahui dan Disetujui

Oleh :

DIREKTUR RS HERMINA DEPOK



(Dr. Lies Nugrohowati, MARS)

ANALISIS VARIASI *TIN FILTER* TERHADAP NILAI *NOISE* DAN DOSIS RADIASI PADA PROTOKOL *CT SCAN MASTOID* DENGAN *CT SCAN SINGLE SOURCE*: STUDI PHANTOM

Ringkasan : Teknologi *CT Scan* sejak tahun 1972 hingga saat ini sangat berkembang pesat, terutama dalam hal menurunkan dosis radiasi. Penurunan dosis radiasi sangat penting pada organ yang radiosensitive salah satunya organ di daerah kepala yang memiliki tingkat kepadatan tinggi sehingga dalam praktiknya memerlukan dosis yang cukup besar dan kualitas citra yang High Resolution karena strukturnya yang kecil¹. Organ *Mastoid Air Cell* dekat dengan organ-organ yang memiliki sifat radiosensitive seperti lensa mata¹⁶ dan kelenjar tiroid, telah diteliti bahwa eksposur sinar-x pada radiodiagnostik ini dapat meningkatkan risiko *micro carcinoma* pada organ tiroid¹⁷, sehingga saat *scanning* harus sangat hati-hati dalam menentukan dosis radiasi yang digunakan. Dosis radiasi erat kaitannya dengan kualitas citra yang dihasilkan. Kelemahan sistem *CT Scan* saat ini adalah filter yang tersematkan merupakan sistem pre filter standar yaitu *bowtie filter* dimana semua energi diteruskan ke tubuh pasien, akibatnya citra yang dihasilkan tidak fokus pada organ yang kecil. Tahun 2017 dikembangkan sistem pre filter pasien oleh Siemens Healthiners pada sistem *CT Scan Single Source* yang dipasarkan dengan nama Tin Filter²⁴. Tin Filter ini pertama kalinya disematkan pada *CT Scan Single Source* yang sebelumnya hanya ada pada sistem *dual source*, dengan sistem filter yang baru ini dapat mengurangi dosis radiasi sekitar 89%³⁰. Tin Filter adalah filter tambahan diletakan didepan *bowtie filter* yang hanya melewatkan energi tinggi saja akibatnya resolusi citra yang dihasilkan dapat meningkat dan dosis radiasi bisa ditekan²⁻⁵. RS Hermina Depok baru saja menginstal alat *CT Scan* dengan sistem pre filter yaitu Tin Filter. Dengan memahami tingkatan noise dan penurunan dosis radiasi yang dihasilkan pada setiap penggunaan variasi tin filter (Sn 100, Sn 110, Sn 120 dan Sn 140) maka penggunaan Tin Filter ini diterapkan sebagai acuan protokol pemeriksaan *CT Scan Mastoid* di RS Hermina Depok mengingat pemeriksaan yang menggunakan radiasi ini harus seefisien mungkin dan harus sesuai prinsip ALARA.

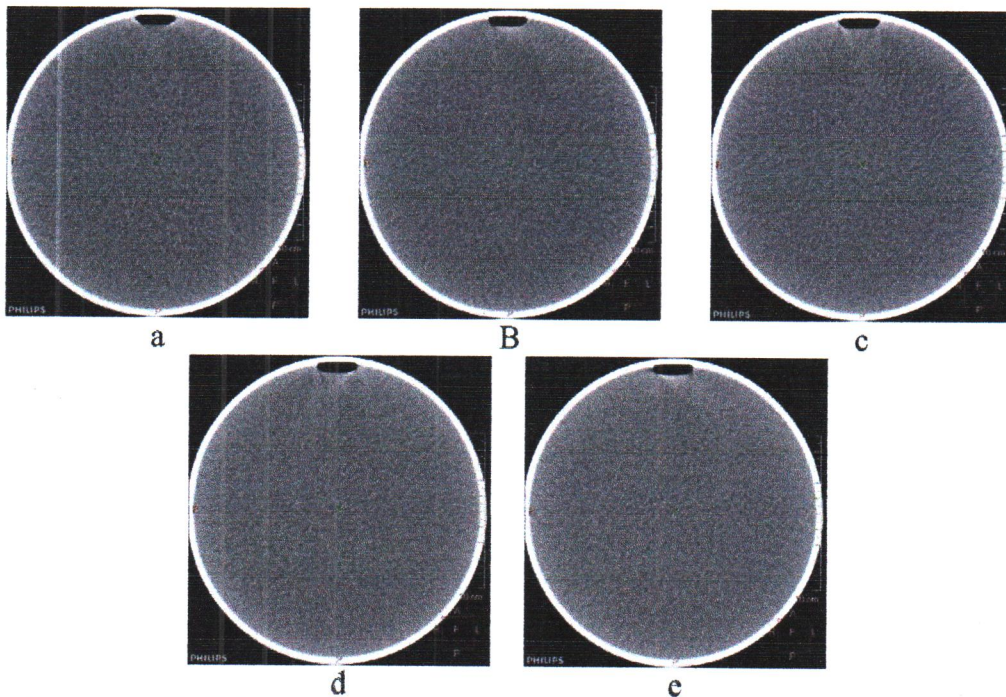
Latar Belakang : Sistem *pre filter* yaitu Tin Filter ini belum digunakan oleh radiographer di RS Hermina Depok mengingat sistem tin filter ini merupakan hal baru pada sistem *CT Scan Single Source* karena akan meningkatkan noise gambar yang di sebabkan berkurangnya jumlah foton yang sampai ke objek foto dan tentunya dengan dosis radiasi yang tereduksi akan menghasilkan *noise* yang rendah, sangat bertolak belakang dengan prinsip bila dosis radiasi yang rendah atau *underexpose* akan mendapatkan *noise* yang tinggi sehingga mengurangi performa *diagnostic*. Tin filter ini menggunakan tingkatan energi yang tinggi ditakutkan dosisi yang di terima oleh pasien akan meningkat. Selain itu beberapa radiolog mengeluhkan pemeriksaan *CT Scan Mastoid*, terutama pada tulang kecil mengalami blur dan agak kurang jelas. Oleh karena itu, kualitas citra yang high resolution menjadi tuntutan agar dapat menegakkan diagnosa dengan baik.

Tujuan: Menganalisis tingkatan *noise* (nilai *Noise*, *Signal Noise Ratio*, *Noise Power Spektrum* dan Kualitas Citra Subjektif) dan penurunan Dosis Radiasi yang dihasilkan pada setiap variasi tin filter Sn100, Sn110, Sn120 dan Sn140 pada protokol *CT Scan mastoid* yang akan dijadikan acuan dalam pembuatan Standar Operasional Prosedur *CT Scan Mastoid Low Dose* di RS Hermina Depok.

Metode: Penelitian *Pre-Eksperimental* dengan rancangan *Posttest-Only Control Design*. Penelitian ini diawali dengan *Scanning Water Phantom* pada protokol standar dan dilanjutkan dengan *scanning* variasi Tin Filter (Sn100, Sn110, Sn120 dan Sn140), kemudian dinilai *noise* dan SNR dianalisis menggunakan SPSS versi 20 dengan Uji Anova. Tekstur *noise* atau NPS dianalisis menggunakan software indoQCT Versi 22. Setelah mendapatkan *baseline* gambaran mana yang terbaik dari protokol tersebut, kemudian protokol tersebut dipakai sebagai protokol *scanning* dengan objek *phantom rando*. Hasil gambaran dinilai kualitas citra secara subjektif dengan skala *likert* oleh radiolog dan kesepakatan antar pengamat dihitung dengan uji statistik Cohen Kappa.

Langkah-Langkah :

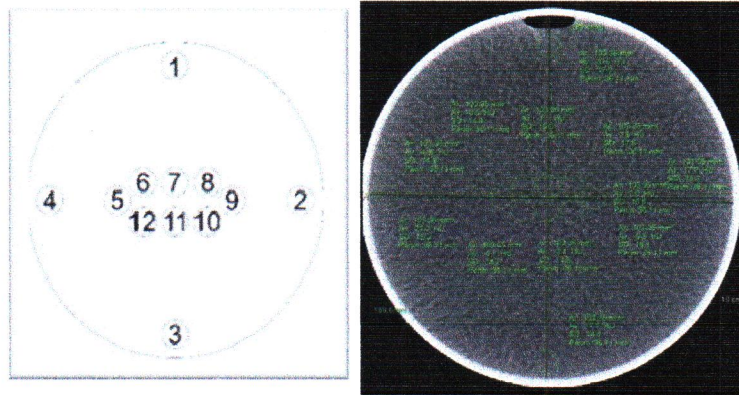
1. Penelitian ini menggunakan citra yang diambil dari scanning water phantom, dari scanning dilakukan sebanyak lima kali pengambilan scanning dengan protokol standar/tanpa Sn Filter, Sn100, Sn110, Sn120 dan Sn140, kemudian dari masing-masing protokol ini diperoleh sebanyak 124 citra, kemudian sampel yang dipilih sebanyak 10 citra yang mewakili setiap level area pada water phantom yaitu area tepi, tengah dan tepi lainnya dan gambar yang dipilih ini tidak terdapat artefak agar memudahkan dalam proses analisis yaitu pada slice ke 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 dan 120. Berikut hasil Scanning water phantom yang diperoleh pada protokol standar (a), protokol Sn100 (b), protokol Sn110 (c), protokol Sn120 (d) dan protokol Sn140 (e) seperti ditunjukkan pada gambar 1:



Gambar 1 : Hasil Scanning pada masing-masing protokol Tin Filter dari pada Objek Water Phantom

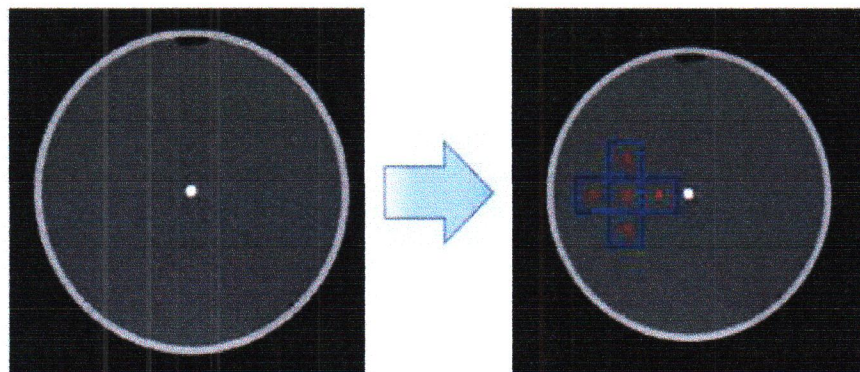
2. Selanjutnya 10 citra dari masing-masing protokol standar/tanpa Sn Filter, Sn100, Sn110, Sn120 dan Sn140 ini diukur nilai Noise-nya pada 12 titik pengukuran seperti pada Gambar 2. Diambil 12 titik ini karena pada setiap titik area yang di ROI menghasilkan nilai yang berbeda oleh karena itu diambil 12 titik yang berbeda dengan harapan dapat mewakili disetiap area. Selanjutnya citra dianalisis dan

diukur, nilai *Noise* dan SNR dengan pengambilan ROI (*region of interest*) diambil pada titik-titik seperti pada gambar 2 berikut:



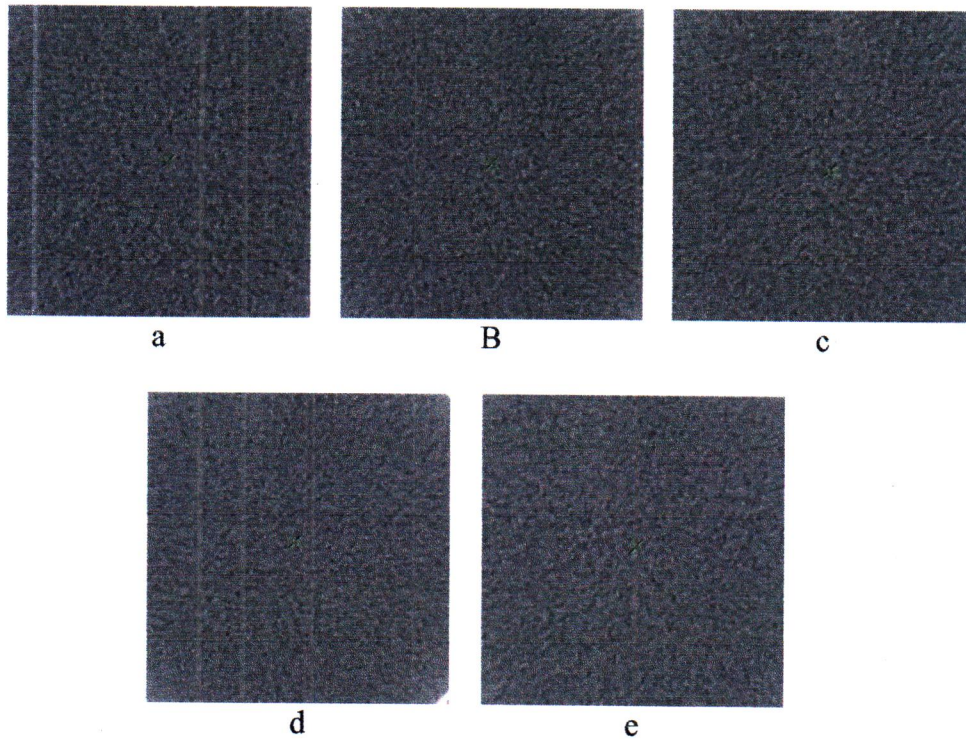
Gambar 2: Titik Pengukuran *Region of Interest* (ROI)

3. Kemudian dilanjutkan dengan menganalisa (*noise power spectrum*) NPS dengan software indoQCT versi 22 dengan cara mengupload satu gambaran yang mewakili dari hasil scanning water phantom yaitu pada slice nomer 66 yang berada pada level tengah dari water phantom pada masing-masing protokol standar, Sn100, Sn110, Sn120 dan Sn140. Nilai NPS ini diperoleh dari ROI pada area yang homogen yang ditunjukkan pada Gambar 3,



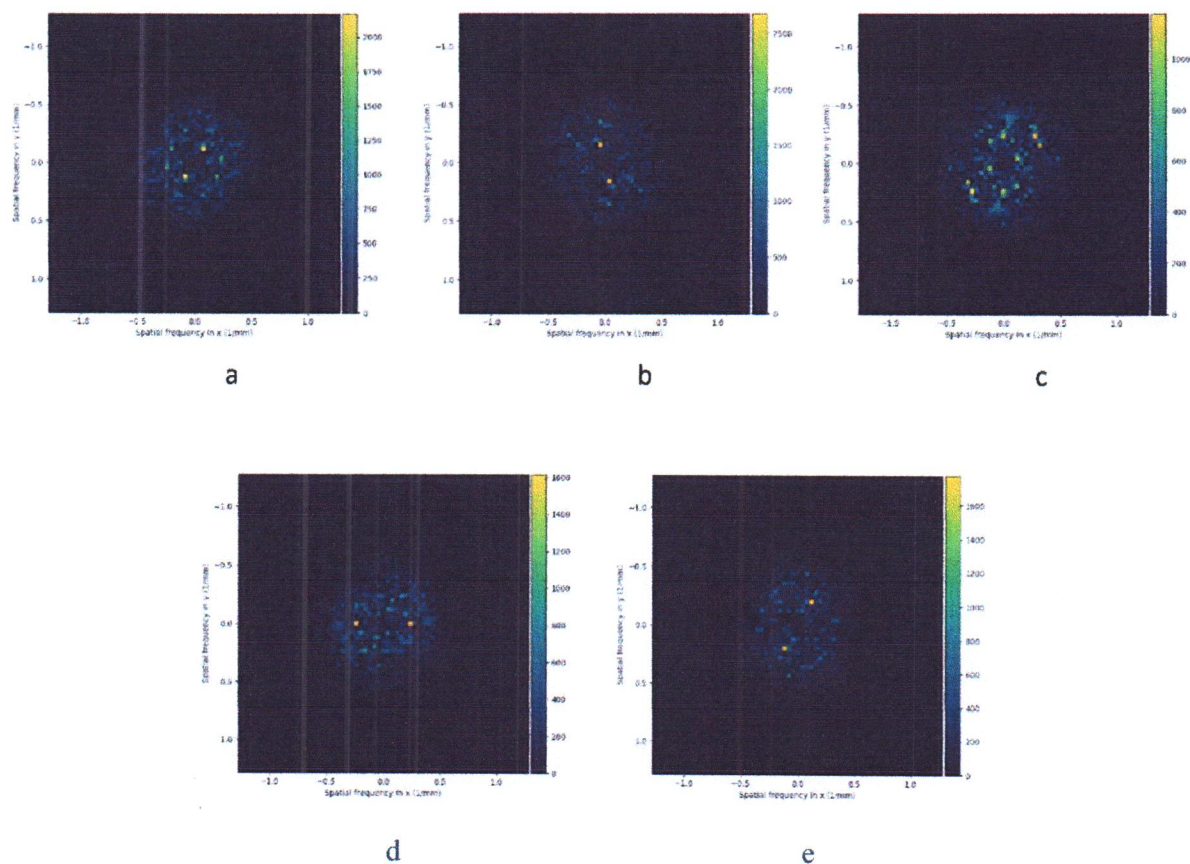
Gambar 3: Area ROI pada software indoQCT

- ROI dari masing-masing protokol tersebut disimpan dalam bentuk persegi yang dipotong 300 x 300 pixel yang ditunjukkan pada gambar 4 hal ini dilakukan untuk menilai karakteristik noise dengan menilai lebih detail texture noise yang dihasilkan seperti pada gambar 4.



Gambar 4: Hasil Citra pada masing-masing prottiokol dipotong dengan ukuran 300 x 300 pixel. a). Standar, b). Sn100, c). Sn110, d). Sn120 dan e). Sn140.

- Selanjutnya, dilakukan pengukuran NPS dengan melakukan transformasi fourier pada rata-rata nilai piksel di tiap ROI, transformasi fourier adalah suatu model transformasi yang memindahkan domain spasial atau domain waktu menjadi domain frekuensi. Transformasi Fourier merupakan suatu proses yang banyak digunakan untuk memindahkan domain dari suatu fungsi atau obyek ke dalam domain frekuensi dan kemudian setelah dilakukan transformasi fourier menghasilkan citra 2 dimensi dapat dilihat pada gambar 5 untuk citra 2 dimensi terlihat pada gambar tersebut menunjukkan tekstur titik focus yang bervariasi pada masing-masing citra.

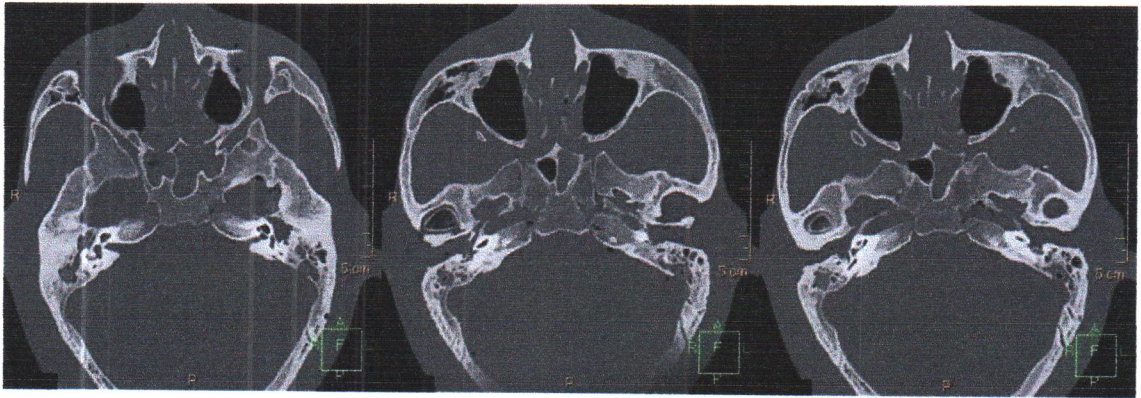


Gambar 5: Hasil citra 2D dari transformasi fourier dari rata-rata pixel disetiap ROI . a). Standar, b). Sn100, c). Sn110, d). Sn120 dan e). Sn140

6. Setelah mendapatkan hasil analisis dan gambaran mana yang baik dari protokol Tin Filter, kemudian protokol tersebut digunakan untuk *scanning phantom rando* yang memiliki spesifikasi mirip dengan tubuh asli manusia.

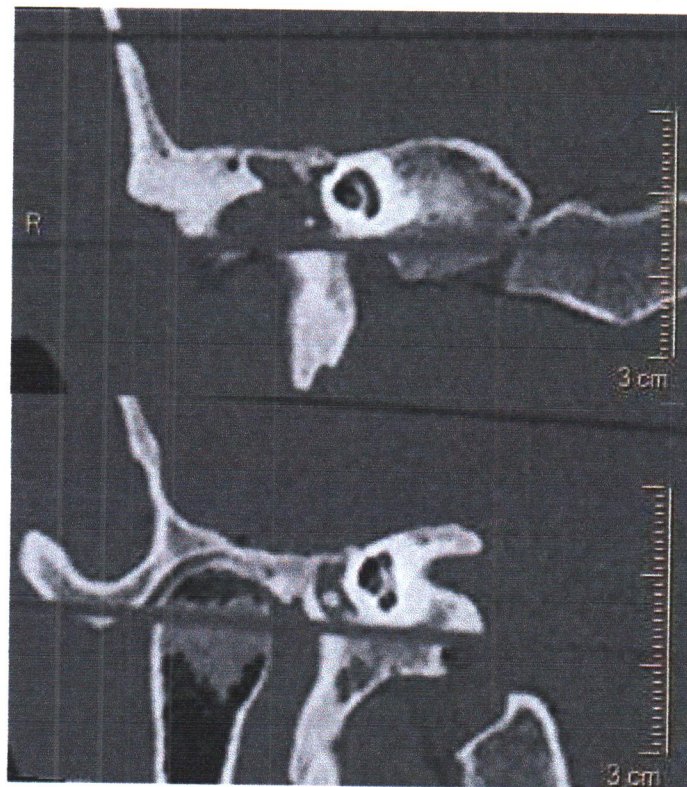


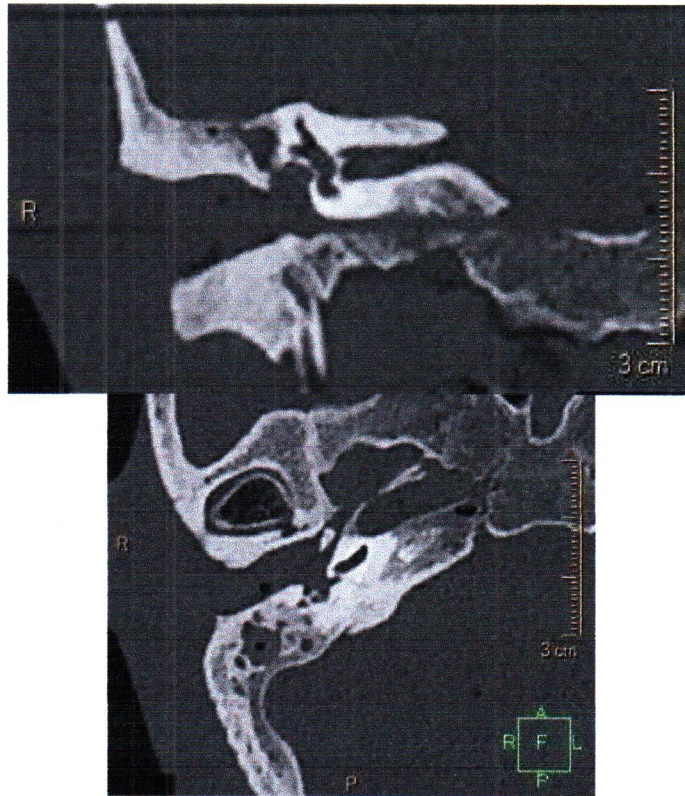
Gambar 6: *Phantom Rando*⁵⁰



Gambar 7: Hasil *Scanning Mastoid Air Cell* pada Protokol *Tin Filter Sn100* dengan Objek *Phantom Rando*

7. Kemudian kualitas citra dari hasil *scanning phantom rando* ini dianalisis secara subjektif oleh radiolog di Rumah Sakit Hermina Depok yang akan menerapkan SOP Protokol *Mastoid Low Dose* dengan cara memberikan Kuisioner.



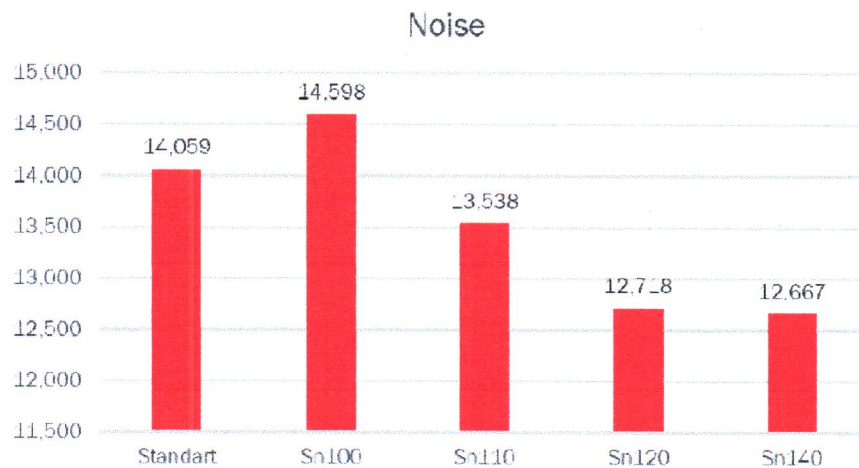


1.

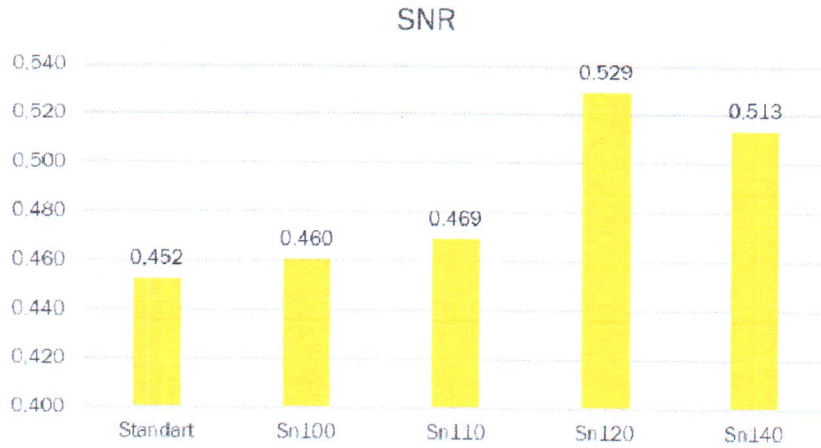
Gambar 8: Refrensi Gambar mastoid pada kuisioner

Hasil Penelitian :

1. **Nilai Noise** : Pada protokol Standart sebesar 14,059, dengan Tin Filter Sn100 sebesar 14,598 , Sn110 sebesar 13,538, Sn120 sebesar 12,719 dan Sn140 sebesar 12,667. Protokol Tin Filter nilai noise-nya menurun seiring dengan energi yang digunakan.

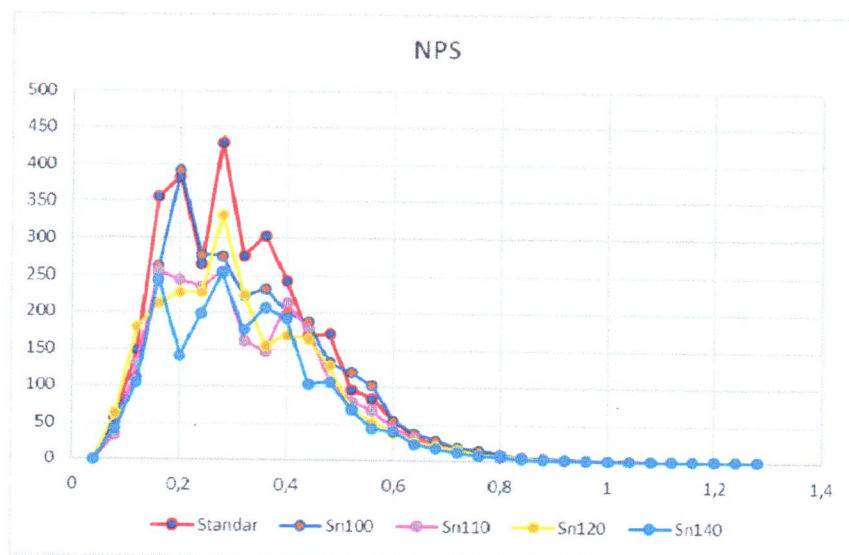


2. **Nilai SNR:** Pada protokol Standart sebesar 0,452, dengan Tin Filter Sn100 sebesar 0,460, Sn110 sebesar 0,469, Sn120 sebesar 0,529 dan Sn140 sebesar 0,513. Nilai SNR meningkat seiring dengan energi yang di gunakan.



3. **Nilai NPS:** Berada pada frekuensi 0,28, kecuali pada protokol Sn100.

Protokol	Frekuensi	Nilai Peak NPS
Standar	0.28	430.65
Sn100	0.2	391.80
Sn110	0.28	255.52
Sn120	0.28	330.89
Sn140	0.28	253.74



Gambar 8: Grafik Nilai NPS dari Masing-masing Protokol Tin Filter

4. **Penurunan Dosis Radiasi:** Kemudian dicatat dosis radiasi dari hasil scanning water phantom tersebut berupa CTDIvol dan DLP sebagai berikut :

Protokol	CTDIvol	DLP
Standart	16,71	110
Sn100	9,70	81
Sn110	13,42	113
Sn120	16,53	139
Sn140	20,24	170

Terdapat penurunan dosis radiasi sebesar 41,95% dibanding protokol standar.

5. **Analisis subjektif** oleh dua orang radiolog dengan nilai kappa yang dihasilkan sebesar 0,75 dengan nilai signifikan 0,013 menunjukkan adanya korelasi atau tingkat kesepakatan pada level yang moderate, bahwa protokol pemeriksaan CT Scan Mastoid dengan Sn100 dapat memberikan hasil kualitas citra yang baik sehingga dapat membantu dalam menegakkan diagnosa.

Kesimpulan: Protokol Tin Filter ini sangat berguna pada pemeriksaan *CT Scan Mastoid*, karena terbukti menurunkan dosis radiasi dari protokol standar/tanpa tin filter ke protokol Sn100 sebesar 41,95%, dan kualitas gambar yang dihasilkan cukup baik dengan nilai noise yang tidak jauh berbeda dan cukup untuk keperluan diagnosa dan lagi *noise* yang ditimbulkan oleh protokol ini masih dalam batas wajar karena peningkatan noise yang dihasilkan pada variasi Tin Filter ini tidak terlalu tinggi dari protokol standar/tanpa tin filter, sehingga protokol Tin Filter ini dapat digunakan sebagai protokol tetap dan ditetapkan sebagai SOP pemeriksaan *CT Scan Mastoid Low Dose* di RS Hermina Depok.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dexian Tan A, Ng JH, Lim SA, Low DYM, Yuen HW. Classification of Temporal Bone Pneumatization on High-Resolution Computed Tomography: Prevalence Patterns and Implications. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States)*. 2018;159(4):743-749. doi:10.1177/0194599818778268
2. Lell MM, May MS, Brand M, et al. Imaging the paranasal region with a third-generation dual-source CT and the effect of tin filtration on image quality and radiation dose. *Am J Neuroradiol*. 2015;36(7):1225-1230. doi:10.3174/ajnr.A4270
3. Choi YS, Choo HJ, Lee SJ, Kim DW, Han JY, Kim DS. Computed tomography arthrography of the shoulder with tin filter-based spectral shaping at 100 kV and 140 kV. *Acta radiol*. Published online 2020. doi:10.1177/0284185120965551
4. Hamann A, Di HC, Crm CT. Tin Filter spectral shaping – a demonstration of Agatston equivalence. Published online 2017.
5. Rajendran K, Voss BA, Zhou W, et al. Dose Reduction for Sinus and Temporal Bone Imaging Using Photon-Counting Detector CT with an Additional Tin Filter. *Invest Radiol*. 2020;55(2):91-100. doi:10.1097/RLI.0000000000000614
6. Leschka S, Stolzmann P, Desbiolles L, et al. Diagnostic accuracy of high-pitch dual-source CT for the assessment of coronary stenoses: First experience. *Eur Radiol*. 2009;19(12):2896-2903. doi:10.1007/s00330-009-1618-9
7. Lell M, Marwan M, Schepis T, et al. Prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition for coronary CT angiography using dual source CT: Technique and initial experience. *Eur Radiol*. 2009;19(11):2576-2583. doi:10.1007/s00330-009-1558-4
8. Tacelli N, Remy-Jardin M, Flohr T, et al. Dual-source chest CT angiography with high temporal resolution and high pitch modes: Evaluation of image quality in 140 patients. *Eur Radiol*. 2010;20(5):1188-1196. doi:10.1007/s00330-009-1638-5
9. Ertel D, Lell MM, Harig F, Flohr T, Schmidt B, Kalender WA. Cardiac spiral dual-source CT with high pitch: A feasibility study. *Eur Radiol*. 2009;19(10):2357-2362. doi:10.1007/s00330-009-1503-6

10. Singh S, Kalra MK, Gilman MD, et al. Adaptive Statistical Iterative Reconstruction Technique for Radiation Dose Reduction in Chest CT: A Pilot Study 1. *Radiology*. 259. doi:10.1148/radiol.11101450/-/DC1
11. Kalmar PI, Quehenberger F, Steiner J, et al. The impact of iterative reconstruction on image quality and radiation dose in thoracic and abdominal CT. *Eur J Radiol*. 2014;83(8):1416-1420. doi:10.1016/j.ejrad.2014.05.017
12. Mannudeep K, Kalra, Michael M, Maher, Thomas L, Toth, Bernhard Schmidt, Bryan L, Westerman, Hugh T, Morgan SS. Techniques and Applications of Automatic Tube Current Modulation for CT1 Introduction. *RSNA*. Published online 2004.
13. Mcnitt-gray M. Tube Current Modulation Approaches : Overview , Practical Issues and Potential Pitfalls Tube Current Modulation - Overview. *Current*. Published online 2011.
14. McKenney SE, Seibert JA, Lamba R, Boone JM. Methods for CT automatic exposure control protocol translation between scanner platforms. *J Am Coll Radiol*. 2014;11(3):285-291. doi:10.1016/j.jacr.2013.10.014
15. Magnuson B. Functions of the mastoid cell system: Auto-regulation of temperature and gas pressure. *J Laryngol Otol*. 2003;117(2):99-103. doi:10.1258/002221503762624512
16. Alper CM, Luntz M, Takahashi H, et al. Panel 2: Anatomy (Eustachian Tube, Middle Ear, and Mastoid—Anatomy, Physiology, Pathophysiology, and Pathogenesis). *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States)*. 2017;156(4_suppl):S22-S40. doi:10.1177/0194599816647959
17. Khosravi M, Jabbari Moghaddam Y, Esmaeili M, Keshtkar A, Jalili J, Tayefi Nasrabadi H. Classification of mastoid air cells by CT scan images using deep learning method. *J Big Data*. 2022;9(1):1-14. doi:10.1186/s40537-022-00596-1
18. Sowby FD. ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. *Ann ICRP*. 1981;6(1):1. doi:10.1016/0146-6453(81)90127-5
19. Kovalchuk A, Kolb B. Low dose radiation effects on the brain—from mechanisms and behavioral outcomes to mitigation strategies. *Cell Cycle*. 2017;16(13):1266-

1270. doi:10.1080/15384101.2017.1320003
20. Romans LE. Computed Tomography for Technologist. Published online 2011.
 21. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM, Goldschmidt EJ. *The Essential Physics of Medical Imaging*. Vol 30.; 2012. doi:10.1118/1.1585033
 22. Tack D, Kalra MK, Gevenois PA. *Radiation Dose from Multidetector CT.*; 2012. doi:10.1007/987-3-642-24535-0
 23. SEERAM E. *COMPUTED TOMOGRAPHY Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control*. FOURTH. Elsevier; 2016.
 24. Braun FM, Johnson TRC, Sommer WH, Thierfelder KM, Meinel FG. Chest CT using spectral filtration: radiation dose, image quality, and spectrum of clinical utility. *Eur Radiol*. 2015;25(6):1598-1606. doi:10.1007/s00330-014-3559-1
 25. Hsieh J. *Computed Tomography*. Vol 53.; 2009. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
 26. Mozaffary A, Trabzonlu TA, Kim D, Yaghmai V. Comparison of tin filter–based spectral shaping CT and low-dose protocol for detection of urinary calculi. *Am J Roentgenol*. 2019;212(4):808-814. doi:10.2214/AJR.18.20154
 27. Schüle S, Strobel JRB, Lorenz KJ, Beer M, Hackenbroch C. Tin filter compared to low kV protocols - optimizing sinonasal imaging in computed tomography. *PLoS One*. 2023;18(1 January):1-13. doi:10.1371/journal.pone.0279907
 28. Agostini A, Borgheresi A, Carotti M, et al. Third-generation iterative reconstruction on a dual-source, high-pitch, low-dose chest CT protocol with tin filter for spectral shaping at 100 kV: a study on a small series of COVID-19 patients. *Radiol Medica*. 2021;126(3):388-398. doi:10.1007/s11547-020-01298-5
 29. Zhang GMY, Shi B, Sun H, et al. High-pitch low-dose abdominopelvic CT with tin-filtration technique for detecting urinary stones. *Abdom Radiol*. 2017;42(8):2127-2134. doi:10.1007/s00261-017-1103-x
 30. Kimura K, Fujioka T, Mori M, et al. Dose Reduction and Diagnostic Performance of Tin Filter–Based Spectral Shaping CT in Patients with Colorectal Cancer. *Tomography*. 2022;8(2):1079-1089. doi:10.3390/tomography8020088
 31. Zhang G, Marshall N, Jacobs R, Liu Q, Bosmans H. Bowtie filtration for dedicated cone beam CT of the head and neck: A simulation study. *Br J Radiol*. 2013;86(1028). doi:10.1259/bjr.20130002

32. Greffier J, Pereira F, Hamard A, Addala T, Beregi JP, Frandon J. Effect of tin filter-based spectral shaping CT on image quality and radiation dose for routine use on ultralow-dose CT protocols: A phantom study. *Diagn Interv Imaging*. 2020;101(6):373-381. doi:10.1016/j.diii.2020.01.002
33. Litasova S, Hidayanto E, Azam M, Fisika D, Sains F, Diponegoro U. Pengaruh ketebalan dan kombinasi jenis filter terhadap nilai Entrance Skin Exposure (ESE) menggunakan factor eksposi pemeriksaan kepala. *Youngster Phys J*. 2018;7(2):67-75.
34. Kartawiguna D. Pemindai Tomografi Komputer. Published online 2014.
35. Kenneth A Miles, James D Eastwood MK. Multidetector Computed Tomography in Cerebrovascular Disease. Published online 2007.
36. Webb S. *WEBB'S PHYSICS OF MEDICAL IMAGING*. Vol 546. Second Edi. (John G Webster, E Russell Ritenour, Slavik Tabakov KHN, ed.); 2012. doi:10.1016/j.nima.2005.03.127
37. Chang W, Lee JM, Lee K, et al. Assessment of a model-based, iterative reconstruction algorithm (MBIR) regarding image quality and dose reduction in liver computed tomography. *Invest Radiol*. 2013;48(8):598-606. doi:10.1097/RLI.0b013e3182899104
38. Scheffel H, Stolzmann P, Schlett CL, et al. Coronary artery plaques: Cardiac CT with model-based and adaptive-statistical iterative reconstruction technique. *Eur J Radiol*. 2012;81(3):e363-e369. doi:10.1016/j.ejrad.2011.11.051
39. Rapalino O, Kamalian SS, Kamalian SS, et al. Cranial CT with Adaptive Statistical Iterative Reconstruction : Improved Image Quality with Concomitant Radiation Dose Reduction. *Am J Neuroradiol*. 2012;33(4):609-615. doi:10.3174/ajnr.A2826
40. Gervaise A, Osemont B, Lecocq S, et al. CT image quality improvement using adaptive iterative dose reduction with wide-volume acquisition on 320-detector CT. *Eur Radiol*. 2012;22(2):295-301. doi:10.1007/s00330-011-2271-7
41. von Falck C, Bratanova V, Rodt T, et al. Influence of Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction of CT Data on Image Noise Characteristics and Low-Contrast Detectability: An Objective Approach. *PLoS One*. 2013;8(2):1-10. doi:10.1371/journal.pone.0056875

42. Bushberg-The Essential Physics of Medical Imaging_2ed.pdf. Published online 2002.
43. McNitt-Gray MF. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in CT. Radiation dose in CT. *Radiographics*. 2002;22(6):1541-1553. doi:10.1148/rg.226025128
44. Hindi K, Alazzawi S, Raman R, Prepageran N, Rahmat K. Pneumatization of Mastoid Air Cells, Temporal Bone, Ethmoid and Sphenoid Sinuses. Any Correlation? *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2014;66(4):429-436. doi:10.1007/s12070-014-0745-z
45. Bhimani A, Charles •, Horngren T, Datar SM, Madhav •, Rajan V. *Essentials of Anatomy And Physiology*.; 2018. www.pearson-books.com
46. Sethi A, Singh I, Agarwal AK, Sareen D. Pneumatization of mastoid air cells: Role of acquired factors. *Int J Morphol*. 2006;24(1):35-38. doi:10.4067/S0717-95022006000100007
47. Ilea A, Butnaru A, Sfrângeu SA, et al. Role of mastoid pneumatization in temporal bone fractures. *Am J Neuroradiol*. 2014;35(7):1398-1404. doi:10.3174/ajnr.A3887
48. Palma S, Bovo R, Benatti A, et al. Mastoiditis in adults: A 19-year retrospective study. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*. 2014;271(5):925-931. doi:10.1007/s00405-013-2454-8
49. Schilder AGM, Chonmaitree T, Cripps AW, et al. Otitis media. *Nat Rev Dis Prim*. 2016;2:1-19. doi:10.1038/nrdp.2016.63
50. Iwai K, Hashimoto K, Nishizawa K, Sawada K, Honda K. Evaluation of effective dose from a RANDO phantom in videofluorography diagnostic procedures for diagnosing dysphagia. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2011;40(2):96-101. doi:10.1259/dmfr/51307488
51. McKenzie KA, Mahnken JD. Simulating and estimating agreement in the presence of multiple raters and covariates. *Stat Med*. 2023;42(11):1687-1698. doi:10.1002/sim.9694
52. Woods M, Brehm M. Shaping the beam Versatile filtration for unique diagnostic potential within Siemens Healthineers CT.
53. El-Khoury GY, Bennett DL, Ondr GJ. *Multidetector-Row Computed*

Tomography. Vol 12.; 2004. doi:10.1007/b139071

54. Noviliawati R, Anam C, Sutanto H, Dougherty G, Mak'ruf MR. Automatic validation of the gantry tilt in a computed tomography scanner using a head polymethyl methacrylate phantom. *Polish J Med Phys Eng*. 2021;27(1):57-62. doi:10.2478/pjmpe-2021-0008
55. Anam C, Amilia R, Naufal A, Budi WS, Maya AT, Dougherty G. The automated measurement of CT number linearity using an ACR accreditation phantom. *Biomed Phys Eng Express*. 2023;9(1):17002. doi:10.1088/2057-1976/aca9d5
56. Widyanti ER, Anam C, Hidayanto E, Naufal A, Haekal M. An evaluation of automated measurement of slice sensitivity profile of computed tomography image: Field of view variations. *Indones J Electr Eng Comput Sci*. 2023;29(3):1430-1437. doi:10.11591/ijeecs.v29.i3.pp1430-1437
57. Setiawan AMB, Anam C, Hidayanto E, Sutanto H, Naufal A, Dougherty G. Comparison of noise-power spectrum and modulation-transfer function for CT images reconstructed with iterative and deep learning image reconstructions: An initial experience study. *Polish J Med Phys Eng*. 2023;29(2):104-112. doi:10.2478/pjmpe-2023-0012
58. Rodrigues H, Ramos R, Fagundes L, et al. Mastoid, middle ear and inner ear analysis in CT scan – a possible contribution for the identification of remains. *Med Sci Law*. 2020;60(2):102-111. doi:10.1177/0025802419893424