



THE REDUCTION OF METAL ARTIFACTS USING BAND PASS MEDIAN FILTER ON HEAD CT SCAN

PENAPISAN ARTEFAK LOGAM DENGAN MENGGUNAKAN BAND PASS MEDIAN FILTER PADA CT-SCAN KEPALA

Nimas Rokhmatik Dayyana¹, Pramono², Khusnul Ain³, Amilia Kartikasari¹,
Riky Tri Yunardi^{4*}

¹ Department of Health, Faculty of Vocational Studies, Universitas Airlangga, Indonesia

² Department of Radiology, Dr. Soetomo Hospital, Indonesia

³ Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Indonesia

⁴ Department of Engineering, Faculty of Vocational Studies, Universitas Airlangga, Indonesia

ABSTRACT

Background: One of the artifacts found on the CT scan is a metal artifact. Metal artifacts are caused by metal objects present in patients' bodies. The file of metal artifacts can cover the organ that will be evaluated, and it can be inferred with the pixel value (CT number) assessment of the tissue around the metal. **Purpose:** To determine the effect of the band pass median filter and find the optimal filter to reduce metal artifacts on the head CT scan. **Method:** A total of 43 samples of patients's files from head CT-scan without any contrast were reconstructed using four band pass median filters and obtained R1, R2, R5, and R10 filters. Two radiology specialists were assessed for the reduction of metal artifacts using the ImageJ application. **Result:** Four variations of the filter affected the reduction of metal artifacts because the band pass median filter maintained a point that was close to its neighboring points and points that were different from its neighboring points by replacing the value of the pixel with the median value of the grey level of neighboring pixels. The optimal filter recommendation is the R1 filter because it has the largest SNR value (16.9773) and the smallest RMSE value (8.57501) so that the result of the image is more informative and has a diagnostic value. **Conclusion:** The four filter variations were affected by reducing metal artifacts. Images with substantial SNR and fractional RMSE values produced an image that was more informative and still had diagnostic value.

ABSTRAK

Latar belakang: Salah satu artefak yang ditemukan pada CT-scan adalah artefak logam. Artefak ini disebabkan oleh adanya benda logam di sekitar tubuh pasien yang akan di-scan. Gambaran yang dihasilkan dari berkas pancaran logam dapat mengaburkan organ yang diperiksa dan mengganggu nilai dari jaringan tersebut **Tujuan:** Untuk mengetahui pengaruh *band pass median* filter dan mencari filter optimal *band pass median* filter untuk mengurangi artefak logam pada CT-scan kepala. **Metode:** Mengambil sebanyak 10 sampel data pasien dari CT-scan kepala tanpa kontras, dari setiap sampel akan diambil beberapa irisan yang mengandung artefak logam, sehingga didapatkan jumlah total 43 gambar dalam 10 sampel. Kemudian dari 43 gambar direkonstruksi menggunakan *band pass median* filter dan setiap gambar diberikan filter R1, R2, R5, R10. Selanjutnya, hasil dari filter pengurangan artefak logam akan dievaluasi oleh 2 dokter spesialis radiologi menggunakan kuisioner, kemudian pengurangan artefak logam juga dinilai menggunakan RMSE dan SNR pada *ImageJ*. **Hasil:** Keempat variasi filter berpengaruh terhadap pengurangan artefak logam karena *band pass median* filter bekerja dengan mempertahankan titik yang dekat dengan gambaran artefak dan titik yang nilainya berbeda dengan titik tetangganya dengan mencari nilai median dari piksel tetangganya. Rekomendasi filter yang optimal adalah filter R1 karena memiliki nilai SNR terbesar (16,9773) dan nilai RMSE terkecil (8,57501) sehingga memiliki nilai diagnistik dan hasil citra lebih informatif. **Kesimpulan:** Keempat variasi filter berpengaruh terhadap pengurangan artefak logam, citra dengan nilai SNR besar, dan RMSE kecil menghasilkan gambar yang lebih informatif dan masih memiliki nilai diagnostik.

Research Report
Penelitian

ARTICLE INFO

Received 30 December 2020

Revised 19 December 2021

Accepted 12 July 2022

Online 30 July 2022

Correspondence:

Riky Tri Yunardi

E-mail :

riketryunardi@vokasi.unair.ac.id

Keywords:

Artifact reduction, Metal artifacts, Band pass median filter, Head CT scan

Kata kunci:

Penapisan artefak, Artefak logam, Filter *band pass median*, CT Scan kepala



PENDAHULUAN

Pemrosesan citra sangat penting untuk mendiagnosa pasien. Namun, informasi tentang pengolahan citra sering tidak didasari akan kepentingannya. Citra atau gambar adalah kemiripan suatu objek pada keluaran suatu sistem perekaman data, yang mungkin bersifat digital atau disimpan dalam data. Kualitas gambar pada CT-scan dipengaruhi oleh resolusi kontras, resolusi spasial, *noise*, dan artefak (Dove, 2004). Artefak adalah bentuk atau struktur yang tampak pada gambaran CT-scan dibanding dengan objek aslinya, dan artefak dapat disebabkan oleh pasien dan faktor lainnya (Kurniawan et al., 2013).

Salah satu artefak yang ditemukan pada CT-scan adalah artefak logam, yang disebabkan karena adanya benda logam di daerah tubuh pasien yang akan di-scan. Logam mengandung zat tertentu yang dapat mempengaruhi hasil CT-scan. Artefak logam dapat terjadi karena benda logam dapat menyerap sinar-X, sehingga menghasilkan gambaran berkas ketika direkonstruksi pada CT-scan. Hasil gambaran pada CT-scan yang terkena berkas artefak logam dapat menutupi organ yang akan dievaluasi, sehingga dapat mengganggu harga nilai dari piksel (*CT number*) pada jaringan disekitar logam, nilai ini nantinya digunakan untuk menentukan apakah jaringan tersebut normal atau terdapat kelainan, sehingga gambaran artefak harus dikurangi agar tidak mengganggu penilaian dari *CT number* (Kurniawan et al., 2013).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lee et al. (2007) bahwa artefak logam dapat dikurangi dengan mengoptimalkan parameter CT-scan seperti kVp, mAs, *slice thickness*, *collimation*, dan rekonstruksi algoritma atau penggunaan kernel yang dilakukan sebelum pemeriksaan. Penelitian Hakim et al. (2017) menggunakan metode iMAR pada CT 128 *slice Siemens* untuk mengurangi artefak logam. Studi lain oleh Gjestebj et al. (2016) menggunakan MAR pada CT 128 slice GE juga dapat mengurangi artefak logam dan sebuah studi oleh Utaminingrum and Prijono (2007) menggunakan metode *multistage adaptive wiener* lebih baik dibandingkan dengan *median* dan *average* filter untuk mereduksi derau.

Penelitian ini berfokus pada pengurangan artefak logam pada CT-scan kepala. Metode yang digunakan untuk mengurangi artefak logam adalah dengan menggunakan *band pass median* filter yang diterapkan untuk merekonstruksi gambaran CT-scan kepala yang mengandung artefak logam. Penggunaan *band pass median* filter dipilih karena filter tersebut dapat mengurangi artefak logam dengan cara mencari nilai tengah suatu piksel dari gambaran artefak dan memberikan gambaran yang sesuai, sehingga artefak logam yang terdapat pada gambaran dapat berkurang. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengurangi artefak

logam yang terdapat pada gambaran CT-scan kepala sehingga mendapatkan gambaran yang bernilai lebih informatif untuk membantu dokter dalam menegakkan diagnosa suatu penyakit.

MATERIAL DAN METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah analitik observasional dengan pendekatan retrospektif, yakni menggunakan data pasien dengan mengambil hasil gambar dari CT-scan kepala non-kontras dengan artefak logam pada modalitas CT-scan di RSUD dr. Iskak, Tulungagung. Populasi yang diambil dalam penelitian ini adalah semua pemeriksaan CT-scan kepala non-kontras dengan artefak logam yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, dengan kriteria inklusi a) pasien dengan pemeriksaan CT-scan kepala non-kontras, b) terdapat benda-benda logam di daerah kepala, sedangkan kriteria eksklusi a) pasien pemeriksaan CT-scan kepala dengan kontras, b) pasien tanpa benda logam di daerah kepala. Berdasarkan populasi tersebut dan dengan menggunakan rumus *Slovin*, didapatkan hasil sampel pada penelitian ini yaitu 10 sampel yang termasuk ke dalam kriteria inklusi dan eksklusi, dari tiap 1 sampel diambil beberapa bagian gambar yang terdapat artefak logam sehingga total gambar yang diambil adalah 43 gambar. Pengambilan sampel difokuskan pada pemeriksaan CT-scan kepala dengan menggunakan modalitas CT-scan di RSUD dr. Iskak Tulungagung pada bulan Agustus 2020.

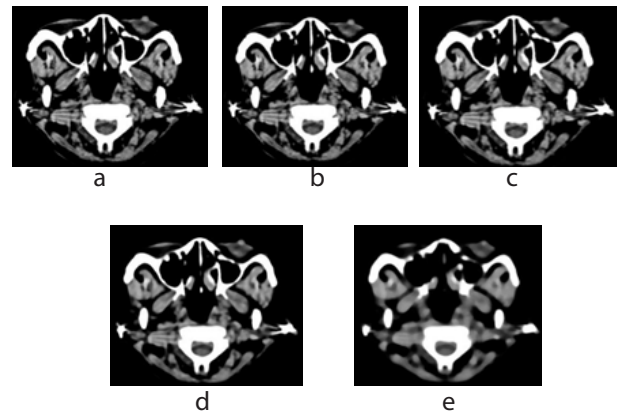
Artefak logam merupakan suatu bentuk atau struktur yang terdapat pada citra CT-scan akibat dari adanya logam yang ada di sekitar daerah pemeriksaan. Hal ini disebabkan karena keseluruhan sinar-X diserap oleh logam dan menghasilkan bayangan seperti berkas pancaran sinar bintang pada citra hasil rekonstruksi CT-scan. CT-scan merupakan media pemeriksaan radiografi yang menampilkan citra secara tomografi melalui bantuan rekonstruksi algoritma dalam menampilkan organ tubuh. *Band pass median* filter merupakan filter untuk mempertahankan titik yang dekat dengan titik-titik tetangganya dan titik yang berbeda dengan tetangganya dengan batasan tertentu dan memilih nilai tengah (*median*) dari piksel citra. Komputasi yang dihasilkan hanya berakibat pada nilai dari piksel-piksel tetangganya. *Band pass median* filter dapat juga diartikan sebagai filter yang dapat mengurangi artefak logam dengan cara mencari nilai tengah suatu piksel dari gambaran artefak dan memberikan gambaran yang sesuai sehingga artefak logam yang terdapat pada gambaran dapat berkurang. *ImageJ* adalah aplikasi untuk menganalisis suatu citra termasuk dalam citra radiologi. Pada penelitian ini *ImageJ* digunakan untuk mereduksi artefak logam.

Ethical clearance dalam penelitian ini menggunakan data retrospektif atau data sekunder dan semua data yang digunakan akan dirahasiakan oleh peneliti berupa keadaan nama (*anonymity*), dalam pengumpulan data peneliti tidak akan mencantumkan nama responden untuk menjaga kerahasiaan identitas. *Confidentiality* (kerahasiaan), peneliti akan melaporkan data tertentu untuk hasil riset dengan tetap menjamin kerahasiaan informasi mengenai responden.

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan yaitu CT-scan Siemen 128 slice, laptop, *software ImageJ*, raw data pasien CT-scan kepala non-kontras dengan artefak logam, dan kuisioner. Prosedur pengambilan data atau sampel dimulai dari mengelompokkan data CT-scan kepala non-kontras dengan artefak logam yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Data yang diambil adalah berupa format DICOM *Image* kemudian diubah menjadi format BMP. Data hasil pemilihan CT-scan kepala non-kontras dengan artefak logam dilakukan pemilihan filter oleh *software ImageJ* dengan cara memilih jendela filter yang akan digunakan, kemudian dilakukan *filtering* pada citra artefak logam dengan teknik *trial and error*. Kemudian dilakukan pengaplikasian hasil dari kinerja filter dengan cara melakukan uji filter yang sudah terpilih pada citra CT-scan kepala dengan artefak logam untuk mendapatkan hasil *filtering* dan penilaian secara kualitatif dengan nilai RMSE dan SNR. Hasil rekonstruksi citra dari masing-masing filter diuji secara kuantitatif dalam bentuk kuisioner dengan skala *Likert* oleh responden yaitu 2 dokter spesialis radiologi, dengan pengalaman kerja minimal 3 - 5 tahun dan dengan teknik *single blinded* yaitu dokter spesialis radiologi tidak mengetahui jenis filter yang digunakan pada citra CT-scan kepala non-kontras. Hasil dari penilaian kualitatif dan kuantitatif diolah sehingga didapatkan kesimpulan pengaruh *band pass median* filter dalam mereduksi artefak logam dan pemilihan *band pass median* filter yang optimal untuk mereduksi artefak logam.

HASIL

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di RSUD dr. Iskak, Tulungagung pada bulan Agustus tahun 2020, diperoleh 10 sampel penelitian data CT-scan kepala non-kontras dengan rincian 1 sampel diambil beberapa gambar yang terdapat artefak logam dan dilakukan proses 4 macam filter setiap gambar yaitu R1, R2, R5, dan R10 dengan menggunakan *ImageJ*. Gambar 1, merupakan salah satu contoh sampel hasil dari pemrosesan citra pada tiap penggunaan filter



Gambar 1. (a) Hasil pemrosesan citra asli, (b) citra filter R1, (c) citra filter R2, (d) citra filter R5, (e) citra filter R10.

Hasil gambar dari sampel disusun menjadi kuisioner lalu dibagikan kepada 2 dokter spesialis radiologi. Pada proses evaluasi oleh dokter spesialis radiologi, peneliti tidak mencantumkan nama pasien pada gambar yang akan dievaluasi. Kuisioner akan menilai pengurangan artefak logam pada citra. Pertanyaan dalam kuisioner menggunakan skala *Likert* dengan lima pilihan jawaban, (a) pengurangan artefak logam banyak sehingga artefak tidak tampak dengan bobot 5, (b) pengurangan artefak logam cukup banyak sehingga artefak tampak samar-samar dengan bobot 4, (c) pengurangan artefak logam cukup sehingga artefak cukup tampak dengan bobot 3, (d) pengurangan artefak logam sedikit sehingga artefak masih tampak jelas dengan bobot 2, (e) artefak logam tampak sama dengan citra asli dengan bobot 1. Kemudian hasil interpretasi dimasukkan ke dalam kriteria pada rumus (Azwar, 2003) yaitu $P = f/N \times 100\%$ (P adalah persentase, f adalah jumlah skor jawaban, N adalah jumlah skor maksimal jika seluruh jawaban benar), dan hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria interpretasi hasil

Pengurangan artefak logam banyak sehingga artefak tidak tampak	Apabila hasilnya 80% - 100%
Pengurangan artefak logam cukup banyak sehingga artefak tampak samar-samar	Apabila hasilnya 60% - 79,999%
Pengurangan artefak logam cukup sehingga artefak cukup tampak	Apabila hasilnya 40% - 59,999%
Pengurangan artefak logam sedikit sehingga artefak masih tampak jelas	Apabila hasilnya 20% - 39,999%
Artefak logam tampak sama dengan citra asli	Apabila hasilnya 0% - 19,999%

Hasil distribusi nilai kuisioner tentang pengurangan artefak logam pada filter R1, R2, R5, dan R10 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi nilai kuisioner pengurangan artefak logam

Pilihan jawaban	Jenis filter			
	R1	R2	R5	R10
Pengurangan artefak logam banyak sehingga artefak tidak tampak (skor 5)	0	0	4	34
Pengurangan artefak logam cukup banyak sehingga artefak tampak samar-samar (skor 4)	1	1	4	25
Pengurangan artefak logam cukup sehingga artefak cukup tampak (skor 3)	0	2	4	1
Pengurangan artefak logam sedikit sehingga artefak masih tampak jelas (skor 2)	11	19	62	24
Artefak logam tampak sama dengan citra asli (skor 1)	74	64	12	2

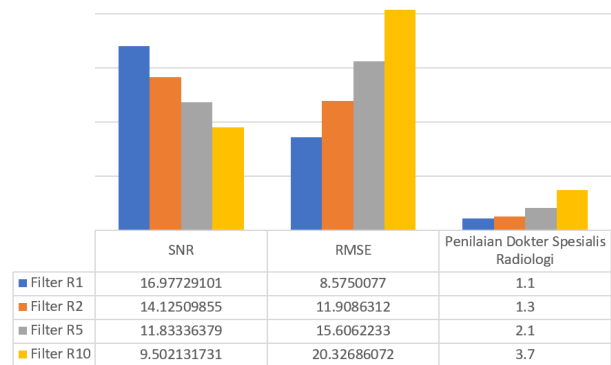
Berdasarkan distribusi nilai kuisioner (Tabel 2), kemudian diakumulasi dan dimasukkan ke dalam persentase dan kriteria interpretasi hasil dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase dan kriteria pengurangan artefak logam

Filter	Hasil persentase dan kriteria	
	Persentase	Kriteria
R1	23,2 %	Pengurangan artefak logam sedikit sehingga artefak masih tampak jelas
R2	26,0%	Pengurangan artefak logam sedikit sehingga artefak masih tampak jelas
R5	42,7%	Pengurangan artefak logam cukup sehingga artefak cukup tampak
R10	91,6%	Pengurangan artefak logam banyak sehingga artefak tidak tampak

Kemudian hasil citra dinilai dengan menggunakan SNR dan RMSE pada *ImageJ* dan diambil rata-rata dari tiap filter. Rata-rata dari nilai SNR, RMSE, dan kuisioner dokter radiologi disajikan dengan diagram batang pada Gambar 3.

Rata-rata hasil penilaian terhadap masing-masing filter



Gambar 3. Diagram batang rata-rata hasil penilaian dengan SNR, RMSE, dan penilaian dokter spesialis radiologi.

PEMBAHASAN

Computed Tomography menurut Bontrager and Lampignano (2005) merupakan media pemeriksaan radiografi yang menampilkan citra secara tomografi melalui bantuan rekonstruksi algoritma dalam menampilkan organ tubuh. Gambaran yang dihasilkan dari pencitraan CT adalah gambaran secara serial dari potongan pokok tomografi, gambaran tajam, dan bebas dari superposisi dari struktur atas dan bawahnya (Dendy and Heaton, 1999). Adanya benda-benda logam pada tubuh pasien dapat menyebabkan artefak berupa pancaran dari logam tersebut, sama seperti yang dikatakan oleh Barrett and Keat (2004), bahwa artefak logam dapat terjadi karena logam berada di luar kisaran normal yang tidak dapat ditangani oleh komputer, sehingga menghasilkan atenuasi yang tidak lengkap. Namun, selain itu Barrett and Keat (2004) mengatakan artefak logam juga dapat disebabkan oleh *beam hardening*, *partial volume*, dan *aliasing* yang cenderung menambah adanya masalah pada komponen saat scanning objek.

CT mampu menampilkan citra yang berasal dari intensitas sinar-X transmisi dengan tingkat perbedaan koefisien (Bushberg et al., 2002). Tubuh manusia terdiri dari berbagai organ atau jaringan yang memiliki komposisi dan densitas yang berbeda. Komposisi dan densitas jaringan ini sangat menentukan besar sinar-X yang diserap oleh jaringan (Trust, 2009). Pada prinsipnya menurut Wicaksono (2016) tomografi komputer mengukur distribusi spasial (ruang) suatu kuantitas fisik yang akan diamati dari arah yang berbeda-beda dengan tujuan untuk merekonstruksi gambar yang bebas dari superimposisi dari data tersebut. Proses pembentukan citra CT-scan meliputi akuisisi data, rekonstruksi citra, dan *image display* (Seeram et al., 2016).

Band Pass Filter (BPF) merupakan suatu bentuk filter yang mengambil frekuensi tinggi dan rendah dengan batasan tertentu dan digunakan dalam proses ketajaman gambar. Ciri-ciri dari BPF yaitu nilai-nilainya terdiri dari positif, nol, dan jumlah dari semua nilainya tidak sama dengan nol (Basuki, 2005). Menurut Iriyanto and Zaini (2014), *median filter* bekerja dengan cara mengisi nilai dari setiap piksel dengan nilai tengah dari piksel tetangganya atau piksel sampingnya. Proses pemilihan *median* ini diawali dengan terlebih dahulu mengurutkan nilai-nilai piksel yang berdekatan, kemudian dipilih nilai tengahnya. Hampir sama dengan yang dikatakan oleh (Munir, 2004) bahwa *median filter* sebagai suatu jendela yang memuat sejumlah piksel ganjil, kemudian jendela akan digeser titik demi titik pada seluruh daerah citra.

Band pass median filter merupakan filter yang memiliki rata-rata piksel dalam suatu gambar dengan menjaga titik dekat dengan titik tetangga dan titik yang memiliki perbedaan tertentu dari piksel sampingnya. Perhitungan yang dihasilkan hanya memberikan nilai piksel yang berdekatan. Komputasi yang dihasilkan hanya berakibat pada nilai dari piksel dan piksel-piksel sampingnya. Selanjutnya menurut Maziyah and Noortjahja (2007) titik tersebut nantinya akan diganti dengan mencari warna rata-rata disekitar titik tersebut. Batasan tertentu yang dimaksudkan yaitu jarak atau radius dari piksel yang akan diubah berdasarkan nilai tengah dari piksel tetangganya. *Band pass median filter* dapat memperbaiki citra karena menghasilkan gambar dengan mempertahankan titik yang akan diproses agar tidak terlalu rendah atau tinggi sesuai dengan batasan. *Band pass* akan memfilter struktur besar (koreksi bayangan) dan menghaluskan struktur kecil dari ukuran piksel yang akan ditentukan, sehingga akan didapat gambaran yang lebih baik dan dapat mengurangi artefak logam. Faktor yang dapat mempengaruhi filter ini yaitu nilai piksel dan radius yang akan digunakan. Semakin besar piksel yang akan digunakan maka akan semakin halus hasil citra yang diolah, akan tetapi dapat menurunkan kualitas citra. Sebaliknya semakin kecil nilai piksel akan mempertajam hasil citra.

Pemilihan filter R1, R2, R5, dan R10 pada proses *filtering* ini didasarkan pada perwakilan dari tiap piksel yang sudah dilakukan proses *trial and error* pada filter yang dipakai. R1 merupakan perwakilan dari radius 1 piksel, R2 merupakan perwakilan dari radius 2 piksel, R5 merupakan perwakilan dari radius 5 piksel, dan R10 merupakan perwakilan dari radius 10 piksel. Proses filter akan dilakukan pada tiap radius, misalkan pada filter R1 akan melakukan *filtering* pada tiap jarak 1 piksel sehingga akan mendekati dari nilai piksel sampingnya dan berlaku sama pada filter lainnya.

Hasil penilaian secara subjektif oleh dokter spesialis radiologi mengenai pengurangan artefak

logam berdasarkan 4 macam filter yaitu filter R1, R2, R5, dan R10 memiliki total skor yang berbeda. Proses pengurangan artefak logam dengan skor tertinggi memiliki arti bahwa citra tersebut telah tereduksi atau mengalami pengurangan artefak logam sedangkan untuk skor terendah memiliki arti bahwa citra tersebut masih sama dengan citra asli atau belum mengalami pengurangan artefak logam walaupun sudah dilakukan pemfilteran.

ImageJ, program berbasis Java yang digunakan untuk menganalisa suatu gambar (Schneider et al. 2012). *ImageJ* dapat mengedit, menganalisa, memproses gambar, dan mendukung fungsi pengolahan citra (Rueden et al., 2017). Menurut Widayati (2009), *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah salah satu dari berbagai cara untuk mengukur jumlah dengan estimator berbeda dari nilai benar banyaknya nilai yang diperkirakan, sebagai *loss function*. RMSE disebut juga *squared error loss*. MSE mengukur "error" dari empat persegi. *Error* adalah jumlah yang diperkirakan dari kuantitas yang diperkirakan. Perbedaan yang terjadi karena nilai acak atau karena estimator tidak dapat menghasilkan nilai untuk informasi yang dapat menghasilkan perkiraan lain yang lebih akurat. Kemudian pada penilaian RMSE menggunakan *ImageJ* merupakan penilaian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengukur kesalahan kuadrat dari hasil citra asli dengan citra yang telah difilter dan yang dipilih adalah citra dengan nilai RMSE terbesar. Semakin tinggi nilai RMSE maka semakin tinggi tingkat *error* dari gambar yang difilter sehingga gambar yang dihasilkan kurang mirip dengan gambar aslinya (Saselah et al., 2013). Ketika citra mendekati nilai 0, maka citra tersebut akan mendekati nilai dari citra asli (Wedianto et al., 2016) yang berarti tidak ada perubahan dari citra filter tersebut. Sebaliknya, jika nilai RMSE terbesar maka citra filter tersebut mengalami perubahan yaitu semakin banyak mengalami penurunan artefak logam. Namun, dalam hal ini semakin banyak citra mengalami penurunan artefak logam maka citra tersebut semakin kabur atau terjadi penurunan juga terhadap kualitas citra hasil filter.

Pada penelitian ini, nilai rata-rata RMSE yang bagus merupakan yang terbesar dan masih bisa memberikan nilai diagnostik menurut dokter spesialis radiologi. Nilai RMSE terendah diperoleh dari proses pemfilteran dengan menggunakan filter R1, sedangkan nilai RMSE tertinggi dengan menggunakan filter R10. Filter R1 memperoleh hasil rata-rata sedikit karena dalam proses pemfilteran dengan *band pass median filter* citra tersebut diubah dengan jarak tiap 1 piksel sehingga berakibat citra tersebut memiliki hasil hampir sama dengan citra asli, sedangkan pada R10 memperoleh rata-rata yang jauh lebih besar dari yang lainnya karena pada hasil filter menggunakan jarak tiap 10 piksel sehingga gambar yang dihasilkan berbeda jauh dengan citra asli.

Nilai SNR terbaik merupakan nilai terbesar (Yuwono, 2010) karena nilai SNR berasal dari nilai kualitas citra filter dibandingkan dengan nilai kualitas citra aslinya. Nilai *noise* yang tinggi akan menimbulkan artefak yang dapat mengganggu resolusi kontras citra CT-scan yang akhirnya akan mempengaruhi hasil diagnosis (Athira, 2012). Semakin tinggi nilai SNR, semakin rendah rasio *signal to noise*, sinyalnya adalah gambaran *noise* dari citra asli. SNR terbaik diantara keempat filter adalah filter SNR tipe R1. Nilai SNR tidak selalu menentukan gambaran terbaik, untuk penilaian visual dapat dievaluasi oleh dokter spesialis radiologi. Diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai dari hasil pengurangan artefak logam yang berupa penilaian RMSE, SNR, dan penilaian dokter spesialis radiologi dikarenakan RMSE dan SNR saling berhubungan. Semakin besar nilai dari RMSE maka akan semakin kecil nilai SNR, dan berlaku sebaliknya. Kemudian berdasarkan penilaian dokter mengenai pengurangan artefak logam dari hasil citra yang sudah difilter, dokter memilih R1 yang dapat mengurangi artefak logam karena lebih informatif dan masih memiliki nilai diagnostik. Diketahui bahwa filter R1 memiliki rata-rata nilai pengurangan artefak logam yang paling rendah dibandingkan dengan filter R2, R5, dan R10, baik dari penilaian dokter spesialis radiologi maupun menggunakan *ImageJ*. Sebaliknya, filter R10 memiliki rata-rata nilai pengurangan artefak logam yang paling tinggi dibandingkan dengan filter R1, R2, dan R5, baik dari penilaian dokter spesialis radiologi maupun menggunakan *ImageJ*. Kemudian R1 memiliki nilai SNR terbesar dikarenakan pada SNR menilai adanya perbedaan piksel pada citra. Pada R1 memfilter pada tiap 1 piksel citra sehingga semakin besar peningkatan kualitas citra dan disebabkan karena kemungkinan citra yang dihasilkan memiliki warna sama dengan titik-titik gambar asli, sehingga *noise* dapat dengan mudah disaring.

Pemilihan filter yang digunakan untuk pengurangan artefak logam pada CT-scan kepala sebaiknya memperhatikan hasil kuisioner penilaian dokter radiologi, penilaian RMSE, dan SNR. Berdasarkan nilai RMSE diambil dengan nilai terbesar dikarenakan pada hasil filter dan citra asli sebelum terfilter RMSE terbesar menunjukkan bahwa citra mengalami perbedaan dengan citra asli yaitu berupa penurunan artefak logam. Kemudian berdasarkan penilaian SNR diambil hasil nilai yang terbesar dimana hasil penilaian SNR terbesar menunjukkan semakin rendah rasio sinyal terhadap *noise*, sehingga semakin baik kualitas sinyal tersebut, dalam hal ini sinyal merupakan citra asli yang *noise*. Namun, besar nilai RMSE dan SNR belum tentu menentukan citra hasil terbaik menurut dokter spesialis radiologi. Menurut dokter spesialis radiologi pada kolom kesimpulan dan saran dalam kuisioner didapatkan bahwa R1 merupakan filter yang memiliki nilai diagnostik walaupun masih terdapat artefak logam.

KESIMPULAN

Variasi *band pass median* filter R1, R2, R5, dan R10 yang diambil untuk mengurangi artefak logam telah diaplikasikan pada citra CT-scan kepala tanpa kontras. Hasil analisa data menunjukkan bahwa keempat bentuk filter tersebut memiliki efek mereduksi artefak logam karena *band pass median* filter dapat mengurangi artefak logam dengan cara mencari nilai tengah suatu piksel dari gambaran artefak dan memberikan gambaran yang sesuai sehingga artefak logam yang terdapat pada gambaran dapat berkurang, atau dapat dikatakan bahwa *band pass median* filter bekerja dengan menjaga suatu titik atau gambaran yang berbeda pikselnya dengan mengganti nilai piksel berupa nilai tengah dari tingkat keabuan piksel sampingnya, sehingga dapat mengurangi distorsi logam dengan kualitas gambar lebih rendah, tetapi masih dapat dilihat dan didiagnosis. Rekomendasi filter yang optimal untuk digunakan pada citra CT-scan kepala tanpa kontras adalah filter R1 karena memiliki nilai SNR terbesar (16,9773) dan nilai RMSE terkecil (8,57501) sehingga citra yang dihasilkan lebih informatif dan memiliki nilai diagnostik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi terhadap penelitian ini. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Athira, N., 2012. Efek Filtrasi Artefak pada Citra Computed Tomography (CT) Fantom Kepala.
- Azwar, S., 2003. Sikap Manusia, Teori dan Pengukurannya, 2 nd. ed. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Barrett, J.F., Keat, N., 2004. Artifacts in CT : Recognition and Avoidance. *Radiographics* Vol.24(6), Pp. 1679-1691.
- Basuki, A., 2005. Image Filtering. In: *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Visual Basic*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Bontrager, K.L., Lampignano, J.P., 2005. *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*, 6 th. ed. Elsevier Mosby, New York.
- Bushberg, J.T., Seibert, J.A., Leidholdt, Jr., E.M., Boone, J.M., 2002. *The Essential Physics of Medical Imaging*, 2nd Edition. In: *The Essential Physics of Medical Imaging*, 2nd Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
- Dendy, P.P., Heaton, B., 1999. *Physics for Diagnostic Radiology*, 2 nd. ed. Institute of Physics Publishin, Bristol and Philadelphia.

- Dove, E.L., 2004. Notes on Computerized Tomography.
- Gjesteby, L., Man, B. De, Jin, Y., Paganetti, H., Verburg, J., Giantsoudi, D., Wang, G., 2016. Metal Artifact Reduction in CT: Where Are We After Four Decades?. IEEE. URL <https://ieeexplore.ieee.org/document/7565564>
- Hakim, A., Slotboom, J., Lieger, O., Schlittler, F., Giger, R., Michel, C., Wiest, R., Wagner, F., 2017. Clinical Evaluation of The Iterative Metal Artefact Reduction Algorithm for Post-operative CT Examination After Maxillofacial Surgery. *Dentomaxillofacial Radiol.* Vol.46(4).
- Iriyanto, S.Y., Zaini, T.M., 2014. Pengolahan Citra Digital. Anugrah Utama Raharja (AURA), Lampung.
- Kurniawan, A.N., Widodo, T.S., Soesanti, I., 2013. Penapisan Artifak Logam pada Citra CT-scan dengan Spatial Filter. *JNTETI (Jurnal Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Informasi)* Vol.2(1), Pp. 52-61.
- Lee, M.-J., Kim, S., Lee, S.-A., Song, H.-T., Huh, Y.-M., Kim, D.-H., Han, S.H., Suh, J.-S., 2007. Overcoming Artifacts from Metallic Orthopedic Implants at High Field Strength MR Imaging and Multidetector. *Radiographics* Vol.27(3), Pp. 791-803.
- Maziyah, M., Noortjahja, A., 2007. Implementasi VB 6.0 pada Face Detection Berbasis Image Processing untuk Sistem Identifikasi. *J. Fis. dan Apl.* Vol.3(2), Pp. 070209-1-070209-9.
- Munir, R., 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Informatika, Bandung.
- Rueden, C.T., Schindelin, J., Hiner, M.C., DeZonia, B.E., Walter, A.E., Arena, E.T., Eliceiri, K.W., 2017. ImageJ for The Next Generation of Scientific Image Data. *BMC Bioinformatics* Vol.18(529), Pp.1-26.
- Saselah, G., Weku, W., Latumakulita, L., 2013. Perbaikan Citra Digital dengan menggunakan Filtering Technique dan Similarity Measurement. *d'Cartesian J. Mat. dan Apl.* Vol.2(2), Pp. 1-9.
- Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W., 2012. NIH Image to ImageJ: 25 Years of Image Analysis. *Nat. Methods* Vol.9(7), Pp. 671-675.
- Seeram, E., Davidson, R., Bushong, S., Swan, H., 2016. Optimizing the Exposure Indicator as A Dose Management Strategy in Computed Radiography. *Radiologic Technol.* Vol.87(4), Pp. 380-391.
- Trust, S.G.H., 2009. Buyer's Guided: Multi-Slice CT Scanners. *ImpACT Gr.*
- Utamingrum, F., Prijono, W.A., 2007. Penggunaan Multistage Adaptive Wiener untuk Meningkatkan Kualitas Citra Digital. *J. Teknol. Technoscintia* Vol.12(1), Pp. 68-72.
- Wedianto, A., Sari, H.L., H, Y.S., 2016. Analisa Perbandingan Metode Filter Gaussian, Mean, dan Median terhadap Reduksi Noise. *J. Media Infotama* Vol.12(1), Pp. 21-30.
- Wicaksono, A.I., 2016. Analisa Pengaruh Filter Kernel Terhadap Reduksi Noise dan Detail Gambar Pada Citra CT Scan Kepala Daerah Temporal pada CT Scan GE 64 Slice Lightspeed. Universitas Airlangga.
- Widayati, C.S.W., 2009. Komparasi Beberapa Metode Estimasi Kesalahan Pengukuran. *J. Penelit. dan Eval. Pendidik.* Vol.13(2), Pp. 182-197.
- Yuwono, B., 2010. Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering dan Gaussian Filtering. *J. Inform. dan Teknol. Inf.* Vol.7(1), Pp. 66-75.