

**PENGARUH PENAMBAHAN MEDIA KONTRAS TERHADAP KUALITAS CITRA
CT SCAN KEPALA PADA PASIEN TUMOR OTAK**

***THE EFFECT OF ADDITIONAL CONTRAST MEDIA ON THE QUALITY OF HEAD
CT SCAN IMAGES IN BRAIN TUMOR PATIENTS***

Efita Pratiwi Adi*, Jurusan Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

Agus Sholeh, Unit Radiologi, RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo, Purwokerto, Indonesia

Deviana Dwi Ardenti, Jurusan Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto,
Indonesia

Umi Pratiwi, Jurusan Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

*e-mail: efita.pratiwi@unsoed.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Tumor merupakan kumpulan sel tidak normal yang dapat tumbuh secara jinak maupun ganas. Tumor ini dapat diamati dengan menggunakan *Computed Tomography Scan* (*CT scan*). Kualitas citra yang baik sangat diperlukan agar tumor dapat didiagnosa secara tepat. Peningkatan kualitas citra dapat dilakukan dengan pemberian media kontras yang dapat meningkatkan nilai kontras dari organ sehingga tumor dapat terlihat secara jelas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan media kontras terhadap kualitas citra dengan membandingkan citra yang tidak ditambah dengan media kontras dan citra yang ditambah dengan media kontras. Citra tersebut nantinya dibandingkan dengan analisis *Modulation Transfer Function* (MTF), *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan *Contrast Noise to Ratio* (CNR). Hasil dari penelitian ini yaitu pada citra yang tidak ditambah media kontras menghasilkan rata-rata nilai MTF, SNR, dan CNR sebesar 0,57; 8,12; dan 2,70. Kemudian pada citra yang ditambah dengan media kontras didapatkan rata-rata nilai MTF, SNR, dan CNR secara berturut-turut sebesar 0,97; 10,49; dan 6,07. Pada analisis MTF kualitas citra mengalami peningkatan sebesar 77%, sedangkan pada analisis SNR dan CNR kualitas citra mengalami peningkatan sebesar 29% dan 125% dari citra yang tidak ditambah dengan media kontras.

Kata Kunci: *Kualitas citra, media kontras, MTF, SNR, CNR*

Abstract. A tumor is a collection of abnormal cells that can grow benignly or malignantly. These tumors can be observed using a *Computed Tomography Scan* (*CT scan*). Good image quality is needed so that the tumor can be diagnosed correctly. Improving image quality can be done by adding contrast media that can increase the contrast value of the organ so that the tumor can be seen clearly. This study was conducted to determine the effect of adding contrast media on image quality by comparing images that were not added with contrast media and images that were added with contrast media. The images were later compared by analyzing *Modulation Transfer Function* (MTF), *Signal Noise to Ratio* (SNR) and *Contrast Noise to Ratio* (CNR). The results of this study are that the image that is not added with contrast media produces an average MTF, SNR, and CNR value of 0,57; 8,12; and 2,70. Then in the image added with contrast media, the average MTF, SNR, and CNR values are 0,97; 10,49; and 6,07, respectively. In the MTF analysis, the image quality has increased by 77%, while in the SNR

and CNR analysis, the image quality has increased by 29% and 125% from the image that is not added with contrast media.

Keywords: *Image quality, contrast media, MTF, SNR, CNR*

PENDAHULUAN

Tumor adalah kumpulan sel-sel abnormal yang terus tumbuh secara tidak terbatas dan dengan pertumbuhan jinak (*benign*) atau pertumbuhan ganas (*malignan*) (Kumar et al, 2018; Kheirollahi et al., 2015). Angka kematian tumor otak di seluruh dunia sebesar 241.037, angka kematian tumor otak di kawasan Asia sebesar 129.483, sedangkan angka kematian akibat tumor otak di Indonesia sebesar 4.229 (Global Observatory Cancer, 2018). Berdasarkan pedoman *National Institute Health and Care Excellence* (NICE) pada tahun 2017 menyatakan bahwa pesawat radiologi yang direkomendasikan untuk pemeriksaan kepala pada penderita tumor otak yaitu *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) atau *Computed Tomography Scan* (CT scan). Pemeriksaan CT Scan dapat digunakan untuk mengamati adanya tumor primer dan penyebarannya. Hasil diagnosa tumor yang tepat diperlukan adanya kualitas CT Scan yang jelas gambarnya. Salah satu teknik untuk meningkatkan kualitas citra yaitu dengan pemberian media kontras (Suhardi, 2013). Media kontras adalah suatu unsur yang ketika dimasukkan ke dalam tubuh maka diharapkan mampu untuk meningkatkan nilai kontras dari organ (bagian) yang ketika belum diberikan media kontras nilainya masih rendah. Media kontras juga mampu untuk membedakan jaringan-jaringan yang tidak terlihat dalam radiografi biasa (Reiser, 2014). Analisis peningkatan kualitas citra yang ditambah dengan media kontras ini dapat dilakukan menggunakan analisis kuantitatif.

Analisis ini dilakukan dengan mengukur kualitas citra terhadap parameter-parameter kualitas citra yang dapat dijabarkan dalam tiga aspek dasar kualitas citra yaitu resolusi spasial, *noise* (derau), dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Hasil citra CT scan yang diperoleh perlu dilakukan *Quality Control* (QC) pada citra digital dengan analisis kuantitatif menggunakan penggabungan metode *Signal Noise to Ratio* (SNR) dan *Modulation Transfer Function* (MTF) untuk kinerja citra digital. Resolusi kontras pada jaringan lunak dapat juga dikuantifikasi menggunakan parameter *Contrast Noise to Ratio* (CNR). CNR merupakan ukuran seberapa jauh sinyal dapat dibedakan dengan latar. Semakin besar nilai kontras maka sinyal akan semakin mudah dibedakan dengan latar (Ningtias & Suryono, 2016).

Penelitian serupa telah dilakukan oleh Usman Efendi pada tahun 2020, pada penelitian tersebut dilakukan penelitian mengenai penggunaan media kontras untuk CT *Angiografi cerebral*. Penggunaan media kontras dengan volume 50 ml dengan konsentrasi 300 mgI/ml ditambah dengan cairan saline 20 ml menghasilkan informasi yang informatif dan dapat menunjukkan kelainan-kelainan vascular cerebral sehingga dapat membantu dokter radiologi dalam mendiagnosis penyakit pasien. Kualitas citra yang baik dapat memudahkan dokter dalam mendiagnosis pasien. Penelitian mengenai pengukuran kualitas citra dilakukan oleh Andreas dan Gede Bayu (2014), pada penelitian tersebut dilakukan pengukuran kualitas sistem pencitraan radiografi digital sinar-X menggunakan 3 parameter yaitu resolusi spasial yang dijabarkan dalam tiga besaran fisis yaitu *Full Width at Half Maximum* (FWHM), *Contrast Transfer Function* (CTF), dan *Modulation Transfer Function* (MTF). Kemudian derau yang dijabarkan dalam *Noise Power Spectrum* (NPS), *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) dan yang ketiga yaitu atenuasi yang digambarkan sebagai perubahan koefisien atenuasi. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kuantitatif kualitas citra CT Scan

kepala pada pasien tumor otak dengan media kontras dan tanpa media kontras dengan analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Contrast to Noise Ratio* (CNR), dan *Modulation Transfer Function* (MTF) menggunakan *software* IndoQCT. Ketiga metode tersebut dilakukan untuk menjamin kualitas citra CT Scan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan parameter-parameter kualitas citra yang terjadi sebelum dan sesudah diberi kontras. Analisis kualitas citra sederhana ini diharapkan dapat membantu kinerja petugas medis untuk menentukan prosedur pemeriksaan yang baik pada pemeriksaan CT Scan kepala pada pasien tumor otak, serta membantu petugas medis untuk melakukan diagnosa yang akurat.

METODE

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan dari bulan April 2023 sampai Juli 2023 di Instalasi Radiologi RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto. Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu pengambilan citra pasien tumor otak dengan kontras dan tanpa media kontras. Tahapan yang kedua yaitu analisis data menggunakan *software* IndoQCT untuk menganalisis *Signal Noise to Ratio* (SNR), *Contrast Noise to Ratio* (CNR), dan *Modulation Transfer Function* (MTF) dari citra pasien yang telah didapatkan. Selanjutnya dilakukan perbandingan antara SNR, CNR, dan MTF dari citra yang menggunakan media kontras dengan citra yang tidak menggunakan media kontras. Media kontras yang digunakan yaitu Iopamiro 300 mg/ml dengan volume media kontras yang digunakan yaitu 50 ml.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama	Fungsi
1.	CT Scan merek Siemens SOMATOM Prespective 128	Digunakan untuk menghasikan citra CT Scan kepala dengan kontras dan tanpa kontras
2.	Media kontras	Senyawa yang digunakan untuk memindai struktur jaringan lunak
3.	Laptop	Laptop yang digunakan sebagai alat bantu pengolahan data
4.	Weasis versi 2.0.7	Weasis versi 2.0.7 yang digunakan untuk menyimpan citra dengan format DICOM
5.	<i>Software</i> IndoQCT	IndoQCT digunakan untuk mengolah citra
6.	<i>Software</i> OriginPro 2018	OriginPro 2018 digunakan untuk membuat grafik dari data yang telah didapatkan

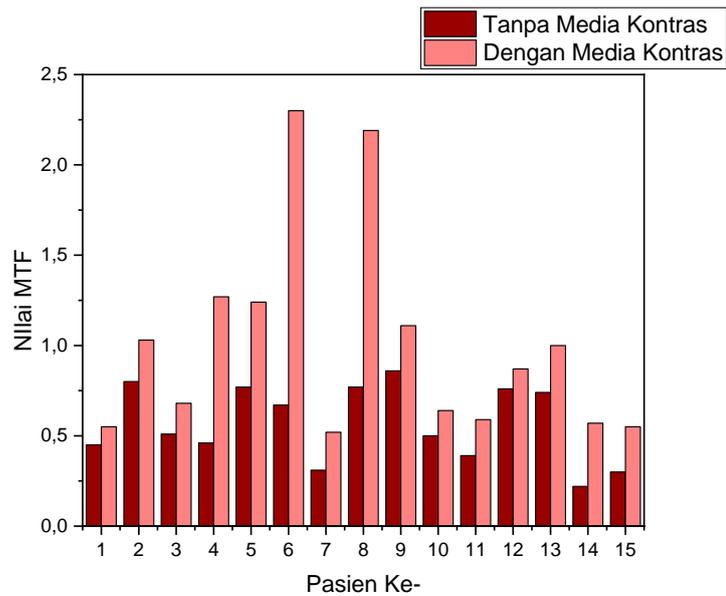
Metode MTF dapat digunakan untuk mengetahui nilai kontras dan detail dari citra digital. Nilai resolusi didapatkan melalui akuisisi tepi citra dengan cara *cropping* atau menentukan *Region of Interest* (ROI) yang disebut dengan *Edge Spread Function* (ESF). ROI dibuat dengan diameter 15 *pixel* yang kemudian diletakkan pada daerah tepi antara tumor dengan *background*. Analisis SNR dan CNR pada citra pasien dilakukan dengan menentukan *Region of Interest* (ROI) untuk mendapat nilai SNR, ROI dibuat dengan diameter 20 *pixel* yang kemudian diletakkan pada daerah disekitar tumor. Pada analisis CNR menggunakan 2 ROI yang pertama diletakkan pada massa tumor dan ROI yang kedua diletakkan pada latar atau jaringan disekitar tumor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modulation Transfer Function (MTF) digunakan dalam menentukan resolusi spasial dari sistem pencitraan. Resolusi spasial merupakan kemampuan untuk menampilkan dua objek yang berdekatan secara terpisah. Penentuan nilai resolusi spasial digunakan untuk membedakan antara citra yang kabur dengan citra yang jelas terbaca. Semakin tinggi nilai MTF, maka batas tepian dari tumor akan terlihat semakin jelas. Hasil analisis MTF pada citra polos dan citra yang ditambah dengan kontras dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 dapat dilihat bahwa citra yang tidak ditambahkan media kontras menghasilkan nilai MTF tertinggi yaitu sebesar 0,86 pada citra pasien ke-9 dan nilai MTF terendah sebesar 0,22 pada citra pasien ke-14. Kemudian pada citra yang ditambahkan dengan media kontras menghasilkan nilai MTF tertinggi sebesar 2,3 pada citra pasien ke-6 dan nilai MTF terendah pada citra pasien ke-7 dengan nilai sebesar 0,52. Nilai MTF 10% dari citra yang ditambah media kontras secara keseluruhan telah memenuhi standar dari BAPETEN, yaitu $\geq 0,5$ cycle/mm. Citra pasien polos atau citra yang tidak ditambahkan media kontras menghasilkan rata-rata nilai MTF sebesar 0,57. Kemudian untuk citra yang ditambahkan dengan media kontras menghasilkan rata-rata nilai MTF sebesar 1,01. Tabel 4.1 dapat di gambarkan dalam sebuah grafik Gambar 1.

Tabel 2. Data MTF Citra Polos dan Citra ditambah Media Kontras

No	Pasien	MTF Polos	MTF Kontras	Δ MTF
1.	Pasien ke 1	0,45	0,55	0,10
2.	Pasien ke 2	0,80	1,03	0,23
3.	Pasien ke 3	0,51	0,68	0,17
4.	Pasien ke 4	0,46	1,27	0,81
5.	Pasien ke 5	0,77	1,24	0,47
6.	Pasien ke 6	0,67	2,30	1,63
7.	Pasien ke 7	0,31	0,52	0,21
8.	Pasien ke 8	0,77	2,19	1,42
9.	Pasien ke 9	0,86	1,11	0,25
10.	Pasien ke 10	0,50	0,64	0,14
11.	Pasien ke 11	0,39	0,59	0,20
12.	Pasien ke 12	0,76	0,87	0,11
13.	Pasien ke 13	0,74	1,00	0,26
14.	Pasien ke 14	0,22	0,57	0,35
15.	Pasien ke 15	0,30	0,55	0,25
	Rata-rata	0,57	1,01	0,44



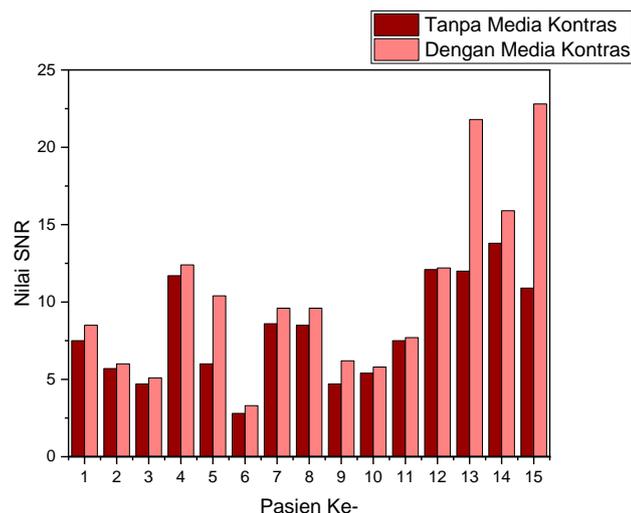
Gambar 1. Grafik Nilai MTF Citra Polos dan Citra yang ditambah Media Kontras

Gambar 1 merupakan grafik peningkatan nilai MTF dari citra yang polos dan citra yang ditambah dengan media kontras. Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa peningkatan kualitas citra tertinggi terjadi pada pasien ke-6 dengan peningkatan nilai MTF sebesar 1,63. Penambahan media kontras dapat meningkatkan nilai MTF sebesar 0,44 atau 77% dari citra yang tidak ditambahkan dengan media kontras. Hal ini dikarenakan media kontras dapat meningkatkan nilai kontras dari suatu organ atau bagian yang ketika belum diberikan media kontras nilainya masih rendah sehingga batas atau tepian dari tumor dapat terlihat dengan jelas.

Analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR) dapat menggambarkan tingkat perbedaan antara sinyal yang diukur dengan derau yang juga masuk dalam hasil pengukuran. Semakin tinggi SNR maka sinyal atau deraunya semakin mudah dibedakan. *Signal to noise ratio* (SNR) berpengaruh terhadap kualitas citra yang dihasilkan karena kenaikan nilai SNR diikuti dengan peningkatan kualitas gambar. Hasil analisis SNR pada citra polos dan ditambah dengan media kontras dapat dilihat pada Tabel 3, merupakan tabel nilai SNR dari citra tanpa media kontras (polos) dan citra yang ditambahkan dengan media kontras. Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pada citra yang polos didapatkan nilai SNR tertinggi yaitu 13,80 pada citra pasien ke-14 dan nilai terendah sebesar 2,80 pada citra pasien ke-6. Kemudian pada citra yang ditambah media kontras menghasilkan nilai SNR tertinggi yaitu 22,80 pada citra pasien ke-15 dan nilai terendah yang didapatkan yaitu 3,30 pada citra pasien ke-6. Data dari tabel 4.2 dapat digambarkan dalam grafik gambar 2. Grafik tersebut menunjukkan adanya peningkatan nilai SNR yang terjadi setelah ditambahkan dengan media kontras. Peningkatan tertinggi terjadi pada pasien ke-15 dengan peningkatan nilai SNR sebesar 11,9. Pada citra polos atau citra yang tidak ditambahkan media kontras didapatkan rata-rata nilai SNR sebesar 8,12. Sedangkan pada citra yang ditambahkan media kontras rata-rata nilai SNRnya yaitu 10,49. Nilai SNR pada citra meningkat sebanyak 2,37 atau 29% dari citra yang tidak ditambahkan media kontras. SNR dikatakan baik apabila nilai $SNR \geq 5$, maka suatu objek dapat dikenali atau dideteksi dengan baik. Namun, jika nilai SNR mendekati 0, maka objek tersebut akan sulit untuk dideteksi. Hal ini disebut *Rose Criterion* (Bushberg, 2012).

Tabel 3. Data SNR Citra Polos dan Citra Ditambah Media Kontras

No	Pasien	SNR Polos	SNR Kontras	Δ SNR
1.	Pasien ke 1	7,50	8,50	1,00
2.	Pasien ke 2	5,70	6,00	0,30
3.	Pasien ke 3	4,70	5,10	0,40
4.	Pasien ke 4	11,70	12,40	0,70
5.	Pasien ke 5	6,00	10,40	4,40
6.	Pasien ke 6	2,80	3,30	0,50
7.	Pasien ke 7	8,60	9,60	1,00
8.	Pasien ke 8	8,50	9,60	1,10
9.	Pasien ke 9	4,70	6,20	1,50
10.	Pasien ke 10	5,40	5,80	0,40
11.	Pasien ke 11	7,50	7,70	0,20
12.	Pasien ke 12	12,10	12,20	0,10
13.	Pasien ke 13	12,00	21,80	9,80
14.	Pasien ke 14	13,80	15,90	2,10
15.	Pasien ke 15	10,90	22,80	11,90
	Rata-rata	8,12	10,49	2,37



Gambar 2. Grafik Nilai SNR Citra Polos dan Citra yang ditambah Media Kontras

Secara keseluruhan nilai SNR dari citra yang ditambah dengan media kontras menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai SNR pada citra yang tidak ditambah dengan media kontras. Hal ini dikarenakan, media kontras yang digunakan memiliki nilai atom yang lebih tinggi dibandingkan dengan organ sehingga media kontras ini akan menyerap sinar-X lebih banyak dan menghasilkan gambaran *opaque* (putih) pada citra. Media kontras akan meningkatkan noise pada massa tumor sehingga nilai SNR akan meningkat dan tumor akan lebih terlihat dengan jelas.

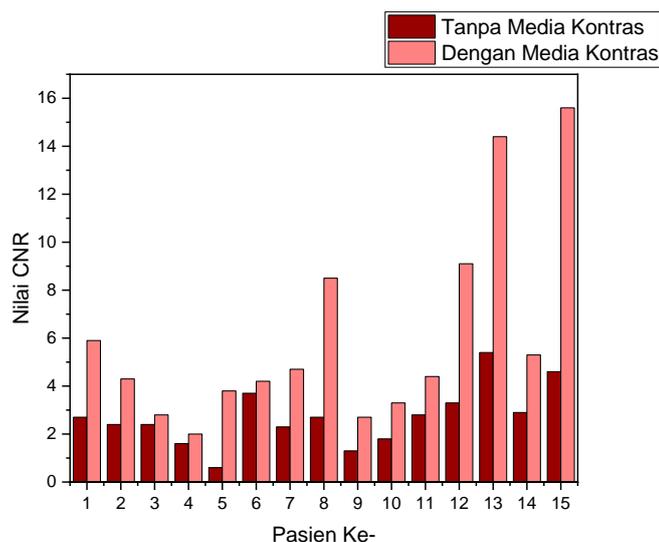
Contrast to Noise Ratio (CNR) menunjukkan seberapa jauh sinyal dapat dibedakan dengan latar dimana semakin besar nilai kontras maka sinyal akan semakin mudah dibedakan dengan latar. Citra dengan nilai CNR yang lebih tinggi akan lebih mudah didiagnosis. Analisis CNR dilakukan dengan menempatkan ROI pada massa tumor dan pada jaringan di sekitar tumor. CNR yang baik dapat menunjukkan perbedaan daerah yang tidak sehat dan daerah sehat.

Menurut standar BAPETEN nilai CNR dikatakan baik apabila nilainya lebih dari 1. Berikut Tabel 4 dari hasil perhitungan nilai CNR pada citra polos dan citra yang ditambahkan dengan media kontras.

Tabel 4. Data CNR Citra Polos dan Citra ditambah Media Kontras

No	Pasien	CNR Polos	CNR Kontras	Δ CNR
1.	Pasien ke 1	2,70	5,90	3,20
2.	Pasien ke 2	2,40	4,30	1,90
3.	Pasien ke 3	2,40	2,80	0,40
4.	Pasien ke 4	1,60	2,00	0,40
5.	Pasien ke 5	0,60	3,80	3,20
6.	Pasien ke 6	3,70	4,20	0,50
7.	Pasien ke 7	2,30	4,70	2,40
8.	Pasien ke 8	2,70	8,50	5,80
9.	Pasien ke 9	1,30	2,70	1,40
10.	Pasien ke 10	1,80	3,30	1,50
11.	Pasien ke 11	2,80	4,40	1,60
12.	Pasien ke 12	3,30	9,10	5,80
13.	Pasien ke 13	5,40	14,40	9,00
14.	Pasien ke 14	2,90	5,30	2,40
15.	Pasien ke 15	4,60	15,06	11,00
	Rata-rata	2,70	6,07	3,37

Tabel 4 merupakan tabel hasil perhitungan nilai CNR pada citra polos dan citra yang ditambahkan dengan media kontras. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa citra yang tidak ditambahkan dengan media kontras (polos) menghasilkan nilai CNR tertinggi yaitu 5,4 pada citra pasien ke-13 dan nilai CNR terendah yaitu sebesar 0,6 pada citra pasien ke-5. Kemudian pada citra yang ditambah dengan media kontras, menghasilkan nilai CNR tertinggi yaitu sebesar 15,6 pada citra pasien ke-15 dan nilai CNR terendah yaitu 2,0 pada citra pasien ke-4. Secara keseluruhan citra yang ditambah dengan media kontras memenuhi standar BAPETEN yaitu nilainya harus lebih dari 1. Tabel 4 tersebut dapat digambarkan dalam grafik Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai CNR Citra Polos dan Citra yang ditambah Media Kontras

Gambar 3 menunjukkan peningkatan nilai CNR yang terjadi setelah ditambahkan dengan media kontras. Peningkatan nilai CNR terbesar yaitu pada pasien ke-15 yang mengalami peningkatan nilai CNR sebesar 11. Rata-rata nilai CNR pada citra polos atau citra yang tidak ditambah media kontras yaitu 2,70. Kemudian pada citra yang ditambah dengan media kontras menghasilkan rata-rata sebesar 6,07. Penambahan media kontras dapat meningkatkan nilai CNR sebesar 3,37 atau 125% dari citra yang tidak ditambah dengan media kontras. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dengan penambahan media kontras dapat memberikan gambaran perbedaan batas kontras objek yang jelas sehingga objek atau tumor dapat dilihat secara jelas. Kualitas citra CT scan mengalami peningkatan pada nilai MTF, SNR, dan CNR setelah ditambahkan media kontras. Penggunaan media kontras sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 300 mg meningkatkan nilai MTF, SNR, dan CNR sebesar 77%, 29%, dan 125% dari citra yang tidak ditambah dengan media kontras. Hal ini dikarenakan media kontras mempunyai nomor atom yang besar yang dapat menyerap sinar-X lebih banyak dibandingkan jaringan lunak di sekitarnya sehingga objek yang diamati terlihat lebih *opaque*/putih. Penggunaan media kontras bertujuan untuk meningkatkan perbedaan kontras dari dua objek yang berdekatan. Kontras pada citra dipengaruhi oleh perbedaan atenuasi sinar-X yang dipengaruhi oleh nomor atom dari suatu molekul. Menurut Bushong (2017), jika sebuah struktur menyerap banyak sinar-X sehingga hanya sedikit sinar-X yang diteruskan ke *image receptor* maka akan menghasilkan gambaran *radiopaque*, sedangkan jika sebuah struktur menyerap sedikit sinar-X sehingga banyak sinar-X yang diteruskan menuju *image receptor* maka akan menghasilkan gambaran *radiolucent*.

SIMPULAN

Hasil analisis yang diperoleh yaitu pada citra yang tidak ditambah dengan media kontras menghasilkan rata-rata nilai MTF, SNR, dan CNR sebesar 0,57; 8,12; dan 2,70. Kemudian pada citra yang ditambah dengan media kontras didapatkan rata-rata nilai MTF, SNR, dan CNR secara berturut-turut sebesar 1,01; 10,49; dan 6,07. Kualitas citra CT scan mengalami peningkatan pada nilai MTF, SNR, dan CNR setelah ditambah dengan media kontras. Pada analisis MTF kualitas citra mengalami peningkatan sebesar 77%, sedangkan pada analisis SNR dan CNR kualitas citra CT Scan mengalami peningkatan sebesar 29% dan 125%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan media kontras sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 300 mg/ml dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo yang telah mengizinkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bushberg, Jerrold T. 2012. *The Essential Physics of Medical Imaging. Third Edition*.USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Bushong, C.S. 2017. *Radiologic Science for technologists (Eleventh Edition): Physics, Biology, and Protection*, ELVSEVIER.

- Efendi, Usman. 2020. *Penggunaan Media Kontras pada Pemeriksaan CT Angiografi Cerebral di Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono*. Skripsi Teknologi Radiologi Pencitraan. Politeknik Kesehatan Jakarta II: Jakarta.
- Kheirollahi, M., Dashti, S., Khalaj Z. 2015. *Brain Tumors: Special Characters For Research and Banking*, Advanced Biomedical Research, Vol 4(4).
- Kumar, V., Abbas, A.K., Aster, J.C., 2018. *Robbins Basic Pathology. 10th edition*. Philadelphia: Saunders Elsevier Pennsylvania.
- Ningtias, D. R., & Suryono, S. 2016. *Pengukuran Kualitas Citra Digital Computed Radiography Menggunakan Program Pengolah*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 12(July), 161–168. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v12i2.5950>.
- Reiser MF, Hricak H, Knauth M, Thomsen HS, Webb JAW. 2014. *Contrast media. Safety Issues andESUR*. Third Edit. Henrik S. Thomsen JAWW, editor. Medical Radiology Diagnostic Imaging. London: Springer, 267 p
- Suhardi, S., W. Setiabudi, and C. Anam. 2013. *Upaya Peningkatan Kualitas Citra MRI dengan Pemberian Media Kontras*. *Berkala Fisika*, vol. 16, no. 1, pp. 9-14.