



Analisis Kontras Digital Radiography Dengan Menggunakan ImageJ

(Analysis of Digital Radiography Contrast using ImageJ)

H. M. D. Labania^{1,*}, P. Rindayani¹, Kasman¹, Abd. Rahman¹, S. Ulum²

¹) Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako

²) Instalasi Radiologi RSUD Madani Palu

Info

Article history:

Received: 2 Juni 2021

Accepted: 29 Juni 2021

Published: 1 Juli 2021

Kata kunci:

Digital Radiography

ImageJ

Kontras

Signal to Noise Ratio

Keywords:

Digital Radiography

ImageJ

Contras

Signal to Noise Ratio

Abstrak.

Telah dilakukan penelitian tentang analisis kontras *digital radiography* dengan menggunakan ImageJ di RSUD Madani Palu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas citra radiograf pada *digital radiography* dengan menganalisis menggunakan ImageJ. Penelitian ini menggunakan koin aluminium sebagai obyek untuk memperlihatkan perbedaan derajat keabuan pada radiografi dengan *focus film distance* (FFD) 100 cm dan luas lapangan penyinaran 26 x 22 cm². Kondisi penyinaran diberikan dengan faktor eksposi meliputi variasi tegangan tabung sebesar 60 kVp, 65 kVp, 70 kVp dan 75 kVp dengan arus waktunya sebesar 16 mAs, 20 mAs dan 25 mAs. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi tegangan (kVp) maka nilai kontras dan SNR cenderung menurun dan sebaliknya nilai kontras dan SNR cenderung meningkat pada penggunaan arus waktu yang semakin tinggi. Kualitas citra yang optimal memiliki nilai *signal to noise ratio* (SNR) dan kontras yang tinggi pada tegangan 60 kVp dan arus serta waktu penyinaran 20 mAs.

Abstract.

Research on digital radiography contrast analysis using ImageJ has been conducted at RSUD Madani Palu. The purpose of this study is to determine the quality of radiographic images on digital radiography by analyzing using ImageJ. In this study, aluminium coins were used as objects to show the different degrees of gray on radiography with a focus film distance (FFD) of 100 cm and an irradiation area of 26 x 22 cm². The irradiation conditions were given with the varied exposure factors of tube voltages (60 kVp, 65 kVp, 70 kVp and 75 kVp) and timed currents of (16 mAs, 20 mAs and 25 mAs). The results showed the higher the voltage (kVp), the contrast value and SNR tended to decrease and vice versa the contrast value and SNR tended to increase in the use of higher current currents. Optimal image quality has a high signal to noise ratio (SNR) and contrast values at a voltage of 60 kVp and a current and irradiation time of 20 mAs.

*) e-mail: elinlabania@gmail.com

DOI: 10.22487/gravitasi.v20i1.15521

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia kedokteran, radiologi memiliki peranan penting sebagai bidang penunjang pemeriksaan yang menegakkan diagnosa suatu penyakit. Pemeriksaan atau diagnosa penyakit dilakukan dengan memanfaatkan sinar-X dengan hasil berupa citra radiografi. Menurut [1], pemeriksaan radiografi sangat berpengaruh dalam penentuan ketepatan diagnosa kelainan dalam tubuh manusia maupun dalam mendiagnosa suatu penyakit. Dengan demikian, untuk mendapatkan hasil terbaik terkait struktur anatomi tubuh manusia, maka perlu untuk mengetahui seberapa jauh keoptimalan citra radiograf yang dihasilkan [2].

Pemeriksaan radiografi dapat memberikan informasi semaksimal mungkin yang diperlukan oleh ahli radiolog terkait dengan kualitas radiografi yang baik. Kualitas radiografi meliputi densitas, kontras dan ketajaman. Faktor lain yang menentukan kualitas radiografi yaitu faktor eksposi. Faktor eksposi adalah faktor yang menentukan dan mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-X yang diperlukan dalam pembuatan gambar radiografi [3]. Pengaturan faktor eksposi yang tepat dapat menghasilkan kontras radiografi yang optimal yaitu mampu menunjukkan

perbedaan derajat kehitaman yang jelas antar organ yang mempunyai kerapatan berbeda [1].

Dalam penelitian ini, pemeriksaan radiografi yang digunakan yaitu *digital radiography (DR)* yang dalam pemanfaatannya menggunakan sinar-X. Sistem *DR* adalah sistem baru pada pesawat rontgen digital yang *image* atau gambar hasil *expose* dari obyek radiografi diubah ke dalam format digital secara *real time* dengan menggunakan sensor berupa *flat panel* atau *charge coupled devices (CCD)* sehingga tidak perlu menggunakan *cassette reader* untuk mendapatkan gambar secara digital [4].

Kajian terkait dengan pengukuran kualitas sistem pencitraan radiografi digital Sinar-X, telah dilakukan oleh Louk dan Suparta [5]. Penelitian ini memanfaatkan *software DR Imager* untuk mengolah dan memperbaiki citra radiograf Sinar-X dimana penggunaan *DR Imager* ini dapat mempertahankan informasi fisis terkait resolusi spasial dan nilai koefisien atenuasi linier namun menekan derau.

Penelitian yang terkait dengan analisis kontras *digital radiography* dengan menggunakan metode *ImageJ* telah dilakukan oleh Zelviani [1], tentang kualitas citra pada *direct digital radiography* dan *computed radiography (CR)*. Pengolahan citra pada penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan aplikasi *ImageJ*, dengan citra radiograf yang dihasilkan menggunakan phantom bayi sebagai pengganti pasien. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai analisis SNR pada CR lebih tinggi dari DR sedangkan distribusi tingkat keabuan dari analisis histogram pada DR lebih luas dari CR.

Penelitian dengan tema yang sama juga dilakukan oleh Sparzinanda [6], yang mengamati tentang pengaruh faktor eksposi terhadap kualitas citra radiografi. Dalam kajiannya, [6] mengamati citra radiograf dari phantom berupa air dalam wadah plastik sebagai pengganti manusia. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kualitas citra akan semakin menurun terhadap penggunaan arus dan waktu yang tinggi, dilihat dari histogram derajat keabuan.

Sari dan Fransiska [7] juga melakukan kajian terhadap pengaruh faktor eksposi dengan ketebalan obyek pemeriksaan pada thorax terhadap gambaran radiografi. Kualitas citra radiografi pesawat Sinar-X dengan menggunakan phantom abdomen juga diterapkan oleh Wahyuni [8], dengan mengamati pengaruh tegangan tabung. Penelitian terkait dengan penentuan dosis efektif yang diterima oleh pasien saat pemeriksaan, juga telah dilakukan oleh Silvia, dkk [9]. Dalam studi sekarang, kajian dilakukan dengan menggunakan variasi faktor eksposi (tegangan, arus dan waktu) untuk mengetahui kualitas citra yang optimal tetapi dengan memanfaatkan koin aluminium sebagai obyek pengamatan dengan variasi ketebalan koin. Selanjutnya analisis dilakukan terhadap citra radiograf yaitu dengan menghitung derajat keabuannya berdasarkan histogram hasil luaran *ImageJ*.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Madani Palu, Sulawesi Tengah pada bulan Oktober 2019. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat sistem *Digital Radiography* merk *Toshiba*, *software imageJ*, koin aluminium dengan ketebalan 8,25 mm, 16,5 mm, 24,75 mm, 33 mm, 41,25 mm, 49,5 mm dan 57,75

mm. Parameter pengukuran yang diamati adalah variasi tegangan 60, 65, 70 dan 75 kVp dengan masing-masing variasi arus sebesar 16, 20 dan 25 mAs [1], [6], [10], [11] terhadap masing-masing ketebalan koin.

Analisis kualitas citra prosedur pencitraan dengan sistem DR dilakukan dengan menggunakan *Software ImageJ* yang meliputi analisis histogram untuk mendapatkan nilai rata-rata piksel (μ), standar deviasi (σ), perhitungan nilai SNR dan analisis nilai kontras (C) dengan menghitung nilai keabuan citra melalui teknik ROI (*Region of Interest*) pada obyek koin aluminium. Nilai SNR diperoleh dari hubungan berikut :

$$SNR = \frac{\mu}{\sigma} \quad (2.1)$$

Nilai kontras pertama diperoleh dari selisih nilai keabuan pada sampel standard (step ke-1) terhadap step ke-n pada obyek koin aluminium. Selanjutnya dilakukan analisis histogram dari sebuah citra untuk mendapatkan rata-rata nilai piksel dan standar deviasinya sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai SNR.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

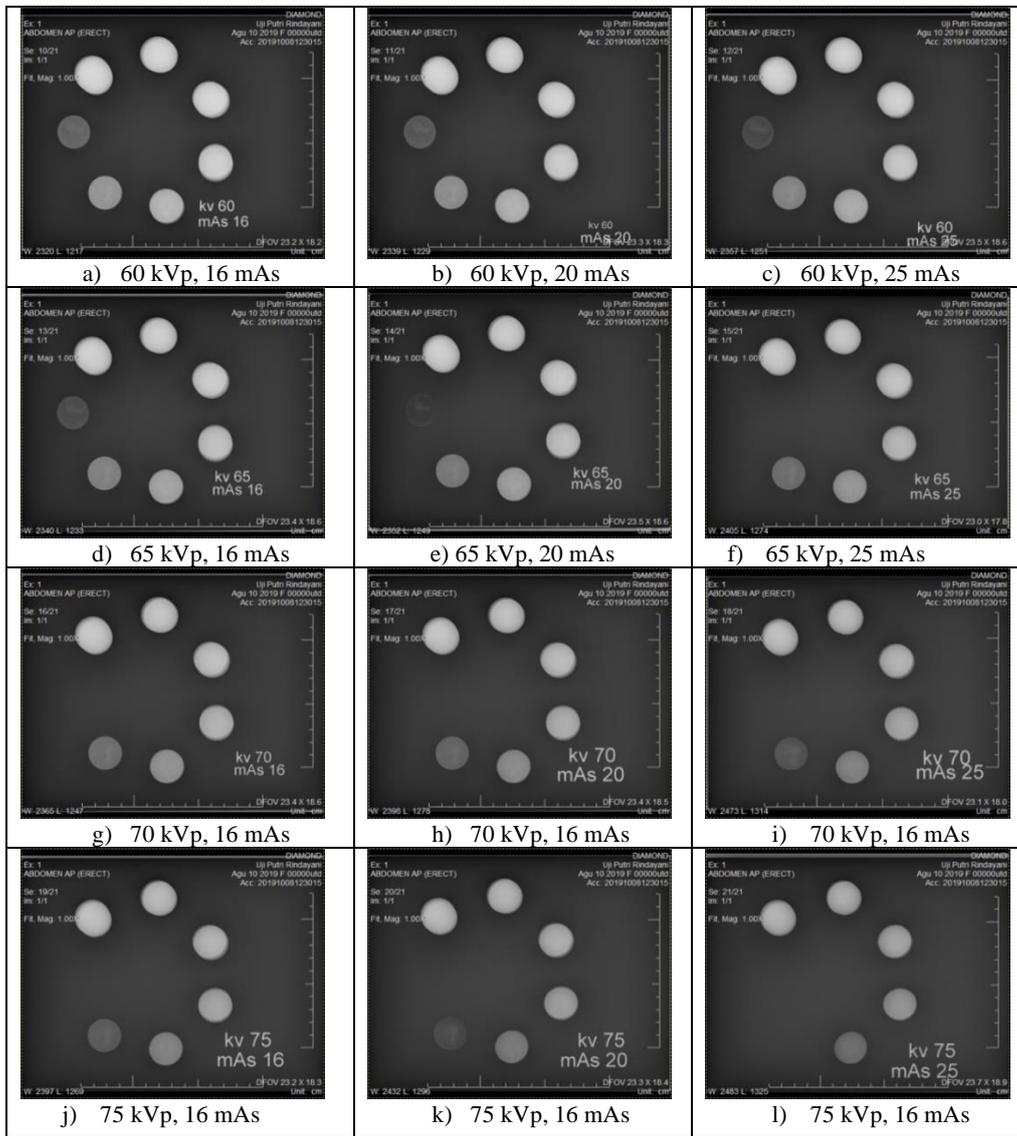
Hasil citra digital radiografi untuk setiap tingkatan ketebalan koin aluminium, dapat dilihat pada Gambar 1. Dari hasil citra tersebut, nilai keabuan ROI untuk masing-masing ketebalan koin diukur menggunakan *ImageJ* dan selanjutnya nilai kontras serta SNR dapat dihitung, hasil disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

3.1 Pengaruh Ketebalan Koin terhadap Derajat Keabuan Citra Radiograf

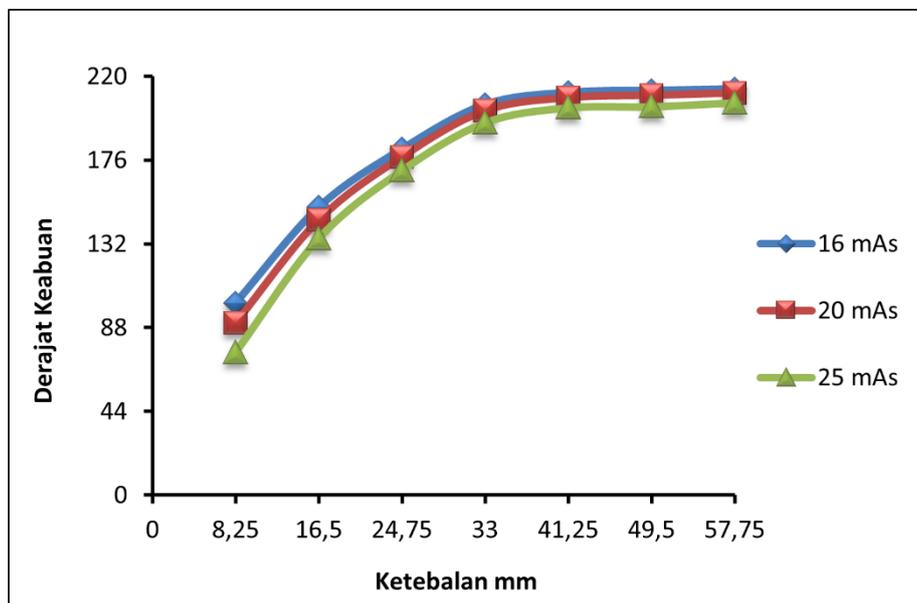
Berdasarkan hasil analisis citra yang telah dilakukan dengan menggunakan *ImageJ* diperoleh nilai derajat keabuan mengalami peningkatan di tiap ketebalan, hal ini terjadi karena semakin tebal obyek maka penyerapan sinar-X pada bahan semakin banyak sehingga nilai keabuan meningkat, dapat dilihat pada Gambar 2 hingga Gambar 5.

Berdasarkan data pada grafik Gambar 2 – 5 secara keseluruhan dapat dilihat bahwa pada ketebalan 8,25 mm sampai 57,75 mm nilai derajat keabuan cenderung meningkat seiring bertambahnya ketebalan koin aluminium. Peningkatan derajat keabuan seiring meningkatnya ketebalan koin aluminium, diakibatkan oleh semakin banyak energi sinar-X yang terkuras karena efek *compton* dan efek *fotolistrik* dengan atom-atom penyusun koin sehingga intensitas sinar-X yang diterima akan semakin banyak dan menghasilkan intensitas citra yang besar pada ketebalan koin aluminium yang lebih tinggi.

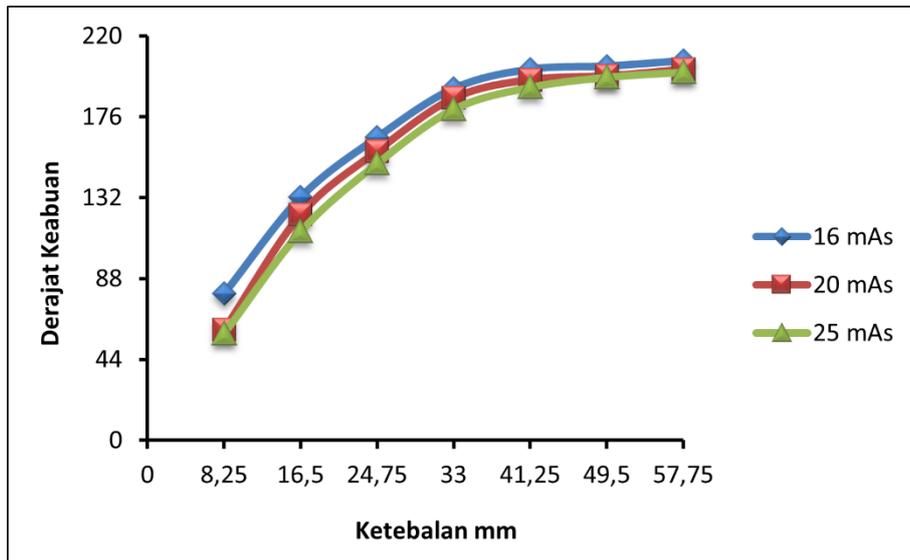
Secara khusus, ketebalan koin (≥ 33 mm) pada tegangan 60 kVp dan ketebalan koin ($\geq 41,25$ mm) pada tegangan 65 kVp dan 70 kVp serta ketebalan koin ($\geq 49,5$ mm) pada tegangan 75 kVp tampak nilai derajat keabuan cenderung konstan. Hal ini terjadi karena adanya saturasi daya tembus sinar-X sehingga derajat keabuan yang dihasilkan cenderung konstan. Berdasarkan analisis hubungan ketebalan koin terhadap derajat keabuan dengan menggunakan tegangan tabung dan arus waktu bervariasi, maka pada analisis selanjutnya yaitu hubungan faktor eksposi terhadap nilai kontras dan SNR, digunakan ketebalan koin sebesar 49,5 mm.



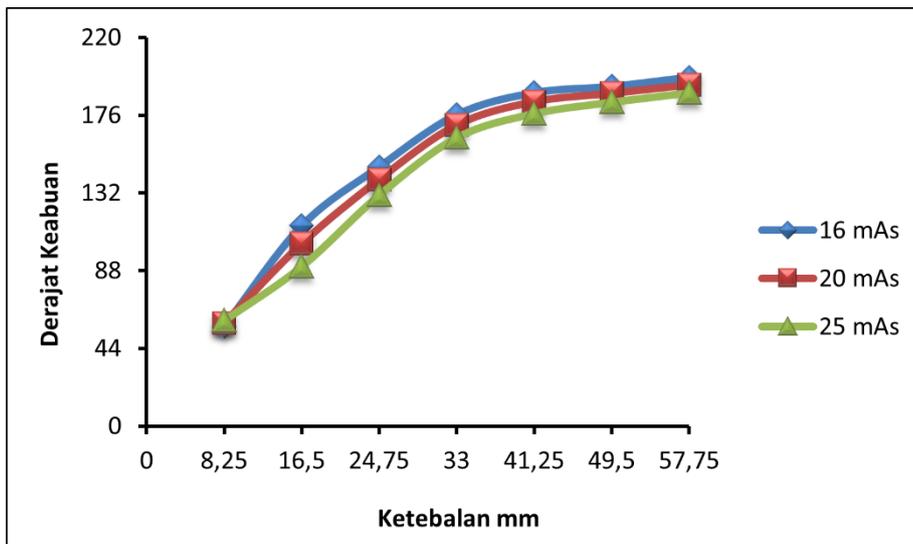
Gambar 1 Citra digital dengan variasi tegangan 60 kVp, 65 kVp, 70 kVp, 75 kVp masing-masing terhadap arus waktu 16 mAs, 20 mAs dan 25 mAs



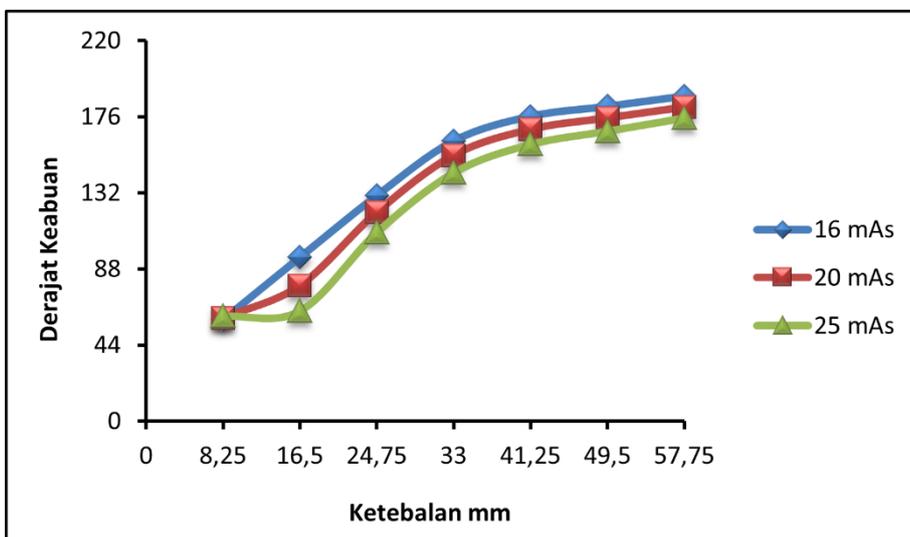
Gambar 2 Grafik hubungan ketebalan koin terhadap derajat keabuan pada tegangan 60 kVp



Gambar 3 Grafik hubungan ketebalan koin terhadap derajat keabuan pada tegangan 65 kVp



Gambar 4 Grafik hubungan ketebalan koin terhadap derajat keabuan pada tegangan 70 kVp



Gambar 5 Grafik hubungan ketebalan koin terhadap derajat keabuan pada tegangan 75 kVp

Tabel 1 Hasil perhitungan nilai Kontras dan SNR pada tegangan 60 kVp dengan arus waktu 16 mAs, 20 mAs dan 25 mAs

kVp	mAs	Tebal Koin (mm)	μ	σ	C	SNR
60	16	0,00	60,874	1,405	0,000	43,326
		8,25	100,916	1,405	40,502	71,826
		16,50	151,273	1,405	90,399	107,667
		24,75	181,842	1,405	120,968	129,424
		33,00	205,195	1,405	144,321	146,046
		41,25	211,575	1,405	150,701	150,587
		49,50	212,563	1,405	151,689	151,290
	57,75	213,333	1,405	152,459	151,838	
	20	0,00	60,846	1,569	0,000	38,780
		8,25	90,399	1,569	29,533	57,615
		16,50	144,487	1,569	83,641	92,088
		24,75	177,671	1,569	116,915	113,238
		33,00	201,997	1,569	141,151	128,742
		41,25	208,828	1,569	147,982	133,096
		49,50	210,078	1,569	149,232	133,892
	57,75	211,227	1,569	150,381	134,625	
	25	0,00	61,222	1,441	0,000	42,485
		8,25	74,753	1,441	13,531	51,875
		16,5	134,741	1,441	73,519	93,505
		24,75	170,530	1,441	109,308	118,341
		33,00	195,696	1,441	134,474	135,805
41,25		203,515	1,441	142,293	141,231	
49,50		204,115	1,441	142,893	141,648	
57,75	206,186	1,441	144,964	143,085		

Tabel 2 Hasil perhitungan nilai Kontras dan SNR pada tegangan 65kVp dengan arus waktu 16 mAs, 20 mAs dan 25 mAs

kVp	mAs	Tebal Koin (mm)	μ	Σ	C	SNR
65	16	0,00	61,171	1,325	0,000	46,166
		8,25	79,681	1,325	18,510	60,136
		16,50	132,174	1,325	71,003	99,754
		24,75	164,730	1,325	103,559	124,325
		33,00	191,345	1,325	130,174	144,411
		41,25	201,767	1,325	140,596	152,277
		49,50	203,435	1,325	142,264	153,536
	57,75	206,397	1,325	145,226	155,771	
	20	0,00	60,130	1,503	0	40,006
		8,25	61,577	1,503	1,447	40,969
		16,50	122,749	1,503	62,619	81,669
		24,75	157,376	1,503	97,246	104,708
		33,00	186,201	1,503	126,071	123,886
		41,25	196,221	1,503	136,091	130,553
		49,50	198,244	1,503	138,114	131,899
	57,75	201,813	1,503	141,683	134,273	
	25	0,00	58,068	0,975	0,000	53,766
		8,25	63,691	0,975	5,623	65,324
		16,50	113,648	0,975	55,580	105,230
		24,75	150,627	0,975	92,559	139,469
		33,00	180,13	0,975	122,062	166,787
41,25		192,067	0,975	133,999	177,84	
49,50		197,509	0,975	139,441	182,879	
57,75	200,306	0,975	142,238	185,469		

Tabel 3 Hasil perhitungan nilai Kontras dan SNR pada tegangan 70 kVp dengan arus waktu 16 mAs, 20 mAs dan 25 mAs

kVp	mAs	Tebal Koin (mm)	μ	Σ	C	SNR
70	16	0,00	56,276	1,053	0,000	43,931
		8,25	61,943	1,053	5,667	58,825
		16,50	113,368	1,053	57,092	88,499
		24,75	146,798	1,053	90,522	114,596
		33,00	176,337	1,053	120,061	137,655
		41,25	188,808	1,053	132,532	147,391,
		49,50	192,383	1,053	136,107	150,181
		57,75	197,556	1,053	141,280	154,220
	20	0,00	58,198	1,101	0,000	52,620
		8,25	64,003	1,101	5,805	58,131
		16,50	103,235	1,101	45,037	93,340
		24,75	139,68	1,101	81,482	126,292
		33,00	170,488	1,101	112,290	154,148
		41,25	183,728	1,101	125,530	166,119
		49,50	188,502	1,101	130,304	170,435
		57,75	193,262	1,101	135,064	174,739
	25	0,00	59,519	1,046	0,000	42,062
		8,25	64,762	1,046	5,243	61,913
		16,50	90,169	1,046	30,650	63,723
		24,75	130,603	1,046	71,084	92,298
		33,00	163,140	1,046	103,621	115,293
		41,25	176,749	1,046	117,23	124,911
		49,50	183,210	1,046	123,691	129,477
		57,75	188,483	1,046	128,964	133,203

Tabel 4 Hasil perhitungan nilai Kontras dan SNR pada tegangan 75 kVp dengan arus waktu 16 mAs, 20 mAs dan 25 mAs

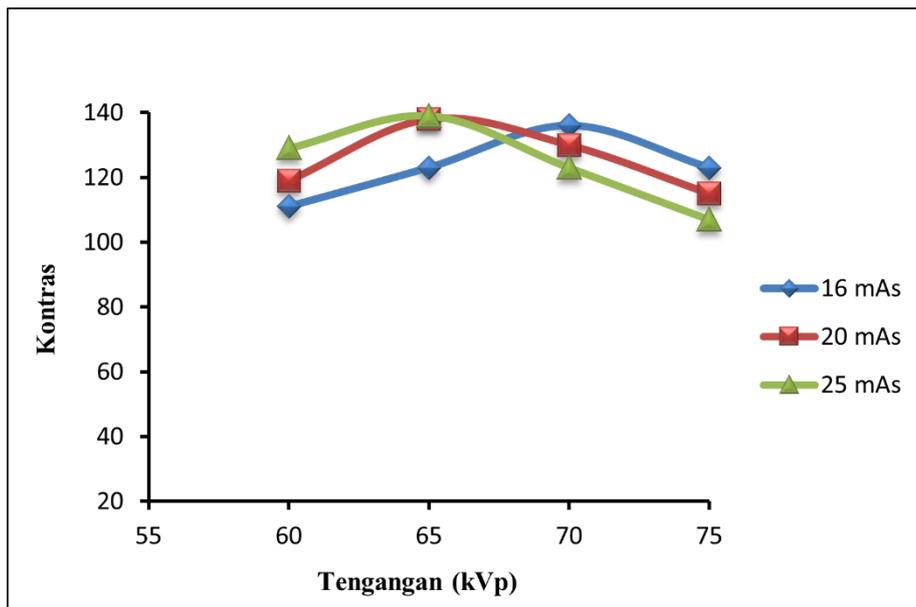
kVp	mAs	Tebal Koin (mm)	μ	σ	C	SNR
75	16	0,00	58,673	1,202	0,000	50,755
		8,25	64,309	1,202	5,636	53,501
		16,50	94,739	1,202	36,066	81,954
		24,75	130,451	1,202	71,778	112,846
		33,00	162,038	1,202	103,365	140,171
		41,25	176,269	1,202	117,596	152,481
		49,50	182,016	1,202	123,343	157,453
		57,75	187,956	1,202	129,283	162,591
	20	0,00	59,706	1,244	0,000	50,384
		8,25	65,044	1,244	5,338	52,286
		16,50	78,522	1,244	18,160	66,263
		24,75	120,757	1,244	61,051	101,904
		33,00	153,690	1,244	93,984	129,696
		41,25	168,591	1,244	108,885	142,270
		49,50	175,190	1,244	115,484	147,839
		57,75	181,371	1,244	121,665	153,055
	25	0,00	60,486	1,169	0,000	35,084
		8,25	63,508	1,169	3,022	36,837
		16,50	65,103	1,169	4,617	55,691
		24,75	108,853	1,169	48,367	63,139
		33,00	143,429	1,169	82,943	83,195
		41,25	159,852	1,169	99,366	92,721
		49,50	167,535	1,169	107,049	97,178
		57,75	175,097	1,169	114,611	101,564

3.2 Pengaruh Faktor Eksposi terhadap Kontras Citra Radiograf

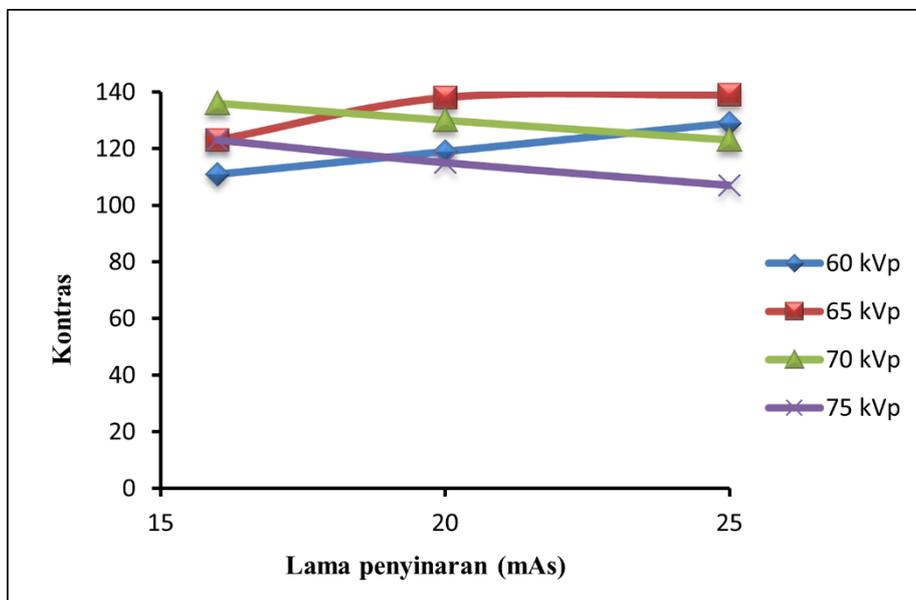
Berdasarkan hasil dan analisis data pengukuran kontras didapatkan bahwa adanya variasi tegangan (kVp) dan arus waktu penyinaran (mAs), memberikan nilai kontras yang berbeda dimana penggunaan variasi tegangan (kVp) yang semakin tinggi menghasilkan nilai kontras yang semakin kecil pada obyek sedangkan pada arus waktu yang semakin tinggi menghasilkan kontras yang cenderung meningkat. Penurunan nilai kontras pada tiap kenaikan tegangan dapat ditunjukkan pada arus waktu 20 mAs dan 25 mAs, kenaikan tegangan tabung mengakibatkan panjang gelombang sinar-X makin pendek dan daya tembusnya besar sehingga kemampuan menyerap sinar-X lebih banyak pada tingkatan koin aluminium yang lebih tebal sedangkan pada arus waktu 16 mAs kontras mengalami peningkatan sebelum menurun. Hal

ini diakibatkan oleh energi tinggi yang dihasilkan pada kenaikan tegangan tabung yang dapat mempengaruhi efek Compton dan menghasilkan radiasi hambur yang meningkat [12], [13], [14] sehingga peningkatan nilai kontras tidak disebabkan oleh daya tembus yang melemah melainkan karena adanya radiasi hambur.

Radiasi hambur yang dihasilkan pada peningkatan mAs juga dapat mengakibatkan penurunan nilai kontras pada tegangan 70 kVp dan 75 kVp, sedangkan peningkatan nilai kontras pada tegangan 60 kVp dan 65 kVp diakibatkan oleh intensitas sinar-X yang meningkat seiring bertambahnya mAs, sehingga semakin tinggi intensitas sinar-X maka intensitas citra yang dihasilkan cenderung menurun. Penurunan intensitas citra tiap peningkatan mAs akan mengakibatkan nilai kontras makin tinggi [15].



Gambar 6 Grafik pengaruh kenaikan tegangan tabung (kVp) terhadap nilai Kontras pada sistem DR



Gambar 7 Grafik pengaruh kenaikan arus waktu penyinaran (mAs) terhadap nilai Kontras pada sistem DR

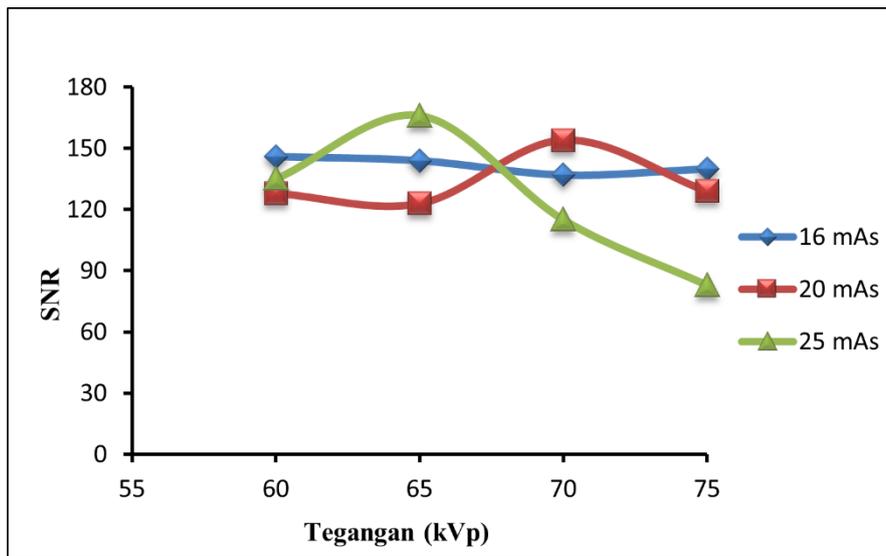
Berdasarkan Gambar 6 yang merupakan hubungan kontras untuk peningkatan tegangan, dapat diketahui apabila tegangan (kVp) meningkat maka menurunkan nilai kontras yang dihasilkan. Efek yang terjadi karena kenaikan tegangan tersebut yaitu energi radiasi sinar-X meningkat sehingga densitas pada detektor meningkat, mengurangi kontras obyek dan sinar hambur yang diberikan meningkat serta penurunan nilai koefisien atenuasi linier [6]. Hal itu disebabkan oleh semakin banyaknya intensitas sinar-X yang diterima oleh radiografi sehingga variasi kehitaman pada radiografi akan menurun dan dapat mengurangi nilai kontras yang dihasilkan.

Hasil pengukuran nilai kontras dari citra radiograf, diperoleh citra optimum pada tegangan 60 kVp dan 65 kVp serta arus waktu 16 mAs dan 25 mAs (Gambar 7). Hal ini dikarenakan citra tersebut memiliki informasi radiografi lebih baik sehingga dapat direkomendasikan sebagai citra radiografi yang baik untuk nilai ekposi yang optimum.

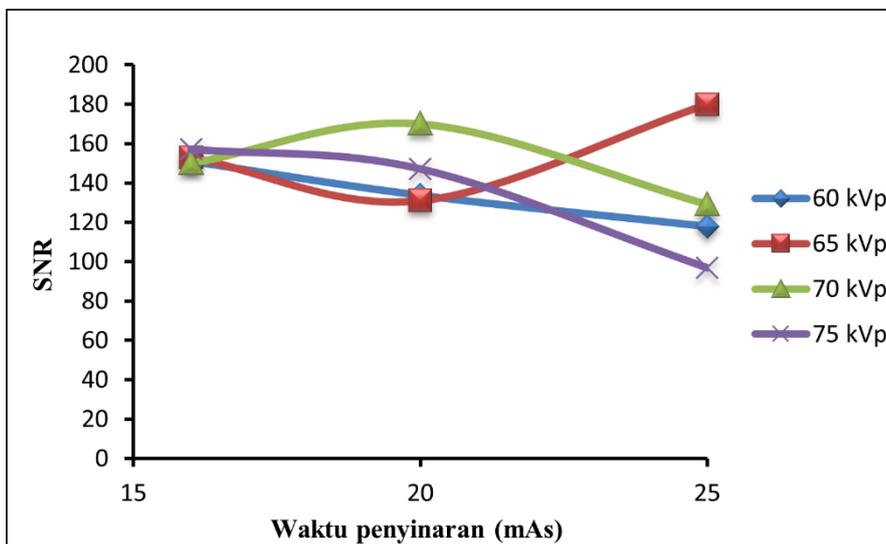
3.3 Pengaruh Faktor Ekspose terhadap SNR Citra Radiograf

Berdasarkan Gambar 8 yang merupakan hubungan SNR untuk peningkatan tegangan tabung dapat diketahui apabila tegangan (kVp) meningkat maka nilai SNR cenderung menurun (16 mAs dan 25 mAs) sedangkan pada arus waktu 20 mAs SNR mengalami peningkatan. Hal ini diakibatkan karena semakin tinggi nilai kVp maka nilai intensitas citra akan menurun, sehingga saat dibagi oleh rasio *noise* maka akan menghasilkan SNR yang rendah.

Nilai SNR pada Gambar 9, dapat dilihat pengaruh kenaikan arus waktu penyinaran (mAs) terhadap nilai SNR. SNR yang dihasilkan mengalami naik turun. Hal ini dikarenakan nilai intensitas citra pada koin aluminium yang meningkat besar tetapi *noise* tidak meningkat terlalu besar bahkan ada beberapa nilai *noise* yang mengalami naik turun. Hasil pengukuran nilai SNR dari citra radiograf diperoleh citra optimum pada tegangan 60 kVp yang cenderung menurun dan arus waktu 16 mAs dan 20 mAs.



Gambar 8 Grafik pengaruh kenaikan tegangan tabung (kVp) terhadap nilai SNR pada sistem DR



Gambar 9 Grafik pengaruh kenaikan arus waktu penyinaran (mAs) terhadap SNR pada sistem DR

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kontras dan SNR menggunakan *software* ImageJ dengan variasi faktor eksposi pada instalasi Radiologi RSUD Madani dapat diperoleh bahwa kualitas citra yang optimal memiliki nilai SNR dan kontras yang tinggi pada tegangan 60 kVp dan arus waktu penyinaran 20 mAs, citra yang dihasilkan juga memiliki distribusi derajat keabuan yang cukup luas, sehingga dapat dikatakan sebagai citra yang terbaik. Dengan demikian sehingga dapat diketahui bahwa faktor eksposi sangat berpengaruh terhadap kualitas kontras radiograf [8]. Hal ini didasari oleh penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangan tabung (kVp) maka semakin rendah kontras gambarnya dan semakin tinggi arus waktu penyinaran (mAs) maka semakin tinggi nilai kontrasnya [15].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kontras menggunakan imageJ dapat disimpulkan bahwa kualitas kontras radiograf sangat dipengaruhi oleh faktor eksposi, adanya variasi tegangan (kVp) dan arus waktu penyinaran (mAs) akan memberikan nilai kontras dan SNR yang berbeda. Pada ketebalan obyek yang sama, semakin besar tegangan tabung (kVp) yang digunakan menghasilkan nilai kontras radiograf dan SNR yang semakin kecil sedangkan pada arus waktu penyinaran (mAs) yang semakin besar akan menghasilkan nilai kontras yang semakin besar. Dalam penelitian ini, diperoleh kualitas citra yang optimal memiliki nilai SNR dan kontras yang tinggi pada tegangan 60 kVp dan arus waktu penyinaran 20 mAs. Untuk pengembangan studi selanjutnya, disarankan agar dalam pengambilan data, ketebalan obyek lebih divariasikan agar dapat menunjukkan perbedaan intensitas citra yang dihasilkan. Demikian halnya dengan penggunaan faktor eksposi agar lebih bervariasi dengan nilai tegangan dan arus waktu penyinaran lebih tinggi dibandingkan yang digunakan dalam penelitian ini. Namun tetap memperhatikan batas tegangan dan arus waktu penyinaran dalam *range* yang tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami selaku tim penulis kepada pihak RSUD Madani Palu yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk melakukan penelitian, secara khusus kepada Bapak Syahrul Ulum, bagian Instalasi Radiologi, yang sudah membantu dalam proses pengambilan data.

REFERENSI

- [1] Zelviani, S.(2017). Kualitas Citra Pada Direct Digital Radiography Dan Computed Radiography. *Jurnal Teknosains*, 11(1) 59-62.
- [2] Afani, Z. A., dan N. N. Rupasih. (2017). Pengolahan Film Radiografi Secara Otomatis Menggunakan Automatic X-Ray Film Processor Model JP-33. *Bulletin Fisika*, 18(2), 53-57.
- [3] Apriantoro, H.M., S. Budi., Purwatiningsih dan A. Tri. (2018). Optimizing Analysis of the Radiographic Image and Entrance Surface Dose Using Computed Radiography in Chest Examination. *Jurnal Teknologi dan Kesehatan*, 9(2), 23-27.
- [4] Sitorus, R.E. (2016). Analisis Faktor Paparan terhadap Citra Digital Radiografi (DR) pada Thoraks. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [5] Louk, A. C., dan G. B. Suparta. (2014). Pengukuran Kualitas Sistem Pencitraan Radiografi Digital Sinar-X. *Berkala MIPA*, 24(2), 149-166.
- [6] Sparzinanda E., Nehru dan Nurhidayah. (2017). Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi. *Journal Online of Physics*, 3(1), 14-22.
- [7] Sari, W. A. dan Fransiska, E. (2017). Pengaruh Faktor Eksposi dengan Ketebalan Obyek pada Pemeriksaan Thorax Terhadap Gambaran Radiografi. *Journal of Health*, 5(1), 19-21.
- [8] Wahyuni, S. (2017). Pengaruh Tegangan Tabung (Kv) terhadap Kualitas Citra Radiografi Pesawat Sinar-X Digital Radiography (DR) pada Phantom Abdomen. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 2(2), 113-118.
- [9] Silvia, H., D. Milvita, H. Prasetio, dan H. Yuliaty. (2013). Estimasi Nilai CTDI dan Dosis Efektif Pasien Bagian Head, Thorax dan Abdomen Hasil Pemeriksaan CT-Scan Merek Philips Briliance 6. *Jurnal Fisika Unand*, 2(2), 128-134.
- [10] Yufita, E dan R. Safitri. (2012). Analysis Output Tolerance Limits X-Ray Machine Diagnostic (Case Study in One of the General Hospital in Banda Aceh). *Jurnal Natural*, 12(1), 21-26.
- [11] Miniati, K., G. N. Sutapa dan I. W. B. Sudarsana. (2017). Uji Kelayakan Pesawat Sinar-X Terhadap Proyekdi PA (Postero-Anterior) dan LAT (Lateral) Pada Teknik Pemeriksaan Foto Thorax. *Bulletin Fisika*, 18(1), 27-31.
- [12] Krane, K.S. (1992). *Modern Physics*. Diterjemahkan Hans J., 1992, Fisika Modern, UI Press, Jakarta : John Wiley and Sons, Inc.
- [13] Beisser, A. (1990). *Konsep Fisika Modern*. (Alih Bahasa: The Houw Liong). Jakarta : Erlangga.
- [14] Sprawls, P. (1995). *The Physical Principles of Medical Imaging 2nd Ed*. Aspen Publisher.
- [15] Thunthy H.K., B.D.S and Manson-Hing R.L. (2016). Effect of mAs and kVp on resolution on image contrast. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(3), 454-461.