

## Analisis Pengaruh Filter terhadap Kualitas Citra Berbasis Resolusi Spasial dan Derau pada Pesawat Fluoroskopi C-Arm

Dinda Nurul Syifa, Sri Oktamuliani\*

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Limau Manis Padang, Sumatera Barat 25175, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan:  
Direvisi:  
Diterima:

#### Kata kunci:

*Cinefluorographic Acquisition*  
Filter  
Fluoroskopi C-Arm  
*Modulation Transfer Function (MTF)*  
*Signal to Noise Ratio (SNR)*

#### Keywords:

*Cinefluorography acquisition*  
*filter*  
*fluoroscopy C-Arm*  
*Modulation Transfer Function (MTF)*  
*Signal Noise Ratio (SNR)*

#### Penulis Korespondensi:

Sri Oktamuliani  
Email:  
[srioktamuliani@sci.unand.ac.id](mailto:srioktamuliani@sci.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Mode *Cinefluorographic Acquisition* adalah mode pencitraan pada pesawat fluoroskopi C-Arm yang menggunakan tegangan tinggi. Penggunaan tegangan yang tinggi pada mode ini memberikan peningkatan dosis pasien sehingga perlu diperhatikan besar tegangan dan filter yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan filter Al dan filter Al + Cu pada pesawat fluoroskopi C-Arm terhadap tegangan dan arus waktu keluaran menggunakan phantom PMMA (*Polymethyl methacrylate*) dengan ketebalan 14 cm dan filter dengan ketebalan 2,5 mm Al, 3 mm Al, 2,5 mm Al + 0,1 mm Cu dan 3 mm Al + 0,1 mm Cu, serta menganalisis kualitas citra berdasarkan *Signal to Noise Ratio (SNR)* dan *Modulation Transfer Function (MTF)* dengan menggunakan *software* MATLAB 2017a. Hasil yang dari penelitian ini yaitu tegangan dan arus keluaran meningkat dengan penambahan ketebalan dan kombinasi filter. Tegangan dan arus waktu keluaran tertinggi terdapat pada filter Al 3 mm + 0,1 mm Cu adalah 62,1 kV dan 203 ± 2 mAs. Histogram citra menunjukkan tingkat kecerahan yang cukup baik pada rentang derajat keabuan 60 - 150, serta nilai SNR dan MTF meningkat pada ketebalan dan kombinasi filter. Uji komparatif MTF, SNR dan variasi filter menghasilkan nilai *P-value* < 0,05 yang berarti ada pengaruh penambahan filter terhadap kualitas citra.

*Cinefluorographic Acquisition mode is an imaging mode on the C-Arm fluoroscopy X-ray that uses high voltage to generate images. However, the large voltage and filter used in this mode can provide increased patient doses. This study aims to determine the effect of adding an Al filter and an Al + Cu filter to the fluoroscopy C-Arm on the output voltage and current using a PMMA (Polymethyl methacrylate) phantom with a thickness of 14 cm and a filter with a thickness of 2.5 mm Al, 3 mm Al, 2.5 mm Al + 0.1 mm Cu and 3 mm Al + 0.1 mm Cu. In addition, analysis of image quality based on Signal to Noise Ratio (SNR) and Modulation Transfer Function (MTF) for each filter variation using MATLAB 2017a software. In the results of this study, the output voltage and current increased with each additional thickness and filter combination. The highest output voltage and current at the 3 mm Al + 0.1 mm Cu filter were 62.1 kV and 203 ± 2 mAs. The image histogram shows a fairly good brightness level in the 60 – 150 grayscales range. SNR and MTF values increase in filter thickness and combination. A comparative test of MTF, SNR, and filter variations yields a P-value < 0.05, which means that additional filters affect image quality.*

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Pesawat sinar-X fluoroskopi merupakan pesawat sinar-X yang memiliki tabir atau lembar penguat fluoresensi dan dilengkapi dengan sistem video untuk mencitrakan objek secara terus menerus (BAPETEN, 2011). Salah satu fungsi dari pesawat fluoroskopi C-Arm untuk mengetahui pergerakan kateter pada saat kateterisasi jantung. Kateterisasi jantung merupakan prosedur untuk mendeteksi dan mengatasi berbagai penyakit jantung dengan menggunakan kateter.

Pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm memiliki dua mode pencitraan yaitu *fluoroscopy* dan *cinefluorographic acquisition*. Pada mode *fluoroscopy*, dosis pasien dipertimbangkan sehingga tegangan yang digunakan rendah. Sedangkan pada mode *cinefluorographic acquisition* memerlukan tegangan yang tinggi untuk mengurangi noise gambar dan mengoptimalkan visualisasi klinis, sehingga menyebabkan pasien mendapatkan dosis yang lebih besar (Balter dan Baim, 2013).

Dikarenakan mode ini menggunakan tegangan yang tinggi sehingga diperlukan filter untuk mengurangi energi sinar-X. Laju dosis mode *Cinefluorographic Acquisition* berbanding lurus dengan laju *frame Cinefluorographic Acquisition*. Dosis mode *Cinefluorographic Acquisition* optimal per *frame* ketika noise citra dan kualitas citra mencapai keseimbangan terbaik (Balter dan Baim, 2013). Kualitas citra dapat dilihat dari *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Modulation Transfer Function* (MTF).

*Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah suatu ukuran perbandingan antara sinyal dengan derau. Rose menunjukkan bahwa suatu objek dapat dibedakan dari latar belakang jika  $SNR \geq 5$  (Bushberg dkk., 2012). *Modulation Transfer Function* (MTF) adalah merupakan ukuran yang sering digunakan dalam menentukan resolusi spasial dari sistem pencitraan. MTF digunakan untuk pengukuran secara objektif. Yang diperoleh dengan mengukur sinyal transfer amplitudo (kontras) dari pola sinusoidal dari berbagai frekuensi. Oleh karena itu, perlu diketahui pengaruh penggunaan filter terhadap nilai SNR dan MTF pada fluoroskopi C-Arm dengan mode penyinaran *Cinefluorographic Acquisition*.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M. Djamil. Penelitian ini memanfaatkan citra fluoroskopi sebagai subjek penelitian. Citra yang digunakan merupakan proses paparan sinar-X yang dilakukan pada fantom PMMA dengan ketebalan 14 cm. Tegangan masukan dan arus masukan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 65 kV dan 355 mA. Penelitian ini juga menggunakan filter dengan bahan aluminium (Al) dan tembaga (Cu). Penelitian ini memvariasikan ketebalan filter dimulai dari 2,5 mm Al, 3 mm Al, 2,5 mm Al + 0,1 mm Cu dan 3 mm Al + 0,1 mm Cu. Penyinaran dilakukan sebanyak 3 kali per masing-masing filter. Penyinaran diawali dengan tanpa filter dan dilanjutkan dengan variasi filter. Selanjutnya citra yang dihasilkan dari penyinaran dalam bentuk video dalam format DICOM dikonversikan ke bentuk bmp. Citra dalam bentuk bmp akan diolah menggunakan *software* MATLAB untuk menghitung nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Modulation Transfer Function* (MTF).

Perhitungan nilai SNR dapat dilakukan dengan Persamaan 1 seperti berikut (Bushberg dkk., 2012):

$$SNR = 10 \times \log_{10} \frac{\sum_{m,n} I_{m,n}^2}{\sum_{m,n} (I_{m,n} - \bar{I}_{m,n})^2} \quad (1)$$

dengan  $I_{(m,n)}$  adalah citra asli,  $\bar{I}_{(m,n)}$  sebagai citra hasil dan  $m,n$  merupakan ukuran citra. Untuk menghitung nilai MTF, diawali dengan penentuan nilai ESF seperti Persamaan 2 (Bushberg dkk., 2012):

$$ESF_k = \frac{1}{n_k} \sum_{ij} E_{ij} \text{bin}(s(i, j) - k\Delta s) \quad (2)$$

dimana,  $n_k$  merupakan jumlah piksel dari tepi,  $E_{ij}$  merupakan sekumpulan sampel diskrit, dan  $\text{bin}(s(i, j) - k\Delta s)$  adalah fungsi persegi panjang yang didefinisikan memiliki nilai satu untuk  $|s(i, j) - k\Delta s| \leq \Delta s/2$  dan bernilai nol pada kondisi lainnya (Samei dkk., 2012). Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai LSF dengan Persamaan 3 seperti berikut (Bushberg dkk., 2012):

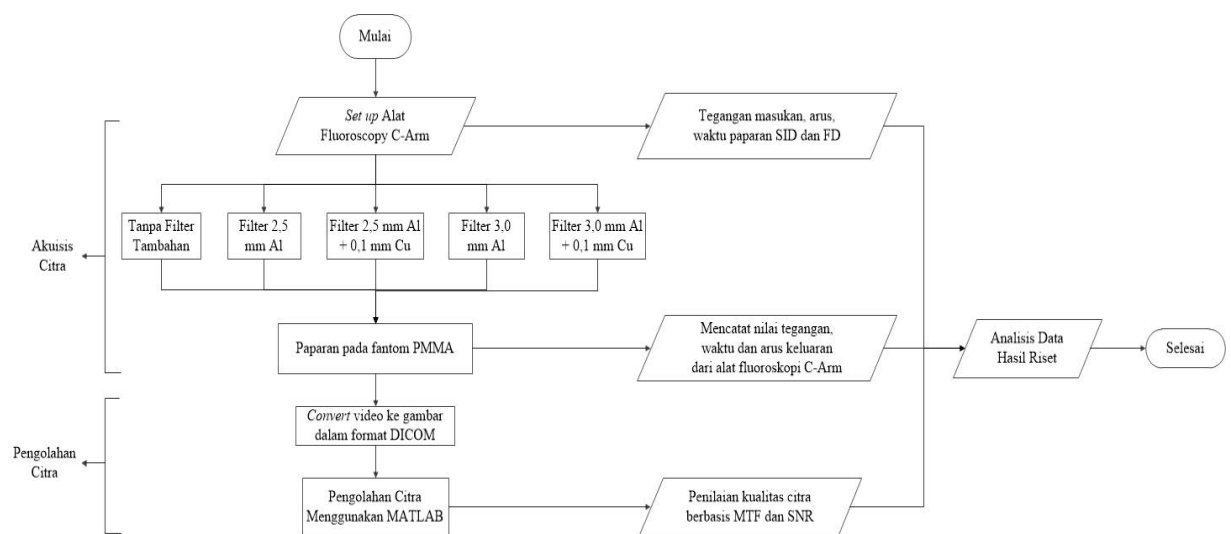
$$LSF(x) = \frac{d}{dx} ESF(x) \quad (3)$$

Nilai LSF yang didapatkan selanjutnya dinormalisasi ke nol untuk menentukan nilai resolusi spasial dengan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) untuk satu dimensi dengan Persamaan 4 seperti berikut (Bushberg dkk., 2012):

$$MTF(f_x) = |FFT [LSF(x)]| \quad (4)$$

Berdasarkan data hasil penelitian maka dilakukan analisis komparatif dengan uji *Two Way* ANOVA. Uji ANOVA merupakan bentuk uji hipotesis statistik di mana dalam mengambil kesimpulan berdasarkan data atau kelompok statistik inferentif. Pada penelitian ini digunakan jenis *Two Way* ANOVA yang merupakan analisis ragam dua arah yang merupakan suatu prosedur untuk menguji rata-rata atau pengaruh perlakuan dari beberapa populasi dari suatu percobaan yang menggunakan dua faktor. *Two Way* ANOVA bertujuan untuk menguji rata-rata atau pengaruh perlakuan dari beberapa populasi.

Pada uji ANOVA yang dilakukan terdapat  $H_0$  dan  $H_1$ .  $H_0$  pada penelitian ini adalah tidak ada pengaruh tambahan filter terhadap nilai MTF dan SNR, sedangkan  $H_1$  pada penelitian ini adalah adanya pengaruh tambahan filter terhadap nilai MTF dan SNR. Uji ANOVA pada penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan ketentuan jika *P-value* < 0,05 maka tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$  dan jika *P-value* > 0,05 maka tolak  $H_1$  dan terima  $H_0$ . *Flowchart* penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

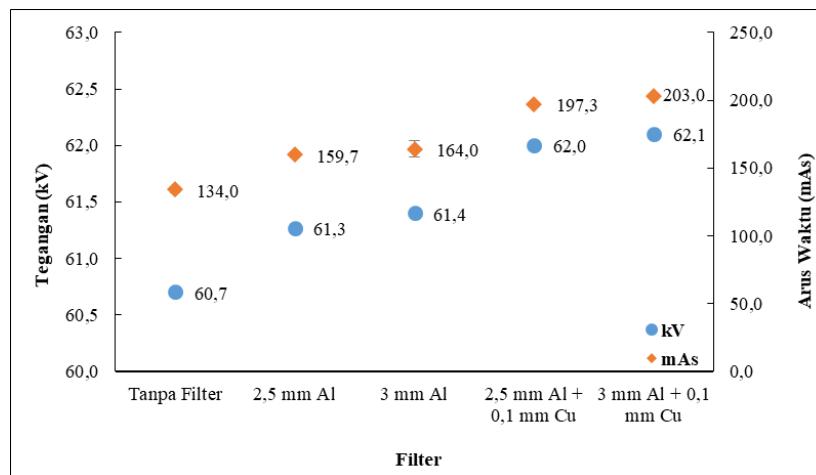


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### III. HASIL DAN DISKUSI

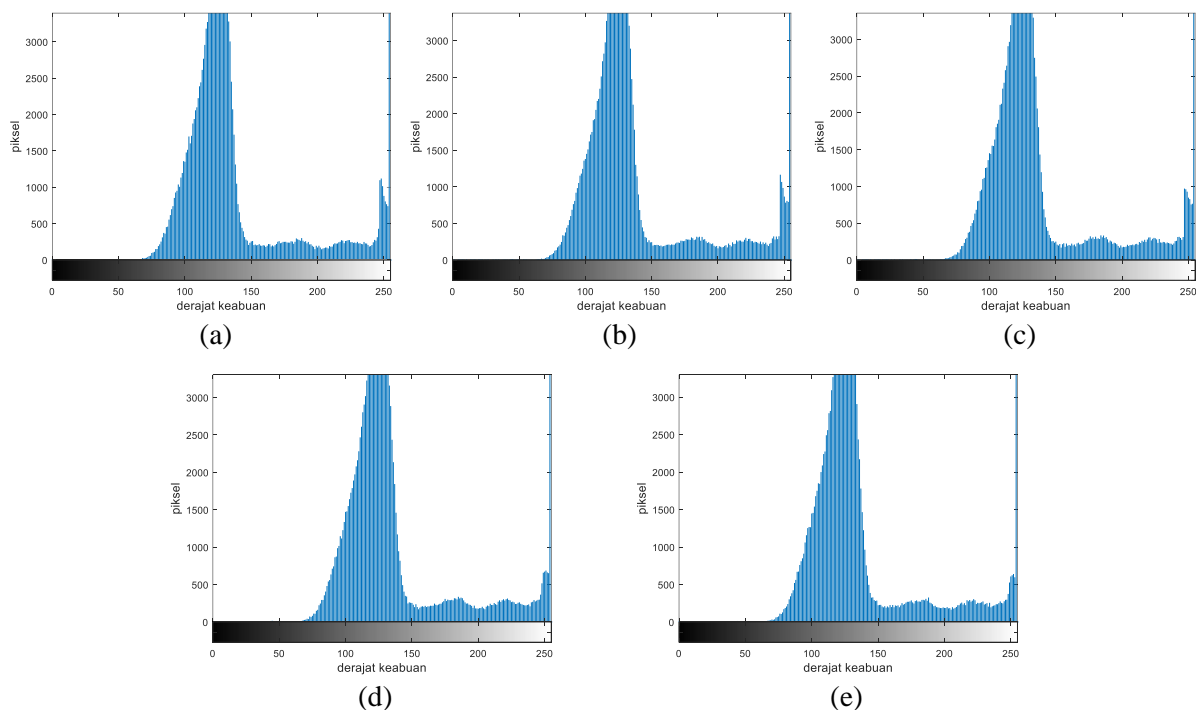
Penelitian tentang pengaruh filter terhadap kualitas citra berbasis resolusi spasial dan derau telah dilakukan pada pesawat fluoroskopi C-Arm. Nilai tegangan dan arus waktu keluaran setiap masing-masing filter dapat dilihat seperti pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, nilai tegangan dan arus waktu keluaran meningkat dengan penambahan filter. Nilai tegangan dan arus waktu keluaran terendah terdapat pada penyinaran tanpa penggunaan filter tambahan yaitu sebesar 60,7 kV dan  $134 \pm 2$  mA(s). Nilai tegangan dan arus waktu keluaran tertinggi terdapat pada penyinaran filter 3 mm Al + 0,1 mm Cu yaitu sebesar 62,1 kV dan  $203 \pm 2$  mA(s).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Geiser dkk. (1997) menyatakan bahwa tegangan keluaran juga dipengaruhi oleh ketebalan filter Al yang digunakan. Penambahan filter Cu pada filter Al juga mempengaruhi tegangan keluaran. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ngaile dkk. (2019) juga menyatakan bahwa tegangan keluaran meningkat saat terjadi peningkatan ketebalan filter Cu.



**Gambar 2** Hubungan antara filter dengan tegangan (kVp) dan arus waktu (mAs) keluaran

Berdasarkan Hendee dan Ritenour, 2002 penggunaan mode *Cinefluorographic Acquisition* akan meningkatkan arus yang melalui tabung sinar-X berkali-kali lipat. Peningkatan arus diperlukan untuk menghasilkan citra pada layar keluaran yang terang untuk memberikan paparan setiap bingkai film *Cinefluorographic Acquisition*. Mode *Cinefluorographic Acquisition* juga menggunakan sistem kontrol kecerahan otomatis, sehingga arus dan tegangan dipilih secara otomatis.

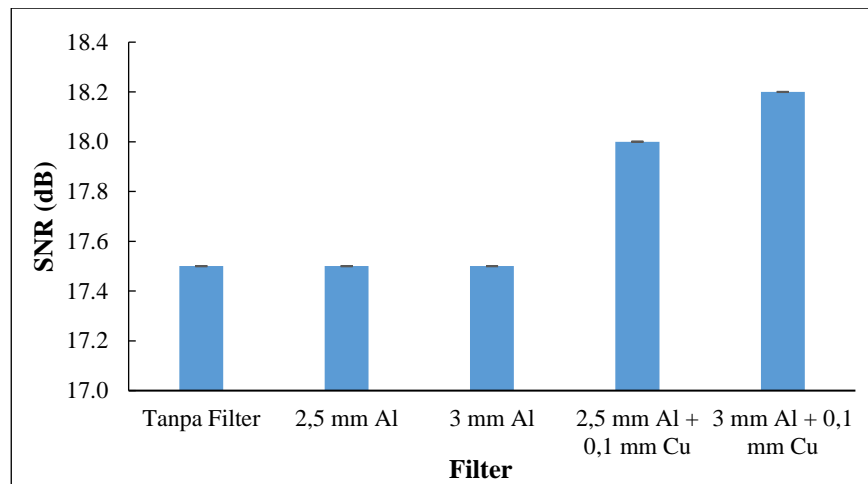


**Gambar 3** Hasil histogram citra (a) tanpa filter (b) filter 2,5 mm Al (c) filter 3 mm Al (d) filter 2,5 mm Al + 0,1 mm Cu (e) filter 3 mm Al + 0,1 mm Cu

Histogram citra menyatakan sebaran nilai-nilai intensitas piksel dari citra. Citra memiliki derajat keabuan dari 0 sampai L-1. Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa nilai derajat keabuan dari masing-masing citra yaitu 0 sampai 255 dan memiliki intensitas piksel yang baik pada rentang derajat keabuan 60 – 150. Dapat disimpulkan bahwa citra yang dihasilkan pada setiap variasi filter memiliki tingkat kecerahan yang baik karena citra berada pada derajat keabuan yang tidak terlalu terang (*overexposed*) atau tidak terlalu gelap (*underexposed*) (Bushong, 2013).

Dari Persamaan 1, didapatkan nilai SNR seperti pada Gambar 4. Diketahui bahwa adanya kenaikan nilai SNR pada penggunaan filter 2,5 mm Al + 0,1 mm Cu dan 3 mm Al + 0,1 mm Cu sebesar 18 dB dan 18,2 dB. Nilai SNR yang konstan diperoleh pada penggunaan tanpa filter tambahan, filter 2

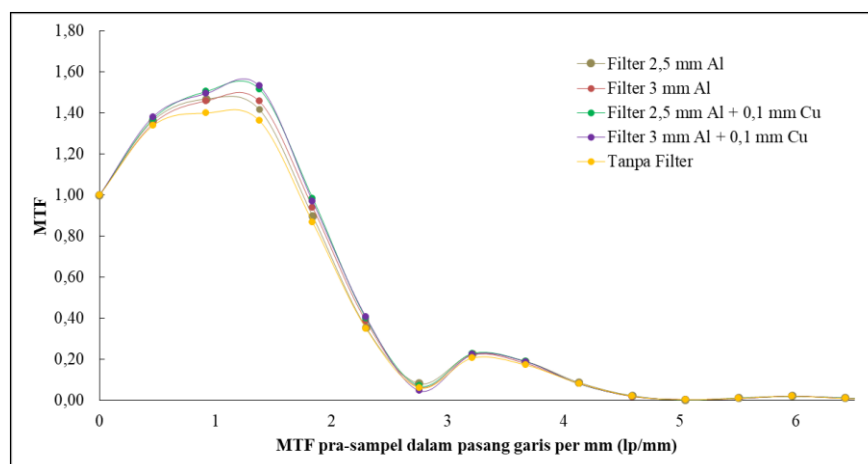
mm Al dan 3 mm Al sebesar 17,5 dB. Nilai SNR yang meningkat bermakna bahwa kekuatan sinyal lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah noise sehingga kualitas citra juga ikut meningkat. Nilai SNR tertinggi didapatkan pada filter 3 mm Al + 0,1 mm Cu yang artinya filter dengan ketebalan tersebut menghasilkan kualitas citra yang optimal. Berdasarkan Labania dkk. (2021) kualitas kontras dipengaruhi oleh faktor penyinaran. Variasi tegangan dan arus waktu penyinaran akan memberikan nilai SNR yang berbeda-beda. Pada ketebalan objek yang sama, nilai SNR sebanding dengan arus waktu penyinaran. Meningkatnya arus waktu menyebabkan nilai SNR meningkat.



**Gambar 4** Perbandingan nilai SNR terhadap variasi filter

Berdasarkan nilai ESF dan LSF yang didapatkan dari Persamaan 2 dan 3, didapatkan nilai MTF pada variasi filter seperti pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, menunjukkan bahwa grafik MTF yang didapatkan tidak linear. Nilai MTF meningkat pada rentang 0 – 1,3 lp/mm dan rentang 2,7 – 3,2 lp/mm. Nilai MTF juga mengalami penurunan pada 1,8 lp/mm dan 3,6 lp/mm.

Penurunan nilai MTF yang linier disebabkan oleh frekuensi nyquist. Nilai MTF akan berkurang mendekati nol dan menjadi nol pada saat frekuensi nyquist (Bushberg dkk., 2012). Berdasarkan Donovan dkk. (2009) kurva MTF dimulai pada 1 untuk frekuensi nol dan mewakili 100% untuk melihat objek yang sangat besar. Ketika frekuensi meningkat, ukuran objek berkurang sehingga kemampuan untuk membedakan objek juga berkurang hingga mencapai nol pada frekuensi Nyquist. Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan juga bahwa nilai MTF tertinggi terjadi pada saat penyinaran dengan filter tambahan yaitu 3 mm Al + 0,1 mm Cu dan menurun dengan mengikuti penurunan variasi ketebalan filter dan kombinasi filter. Nilai MTF yang didapatkan sebanding dengan nilai SNR yang didapatkan.



**Gambar 5** Perbandingan nilai MTF terhadap frekuensi pada variasi filter

Uji *Two Way* ANOVA dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan filter terhadap nilai MTF dan SNR. Uji ANOVA dilakukan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan hasil seperti pada Tabel 1. Pada Tabel 1 didapatkan nilai  $F_{hitung}$  sebesar 336,3357 dan  $F_{crit}$  sebesar 2,866081.  $F_{hitung}$  yang

didapatkan lebih besar daripada  $F_{crit}$  sehingga tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$ . Dan didapatkan nilai  $P$ -value < 0,05, sehingga ada pengaruh penambahan filter terhadap nilai MTF dan SNR.

**Tabel 1** Uji *Two Way* ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Sample</i>	2324,087	1	2324,087	5022124	1,77E-55	4,351244
<i>Columns</i>	0,676839	4	0,16921	365,6459	2,17E-18	2,866081
<i>Interaction</i>	0,622584	4	0,155646	336,3357	4,94E-18	2,866081
<i>Within</i>	0,009255	20	0,000463			
<i>Total</i>	2325,396	29				

#### IV. KESIMPULAN

Penambahan filter Al dan filter Al + Cu pada alat fluoroskopi C-Arm dapat mempengaruhi nilai tegangan dan arus waktu keluaran. Pada penambahan filter Al, tegangan dan arus waktu meningkat pada saat ketebalan filter ditingkatkan dan begitu juga dengan filter Al + Cu. Histogram citra yang dihasilkan juga menunjukkan tingkat kecerahan yang cukup baik pada rentang derajat keabuan 60 - 150, serta nilai SNR dan MTF meningkat pada ketebalan dan kombinasi filter. Berdasarkan uji ANOVA yang dilakukan menghasilkan nilai  $P$ -value < 0,05 yang berarti ada pengaruh baik dari penambahan filter terhadap kualitas citra. Kualitas citra yang lebih baik terdapat pada penyinaran dengan filter 3 mm Al + 0,1 Cu. Saran untuk penelitian kedepannya yaitu melanjutkan penelitian dengan melakukan pengukuran dosis pada pasien agar dapat mempertimbangkan penggunaan filter terhadap dosis pasien dan kualitas citra.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M. Djamil Padang khususnya pada Staff Radiologi di ruangan CathLab yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Balter, S. and Baim, D. S. (2013) *Grossman's Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention*. (7<sup>th</sup> ed). Philadelphia : Lippincott Williams dan wilkins.
- BAPETEN. (2011). *Peraturan Kepala Bapeten Nomor 9 Tahun 2011 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*.
- Bushberg, J. T. Seibert, A. Leidholdt, E. M. dan Boone, J. M. (2012) *The Essential Physics for Medical Imaging*. (3<sup>th</sup> ed). Philadelphia : Lippincot Williams dan Wilkins.
- Bushong, S. C. (2017) *Radiologic Science for Technologist*. (10<sup>th</sup> ed). Texas : Elsvier Mosby.
- Donovan, M., Zhang, D. dan Liu, H. (2009) Step by step analysis toward optimal MTF algorithm using an edge test device. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 17(1), 1-15.
- Geiser, W. R., Huda, W. dan Gkanatsios, N. A. (1997). Effect of patient support pads on image quality and dose in fluoroscopy. *Medical Physics*, 24(3), 377-382.
- Hendee, W. R. dan Ritenour, E. R. (2003). *Medical Imaging Physics*. (4<sup>th</sup> ed). New York : Wiley-Liss.
- Labania, H. M. Rindayani P. Kasman. Rahman, A. dan Ulum S. (2021). Analisis Kontras Digital Radiography Dengan Menggunakan ImageJ. *Gravitasi*, 20(1), 10-18.
- Ngaile, J. E. Msaki, P. K. Kazema, R. R. (2019). Evaluation of the Influence of Additional Beam Filtration on Image Quality and Patient Dose in X-ray Fluoroscopy Procedures. *Tanzania Journal of Science*, 45(2), 253-264.
- Samei, E. dan Flynn, M. J. (2012). A method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using an edge test device. *Medical Physics*, 25(1), 102-113.