

Analisis pengaruh nilai kVp dan *filter* terhadap kualitas citra dari fantom ACR pada digital mamografi

Nadya Anggraini¹, Freddy Haryanto¹, dan Adiwasono Matheus Budi Setiawan²

¹Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Bandung, 40132, Bandung, Indonesia

²Departemen Radiologi, RS. St. Borromeus, 40132, Bandung, Indonesia

Email: 20220030@mahasiswa.itb.ac.id

Naskah Masuk	5 Agustus 2022
Naskah Revisi	8 Januari 2023
Naskah Diterima	3 Maret 2023
Naskah Terbit	21 Juni 2023

Abstrak: Deteksi dini pada kanker payudara dengan mamografi merupakan langkah efektif untuk mengetahui lebih dini, sehingga pengobatan bisa segera dilakukan. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan probabilitas kesembuhan. Oleh karena itu, penerapan QC (*quality control*) dan QA (*quality assurance*) dari fasilitas pencitraan Rumah Sakit terkhusus mamografi sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kualitas citra pada mamografi dengan memvariasikan parameter pada alat dan memanfaatkan fantom standar ACR (American College of Radiology) sebagai alat uji. Metode yang dilakukan dalam pengambilan data yaitu dengan melakukan penyinaran mamografi pada fantom ACR dengan menggunakan *filter* molybdenum (Mo)/molybdenum (Mo) dan molybdenum (Mo)/rhodium (Rh) dengan nilai kilovoltage (kVp) masing-masing 23, 26, 28, 30, 32, dan 35. Pengambilan data dilakukan di Rumah Sakit Santo Borromeus, Bandung. Analisis yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai massa, mikrokalsifikasi, dan serat. Kemudian menganalisis nilai CNR (*contrast to noise ratio*) dan SNR (*signal to noise ratio*) untuk melihat *contrast*, *noise* dan *blurring* dari gambar yang dihasilkan menggunakan *software* ImageJ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beda tegangan 28 kV merupakan hasil yang paling baik dengan jumlah dari massa, mikrokalsifikasi dan serat pada secara berurutan 4, 4,5 dan 3,5 untuk *filter* Mo/Mo serta 4, 4,5 dan 2,5 untuk *filter* Mo/Rh. Nilai CNR pada beda tegangan 28 kV sebesar 2,02 untuk *filter* Mo/Mo dan 2,00 untuk *filter* Mo/Rh, hal ini menggambarkan kualitas *contrast* paling baik. Sedangkan untuk nilai SNR belum ada yang memenuhi syarat batas yaitu $\geq 40,0$, sehingga kualitas *noise* yang dihasilkan rendah. Profil nilai piksel dengan melihat puncak *gray value* menunjukkan bahwa kualitas *blurring* pada *filter* Mo/Mo lebih baik dibandingkan *filter* Mo/Rh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kVp dan material *filter* dapat memengaruhi kualitas berkas citra mamografi yang diuji dengan fantom ACR.

Abstract: Early detection of breast cancer with mammography is an effective step to finding out so that treatment can be done immediately. This treatment is expected to increase the probability of faster recovery. Therefore, the implementation of QC (*quality control*) and QA (*quality assurance*) from hospital imaging facilities, especially mammography, is very necessary. This study aims to see the image quality of mammography by varying the parameters on the tool and using standard fantom ACR (American College of Radiology) as a test tool. The method used in data collection is by irradiating mammography on the ACR fantom using molybdenum (Mo)/molybdenum (Mo) and molybdenum (Mo)/rhodium (Rh) filters with kilovoltage (kVp) values of 23, 26, 28, 30, 32, and 35. Data was collected at the Santo Borromeus Hospital, Bandung. The analysis was carried out by calculating the mass, microcalcification, and fiber. Then analyze the CNR (Contrast to Noise Ratio) and SNR (Signal to Noise Ratio) values to see the contrast, noise, and blurring of the resulting image using ImageJ software. The results showed that the 28 kV voltage difference was the best result with the sum of mass, micro classification, and fiber respectively 4, 4.5, and 3.5 for Mo/Mo filter and 4, 4.5, and 2.5 for Mo/Rh filter. The CNR value at a voltage difference of 28 kV is 2.02 for the Mo/Mo filter and 2.00 for the Mo/Rh filter, describes the best contrast quality. Meanwhile, all the SNR values are still under 40.0, so the resulting noise quality is low. The pixel value profile by looking at the peaks of gray value shows that the blurring quality of the Mo/Mo filter is better than that of the Mo/Rh filter. Thus, it can be

concluded that the kVp and filter material can affect the image quality of the mammography tested with fantom ACR.

Kata kunci: Mammografi, Image Quality, Fantom ACR

Keywords: Mammography, Image Quality, ACR Phantom

1. Pendahuluan

Kanker payudara merupakan salah satu penyakit yang paling mengkhawatirkan karena sering menjadi penyebab kematian pada wanita. Menurut International Agency for Research on Cancer (IARC), terdapat 19,3 juta. Data Global Cancer Observatory (Globocan) tahun 2020 dari World Health Organization (WHO)¹ menyebutkan bahwa di Indonesia kanker payudara menempati posisi pertama dan tercatat 65.858 kasus atau 16,6% dari total kasus penyakit kanker lainnya². Selain itu, kanker payudara dengan persentase angka kematian sebesar 9,6% berada di posisi ke-2 setelah kanker paru-paru. Data statistik nasional menunjukkan angka kanker payudara mencapai 44 orang per 100 ribu penduduk dengan rata-rata kematian mencapai 15 orang per 100 penduduk¹. Oleh karena itu, deteksi dini dengan mammografi merupakan langkah efektif untuk mengetahui lebih awal sehingga pengobatan bisa segera dilakukan. Deteksi adanya kanker payudara lebih dini diharapkan meningkatkan probabilitas kesembuhan dibandingkan penanganan yang lebih lambat.

Mammografi adalah alat *screening* yang paling efektif untuk mendeteksi kanker payudara³. Hingga kini, teknologi pesawat mamografi mengalami perkembangan yang cukup pesat dimulai dari mamografi konvensional yang menggunakan *screen film mammography* (SFM) sampai mamografi digital. Kualitas citra adalah salah satu hal utama yang harus diperhatikan dalam melihat kualitas mamografi. Hal ini terutama dalam skrining kanker payudara, di mana sebagian besar pemeriksaan wanita sehat. Saat ini, terdapat tiga jenis detektor citra dalam mamografi yaitu: *screen film* (SF), *computed radiography* (CR), dan *digital radiography* (DR). Dalam pelaksanaan pemeriksaan mamografi, uji kontrol kualitas sangatlah penting dilakukan untuk menjamin kinerja sistem mamografi peran fisikawan medis sangat diperlukan untuk melakukan uji kontrol kualitas, termasuk kualitas citra. Hal ini perlu dilakukan secara berkala, minimal satu kali dalam satu minggu.

Ada beberapa faktor penting yang memengaruhi kualitas citra diantaranya yaitu jumlah dan jenis filtrasi internal dan eksternal dan tegangan operasi tabung (kVp). Uji klinis dan penyelidikan ilmiah telah menemukan bahwa tabung sinar-x tungsten dengan filter rhodium (Rh) dan perak (Ag) optimal untuk digunakan dalam mamografi digital untuk semua ketebalan payudara dan akan memungkinkan pengurangan dosis yang penting hingga 30% sambil mempertahankan kualitas gambar yang sangat baik⁴. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai kVp kualitas citra mammografi. Selain itu, penelitian ini juga melakukan variasi dari filter yang diberikan saat eksposur. Hal ini bertujuan sama, yaitu untuk mengetahui apakah variasi filter juga memengaruhi kualitas citra.

2. Bahan dan metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2022 sampai Juli 2022 bertempat di Rumah Sakit Santo Borromeus dan Laboratorium Biofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung. Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai kualitas citra yang baik dan sesuai dengan standar yang berlaku¹². Kemudian melakukan hipotesis pengaruh dari nilai kVp terhadap kualitas citra. Setelah didapatkan beberapa data hasil eksposur, data tersebut kemudian dianalisis dengan cara menghitung jumlah massa, mikroklasifikasi dan serat. Serta menghitung nilai CNR dan SNR menggunakan *software* ImageJ dengan standarisasi nilai yaitu dari panduan *Quality Control Manual ACR Phantom* untuk fisikawan medik.

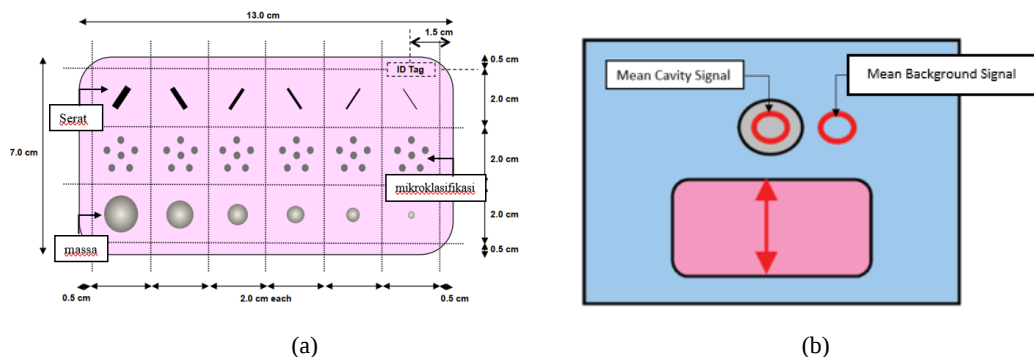
Penelitian ini diujikan pada pesawat mammografi Siemens mamomat nova 3000 di ruang radiologi Rumah Sakit Santo Borromeus Bandung dengan Phantom Mammografi digital ACR. Fantom ini memiliki ketebalan 4,1 cm, seperti pada gambar 1. Faktor eksposisi yang digunakan terdiri dari 23 kV, 26 kV, 28 kV, 30 kV, 32 kV, dan 35 kV dengan *autotime* kemudian menggunakan filter Mo/Mo dan Mo/Rh. Hasil citra yang diamati disimpan dalam format *Digital Image and Communication on Medicine* (DICOM), kemudian akan dianalisis menggunakan *software* ImageJ.



Gambar 1. Penampakan Phatom Mammografi digital ACR yang sedang diujikan pada pesawat mammografi

Fantom adalah sebuah benda uji yang mensimulasikan beberapa aspek anatomi manusia. Fantom payudara mensimulasikan tipikal payudara hal ukuran, komposisi, atenuasinya terhadap sinar-x dan juga berisi benda uji yang mensimulasikan anatomi di payudara seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Salah satu fantom yang digunakan dalam uji kualitas citra dalam mammografi yang dibahas disini adalah ACR Digital Mammography Phantom Model 086. ACR Digital Mammography Phantom Model 086 dirancang, di bawah sponsor dari American College of Radiology (ACR), untuk menguji kinerja sistem *digital mammography*. Fantom ACR *Digital Mammography* menyerupai payudara terkompresi setebal 4,2 cm yang terdiri dari 50% kelenjar dan 50 % jaringan adiposa^{4,5}. Objek di dalam fantom mensimulasikan kalsifikasi, saluran dan massa tumor. Fantom dirancang untuk menentukan apakah sistem *digital mammography* dapat mendeteksi struktur kecil yang penting dalam deteksi dini kanker payudara^{6,7}.

Objek untuk uji kualitas citra menggunakan fantom ACR terdiri dari: 1. Serat (fiber); 2. Mikrokalsifikasi (bintik); dan 3. Massa. Untuk mengendalikan penerimaan dosis pasien ini International Atomic Energy Agency (IAEA) telah memberikan rekomendasi mengenai tingkat panduan dosis yang diberikan tidak hanya untuk radiografi diagnostik, namun juga untuk CT, mammografi dan fluoroskopi^{3,8}. Di Indonesia, nilai tingkat panduan yang direkomendasikan IAEA ini telah diadopsi oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN)⁹.



Gambar 2. (a) Citra Mammografi Fantom ACR; (b) Penempatan area ROI pada citra fantom ACR

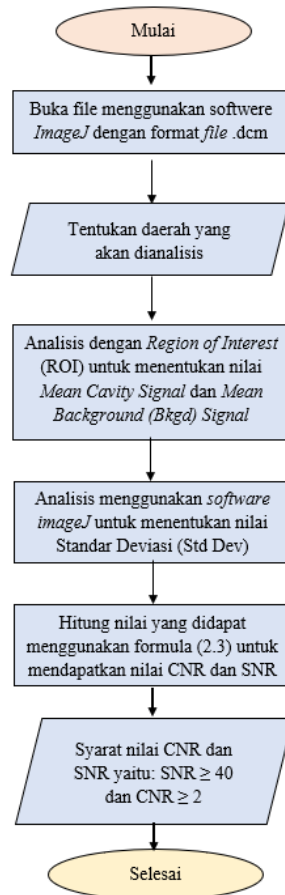
Perhitungan jumlah massa, mikrokalsifikasi dan serat yang tampak pada hasil citra yang dihasilkan bertujuan untuk melihat kualitas berkas dari citra tersebut. Hal ini juga merupakan bagian dari tahap kualitas kontrol pesawat mammografi menggunakan fantom ACR. Hasil citra yang sudah didapatkan, dibuka menggunakan perangkat lunak ImageJ dalam format *file .dcm*. Setelah itu, dihitung berdasarkan ketentuan yang ditunjukkan pada gambar 2.

ImageJ adalah program pemrosesan dan analisis gambar Java domain publik yang terinspirasi oleh NIH Image untuk Macintosh. ImageJ berjalan baik sebagai *applet* atau sebagai aplikasi yang dapat diunduh, di komputer mana pun dengan mesin virtual Java 15 atau yang lebih baru^{2,10}. Distribusi yang dapat diunduh tersedia untuk Windows, Mac OS X dan Linux. ImageJ dapat menampilkan, mengedit proses analisis, menyimpan dan mencetak gambar 8-bit 16-bit dan 32-bit. ImageJ dapat membaca banyak format gambar termasuk TIFF GIF JPEG, BMP DICOM FITS dan mentah, hal tersebut dapat mendukung tumpukan (dan *hyperstacks*) serangkaian gambar yang berbagi satu jendela ImageJ *multithreaded*,

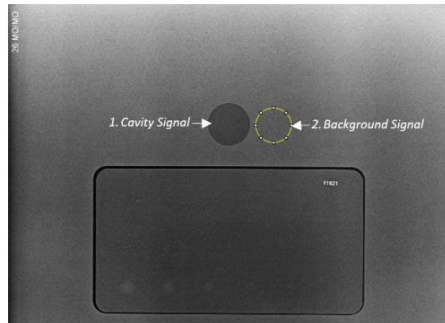
sehingga operasi yang memakan waktu seperti membaca file gambar dapat dilakukan di paralel dengan operasi lain ^{6,11}. ImageJ dapat menghitung statistik area dan nilai piksel dari pilihan yang ditentukan pengguna, mengukur jarak dan sudut, dan membuat listogram kepadatan dan plot profil garis.

2.1. Perhitungan nilai CNR dan SNR

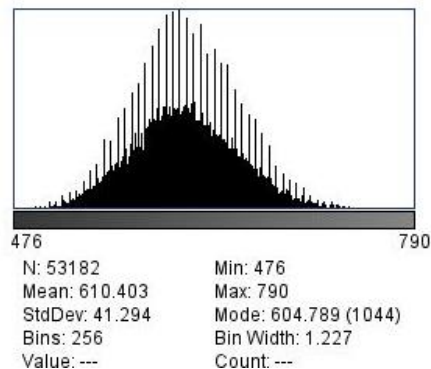
Hasil citra mammografi diolah dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ. Gambar 3 menunjukkan alur perhitungan nilai CNR dan SNR. Setelah menentukan area *mean cavity signal* dan *mean background signal*, analisis dilakukan dengan melihat nilai yang keluar dari *ROI Manager tool*. Proses kuantitas diawali dengan menentukan area *mean cavity signal* dan *mean background signal* dengan membuat lingkaran menggunakan *oval tool* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Flow Chart perhitungan nilai CNR dan SNR



Gambar 4. Area Mean Background Signal yang dipilih



Gambar 5. Area Mean Background Signal yang dipilih

Gambar 5. Histogram yang menunjukkan nilai standar deviasi (StdDev) dari *mean background signal*. Setelah mendapatkan nilai dari *mean cavity signal* dan *mean background signal* serta nilai standar deviasi background, nilai CNR dan SNR dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$CNR = \frac{(\text{Mean Cavity Signal} - \text{Mean Bkgd Signal})}{\text{Std Dev of Bkgd}} \quad (1)$$

$$SNR = \frac{(\text{Mean Bkgd Signal} - \text{DC offset})}{\text{Std Dev of Bkgd}} \quad (2)$$

Berdasarkan *Quality Control Manual ACR Digital Mammography 2018*, nilai SNR harus lebih sama dengan 40,0 dan nilai CNR harus lebih sama dengan 2,0¹².

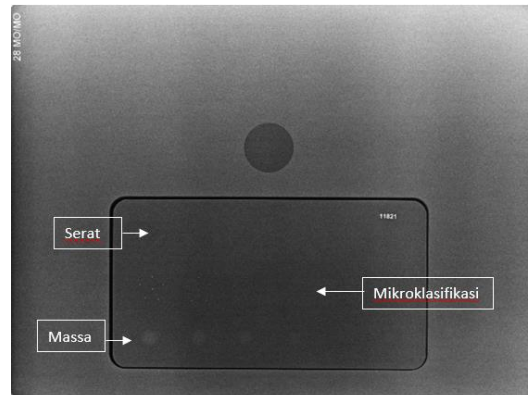
2.2. Perhitungan Jumlah Serat, Mikroklasifikasi dan Massa

Perhitungan jumlah serat, mikroklasifikasi dan massa yang tampak pada hasil citra yang dihasilkan bertujuan untuk melihat kualitas berkas dari citra tersebut^{1,13}. Hal ini juga merupakan bagian dari tahap kualitas kontrol pesawat mamografi menggunakan fantom ACR. Hasil citra yang sudah didapatkan, dibuka menggunakan perangkat lunak ImageJ dalam format *file .dcm*. Setelah itu, dihitung berdasarkan ketentuan yang ditunjukkan pada Tabel 1 dengan penampakan serupa seperti pada gambar 6.

Tabel 1. Syarat perhitungan nilai serat, mikroklasifikasi dan massa¹²

	Nilai penuh (1)	Nilai setengah (0,5)	Nilai (0)
Serat	≥ 8 mm	≥ 5 mm dan < 8 mm	< 5 mm

Mikroklasifikasi	4 – 6 bintik	2 – 3 bintik	< 2 bintik
Massa	$\geq \frac{3}{4}$ lingkaran	$\geq \frac{1}{2}$ lingkaran dan < $\frac{3}{4}$ lingkaran	< $\frac{1}{2}$ lingkaran

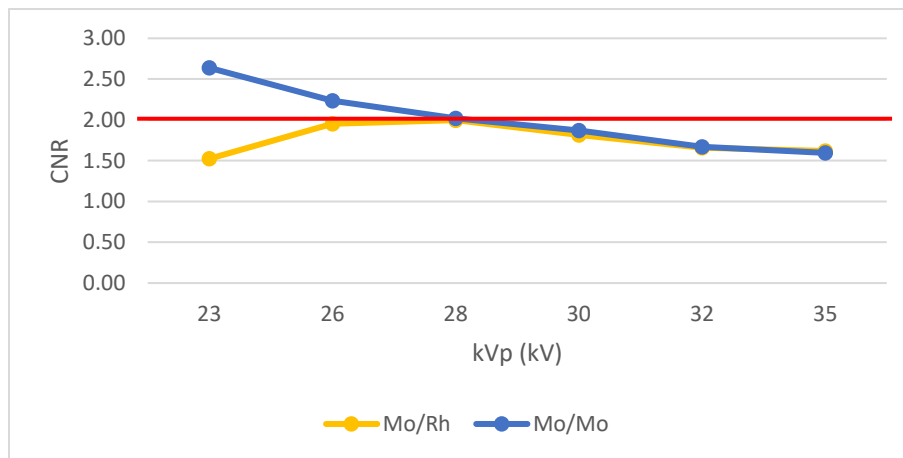


Gambar 6. Contoh penampakan serat, mikroklasifikasi dan massa pada hasil citra yang didapatkan

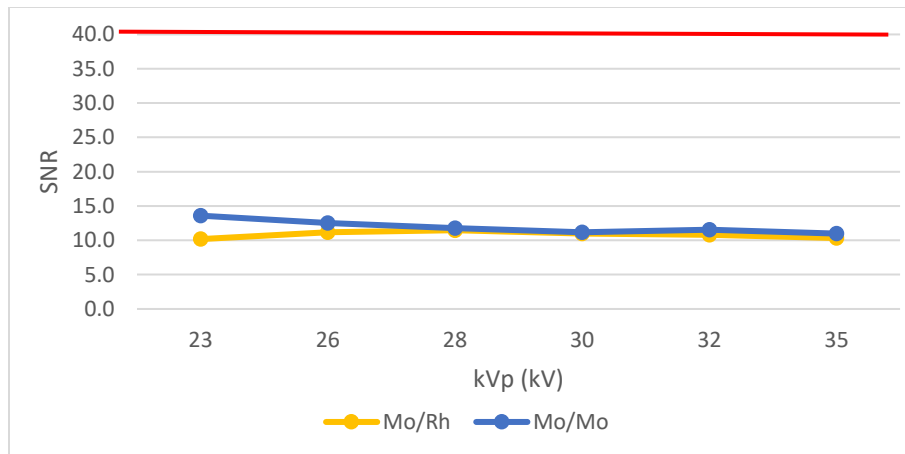
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Nilai CNR dan SNR

Perobaan diujikan pada pesawat mammografi dengan faktor eksposisi yang digunakan terdiri dari 23 kV, 26 kV, 28 kV, 30 kV, 32 kV, dan 35 kV dengan *autotime* kemudian menggunakan *filter* Mo/Mo dan Mo/Rh. Setelah itu dilakukan perhitungan nilai CNR dan SNR yang bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh nilai eksposur dan variasi filter terhadap kualitas citra yang dihasilkan. Hal ini juga bertujuan untuk melakukan kualitas kontrol terhadap pesawat mammografi yang digunakan. Hasil perhitungan CNR dan SNR dapat dilihat pada gambar 7. dan gambar 8.



Gambar 7. Kurva nilai CNR dari variasi *filter* Mo/Rh dan Mo/Mo

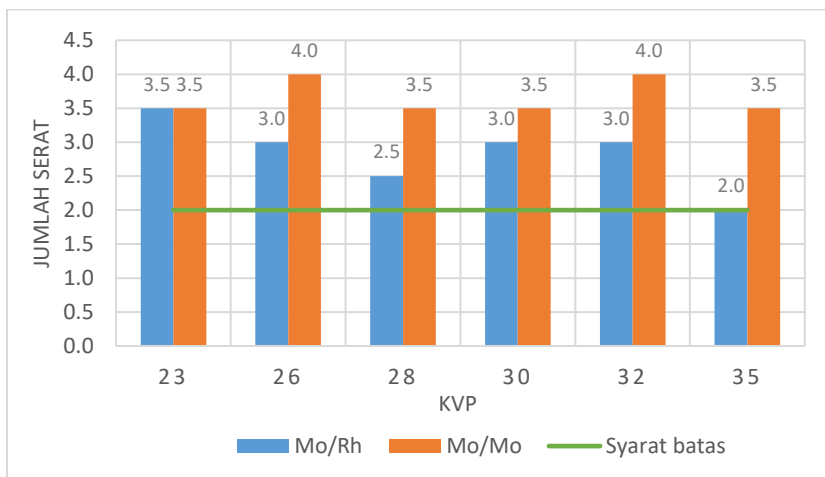


Gambar 8. Kurva nilai SNR dari variasi *filter* Mo/Rh dan Mo/Mo

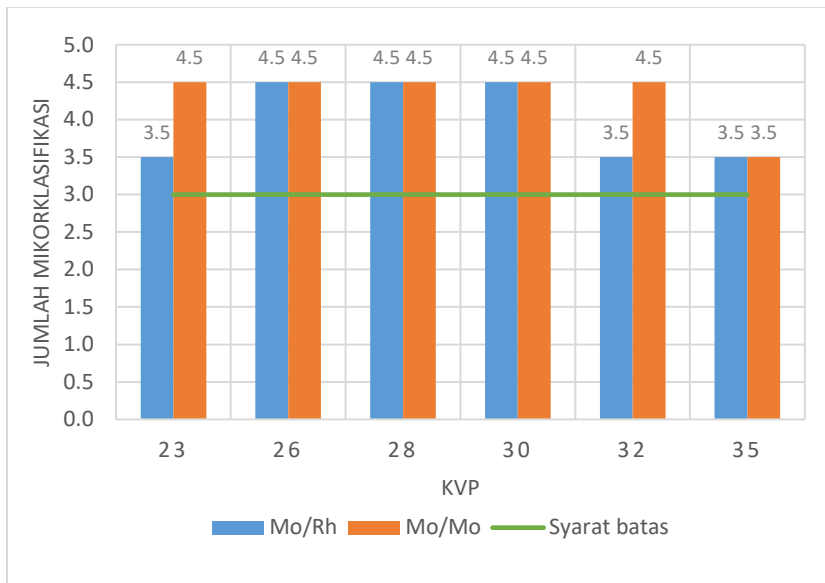
Berdasarkan gambar 7. dan gambar 8. menunjukkan bahwa perbedaan kVp dan jenis material *filter* yang digunakan memengaruhi perbedaan nilai CNR dan SNR dari hasil citra. Nilai CNR pada beda tegangan 23 kV, 26 kV dan 28 kV secara berurutan sebesar 2,64, 2,24, dan 2,02 untuk *filter* Mo/Mo dan 2,00 untuk *filter* Mo/Rh, hal ini menggambarkan kualitas *contrast* yang baik. Sedangkan untuk nilai SNR belum ada yang memenuhi syarat batas yaitu $\geq 40,0$, sehingga kualitas *noise* yang dihasilkan rendah.

3.2. Jumlah serat, mikroklasifikasi dan massa

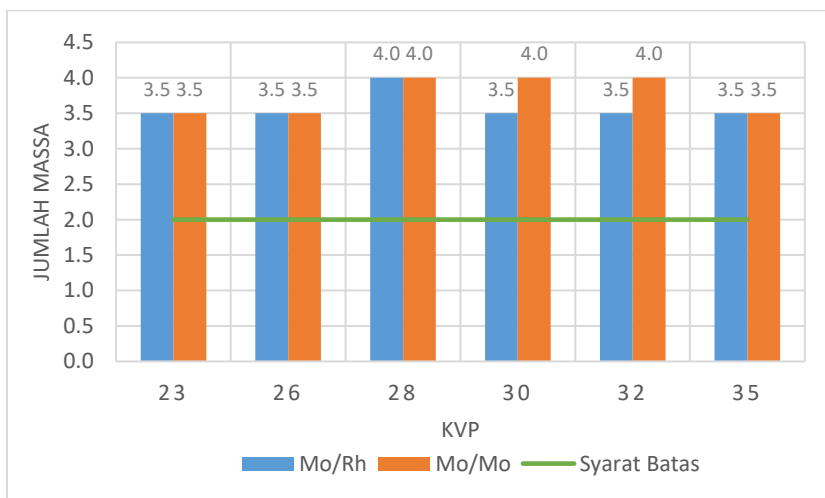
Perhitungan jumlah serat, mikroklasifikasi dan massa merupakan salah satu tahapan dari kualitas kontrol mamografi menggunakan fantom ACR yang harus dilakukan, dalam hal ini digunakan perangkat lunak ImageJ. Berdasarkan hasil perhtingan, secara keseluruhan variasi yang digunakan semuanya memenuhi syarat yaitu untuk nilai serat $\geq 2,0$ (lebih besar sama dengan dua), nilai mikroklasifikasi $\geq 3,0$ (lebih besar sama dengan tiga) dan nilai massa $\geq 2,0$ (lebih besar sama dengan dua).



Gambar 9. Jumlah serat dari varisi nilai eksposur dan *filter*



Gambar 10. Jumlah mikroklasifikasi dari variasi nilai eksposur dan *filter*



Gambar 11. Jumlah massa dari variasi nilai eksposur dan *filter*

Berdasarkan gambar 9, jumlah serat yang terlihat pada masing-masing variasi secara keseluruhan sudah memenuhi standar yaitu $\geq 2,0$. Pada *filter* Mo/Mo menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan *filter* Mo/Rh. Gambar 10 menunjukkan hasil dari jumlah mikroklasifikasi yang terlihat, secara keseluruhan juga sudah memenuhi standar yaitu dengan nilai $\geq 3,0$ dengan *filter* Mo/Mo lebih besar di beberapa nilai kVp yaitu 23 dan 32. Gambar 11, yang merupakan grafik dari jumlah massa yang terlihat pada masing-masing variasi kVp dan *filter* menunjukkan bahwa secara keseluruhan sudah memenuhi standar yaitu dengan nilai $\geq 2,0$ dan untuk *filter* Mo/Mo memiliki nilai yang lebih besar pada nilai kVp 30 dan 32. Maka, jika disimpulkan untuk uji kualitas berkas dengan melihat jumlah serat, mikroklaifikasi dan massa sudah memenuhi syarat dan dapat dikatakan fantom ACR dapat digunakan sebagai alat untuk menguji kualitas berkas,

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada beda tegangan 28 kV merupakan hasil yang paling baik dengan jumlah dari massa, mikroklasifikasi dan serat pada secara berurutan 4, 4,5 dan 3,5 untuk *filter* Mo/Mo serta 4, 4,5 dan 2,5 untuk *filter* Mo/Rh. Nilai CNR pada beda tegangan 28 kV sebesar 2,02 untuk *filter* Mo/Mo dan 2,00 untuk *filter* Mo/Rh, hal ini menggambarkan kualitas *contrast* paling baik. Sedangkan untuk nilai SNR belum ada yang memenuhi syarat batas yaitu $\geq 40,0$, sehingga kualitas *noise* yang dihasilkan rendah. Profil nilai piksel dengan melihat puncak *gray value* menunjukkan bahwa kualitas *blurring* pada *filter* Mo/Mo lebih baik dibandingkan *filter* Mo/Rh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kVp dan material *filter* dapat memengaruhi kualitas berkas citra mammografi yang diuji dengan fantom ACR.

Referensi

- ¹ H Sung, J Ferlay, RL Siegel, M Laversanne, I Soerjomataram, A Jemal, F Bray. "Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries", *CA Cancer J Clin.*, **71**(3):209-249, (2020). doi: 10.3322/caac.21660
- ² L Timmermans, A de Hauwere, K. Bacher , H. Bosmans. "Impact of the digitalisation of mammography on performance parameters and breast dose in the Flemish Breast Cancer Screening Programme", *Eur Radiol.* **24**(8):1808-19, (2014). doi:10.1007/s00330-014-3169-y
- ³ W. Ślusarczyk-Kacprzyk, W. Skrzyński, dan E. Fabiszewska. "Evaluation of Doses and Image Quality in Mammography with Screen-Film , CR , and DR Detectors – Application of the ACR Phantom", *Pol J Radiol.* **81**:386-391, (2016). doi:10.12659/PJR.897304
- ⁴ MJ Yaffe, AK Bloomquist, DM Hunter, dkk. "Comparative performance of modern digital mammography systems in a large breast screening program Comparative performance of modern digital mammography systems". *Med Phys*, **40**(12):121915, (2013). doi:10.1118/1.4829516
- ⁵ SE Song, BK Seo, A Yie A, BK Ku, dkk. "Which Phantom Is Better for Assessing the Image Quality in Full-Field Digital Mammography ?: American College of Radiology Accreditation Phantom versus Digital Mammography Accreditation Phantom", *Korean J Radiol.*, **13**(6):776-783, (2012). doi: 10.3348/kjr.2012.13.6.776
- ⁶ K Izdiyar, KC Kanaga, V Krishnapillai, T Sulaiman. "Determination of Tube Output (kVp) and Exposure Mode for Breast Phantom of Various Thicknesses / Glandularity for Digital Mammography", *Malays J Med Sci*, **22**(1):40-9, (2015).
- ⁷ JP Hogge, CH Palmer, CC Muller, ST Little, DC Smith, PP Fatouros, ES de Paredes. "Quality Assurance in Mammography : Artifact Analysis", *Radiographics*, **19**(2):503-522, (1999). doi: 10.1148/radiographics.19.2.g99mr13503
- ⁸ K Alkhalifah, A Brindhavan. "Investigation of Exposure Factors for Various Breast Composition and Thicknesses in Digital Screening Mammography Related to Breast Dose". *Med Princ Pract*, **27**(3):211-216. doi:10.1159/000488198
- ⁹ HMD Labania, P Rindayani, Kasman, A Rahman, S Ulum. "Analisis Kontras Digital Radiography Dengan Menggunakan ImageJ", *Gravitasi*, **20**(1), 10-18. <https://doi.org/10.22487/gravitasi.v20i1.15521>
- ¹⁰ ED Pisano ED, C Gatsonis, E Hendrick, et al. "Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening", *N Engl J Med*, **353**(17):1773-83, (2005). doi: 10.1056/NEJMoa052911
- ¹¹ B Donini, S Rivetti, M Lanconelli, M Bertolini. "Free software for performing physical analysis of systems for digital radiography and mammography", *Med Phys*, **41**(5):051903, (2014). doi:10.1118/1.4870955
- ¹² American College of Radiology. *2018 Digital Mammography; Quality Control Manual*, (2019).
- ¹³ R Melinda, A Supriyanto. "Analisis Densitas Pada Citra M ammograph Diagnost AR Di RSUD Dr . H . Abdul Moeloek Provinsi Lampung", *Jurnal Fisika Indonesia*, **24**(2):82-86. doi:10.22146/jfi.v24i2.54124