

EFEK PERUBAHAN TEGANGAN (kV) DAN ARUS FILAMEN (mA) PADA TEKSTUR CITRA MIKRO RADIOGRAFI DIGITAL

Gede A. Wiguna^a dan Ramacos Fardela^{b,c}

^aPendidikan Informatika, STKIP Citra Bina Nusantara, NTT 85111

^bProdi Teknik Komputer, STT Payakumbuh, Sumatera Barat, 26227

^cMahasiswa Pasca Sarjana FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281

^agede.arya@cbn.ac.id, ^bramacos.f@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Teknik radiografi didasarkan pada perbedaan koefisien atenuasi antara jaringan biologis yang membentuk tubuh atau organ tertentu. Pengetahuan yang akurat tentang sifat atenuasi tersebut sangat penting untuk mengoptimalkan kualitas gambar, dan pada saat yang sama meminimalkan dosis yang diserap pada pasien. Oleh karenanya maka penting untuk mengetahui bagaimana perubahan tekstur citra terhadap perubahan tegangan (kV) dan arus filamen (mA) tabung sinar-X. Metode yang digunakan untuk menentukan tekstur citra adalah *Gray Level Cooccurrence Matrix* (GLCM) yang merupakan metode yang paling populer dan banyak digunakan untuk ekstraksi fitur tekstur gambar dalam berbagai jenis aplikasi. Hasil menunjukkan bahwa perubahan tekstur citra terlihat jelas pada perubahan tegangan (kV) sedangkan pada perubahan arus filamen (mA) perubahan nilai matrik GLCM hanya terjadi pada tegangan 25 kV. Dari hasil juga diketahui bahwa terdapat perubahan tekstur citra pada perubahan tegangan (kV) dan arus filamen (mA) walaupun perubahannya tidak terlalu signifikan.

Kata kunci : *Tekstur citra, kV, mA, mikro radiografi digital*

1. PENDAHULUAN

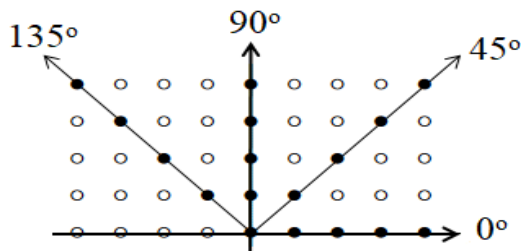
Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang 0,02-10 angstrom. Sinar X memiliki kemampuan untuk menembus bahan yang sangat besar. Pencitraan menggunakan sinar-X saat ini merupakan alat standar di banyak bidang dan disiplin yang beragam, mulai dari ilmu medis hingga bahan (Endrizzi, 2018). Pada bidang industri sinar-X digunakan untuk uji tak rusak (*Non Destructive Test*) (EPA, 2012) dan bidang kedokteran untuk terapi dan diagnostik.

Penggunaan sinar-X dalam bidang medis guna membantu dokter menegakkan diagnosis untuk mendapatkan deskripsi visual yang akurat dari suatu organ (Garala, 2018). Hal ini dimungkinkan karena sinar-X memiliki kemampuan menembus tubuh manusia yang pertamakali diujikan pada tangan istri Rontgen (Carroll, 2011). Teknik ini disebut dengan radiografi atau foto

Rontgen. Teknik radiografi memanfaatkan sinar-X terusan dan di tangkap oleh detektor. Detektor yang digunakan dapat berupa film atau pun detektor digital. Film radiografi akan menghasilkan radiografi konvensional, yang umum digunakan. Pada saat ini telah banyak dikembangkan detektor digital yang menghasilkan citra radiografi digital dan memiliki keunggulan dalam biaya operasional maupun untuk meningkatkan kualitas gambar secara substansial (Spahn, 2013).

Pada saat ini *Gray Level Cooccurrence Matrix* (GLCM) merupakan metode yang paling populer dan banyak digunakan untuk ekstraksi fitur tekstur gambar dalam berbagai jenis aplikasi (Thakare, 2014). GLCM adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis tekstur citra orde dua. GLCM berisikan matrik sepasang piksel yang memiliki intensitas tertentu dengan hubungan jarak dan arah tertentu. Matriks kookurensi didefinisikan sebagai matriks

yang menyatakan distribusi spasial antara dua piksel yang bertetangga dan memiliki intensitas serta memiliki jarak r diantara keduanya. Suatu piksel bertetangga yang memiliki jarak r diantara keduanya, dapat memiliki arah 0, 45, 90, dan 135 derajat yang berlainan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dari matriks GLCM, fitur citra yang dipresentasikan yaitu berupa Kontras (σ), entropi (e), energi (E), homogenitas (H) dan korelasi (K).

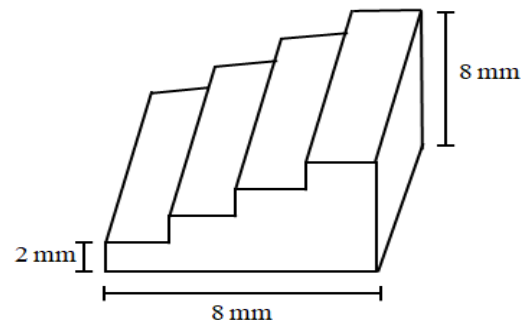


Gambar 1. Ilustrasi Geometri pada pengukuran GLCM *pixel* bertetangga

Teknik radiografi didasarkan pada perbedaan koefisien atenuasi antara jaringan biologis yang membentuk tubuh atau organ tertentu. Oleh karena itu, pengetahuan yang akurat tentang sifat atenuasi tersebut sangat penting untuk mengoptimalkan kualitas gambar, dan pada saat yang sama meminimalkan dosis yang diserap pada pasien (Geraldelli, 2013). Pada penelitian ini akan dibahas tentang tekstur citra dan nilai koefisien atenuasi linear berdasarkan perubahan tegangan (kV) dan arus filament (mA).

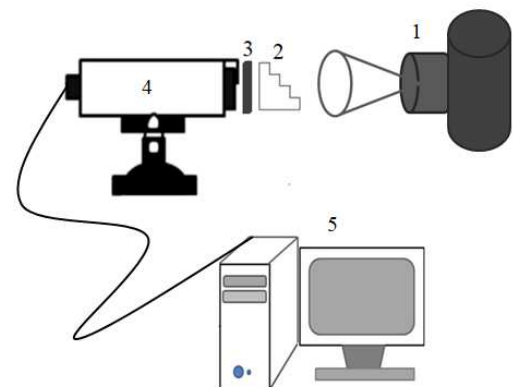
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Atom & Inti FMIPA UGM Yogyakarta. Tahap penelitian dimulai dengan perancangan *phantom stepwadge* yang terbuat dari bahan akrilik berbentuk seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Phantom Obyek Penelitian Stepwadge

Tahapan selanjutnya yaitu pengambilan citra mikro radiografi digital. adapun skema pengambilan citra radiografi digital ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Skema pengambilan data citra radiografi digital.

Ket :

1. Sumber Sinar-X
2. Obyek
3. Detektor
4. Sistem Kamera Digital
5. Komputer

Citra digital yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis menggunakan software Image-J dan Matlab untuk memperoleh nilai koefisien atenuasi dan tekstur citra.

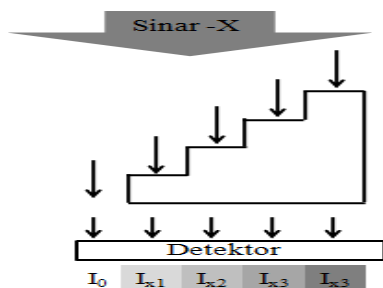
Perhitungan Nilai Koefisien Atenuasi Linier

Ketika sinar-X mengenai suatu bahan, maka sinar-X akan berinteraksi dengan materi bahan tersebut. Proses interaksi ini menyebabkan hilangnya sebagian intensitas sinar-X. Besarnya intensitas radiasi terusan

menurun secara eksponensial terhadap ketebalan bahan. Sinar-X dengan intensitas awal I_0 dan setelah menembus bahan setebal x , intensitasnya akan berubah sesuai persamaan Lambert-Beer,

$$I_x = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

dengan μ adalah koefisien atenuasi linier. Perhitungan nilai koefisien atenuasi linier diilustrasikan sesuai dengan gambar di bawah ini.



Gambar 4. Ilustrasi perhitungan nilai intensitas sinar-X

Sinar-X yang tidak menembus bahan digunakan sebagai intensitas awal (I_0), sedangkan intensitas sinar-X yang menembus bahan merupakan intensitas terusan. Dari gambar juga dapat dilihat bahwa intensitas terusan dibedakan menjadi I_{x_1} , I_{x_2} , I_{x_3} dan I_{x_4} yang merupakan intensitas terusan sinar-X berdasarkan ketebalannya. dengan mengasumsikan bahan bersifat homogen dan koefisien atenuasi linier bernilai konstan maka persamaan 1 dapat dituliskan sebagai berikut

$$\ln\left(\frac{I_0}{I_x}\right) = \mu x \quad (2)$$

dengan melakukan plotting nilai $\ln(I_0/I_x)$ dan ketebalan (x), maka gradien grafik tersebut adalah nilai μ .

Perhitungan Nilai Tekstur Citra GLCM

Ekstraksi fitur citra menggunakan GLCM terdiri dari 14 fitur, namun pada penelitian ini hanya menggunakan 4 ciri statistik yaitu Kontras, korelasi, energi dan homogenitas. Penggunaan fitur 4 fitur tersebut berdasarkan yang ada pada

program MATLAB yaitu *graycoprops*. Adapun fungsi dari jenis tekstur tersebut adalah sebagai berikut :

a. Kontras

Kontras digunakan untuk mengukur variasi lokal tingkat derajat keabuan dalam matriks co-occurrence. Secara visual nilai kontras adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra. Hasil perhitungan kontras berkaitan dengan jumlah keberagaman intensitas derajat keabuan dalam citra.

$$\sigma = \sum_i \sum_j (i - j)^2 C(i, j) \quad (3)$$

b. Korelasi

Korelasi digunakan untuk mengukur ketergantungan linier sebuah keabuan citra sehingga diperoleh petunjuk adanya struktur linear dalam citra

$$K = \sum_i \sum_j \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j) C(i, j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (4)$$

c. Energi

Nilai energi bertolak belakang dengan nilai entropi. Semakin tinggi nilai entropi maka nilai energi akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan, nilai energi menggambarkan keteraturan penyebaran derajat keabuan suatu citra. Nilai energi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = \sum_i \sum_j C^2(i, j) \quad (5)$$

d. Homogenitas

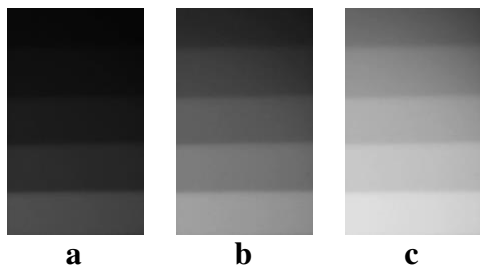
Homogenitas digunakan untuk mengukur kedekatan distribusi elemen dalam matriks GLCM.

$$H = \sum_i \sum_j \frac{C(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

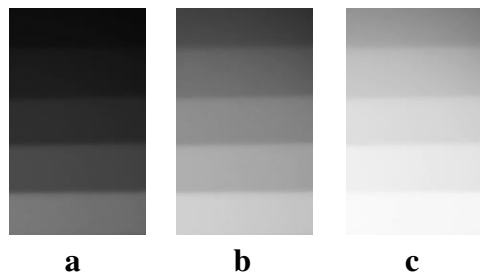
a. Variasi Tegangan (kV)

Citra mikro radiograf digital variasi tegangan (kV) yang diperoleh di tunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Citra radiografi variasi kV dengan Arus Filamen 20 mA (a) 20 kV, (b) 25 kV, (c) 30 kV.

Gambar 5. merupakan citra radiografi dengan variasi tegangan (kV) pada arus filamen 20 mA.



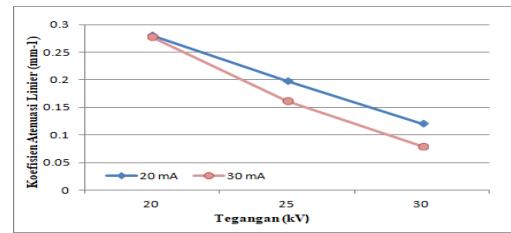
Gambar 6. Citra radiografi variasi kV dengan mA 30 mA (a) 20 kV, (b) 25 kV, (c) 30 kV.

Gambar 6. adalah citra radiografi dengan variasi tegangan (kV) pada arus filamen 30 mA. Dari kedua hasil diatas diperoleh bahwa semakin tinggi kV menghasilkan citra radiografi semakin terang.

Hasil perhitungan koefisien atenuasi linier pada variasi tegangan (kV) pada arus filamen 20 mA & 30 mA ditunjukkan pada Tabel 1 dan ditampilkan dalam grafik pada Gambar 7.

Tabel 1. Data pengukuran koefisien atenuasi linier variasi kV dengan arus filamen 20 mA & 30 mA

Tegangan (kV)	Koefisien atenuasi linier (mm ⁻¹)	
	20 mA	30 mA
20	0,28 ± 0,01	0.28 ± 0,01
25	0.19 ± 0,01	0.16 ± 0,01
30	0.12 ± 0,01	0.079 ± 0,005



Gambar 7. Hubungan koefisien atenuasi linier dengan tegangan (kV)

Dari gambar diperoleh informasi bahwa semakin tinggi tegangan, nilai koefisien atenuasi semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kV maka energi sinar-X juga semakin tinggi. Hal ini menyebabkan interaksi antara sinar-X dengan materi dalam suatu bahan semakin sedikit sehingga lebih banyak intensitas yang diloloskan.

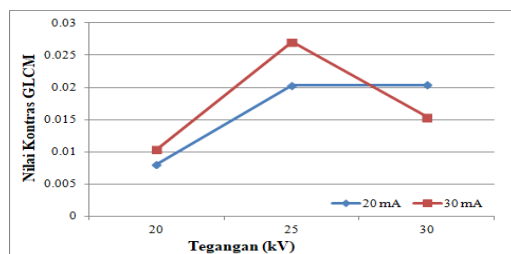
Hasil ekstraksi tekstur citra radiografi pada perubahan tegangan (kV) ditunjukkan sebagai berikut.

KONTRAS

Hasil perhitungan nilai kontras pada matrik GLCM di ditampilkan pada Tabel 2. dan Gambar 8.

Tabel 2. Nilai Kontras GLCM terhadap perubahan Tegangan (kV)

Tegangan (kV)	Nilai Kontras GLCM	
	20 mA	30 mA
20	0.008024	0.010393
25	0.020339	0.027025
30	0.020353	0.015435



Gambar 8. Hubungan nilai kontras matrik GLCM terhadap perubahan tegangan (kV)

Dari hasil yang ditampilkan diatas diperoleh bahwa semakin tinggi tegangan nilai kontras citra semakin meningkat. Dari gambar juga diperoleh bahwa kontras yang dihasilkan pada arus filamen 30 mA lebih tinggi

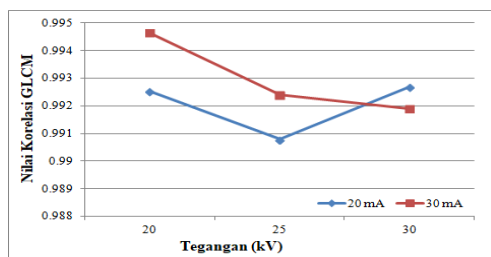
dibandingkan dengan arus filamen 20 mA pada tegangan (kV) yang sama. Tapi pada arus filamen 30 mA kontras menurun. Hal tersebut berarti bahwa dengan semakin tingginya energi (kV dan mA) tidak serta merta meningkatkan nilai kontras.

KORELASI

Hasil perhitungan nilai korelasi pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 3. dan Gambar 9.

Tabel 3. Nilai Korelasi GLCM terhadap perubahan Tegangan

Tegangan (kV)	Nilai Korelasi GLCM	
	20 mA	30 mA
20	0.99254	0.99464
25	0.99079	0.99239
30	0.99268	0.99189



Gambar 9. Hubungan nilai korelasi matrik GLCM terhadap perubahan tegangan (kV)

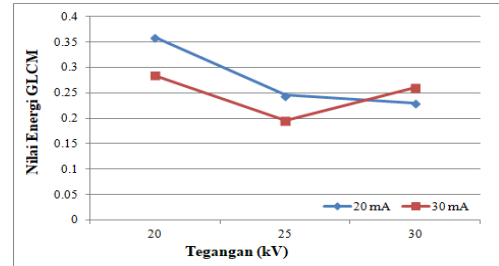
Dari grafik diperoleh bahwa nilai korelasi citra semakin menurun yang berarti bahwa ketergantungan linier yang dihasilkan dari meningkatnya tegangan semakin menurun. Namun pada arus filamen 20 mA nilai korelasi GLCM naik pada tegangan 30 kV.

ENERGI

Hasil perhitungan nilai energi pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 4. dan Gambar10.

Tabel 4. Nilai Energi GLCM terhadap perubahan Tegangan

Tegangan (kV)	Nilai Energi GLCM	
	20 mA	30 mA
20	0.35906	0.28431
25	0.24539	0.19531
30	0.23027	0.26084



Gambar 10. Hubungan nilai energi matrik GLCM terhadap perubahan tegangan (kV)

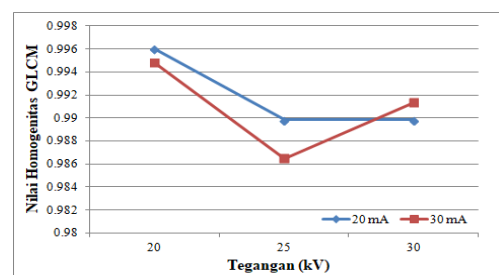
Dari grafik diperoleh bahwa nilai energi memiliki kecenderungan semakin menurun yang berarti bahwa keteraturan penyebaran nilai derajat keabuan semakin menurun. Namun pada arus filamen 30 mA nilai korelasi GLCM naik pada tegangan 30 kV.

HOMOGENITAS

Hasil perhitungan nilai homogenitas pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 5. dan Gambar 11.

Tabel 5. Nilai Homogenitas GLCM terhadap perubahan Tegangan

Tegangan (kV)	Nilai Homogenitas GLCM	
	20 mA	30 mA
20	0.99599	0.9948
25	0.98983	0.98649
30	0.98982	0.99134

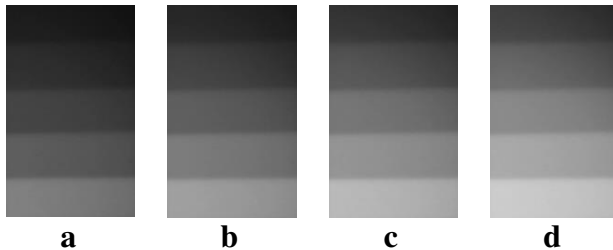


Gambar 11. nilai homogenitas terhadap perubahan tegangan (kV)

Dari grafik diperoleh bahwa nilai homogenitas memiliki kecenderungan semakin menurun yang berarti bahwa kedekatan distribusi elemen dalam matriks GLCM semakin menurun. Namun pada arus filamen 30 mA nilai homogenitas GLCM naik pada tegangan 30 kV.

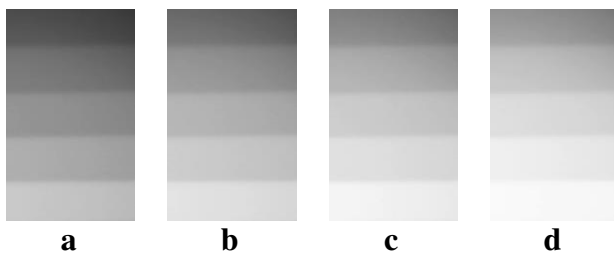
b. Variasi Arus Filamen (mA)

Citra mikro radiograf variasi tegangan (kV) yang diperoleh di tunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 12. Citra radiografi variasi mA dengan kV 25 kV (a) 15 mA, (b) 20 mA, (c) 25 mA, (d) 30 mA.

Gambar 11. merupakan citra radiografi dengan variasi arus filamen (mA) pada tegangan tabung 25 kV.



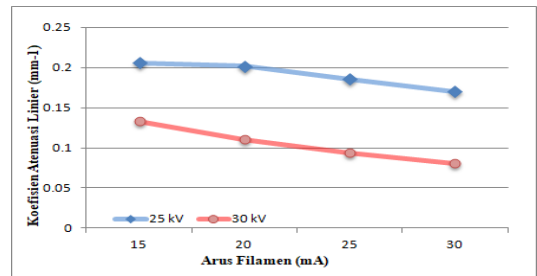
Gambar 13. Citra radiografi variasi mA dengan kV 30 kV (a) 15 mA, (b) 20 mA, (c) 25 mA, (d) 30 mA.

Gambar 12. merupakan citra radiografi dengan variasi arus filamen (mA) pada tegangan tabung 30 kV.

Hasil perhitungan koefisien atenuasi linier pada variasi arus filamen (mA) pada tegangan tabung 25 kV & 30 kV ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 14.

Tabel 6. Data pengukuran koefisien atenuasi linier variasi mA dengan Tegangan 25 kV & 30 kV

Arus Filamen (mA)	Koefisien atenuasi linier (mm ⁻¹)	
	25 kV	30 kV
15	0.2057	0.1333
20	0.2017	0.1108
25	0.1856	0.0939
30	0.1704	0.0808



Gambar 14. Hubungan koefisien atenuasi linier dengan arus filament (mA)

Dari gambar diperoleh informasi bahwa semakin tinggi arus filamen (mA), nilai koefisien atenuasi semakin kecil. Hal ini dikarenakan bahwa arus filamen juga menyumbang dalam energi sinar-X.

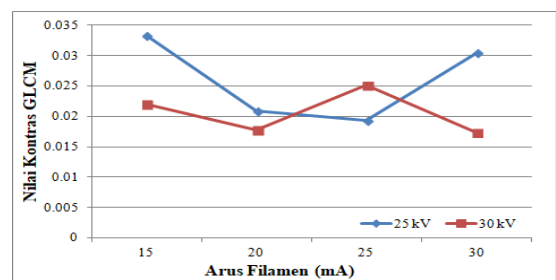
Hasil ekstraksi tekstur citra radiografi pada perubahan arus filamen (mA) ditunjukkan sebagai berikut.

KONTRAS

Hasil perhitungan nilai kontras pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 7. dan Gambar 15.

Tabel 7. Nilai Kontras GLCM terhadap perubahan arus filamen (mA).

Arus Filamen (mA)	Nilai Kontras GLCM	
	25 kV	30 kV
15	0.033264	0.022073
20	0.020907	0.017749
25	0.019295	0.025087
30	0.030459	0.017318



Gambar 15. Hubungan nilai kontras matrik GLCM terhadap perubahan arus filamen (mA).

Dari hasil yang ditampilkan diatas diperoleh bahwa semakin tinggi arus filamen nilai kontras pada tegangan 25 kV cenderung mengalami penurunan. Namun pada arus filamen 30 mA nilai kontrasnya

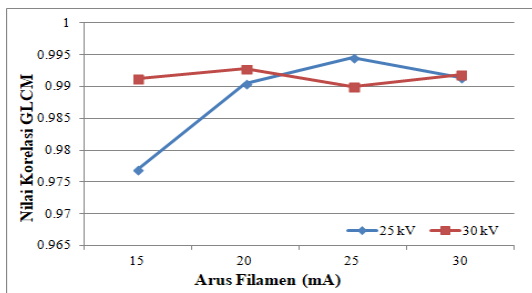
naik. Sedangkan pada tegangan 30 kV nilai kontras matrik GLCM tidak menunjukkan kecenderungan naik ataupun turun.

KORELASI

Hasil perhitungan nilai korelasi pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 8. dan Gambar 16.

Tabel 8. Nilai Korelasi GLCM terhadap perubahan arus filamen (mA).

Arus Filamen (mA)	Nilai Korelasi GLCM	
	25 kV	30 kV
15	0.97692	0.99132
20	0.99048	0.99276
25	0.9945	0.98996
30	0.9915	0.99189



Gambar 16. Hubungan nilai korelasi matrik GLCM terhadap perubahan arus (mA).

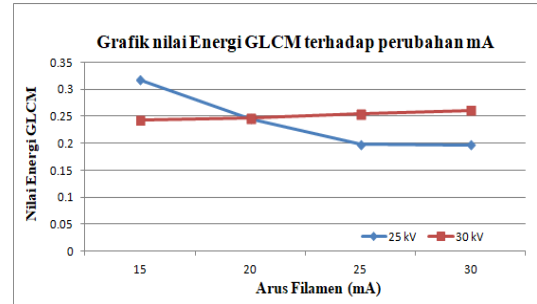
Dari hasil yang diperoleh bahwa nilai korelasi matrik GLCM pada tegangan 20 kV mengalami kenaikan walaupun pada mA 30 mengalami penurunan. Sedangkan pada tegangan 30 kV nilai korelasinya cenderung sama.

ENERGI

Hasil perhitungan nilai energi pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 9. dan Gambar 17.

Tabel 9. Nilai Energi GLCM terhadap perubahan arus filamen (mA).

Arus Filamen (mA)	Nilai Energi GLCM	
	25 kV	30 kV
15	0.3169	0.24292
20	0.24565	0.24661
25	0.19843	0.23962
30	0.19671	0.26084



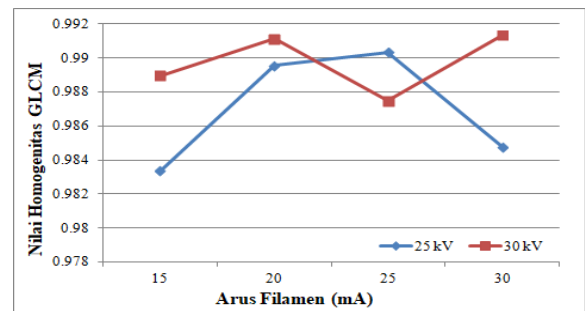
Gambar 17. Hubungan nilai energi matrik GLCM terhadap perubahan arus filamen (mA).

Dari hasil yang diperoleh bahwa nilai energi matrik GLCM pada tegangan 20 kV memiliki kecenderungan menurun. Sedangkan pada tegangan 30 kV nilai energinya cenderung sama.

HOMOGENITAS

Hasil perhitungan nilai homogenitas pada matrik GLCM di tampilkan pada Tabel 10. dan Gambar 18.

Arus Filamen (mA)	Nilai Homogenitas GLCM	
	25 kV	30 kV
15	0.98337	0.98896
20	0.98955	0.99113
25	0.99035	0.98746
30	0.98477	0.99134



Gambar 18. Hubungan nilai homogenitas matrik GLCM terhadap perubahan arus filamen (mA).

Dari hasil yang diperoleh bahwa nilai homogenitas matrik GLCM pada tegangan 20 kV memiliki kecenderungan naik walaupun pada mA 30 mengalami penurunan. Sedangkan pada tegangan 30 kV tidak memiliki pola kecenderungan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil diperoleh dapat disimpulkan bahwa :

- a. Nilai koefisien atenuasi linier menurun seiring dengan meningkatnya tegangan (kV) dan Arus Filamen (mA)
- b. Tekstur citra pada kenaikan tegangan (kV) yaitu nilai kontras naik, korelasi, energi dan homogenitas cenderung menurun baik pada arus filamen 20 mA & 30 mA.
- c. Tekstur citra pada kenaikan arus filamen (mA) yaitu nilai kontras dan nilai energi matrik GLCM memiliki kecenderungan menurun pada tegangan 25 kV, sedangkan nilai korelasi dan homogenitas matrik GLCM memiliki kecenderungan naiki pada tegangan 25 kv, pada tegangan 30 kV nilai matrik GLCM tidak memiliki kecenderungan naik aatupun turun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih di tujukan kepada Dr. Gede Bayu Suparta yang membantu dan memberikan ijin dalam pengambilan data. Laboran Laboratorium Atom & Inti FMIPA UGM yang telah memfasilitasi sarana dan prasarana pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carroll, Q. B. 2011. *Radiography in the digital age*. Charles C Thomas.
- [2] Endrizzi, M. 2018. X-ray phase-contrast imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 878, 88-98.
- [3] EPA. 2012 (April). Radiation : Facts, Risks and Realities. *United States Enviromental Protection*

- Agency.
- [4] Garala, K., & Patil, S. 2018. Radiography, anatomy and imaging in pelvic fractures. *Orthopaedics and Trauma*.
- [5] Geraldelli, W., Tomal, A., & Poletti, M. E. 2013. Characterization of tissue-equivalent materials through measurements of the linear attenuation coefficient and scattering profiles obtained with polyenergetic beams. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 60(2), 566-571.
- [6] Spahn, M. 2013. X-ray detectors in medical imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 731, 57-63.
- [7] Thakare, V. S., & Patil, N. N. 2014, (January). Classification of texture using gray level co-occurrence matrix and self-organizing map. In *Electronic Systems, Signal Processing and Computing Technologies (ICESC), 2014 International Conference on* (pp. 350-355). IEEE