



## UJI KUALITAS KERAMIK KlamPOK-BANJARNEGARA DENGAN METODE RADIOGRAPHY NON-DESTRUCTIVE TESTING (RNDT)

**Ekberd Krey<sup>✉</sup>, Susilo, Sunarno**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Maret 2016

Disetujui Maret 2016

Dipublikasikan Juli 2016

*Keywords:*

RNDT, Edge Detection

Filter, GUI interface, PSNR

### Abstrak

Keramik adalah produk yang terbuat dari lempung dan mengalami pembakaran dengan suhu tinggi. Pangsa ekspor keramik mengalami penurunan karena adanya penurunan kualitas keramik sehingga perlu dilakukan uji kualitas keramik. Salah satu uji kualitas keramik yang dikaji adalah ada dan tidaknya keretakan dalam (*internal cracking*). Pengujian ini dilakukan dengan metode *Radiography Non-Destructive Testing (RNDT)* yang merupakan salah satu metode *NDT*. Parameter yang divariasi yaitu tegangan (45kV hingga 70kV) dan jarak (65cm hingga 75cm) sedangkan parameter arus (16mA) dan waktu (0,125s) dibuat tetap. Citra hasil radiografi diolah menggunakan 5 filter deteksi tepi yaitu Sobel, Prewitt, Robert, Canny dan Log dengan bantuan *GUI interface* pada Matlab2007b. Hasil yang diperoleh adalah keretakan terdapat pada salah satu sampel pada tegangan paling optimum 70kV dengan jarak 65cm. Sampel lain tidak menunjukkan adanya keretakan. Filter deteksi tepi yang memberikan gambaran terbaik dan jelas yaitu filter deteksi tepi Canny dengan nilai PSNR 7,8864 dan LoG dengan nilai PSNR 8,1876.

### Abstract

*Ceramics are the products made from clay and experience with high-temperature combustion. The share of export of ceramics decreased due to a decrease because the quality was decrease, so the ceramic needed to test the quality. One kind of the quality's test of ceramics was the presence and absence of cracks in the (*internal cracking*). This testing was done by the method of Non-Destructive Testing Radiography (RNDT) which was one method of NDT. The parameters were varied voltage (45kV to 70kV) and distance (65cm to 75cm) while the parameter current (16mA) and time (0,125s) was made permanent. Image radiography resulted processed using edge detection is 5 filter Sobel, Prewitt, Robert, Canny and with the help of GUI interface Log on Matlab2007b. The results obtained were cracks found in one sample at a voltage of 70kV with the most optimum distance of 65cm. Other samples did not show any cracks. Edge detection filter that gived the best picture and cleared that Canny edge detection filter to the value PSNR7,8864 and logs with PSNR 8.1876.*

## PENDAHULUAN

Sinar-X ditemukan oleh Roentgen pada tahun 1895 ketika bekerja menggunakan tabung-tabung Geiger dan menemukan bahwa sinar dari tabung dapat menembus bahan yang tak tembus cahaya.

Rontgen menemukan bahwa sinar dari tabung dapat menembus bahan yang tak tembus cahaya dan dapat mengaktifkan layar pendar atau film foto. Sinar ini berasal dari titik dimana elektron dalam tabung mengenai sasaran di dalam tabung tersebut atau tabung kacanya sendiri (Beiser, 1999:59).

Sinar-x terjadi karena pemberian beda potensial antara anoda dan katoda sehingga filamen yang dipanaskan pada katoda mengeluarkan elektron yang selanjutnya difokuskan dengan bidang fokus menuju anoda. Elektron dipercepat menuju anoda karena penambahan muatan positif pada anoda. Elektron yang menumbuk anoda menyebabkan elektron kehilangan beberapa energinya sehingga dari anoda terpancar foton sinar-X. hamburan foton sinar-X difokuskan melalui suatu celah yang dipasang lempengan timbal untuk mengatur berkas sinar-X yang keluar. Keluaran (intensitas) sinar-X yang keluar melalui celah dengan lempengan timbal yang disebut kolimator dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{keluaran} = \frac{kitv^2}{d^2} \quad (1)$$

dengan:

$k$  : konstanta penyinaran

$t$  : waktu penyinaran

$d$  : jarak target terhadap sumber

$v$  : potensial tabung

$i$  : arus tabung

Keluaran (intensitas) yang keluar dari kolimator selanjutnya diujikan pada sampel atau benda yang ditangkap oleh *intensifying screen (IS)*. *IS* berfungsi untuk merubah sinar-X menjadi sinar tampak yang selanjutnya ditangkap oleh kamera DSLR dalam *lightbox* dan diperoleh gambar berupa citra digital dengan format Jpeg.

Citra radiograf yang dihasilkan oleh sistem radiografi pada dasarnya adalah pemetaan dari berkas sinar-X yang diteruskan  $I_x$  berkas mula-mula yang datang  $I_o$ , tebal obyek  $x$  dan kepadatan obyek (sampel)  $\lambda$ . Oleh karena adanya kehilangan energi foton didalam tebal  $x$  dari lapisan, maka akan terjadi pengurangan intensitas. Hubungan antara  $I_o$  dan  $I_x$  adalah sebagai berikut (Susilo, dkk, 2010):

$$I_x = I_0 \exp(-\lambda x) \quad (2)$$

dengan:

$I_x$  : intensitas sinar-X yang menembus media

$I_o$  : intensitas sinar-X mula-mula yang ke media

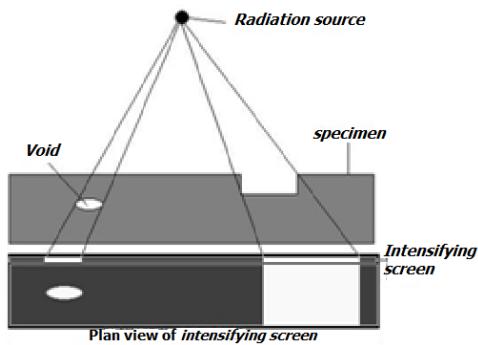
$\lambda$  : koefisien absorpsi linier

$x$  : tebal materi

Sifat tembusan sinar-X dimanfaatkan untuk bidang kesehatan sebagai pemeriksaan rotgen serta dimanfaat sebagai salah satu pengujian benda yang tak merusak (*Non-destructive testing*). Pemeriksaan ini lebih dikenal dengan nama *Radiography Non-Destructive Testing (RNDT)* karena memanfaatkan mesin sinar-X.

Uji tak-merusak (*NDT*) adalah teknik non-invasif untuk menentukan integritas bahan, komponen atau struktur. Karena memungkinkan pemeriksaan tanpa mengganggu penggunaan suatu produk, *NDT* memberikan keseimbangan yang sangat baik antara kontrol kualitas dan efektifitas biaya. *NDT* memungkinkan bagian dan bahan-bahan yang akan diperiksa dan diukur tanpa merusak. Uji *NDT* banyak macamnya, yaitu: *visual inspection, liquid penetrant, magnetic particle, addy current, thermography-infrared testing, ultrasonic testing, vibration analysis* dan *radiography non-destructive testing* (Naryono & Suharyadi, 2012).

*RNDT* adalah metode *NDT* (**Gambar 1**), yang menggunakan penetrasi radiasi. Hal ini didasarkan pada penyerapan diferensial radiasi oleh bagian bawah pemeriksaan. Dalam pemeriksaan ini sumber radiasi dari mesin khusus yang dapat memancarkan sinar X yang disebut sebagai radiografi sinar-X.



**Gambar 1.** Tata Letak Pemeriksaan RNDT (Naryono & Suharyadi, 2012).

Citra atau gambar adalah salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Meskipun sebuah citra kaya akan informasi, namun sering kali citra yang dimiliki mengalami penurunan mutu, misalnya mengandung cacat atau noise. Citra semacam ini menjadi lebih sulit untuk diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang (Sony, 2006).

Penangkapan gambar melalui *IS* berbeda dengan film, yaitu bagian yang memiliki ketebalan lebih tipis berwarna lebih terang, sehingga perlu dilakukan inversi citra yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$x_n = 255 - x \quad (3)$$

dengan:

$x_n$  : Citra hasil inversi

255 : derajat keabuan maximum

$x$  : matriks citra asli (grayscale)

Perbaikan kualitas citra merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mendapatkan kondisi tertentu pada citra. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan berbagai macam metode tergantung pada kondisi yang diharapkan pada citra, seperti mempertajam bagian tertentu pada citra, menghilangkan noise atau gangguan, manipulasi kontras dan skala keabuan, dan sebagainya. Secara umum metode-metode yang digunakan dapat digolongkan kedalam dua kelompok yaitu metode domain frekuensi dan metode domain spasial.

Perbaikan kualitas citra untuk mendekripsi keretakan dapat dilakukan dengan menggunakan metode deteksi tepi untuk mempertajam bagian yang mengalami *discontinuities*. Metode deteksi tepi didasarkan pada konversi citra asli (*grayscale*) menjadi citra *binary* dengan penerapan operator deteksi tepi meliputi operator *sobel*, *prewitt*, *robert*, *canny* dan *LoG* (*Laplacian of Gaussian*).

Metode deteksi tepi dibagi menjadi 2 yaitu berdasarkan operator gradien dan operator *laplace* yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Operator Gradien

Pada citra digital  $f(x,y)$ , turunan berarah sepanjang tepian objek akan bernilai maksimum pada arah normal dari kontur tepian yang bersesuaian. Sifat ini dipergunakan sebagai dasar pemanfaatan operator gradien sebagai edge detector. Operator gradien citra konvensional melakukan diferensiasi intensitas piksel pada arah baris dan kolom, mengikuti persamaan variasi intensitas lokal berikut :

$$\nabla f(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} f(x, y) + \frac{\partial}{\partial y} f(x, y) \quad (4)$$

Nilai magnitudo gradien  $|\nabla(x,y)|$  dari persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$|\nabla(x, y)| = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \quad (5)$$

Dari operator gradien konvensional di atas, dapat diturunkan berbagai operator gradien berikut:

a. *Robert Edge Detection*

Operator Roberts memiliki ukuran kernel sebesar  $2 \times 2$ , yang direpresentasikan sebagai:

$$Rx = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad Ry = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

b. *Sobel Edge Detection*

Metode Sobel merupakan pengembangan metode robert dengan menggunakan filter HPF yang diberi satu angka nol penyangga.

$$Rx = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad Ry = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

c. *Prewitt Edge Detection*

Prewitt merupakan algoritma deteksi tepi yang hampir serupa dengan sobel, tetapi algoritma ini menggunakan Prewitt operator yang nilainya agak berbeda dengan Sobel operator.

$$Rx = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad Ry = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Operator *Laplace*

Dalam kondisi transisi tepian yang lebih tidak ekstrem, penggunaan operator turunan kedua lebih dianjurkan, seperti pada persamaan berikut:

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x, y) \quad (6)$$

Representasi turunan kedua dalam bentuk kernel operator Laplacian adalah sebagai berikut:

$$L = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Dengan berbagai macam pembobotan, kernel Laplacian tersebut dapat dimodifikasi menjadi beberapa kernel konvolusi berikut:

$$L1 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$L2 = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Dari operator *laplace* konvensional di atas, dapat diturunkan berbagai operator gradien berikut:

a. *Canny edge detection*

Operator Canny menggunakan *Gaussian Derivative Kernel* untuk menyaring kegaduhan dari citra awal untuk mendapatkan hasil deteksi tepi yang halus.

b. *LoG edgge detection*

Metode ini mendeteksi zero crossing untuk menentukan garis batas antara hitam dan putih, yang terdapat pada turunan kedua dari citra yang bersangkutan. Kekurangannya dari

penerapan perator laplacian adalah sangat sensitif terhadap noise, namun demikian edge detection dengan operator ini dapat di tingkatkan hasilnya dengan menerapkan thresholding. Turunan kedua memiliki sifat lebih sensitif terhadap noise, selain itu juga menghasilkan double edge. Oleh karena itu, operator Laplacian dalam deteksi tepi pada umumnya tidak dipergunakan secara langsung, namun dikombinasikan dengan suatu kernel Gaussian menjadi sebuah operator *Laplacian of Gaussian*.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (7)$$

$$\nabla^2(G(x, y)) = \frac{1}{\pi\sigma^4} \left[ 1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (8)$$

Setelah dilakukan filter deteksi tepi, dilakukan pengukuran kualitas citra dengan mencari nilai *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)*.

PSNR merupakan nilai perbandingan antara harga maksimum warna pada citra hasil filtering dengan kuantitas gangguan (*noise*), yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB), *noise* yang dimaksud adalah akar rata-rata kuadrat nilai kesalahan ( $\sqrt{MSE}$ ). Secara matematis, nilai PSNR dapat dirumuskan:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{y}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (9)$$

dengan:

*PSNR* : Peak Signal to Noise Ratio

*y* : nilai maksimum citra (1)

*MSE* : rata rata kesalahan

Nilai rata rata kesalahan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |(f(x, y) - g(x, y))^2| \quad (10)$$

dengan:

*MSE* : mean square error

*M* : panjang sumbu *x*

*N* : panjang sumbu *y*

*f(x,y)* : matrik citra hasil olahan

*g(x,y)* : matrik citra asli

Sampel yang digunakan adalah keramik Klampok-Banjarnegara yang memiliki keunggulan pada materi atau bahan dasarnya. Keramik ini terbagi menjadi 3 macam produk yang terkenal daya eksportnya, yaitu keramik teracota, keramik glasir dan keramik cat.

Keramik Klampok - Banjarnegara merupakan keramik yang pangsa eksportnya sudah terkenal namun menurun permintaan eksportnya karena adanya penurunan kualitas. Kualitas keramik meliputi kualitas berdasarkan

kekerasan keramik, kuat tekan keramik, keretakan keramik dan kepadatan keramik. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui penyebab turunnya kualitas tersebut. Penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menguji keramik berdasarkan kekerasan, kepadatan serta kuat tekan. Namun, pengujian keretakan belum dilakukan. Dalam penelitian ini dilakukan uji keretakan yang lebih difokuskan pada keretakan dalam karena keretakan tersebut tidak nampak mata.

## METODE PENELITIAN

Pengujian kualitas keramik dilakukan dengan filterisasi deteksi tepi pada lima sampel keramik dengan jenis dan ketebalan yang berbeda-beda. Variabel yang divariasi yaitu tegangan (45 hingga 70 kV) serta jarak (65cm, 70cm dan 75 cm). Variabel arus dan waktu dibuat tetap yaitu 16mA dan 0,125s. Penelitian dilakukan di laboratorium fisika medik lantai 3 Universitas Negeri Semarang dengan metode *PSNR*. Kualitas citra terbaik adalah citra yang memiliki nilai *PSNR* tertinggi dan disesuaikan dengan pengamatan citra hasil olahan.

### Teknik Pengambilan Data

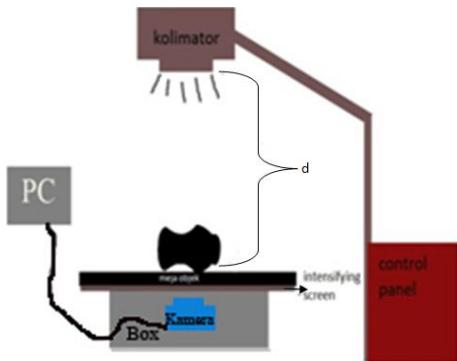
Teknik pengambilan data yang dilakukan pada masing-masing sampel adalah sebagai berikut:

1. Mengatur posisi kolimator dengan objek seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.
2. Mengatur variabel yang divariasi dan variabel yang dibuat tetap.
3. Mengekspose dengan pesawat sinar-X.
4. Mendapatkan citra digital yang siap diolah dengan filter deteksi tepi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Digitalisasi Citra

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 5 sampel dengan jenis dan tebal yang berbeda-beda, yaitu sampel 1(keramik cat dengan tebal 2 mm) (Gambar 3), sampel 2 (keramik teracota dengan tebal 2mm) (Gambar



Gambar 2. Posisi kolimator dengan sampel.

### Teknik Pengolahan Data

1. Hasil citra yang didapatkan diolah dengan aplikasi Matlab 2007b berbasis GUI Interface.
2. Pengolahan dilakukan dengan filter deteksi tepi (*sobel*, *prewitt*, *robert*, *canny* dan *LoG*) dengan analisis *PSNR*.
3. Nilai hasil *PSNR* disatukan dalam bentuk grafik sesuai jenis sampel dengan variasi yang telah dilakukan.
4. Penentuan nilai maksimum didasarkan pada tingginya nilai *PSNR* sesuai gambaran citra olahan.

4), sampel 3(keramik teracota dengan tebal 1mm) (Gambar 5), sampel 4(keramik teracota dengan tebal 0,5mm) (Gambar 6) dan sampel 5(keramik glasir dengan tebal 2mm) (Gambar 7).



**Gambar 3.** Sampel 1 pada tegangan 55 dan 60 kV serta jarak 65 cm.



**Gambar 6.** Sampel 4 pada tegangan 55 dan 60 kV serta jarak 65 cm



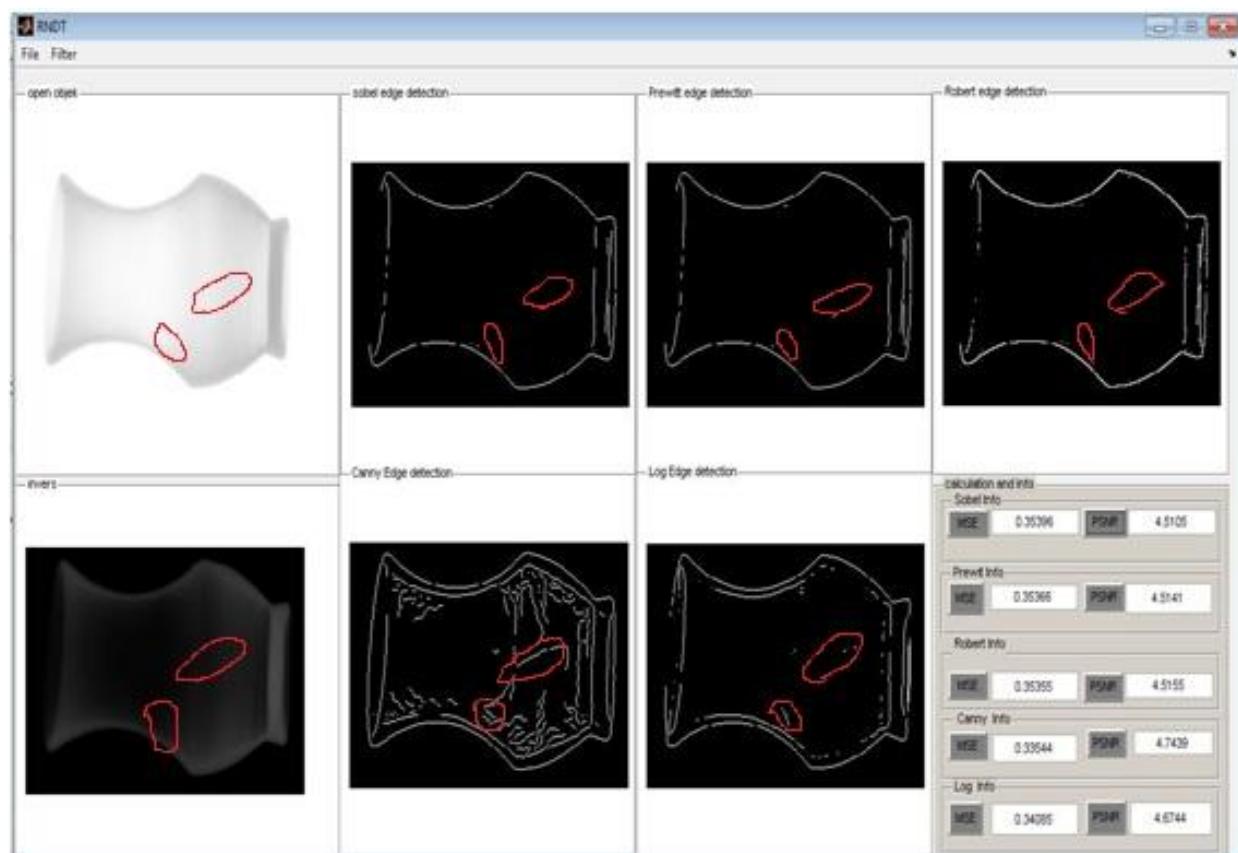
**Gambar 4.** Sampel 2 pada tegangan 55 dan 60 kV serta jarak 65 cm



**Gambar 7.** Sampel 5 dengan tegangan 55 dan 60 kV serta jarak 65 cm



**Gambar 5.** Sampel 3 pada tegangan 55 dan 60 kV serta jarak 65 cm



**Gambar 8.** Keretakan pada sampel pada tegangan 70 kV dan jarak 65 cm.

### Hasil deteksi Keretakan

Keretakan terdeteksi pada sampel 1 (**Gambar 8**) dengan filter *canny* dan *LoG* yang dapat menggambarkan letak keretakan dengan jelas. Keretakan terdeteksi pada tegangan 70 kV dengan jarak 65 cm. Keretakan ditandai dengan garis lingkar merah.

Pada sampel 1, keretakan lebih terlihat pada filter deteksi tepi *canny* daripada filter deteksi tepi *LoG*. Hal ini karena filter deteksi tepi *canny* lebih peka terhadap citra olahan dengan pengaturan *thresholding*. Namun, citra masih mengandung banyak *noise*, sehingga keretakan harus didasarkan dengan pengamatan. Filter deteksi tepi *canny* lebih menekankan pada penajaman citra, sedangkan filter deteksi tepi *LoG* merupakan pengembangan dari filter deteksi *canny* yang diperhalus citranya dengan operasi *Gaussian*.

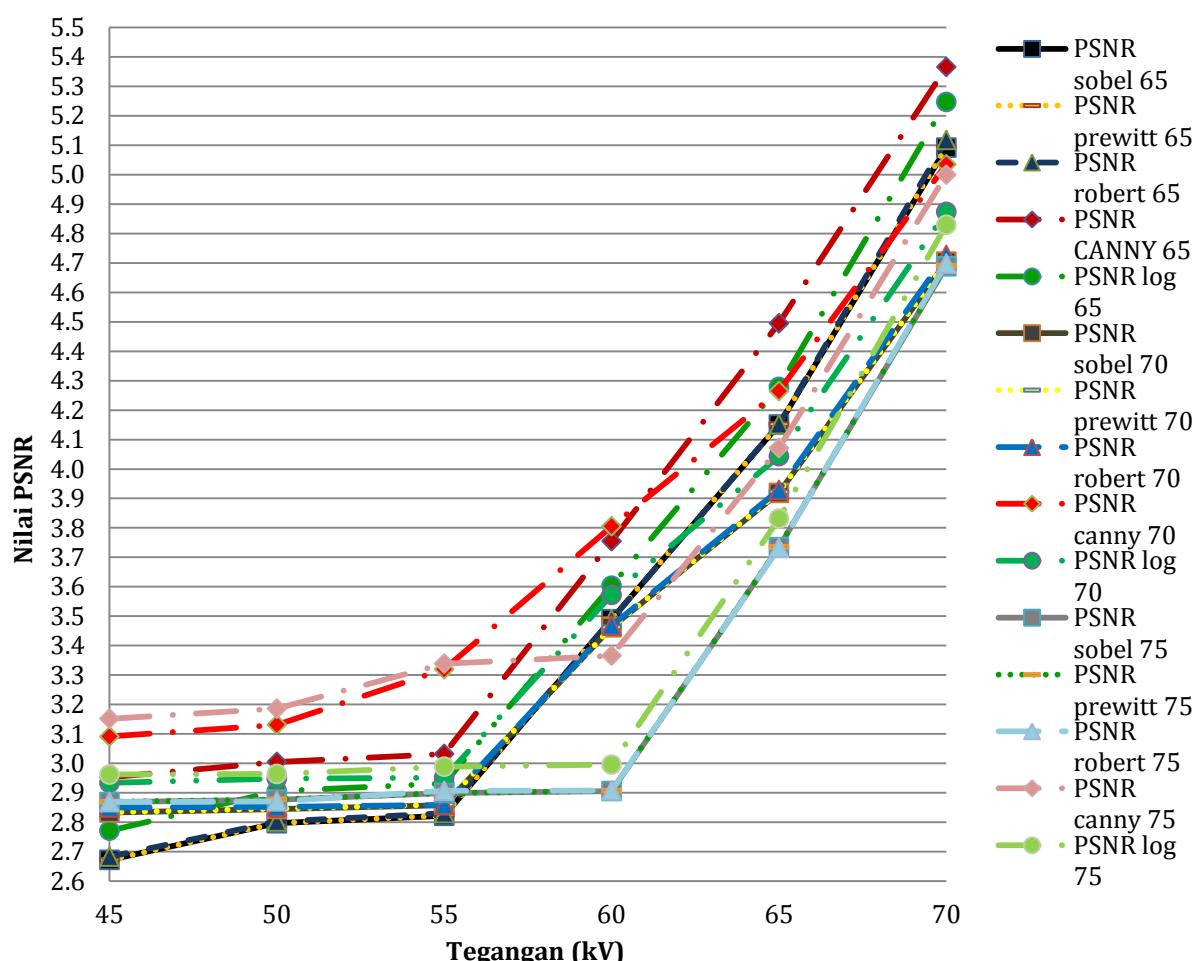
Untuk sampel 2 hingga 5 tidak terdapat keretakan.

### Optimasi Faktor Eksposisi Tegangan

Tegangan paling optimum pada sampel 1, sampel 2 dan sampel 5 adalah 70 kV. Tegangan paling optimum pada sampel 3 adalah 65 kV. Sementara itu, tegangan paling optimum pada sampel 4 adalah 60 kV. Hal ini dikarenakan ketebalan sampel yang diujikan berbeda-beda, yaitu sampel 1, sampel 2 dan sampel 5 memiliki ketebalan 2mm, sampel 3 memiliki ketebalan 1mm sedangkan sampel 4 memiliki ketebalan 0,5 mm.

### Optimasi Faktor Eksposisi Jarak

Jarak paling optimum adalah 65 cm karena semakin dekat jarak antara sumber radiasi dengan objek, semakin besar nilai intensitas yang didapatkan.



**Gambar 9.** Grafik analisis PSNR dengan variasi tegangan dan jarak pada sampel 1

### Analisis PSNR

Analisis PSNR pada sampel 1 dengan ketebalan 2 mm dapat dilihat pada grafik seperti yang terlihat pada Gambar 9.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai PNSR paling optimum terdapat pada filter deteksi tepi *canny* dengan tegangan 70 kV serta jarak 65 cm. Berdasarkan grafik tersebut, nilai PSNR bertambah secara perlahan hingga mencapai tegangan tertinggi. Saat diamati hasil citra pada tegangan 70 kV (**Gambar 8**), hasil citra tidak kabur sehingga dapat dikatakan nilai tegangan optimum pada 75 kV. Hasil yang sama berlaku juga pada sampel 2 dan sampel 5 karena memiliki ketebalan 2 mm.

Sampel 3 memiliki ketebalan lebih kecil yaitu 1 mm sehingga tegangan paling optimum pada sampel ini adalah 65 kV.

Pada sampel 4 tegangan paling optimum adalah 60 kV karena ketebalan yang dimiliki sampel ini lebih kecil yaitu 0,5 mm. Tegangan mempengaruhi intensitas sinar x yang dihasilkan, sehingga semakin besar nilai tegangan akan membuat intensitas sinar-X yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar intensitas yang dihasilkan akan membuat gambar kabur karena adanya informasi yang hilang, sehingga perlu dipertimbangkan ketebalan sampel yang diujikan.

Hasil secara keseluruhan tentang kualitas keramik dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Kualitas Keramik**

No	Sampel	Ketebalan	jarak optimum	tegangan optimum	jenis filter terbaik	nilai PSNR	kualitas keramik
1	sampel 1 (keramik cat)	2 mm	65 cm	70 kV	<i>canny</i> <i>LoG</i>	5,3655 5,2465	tidak baik (ada keretakan dalam)
2	sampel 2 (keramik teracota)	2 mm	65 cm	70 kV	<i>LoG</i> <i>Canny</i>	8,1876 7,8864	baik(tak ada keretakan)
3	sampel 3 (keramik teracota)	1 mm	65 cm	65 kV	<i>Canny</i> <i>LoG</i>	4,9868 4,9693	baik(tak ada keretakan)
4	sampel 4 (keramik teracota)	0,5 mm	65 cm	60 kV	<i>LoG</i> <i>Canny</i>	5,7381 5,61	baik(tak ada keretakan)
5	sampel 5 (keramik glasir)	2 mm	65 cm	70 kV	<i>LoG</i> <i>Canny</i>	7,2172 6,9031	baik(tak ada keretakan)

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa keretakan terdapat pada sampel 1 yang terdeteksi dengan menggunakan filter *canny* dengan tegangan optimum 75 kV serta jarak 65 cm. Tegangan optimum dengan tebal sampel 2mm adalah 75 kV, sedangkan pada ketebalan 1mm, tegangan paling optimum

65 kV. Sementara itu pada tebal 0,5 mm, tegangan paling optimum adalah 60 kV.

Perlu dilakukan metode deteksi tepi lain (*Gabor wavelet* dan *Simple gabor wavelet*) dengan analisis selain PSNR agar bisa mendapatkan hasil yang lebih optimum dan lebih detail.

### DAFTAR PUSTAKA

Beiser A. 1999. Konsep Fisika Modern Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.

Naryono dan Suharyadi I. Analisa Pengelasan Dingin dengan Menggunakan Metode High Frequency Electrical Resistance Wrlding pada Proses Pembuatan Pipa Baja SKTM

13B. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Sony. 2006. Analysis Image Filtering with mean filter and median filter method. Bandung: Unikom Journal.

Susilo, Sunarno, Azam M., Anam C. 2010. Rancang Bangun Sistem Pencitraan Radiografi Digital untuk Pengembangan Layanan Rumah Sakit Daerah dalam Pelaksaan Otonomi Daerah dan Disentralisasi (Laporan Penelitian Unggulan Strategis Nasional). Jakarta: Dikti.