

Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Beranda jurnal: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania/>



IMAGE ENHANCEMENT CITRA DIGITAL SHORT PIN PWR FUEL BERISI PELET UO_2 ALAM PASCA UJI RADIOGRAFI SINAR-X MENGGUNAKAN PROGRAM *IMAGEJ*

Refa Artika¹, Rohmad Sigit¹, Maman Kartaman Ajriyanto¹, Tri Yulianto¹
¹Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif – BRIN
Kawasan PUSPIPTEK Serpong Gd.20 Tangerang Selatan, Banten 15314
refa.artika@brin.go.id

(Naskah diterima: 28–01–2022, Naskah direvisi: 11–02–2022, Naskah disetujui: 23–02–2022)

ABSTRAK

IMAGE ENHANCEMENT CITRA DIGITAL SHORT PIN PWR FUEL BERISI PELET UO_2 ALAM PASCA UJI RADIOGRAFI SINAR-X MENGGUNAKAN PROGRAM *IMAGEJ*. Pengujian tak merusak menggunakan radiografi sinar-X digital merupakan salah satu rangkaian penting dalam evaluasi unjuk kerja bahan dan bahan bakar nuklir. *Image enhancement* atau peningkatan kualitas citra sangat dibutuhkan untuk analisis lanjutan terhadap citra hasil radiografi sinar-X digital yang cenderung memiliki resolusi lebih rendah. Proses *image enhancement* pada citra radiografi sinar-X digital bertujuan untuk memberikan citra yang lebih mudah diinterpretasi sehingga data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi unjuk kerja bahan bakar setelah proses iradiasi. Pengujian menggunakan radiografi sinar-X digital dilakukan pada *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 dilakukan pada jarak 40 cm terhadap detektor dengan parameter tegangan dan arus sebesar 120 kV dan 1000 μ A. Selanjutnya *image enhancement* dilakukan terhadap citra digital menggunakan ImageJ meliputi proses penyesuaian terhadap kontras citra, *edge enhancement*, pengolahan histogram *gray value*, dan penyesuaian warna citra. Data uji disesuaikan dengan informasi yang harus dicapai dari pengujian radiografi sinar-X digital *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 . Informasi ini dapat berupa data dimensi, batas antar pelet, dan histogram yang menggambarkan adanya perbedaan material atau perbedaan ketebalan. Informasi ini selanjutnya digunakan sebagai input data dalam pemetaan konsep *image enhancement short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 . Output citra yang dihasilkan dari proses *image enhancement* memiliki resolusi dan kualitas citra yang lebih baik untuk memudahkan dalam proses analisis dan interpretasi serta dapat dijadikan metode baku dalam melakukan *image enhancement* citra radiografi sinar-X digital *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 pasca iradiasi.

Kata kunci : *Image enhancement*, radiografi sinar-X digital, short pin PWR, *ImageJ*, interpretasi.

ABSTRACT

IMAGE ENHANCEMENT ON SHORT PWR FUEL PIN CONTAINING NATURAL UO₂ POST X-RAY RADIOGRAPHIC TEST USING IMAGEJ PROGRAM. *Non-destructive test using digital X-ray radiography is one of the important series in performance evaluation of nuclear materials and fuels. Image enhancement or image quality improvement is needed for further analysis of digital X-ray radiography images which tend to have lower resolution. Image enhancement process on digital x-ray radiographic images needs to be carried out to provide images that are easier to interpret so that the resulting data can be used as a basis for evaluating performance after irradiation. The tests were performed at a distance of 40 cm against the detector at voltage and current of 120 kV and 1000 μ A. The image enhancement was later performed using ImageJ, which involves the process of aligning the image contrast, edge enhancement, processing histogram value, and adjusting image colors. The resulted data were costumized according to the information to be obtained from the digital x-ray radiography test such as dimensional data, boundaries between pellet, and histogram illustrating material or thickness differences. Further, this information can be used as data input in mapping the concept of enhancement of image of short pin PWR fuel contains UO₂ pellets. Output image produced from the enhancement process not only has a better resolution and quality to facilitate the process of analysis and interpretation but also can be used as a standard method to perform image enhancement of digital x-ray radiography images of short pin PWR fuel contains UO₂ pellets after irradiation.*

Keywords : *Image enhancement, digital x-ray radiography, short pin PWR, ImageJ, interpretation.*

PENDAHULUAN

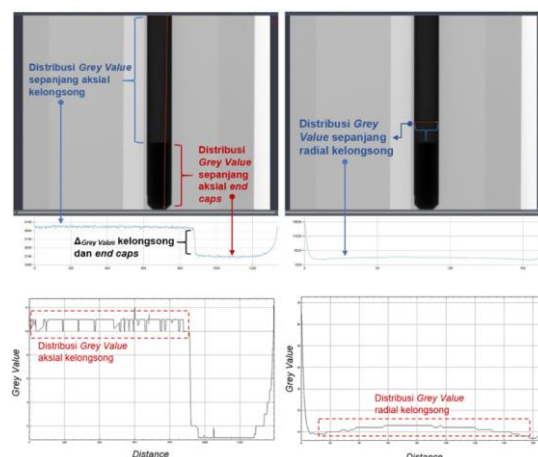
Salah satu pengujian pasca iradiasi yang dilakukan di *hot cell* Instalasi Radiometalurgi (IRM) Pusat Riset Teknologi Daur Bahan Bakar Nuklir dan Limbah Radioaktif (PRTDBBNLR) adalah uji tak merusak menggunakan radiografi sinar-X digital. Perbedaan signifikan antara hasil pengujian radiografi digital dengan radiografi konvensional terletak pada citra positif yang dihasilkan oleh pengujian radiografi digital berkebalikan dengan citra negatif film hasil radiografi konvensional. Pada citra radiografi digital, citra yang lebih gelap menunjukkan bahwa bahan memiliki densitas lebih rapat atau memiliki nilai ketebalan lebih besar dibandingkan citra yang lebih terang[1].

Direct Radiography (DR) merupakan bentuk radiografi digital *real time* yang menggunakan *Flat Panel Detector* (FPD) untuk mengonversi radiasi menjadi muatan listrik sebelum diubah menjadi citra digital[2]. *Direct Radiography* memiliki keunggulan sebagai metode inspeksi yang handal dengan proses pengambilan citra yang cepat dan lebih baik[3], sedangkan kelemahannya terletak pada resolusi citra yang relatif lebih rendah sehingga memerlukan interpretasi lanjutan melalui perbaikan kualitas citra[4],[5].

Penggunaan *image processing* citra uji radiografi rangka *image enhancement* citra uji radiografi sinar-X, terutama pada radiografi digital relatif umum dilakukan karena secara keseluruhan tidak mempengaruhi proses interpretasi citra lebih lanjut[6]. *ImageJ* merupakan salah satu program pengolah citra *open-source* yang telah banyak digunakan dalam berbagai bidang. Program *ImageJ* mampu menghitung luasan dan nilai piksel, mengukur nilai jarak dan sudut, serta membuat histogram dan plot profil garis. Program ini juga mendukung fungsi *image processing* seperti penyesuaian kontras, penajaman, penghalusan, *edge detection*, *median filtering*, transformasi geometris, dan pengukuran densitas/derajat keabuan. Fungsi kalibrasi *spatial* juga tersedia untuk memberikan pengukuran dimensi agar sesuai dengan dimensi real benda uji[7].

Saat ini IRM telah berhasil melakukan pengujian tak merusak menggunakan radiografi sinar-X terhadap *short pin PWR fuel dummy* dan pelat elemen bakar U_3Si_2-Al densitas $4,8 \text{ gU/cm}^3$ pasca iradiasi[1]. Hasil citra digital dari *short pin PWR fuel dummy* dianalisis berdasarkan data distribusi *gray value* arah aksial dan radial untuk menentukan kondisi seluruh permukaan

kelongsong. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dan *image enhancement* menggunakan *imageJ* tidak ditemukan adanya anomali yang ditunjukkan dari distribusi *gray value* yang relatif homogen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1[8].



Gambar 1. Plot nilai *gray value* *short pin PWR fuel dummy* pada arah aksial dan radial [8]

Keberhasilan melakukan *image enhancement* menggunakan program *ImageJ* untuk menentukan kondisi dari kelongsong *short pin PWR fuel dummy* menjadi dasar pengembangan untuk melakukan *image enhancement* citra radiografi digital bahan bakar nuklir *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 . Data uji tak merusak *short pin PWR fuel* pra iradiasi, terutama menggunakan metode radiografi sinar-X digital seperti visualisasi pelet, batas pelet dari *cladding* maupun kondisi tidak biasa (*abnormal*) atau cacat sangat dibutuhkan. Hal ini menjadi langkah awal dalam pengembangan metode *image processing* citra radiografi digital untuk melakukan *image enhancement* terhadap citra digital *short pin PWR fuel* sekaligus data awal untuk penentuan ada tidaknya anomali pasca iradiasi.

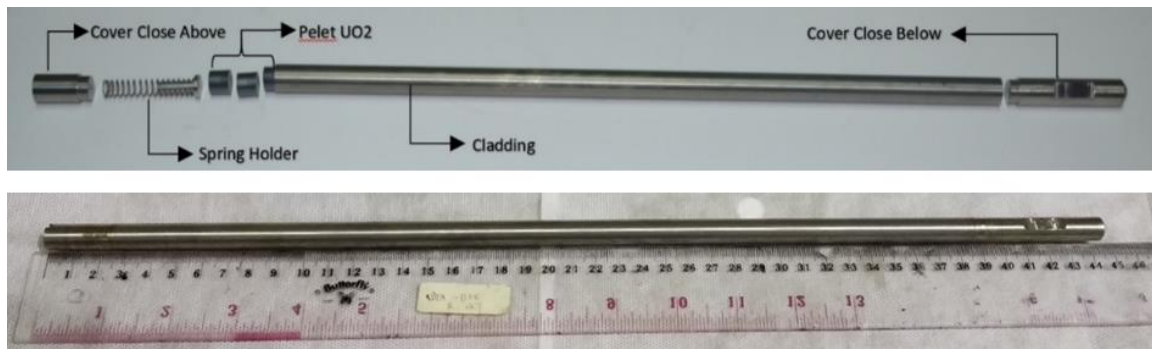
METODOLOGI

Short pin PWR fuel berisi pelet UO_2 ditransfer dari KMP-A tempat penyimpanan inventori bahan nuklir MBA RI-F IRM menuju KMP-B untuk dilakukan pengujian secara radiografi sinar-X digital. *Short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 terdiri dari 5 (lima) komponen yang dirakit menjadi satu bentuk utuh yang siap diiradiasi di *Power Ramp Test Facility* (PRTF) Reaktor Serba Guna-G. A. Siwabessy (RSG-GAS). Komponen penyusun dan profil

short pin PWR fuel berisi pelet UO₂ utuh dapat dilihat pada Gambar 2.

Short pin PWR fuel berisi pelet UO₂ diletakkan padaudukan mesin radiografi sinar-X digital dengan tinggi dudukan ± 40 cm dari detektor dan dilanjutkan dengan *warming-up* mesin radiografi sinar-X. Proses *warming-up* merupakan langkah awal untuk proses pengkondisian mesin radiografi sinar-X digital sebelum digunakan. Setelah proses *warming-up* selesai, dilanjutkan proses *scanning* terhadap sampel Short pin

PWR fuel berisi pelet UO₂. Proses *scanning* dilakukan dengan variasi parameter seperti tegangan dan arus hingga didapatkan citra yang cukup baik untuk nantinya diolah kembali dengan melakukan *image processing*. Penembakan dilakukan tiga kali yaitu di bagian bawah, atas, dan tengah sampel dengan parameter tegangan dan arus optimal masing-masing sebesar 120 kV dan 1000 μA. Ketiga hasil citra yang diperoleh kemudian dilakukan *image processing* dengan menggunakan software ImageJ.

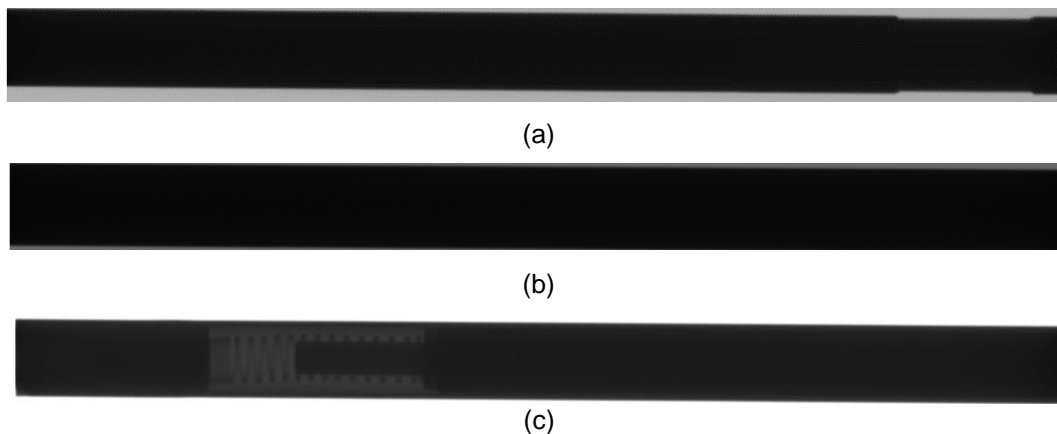


Gambar 2. Komponen penyusun dan penampakan utuh short pin PWR fuel berisi pelet UO₂

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil citra radiografi digital terhadap short pin PWR fuel berisi pelet UO₂ ditunjukkan pada Gambar 3. Citra yang terekam memiliki perbedaan tingkat kehitaman yang bergantung pada kerapatan

dan ketebalan materi atau bahan tersebut[10]. Ketiga citra radiografi digital yang didapatkan dari pengujian radiografi sinar-X digital menunjukkan hasil citra yang memiliki kontras berbeda antara *cladding* (zircaloy) dan pelet UO₂.



Gambar 3. Hasil citra radiografi digital short pin PWR fuel berisi pelet UO₂ bagian bawah (a), tengah (b), dan atas (c).

Citra hasil radiografi digital dengan kontras yang sulit dibedakan terjadi ketika mengenai dua atau lebih jenis material berbeda serta memiliki ketebalan yang berbeda seperti *cladding* Zr-4 dan pelet UO₂. Hal ini menyebabkan proses interpretasi citra

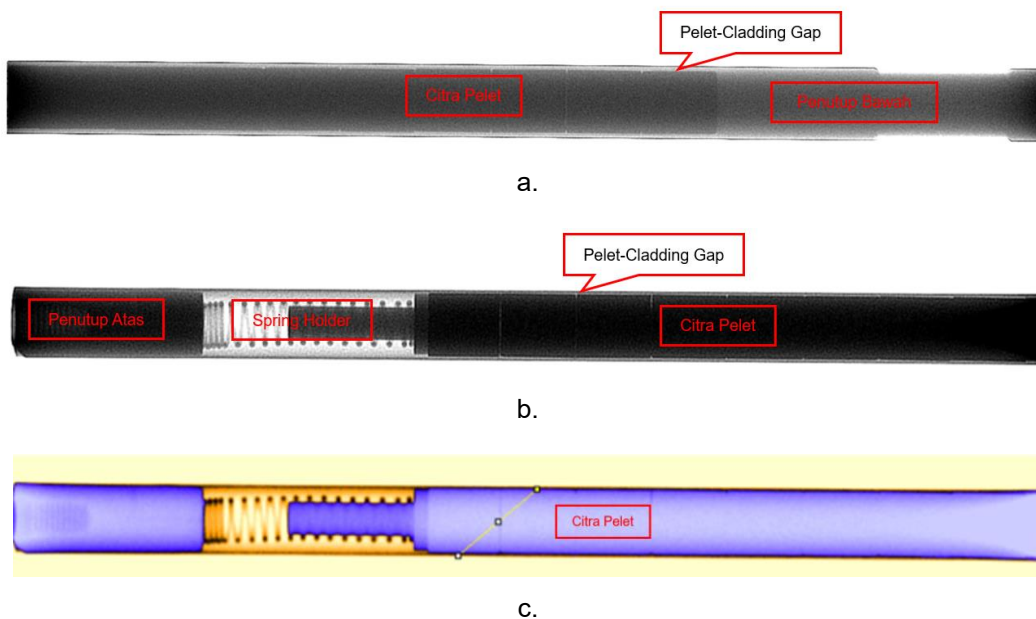
kurang maksimal sehingga untuk lebih menggali informasi lebih jauh perlu dilakukan *image processing*. Hal ini sangat penting untuk radiografi digital karena dapat meningkatkan visibilitas detail dalam citra radiografi digital[11]. Selain itu Image

processing dilakukan untuk memperbaiki kesalahan data sinyal gambar yang terjadi akibat transmisi selama akuisisi sinyal, serta untuk meningkatkan kualitas penampakan gambar agar lebih mudah diinterpretasi oleh sistem penglihatan manusia baik dengan melakukan manipulasi dan analisa gambar[2].

Selama ini program *ImageJ* telah banyak digunakan sebagai salah satu program *image processing* baik di bidang medis, industri, maupun kegiatan penelitian lain. Program *ImageJ* sebagai salah satu program *opensource* dapat digunakan secara bebas untuk berbagai tujuan, sebagai media pembelajaran bagaimana program tersebut bekerja dan dapat diubah, serta dapat meningkatkan fungsi program sesuai keinginan pengguna[7]. Proses *image enhancement* citra radiografi sinar-X digital menggunakan program *ImageJ* diawali dengan mengevaluasi *output* data dari pengujian tak merusak *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 dengan menggunakan radiografi sinar-X digital. Evaluasi terkait kebutuhan *output* data dari pengujian tak merusak *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 menggunakan metode radiografi sinar-X digital dibutuhkan untuk memetakan proses-proses yang harus dilakukan program *ImageJ* dalam melakukan *image enhancement*. Pemilihan proses *image enhancement* dalam fitur *process*, *analyze* dan *plug-in* harus

disesuaikan dengan *output* citra yang dihasilkan. *Output* citra yang dihasilkan dari proses *image enhancement* setidaknya memiliki resolusi dan kualitas yang lebih baik dari citra awal agar dapat dilakukan interpretasi dan didapatkan hasil data sesuai kebutuhan. Kebutuhan data *output* dari pengujian tak merusak *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 menggunakan metode radiografi sinar-X meliputi *fuel pin PWR mapping*, *pellet mapping*, *pellet-cladding gap*, *pellet gap*, anomali *cladding* dan *pellet*.

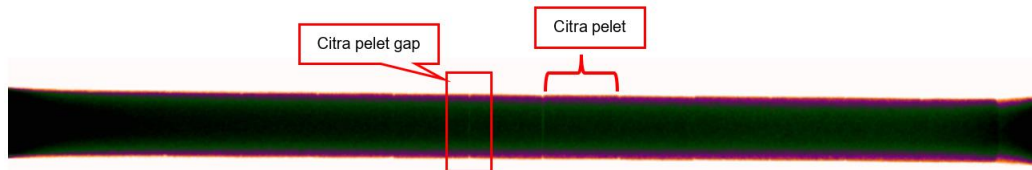
Citra radiografi digital sinar-X *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 pada Gambar 3 digunakan sebagai data input pada program *ImageJ* untuk dilakukan *image enhancement* sesuai data yang dibutuhkan. Data terkait *mapping* kondisi keseluruhan bahan bakar *short fuel pin PWR* berisi pelet UO_2 dan *mapping* jumlah serta kondisi *pelet* dilakukan dengan metode ROI (*Region of Interest*). Metode ROI merupakan langkah untuk memberikan nilai *gray value* yang sama ke seluruh citra sesuai dengan nilai *gray value* yang diinginkan. Titik ROI yang dipilih yaitu untuk bagian *end cap* bawah tepat antara bagian kosong dan Zr pejal atau pada bagian *end cap* atas tepat antara Zr pejal dan pelet. Selain dengan menggunakan metode ROI, *colour adjustment* juga dapat dilakukan untuk mendapatkan citra *pelet* lebih baik seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Citra *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 hasil *image enhancement* dengan penerapan ROI (a) dan *colour adjustment* (b)

Penerapan ROI masih memiliki kekurangan yaitu hanya mampu diterapkan pada citra *short pin PWR fuel* berisi pelat UO₂ bagian atas dan bawah yang dilengkapi dengan tutup. Hal ini dikarenakan titik ROI yang dipilih harus menyertakan bagian Zr pejal yang merupakan *end cap* dari *short pin PWR fuel*. Mapping pelat pada *short pin PWR fuel* bagian tengah dilakukan melalui peningkatan kontras citra dan rekontuksi

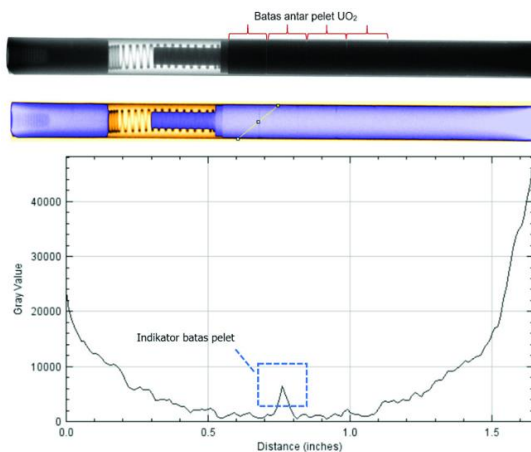
warna yang dapat membantu dalam interpretasi dengan menggunakan metode histogram *equalization* yang ada pada *plug-in ImageJ* [12]. Metode ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan kontras citra bagian atas dan bawah dari *short pin PWR fuel*. Hasil dari penggunaan metode histogram *equalization* bagian tengah short fuel pin PWR ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagian tengah short fuel pin PWR setelah dilakukan histogram *equalization* dengan ImageJ

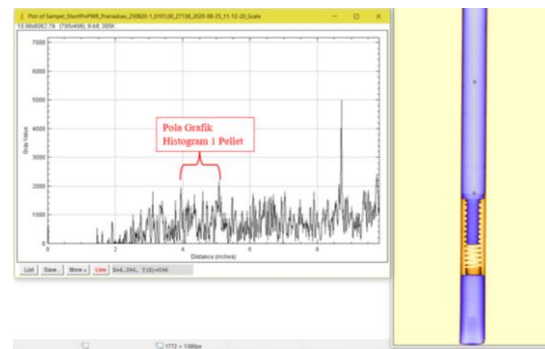
Pada penelitian sebelumnya, proses *image enhancement* melalui penerapan ROI dan *histogram equalization* terhadap citra digital bagian *endcaps short pin PWR fuel* berisi pelat UO₂ menghasilkan profil batas pelat dengan menganalisa nilai *gray value* dari grafik histogram dari output program ImageJ [9]. Profil batas pelat tersebut ditentukan berdasarkan kenaikan nilai *gray value* yang cenderung signifikan yang ditunjukkan pada Gambar 6.

bahan dengan nilai derajat keabuan. Semakin tebal suatu bahan uji maka akan memiliki nilai derajat keabuan semakin besar yang diindikasikan dengan gambar citra berwarna hitam dan sebaliknya tertampil dengan warna lebih terang dengan nilai derajat keabuan mendekati nol. Grafik histogram *gray value* menunjukkan pola yang dapat diinterpretasi dalam menentukan jumlah *pelet* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Profil batas antar pelat menggunakan histogram *gray value* dari program ImageJ [9]

Selain menggunakan metode *image enhancement* melalui penerapan ROI, *colour adjustment*, dan *histogram equalization*, metode lain yang digunakan adalah *plotting* grafik histogram *gray value*. Histogram *gray value* merupakan grafik yang menunjukkan adanya perbedaan densitas atau ketebalan



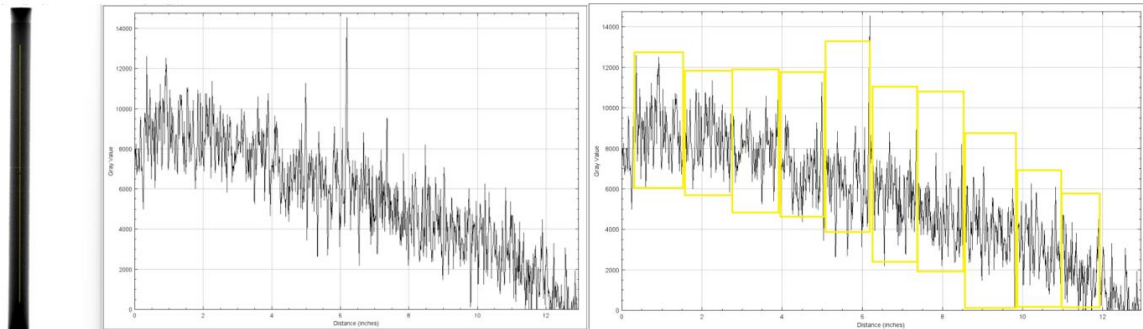
Gambar 7. Pola grafik histogram *gray value* *short pin PWR fuel* bagian atas.

Pola grafik histogram untuk satu pelat pada Gambar 7 ditentukan berdasarkan kenaikan nilai *gray value* di kedua sisi yang merupakan batas antar pelat. Hal ini sesuai dengan struktur di dalam *short pin PWR fuel* itu sendiri dimana pelat disusun secara bertumpuk tetapi memiliki batas kosong antar pelat. Berdasarkan grafik histogram yang dihasilkan, jumlah pelat dapat diketahui dengan menghitung pola grafik histogram 1 pelat yang terbentuk seperti pada Gambar 6 dan 7. Berdasarkan hal tersebut, *image*

Image Enhancement Citra Digital *Short Pin PWR Fuel* Berisi Pelat UO_2 Alam
Pasca Uji Radiografi Sinar-X Menggunakan Program *ImageJ*
(Refa Artika, Rohmad Sigit, Maman Kartaman Ajiriyanto, Tri Yulianto)

enhancement yang dilakukan menghasilkan indikasi terlihatnya 10 pelet UO_2 yang dapat diinterpretasi pada citra *short pin PWR fuel* bagian tengah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. *Image enhancement* terhadap citra radiografi sinar-X digital *short pin PWR fuel*

berisi pelet UO_2 menggunakan program *ImageJ* mampu menampilkan citra yang memiliki kualitas dan resolusi yang lebih baik untuk interpretasi lanjutan sesuai dengan kebutuhan data uji yang diperlukan.



Gambar 8. Interpretasi jumlah pelet pada *short pin PWR fuel* bagian tengah

KESIMPULAN

Proses *image enhancement* citra radiografi sinar-X digital bahan bakar nuklir *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 menggunakan program *ImageJ* menghasilkan beberapa metode proses *image enhancement*. Metode *image enhancement* disesuaikan dengan kebutuhan output data uji tak merusak bahan bakar nuklir *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 dengan menggunakan radiografi sinar-X digital. Penerapan metode dan teknik *image enhancement* yang digunakan telah menghasilkan citra radiografi sinar-X digital dengan kualitas dan resolusi yang lebih baik untuk dilakukan proses interpretasi. Metode yang dikembangkan ini, dapat dijadikan acuan dalam melakukan *image enhancement* terhadap hasil citra digital *short pin PWR fuel* berisi pelet UO_2 yang telah diiradiasi sekaligus sebagai data banding untuk penentuan potensi timbulnya anomali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PRTDBBNLR dan seluruh staf IRM yang telah mengakomodasi dan membantu pelaksanaan kegiatan riset bahan bakar nuklir untuk reaktor daya. Terima kasih juga kami ucapkan kepada Bapak Purwanta dan Bapak Erwan Hermawan yang telah membantu selama proses pelaksanaan pengujian menggunakan radiografi sinar-X digital.

PERNYATAAN KONTRIBUTOR

Sebagai kontributor utama pada makalah ini adalah Refa Artika dan Rohmad Sigit, sedangkan Maman Kartaman Ajiriyanto dan Tri Yulianto bertindak sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Artika, R. Sigit, H. Fauzi Rahmatullah, S. Supardjo, and A. Br. Ginting, "Uji tak merusak pelat elemen bakar U_3Si_2/Al densitas uranium 4,8 gU/cm^3 menggunakan radiografi sinar-X digital," *Urania J. Ilm. Daur Bahan Bakar Nukl.*, vol. 26, no. 1, pp. 49–56, 2020, doi:10.17146/urania.2020.26.1.5822.
- [2] B. Larson, "Real-time radiography – An introductory course module for NDT students," *Image Process.*, no. October, 2000.
- [3] R. Cole and A. M. Hespel, "Digital radiography," *Feline Diagnostic Imaging*, pp. 3–11, 2020, doi:10.1002/9781118840931.ch1.
- [4] S. Zelviani, "Kualitas citra pada direct digital radiography dan computed radiography," *J. Teknosains*, pp. 49–62, 2017.
- [5] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and B. R. Masters, "Digital image processing, Third edition," *J. Biomed. Opt.*, vol. 14, no. 2, p. 029901, 2009, doi:10.1117/1.3115362.

- [6] B. S. Verma and I. K. Indrajit, "Impact of computers in radiography: The advent of digital radiography, Part-2," *Indian J. Radiol. Imaging*, vol. 18, no. 3, p. 204, 2008.
- [7] R. Lind, *Open source software for image processing and analysis: picture this with ImageJ*. Woodhead Publishing Limited, 2012.
- [8] R. Sigit, R. Artika, M. K. Ajiriyanto, and T. Yulianto, "Uji tak merusak short pin PWR – fuel dummy pasca iradiasi," *Urania J. Ilm. Daur Bahan Bakar Nukl.*, vol. 26, no. 2, pp. 83–90, 2020,
- [9] R. Sigit, R. Artika, E. Hermawan, M. K. Ajiriyanto, "Image enhancement citra radiografi sinar-X digital short pin PWR berbahan bakar UO₂ alam pra-iradiasi," in *Prosiding Annual Nuclear Safety Seminar 2021*, 2021, vol. 2021, pp. 155–158.
- [10] F. C. De Beer, "Neutron-and X-ray radiography/tomography: Non-destructive analytical tools for the characterization of nuclear materials," *J. South. African Inst. Min. Metall.*, vol. 115, no. 10, pp. 913–924, 2015.
- [11] K. Stoev, "Comparison of radiographic image processing algorithms," *Proc. 6th Eur. Work. - Struct. Heal. Monit. 2012, EWSHM 2012*, vol. 2, pp. 1639–1646, 2012.
- [12] K. Srinivas, A. K. Bhandari, and A. Singh, "Low-contrast image enhancement using spatial contextual similarity histogram computation and color reconstruction," *J. Franklin Inst.*, vol. 357, no. 18, pp. 13941–13963, 2020, doi:10.1016/j.jfranklin.2020.10.013.