

ISSN 2443-4000

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL 2016

TEKNIK ELEKTRO

**“IMPLEMENTASI TEKNOLOGI
KOMPUTASI ELEKTRONIKA DAN ROBOTIKA
DALAM MENINGKATKAN
DERAJAT HIDUP BANGSA”**

UNIVERSITAS PAMULANG, 06 FEBRUARI 2016



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAMULANG**

Prosiding

SNTE II - 2016

Seminar Nasional Teknik Elektro II Tahun 2016

TEMA :

IMPLEMENTASI KOMPUTASI ELEKTRONIKA DAN ROBOTIKA DALAM MENINGKATKAN DERAJAT HIDUP BANGSA

Editor :

**Ir. Koes Indrakoesoema, M.M,
DR. Sudarno,
DR. Hendro Tjahyono,
Makhsun, S.Si., M.Si, Ph.D
Hedy Aditya Baskhara, S.T., M.T,
Ir. Yusi Eko, M.Sc,
Kiswanta, M.Si**

SNTE-II – 2016

Februari 2016

ISSN : 2443 – 4000.



Diterbitkan oleh :

**Universitas Pamulang (UNPAM)
Fakultas Teknik – Teknik Elektro**

Kompleks Witana Harja, Jl. Surya Kencana, Pamulang Barat,
Kota Tangerang Selatan, Propinsi Banten, 15417.

**SUSUNAN PANITIA PENYELENGGARA
SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO II - 2016
(SNTE – II – 2016)**

Pelindung : Rektor UNPAM
Penasihat : - Wakil Rektor III UNPAM
- Dekan Teknik UNPAM

Penanggung Jawab : Kepala Program Studi
Teknik Elektro, UNPAM.

Panitia Pelaksana :
- **Ketua** : Makhsun, S.Si, M.Si, Ph.D.
- **Sekretaris** : - Aditya Prima Dhany, S.H.
- Riski Hidayatulloh.
- Nurjaman.
- Randu Sofyan
- **Bendahara** : Elfirza R, S.T.

Komite Makalah:
- **Koordinator** : Ir. Koes Indrakoesoema, M.M.
- **Anggota** : - Dr. Sudarno.
- Makhsun, S.Si., M.Si, Ph.D
- Hedy Aditya Baskhara, S.T., M.T.
- Ir Yusi Eko, M.Sc.
- Dr Hendro Tjahyono.
- Dr Effendi Dodi Arisandi.

Seksi-seksi :
- **Persidangan Anggota** : Faraida Nafiri, S.T., M.Sc.
- Lili Solihin, S.T.
- Achmad Ramadhan. S.T.

- **Exhibition Anggota** : Achmad Rajani, S.T., M.T.
- Yoyok DSP.
- Sugeng, S.T., M.T.
- Wawan, S.T., M.T.
- Juhana, S.T., M.T.

- **Humas Anggota** : Ariyawan, S.T., M.Si.
- Edy Sumarno, S.T., M.T.

- **Prosiding Anggota** : Siti Rokhmanila, S.Pd., M.Si.
- Marvin, S.T.
- Achmad Ramadhan. S.T.

- **Perlengkapan Anggota** : Kartika Sekarsari, S.T., M.T.
- Luki Utomo, S.T.
- Suminto, S.T.
- Sunardi, S.T.
- Huluq, S.T.

- **Konsumsi Anggota** : Indrianingsih, S.Pd,
- Romdhoni, S.T.
- Toto Raharjo, S.T

- **Dokumentasi** : HIMA-TE UNPAM.
- Pembantu Umum : HIMA-TE UNPAM

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO II - 2016
(SNTE – II – 2016)**

Diselenggarakan pada :

Hari / Tanggal : Sabtu, 6 Februari 2016.
Tempat : Auditorium Universitas Pamulang
Jl. Surya Kencana nomor 1, Pamulang
Barat, Kota Tangerang Selatan, Propinsi
Banten.

**Katalog Dalam Terbitan
Perpustakaan Nasional RI**

Seminar Nasional Teknik Elektro (ke-2, 2016, Pamulang)
Prosiding SNTE 2-2016: Implementasi Teknologi
Komputasi Elektronika Dan Robotika Dalam
Meningkatkan Derajat Hidup Bangsa / editor. Ir. Koes
Indrakoesoema, M.M, Dr. Sudarno., Dr. Hendro
Tjahyono, Makhsun, S.Si, M.Si, Ph.D, Hedy Aditya
Baskhara, S.T, M.T, Ir. Yusi Eko, M.Sc., Kiswanta, M. Si

Pamulang : UNPAM 2016.
254 halaman; A4 (21,0 x 29,7) cm

ISSN : 2443 – 4000.

SK no. 0005.187/JI.3.2/SK.ISSN/2015.

Alamat Editorial :

Kompleks Witana Harja, Jl. Surya Kencana, Pamulang
Barat, Kota Tangerang Selatan, Propinsi Banten, 15417.
Telp. /Fax. : (021) 7412566.
Email : elektro@unpam.ac.id



Diterbitkan oleh :

**Universitas Pamulang (UNPAM)
Fakultas Teknik – Teknik Elektro**

Kompleks Witana Harja, Jl. Surya Kencana, Pamulang Barat, Kota
Tangerang Selatan, Propinsi Banten, 15417.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya yang telah diberikan kepada kita semua sehingga Seminar Nasional Teknik Elektro dengan Tema “Implementasi Teknologi Komputasi, Elektronika dan Robotika dalam Meningkatkan Derajat Hidup Bangsa” dapat terlaksana pada tanggal 6 Februari 2016.

Seminar Nasional ini merupakan kegiatan rutin tahunan yang telah diselenggarakan untuk yang ke II di auditorium kampus Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No 1, Pamulang Barat, Kota Tangerang Selatan, Propinsi Banten. Seminar ini diharapkan menjadi sarana bagi para mahasiswa, dosen dan peneliti di Indonesia untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitiannya. Pembukaan seminar nasional ini dilakukan oleh Rektor Universitas Pamulang yang diwakili oleh Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan, Drs. Subarto, M.Pd. dan dilanjutkan dengan kuliah umum oleh Bapak Prof. Dr. Eng. Drs. Benyamin Kusumoputro, M. Eng., pakar robotika dari Universitas Indonesia dan Bapak Dr. Bambang Prihandoko, MT., Peneliti Utama Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Di dalam prosiding ini dimuat karya tulis ilmiah yang sudah dipresentasikan pada seminar nasional SNTE II – 2016 sebanyak 25 makalah yang terdiri dari 19 makalah dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang dan 6 makalah dari luar Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang. Makalah yang disajikan pada prosiding ini dibagi dalam 3 kelompok topik yang terdiri dari 7 makalah komputasi, 14 makalah elektronika dan 4 makalah robotika. Peserta berasal dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang, Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang, Universitas Indonesia, Batan, BPPT, Lapan dan LIPI.

Semoga penerbitan prosiding ini dapat bermanfaat bagi para peneliti dan praktisi sebagai bahan acuan untuk memacu penelitian yang akan datang serta menjadi sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam terbitnya prosiding ini.

Pamulang, 27 Mei 2016

Editor

DAFTAR ISI
PROSIDING SNTE II Tahun 2016

Cover	i
Susunan Panitia Penyelenggara	ii
Daftar Peserta	iii
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii

TOPIK 1 : ELEKTRONIKA

Nomor	Penulis	Instansi	Judul	Halaman
SNTE I -2016-01-01	NUROKHIM	Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 49. Jakarta Selatan	PENGOLAHAN CITRA MIKROSKOPIK DETEKTOR CR-39 UNTUK KALKULASI JEJAK RADIASI ALPHA GAS RADON	1 – 10
SNTE I -2016-01-02	Sigit Tri Atmaja, S.T. ¹⁾ Dipl. Ing Yaroo T. ²⁾	¹⁾ Engineer of BTMP-BPPT, Serpong, Indonesia, ²⁾ Senior Engineer of BTMP-BPPT, Puspiptek Serpong,	Sistem Akuisisi Data untuk Kalibrasi Flowmeter Udara dengan Menggunakan NI DAQ-9178 berbasis Labview	11 – 20
SNTE I -2016-01-03	Sef Lahir, ST, MT	Teknik Elktro Universitas Pamulang Kompleks Witana Harja, Jl. Surya Kencana, Pamulang	Pengembangan Alat Bantu Pembelajaran Pengoperasian Gardu Induk Berbasis Citect HMI/SCADA	21 - 25

PENGOLAHAN CITRA MIKROSKOPIK DETEKTOR CR-39 UNTUK KALKULASI JEJAK RADIASI ALPHA GAS RADON

NUROKHIM

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Pasar Jumat, Jakarta 12440

Abstrak. Studi pengolahan citra mikroskopik untuk menghitung jumlah jejak radiasi alpha menggunakan MATLAB telah dilakukan. Sebanyak 35 citra referensi, citra dengan jejak yang jelas dapat dihitung secara visual, dipilih dari berbagai sampel detektor CR-39 di laboratorium. Citra dikenakan proses awal, diubah menjadi citra *grayscale* dengan ukuran 640x480 piksel. Selanjutnya dilakukan proses segmentasi dengan metode otomatis *global threshold: Mean, P-tile* dan *Otsu*. Obyek tersegmentasi dihitung dengan program dan hasilnya dibandingkan dengan hitungan visual. Faktor modifikasi (0-1) *threshold* dan ciri obyek: luas area, disimulasikan untuk mendapatkan kesesuaian perhitungan. *Threshold Mean* dengan faktor modifikasi 0,8 merupakan nilai terbaik untuk segmentasi citra detektor CR-39. Pengujian terhadap 10 kelompok sampel, masing-masing dengan 25 citra menunjukkan akurasi rata-rata mencapai 88,01 % dengan kesalahan 25,25%.

Kata kunci : pengolahan citra, detektor CR-39, jejak radiasi, radon

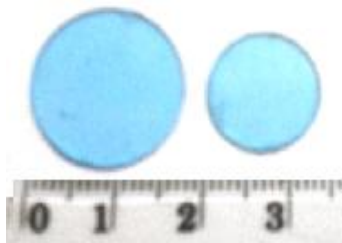
Abstract. A study of microscopic image processing to calculate the number of alpha radiation track using MATLAB has been conducted. A total of 35 reference images - which is clearly have track can be counted visually - has been selected from various samples of CR-39 detectors in laboratory. The image subjected to the initial process, then converted into a grayscale image with a size of 640x480 pixels. Segmentation process is then performed using automatic global thresholding method: Mean, P-tile and Otsu. The segmented object than calculated by the software and the results were compared with the visual counting. A modified factor (0-1) of threshold and an object figure-area, are simulated to find an appropriate calculation result. The Mean threshold by 0.8 modification factor is the best value for CR-39 image segmentation. Testing to 10 groups of sample, each with 25 images shows the average accuracy of calculation reach to 88.01%, with calculation error 25.25%.

Keywords : image processing, CR-39 detector, radiation track, radon.

1. Pendahuluan

Gas radioaktif Radon terjadi secara alamiah dari proses peluruhan radionuklida primordial deret Uranium dan Thorium yang umumnya terdapat di dalam mineral batuan/tanah. Gas Radon keluar melalui retakan batu maupun pori-pori tanah sehingga banyak ditemukan di udara, terakumulasi diruang tertutup seperti gua, pertambangan bawah tanah atau rumah penduduk yang minim ventilasi [1]. Radon telah lama diduga sebagai penyebab tingginya penyakit kanker paru-paru di daerah-daerah pertambangan. Berbagai studi efek biologi radiasi pengion yang dilakukan oleh badan peneliti kanker dunia IARC (*International Agency of Research on Cancer*) menunjukkan adanya korelasi linier tingginya kematian kanker paru dengan dosis radiasi radon yang diterima para pekerja tambang [2]. Di lingkungan, radon merupakan kontributor terbesar terhadap radiasi *background*, lebih dari 50% dosis radiasi alamiah yang diterima penduduk umumnya berasal dari radon [3]. Oleh karena itu kegiatan monitoring pengukuran radon banyak dilakukan baik diudara terbuka maupun dirumah-rumah penduduk, untuk mapping serta base-line data radon di berbagai wilayah nasional maupun regional [4] [5] [6].

Di Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) pengukuran radon telah banyak dilakukan, seperti pengukuran laju lepasan radon dari material bangunan [7], pengukuran radon di daerah dan kompleks perumahan [8][9], lingkungan perminyakan [10], serta pengukuran radon-thoron di berbagai wilayah di seluruh Indonesia. Pengukuran radiasi radon-thoron dilingkungan baik in-door maupun out-door menggunakan detektor CR-39 seperti terlihat pada Gambar 1. Keping kecil CR-39 ditempatkan menghadap ruang tertutup setengah bola dengan lubang dinding berkasa yang memungkinkan gas radon dan thoron masuk, sedangkan keping besar ditempatkan menghadap ruang tertutup setengah bola lainnya dengan dinding berlapis polimer tipis yang hanya memungkinkan gas radon masuk (Gambar 2).



Gambar 1. Keping besar dan kecil detektor CR-39



Gambar 2. CR-39 dalam Sistem deteksi Radon dan Thoron

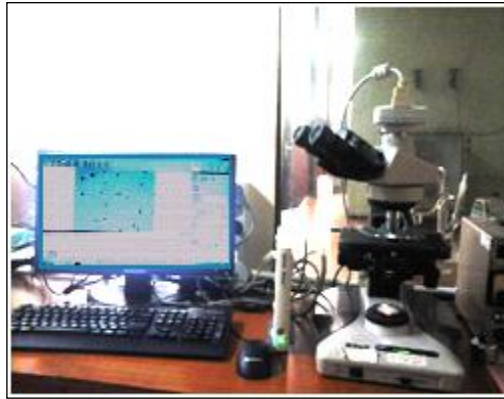
Radiasi alpha yang menumbuk material detektor solid-state (SSNTD: *Solid State Nuclear Track Detector*) CR-39 akan meninggalkan jejak radiasi yang jumlahnya sebanding dengan radioaktivitas gas radon yang memancarkannya. Dengan mengetahui jumlah jejak radiasi yang ditinggalkan dalam detektor maka dosis radiasi dari radon dapat ditentukan/diukur.

Perhitungan jejak partikel alpha dari radon-thoron dibawah mikroskop optik secara langsung bersifat subyektif dan menghabiskan banyak waktu, terutama untuk jejak dengan kerapatan tinggi, kesalahan hitung akan menjadi cukup besar. Mikroskop optik dengan perbesaran 400 kali dapat digunakan untuk mengamati obyek dalam luasan lingkaran dengan diameter 450 μm sehingga satu detektor dengan luas 1 cm^2 akan memerlukan kurang lebih 625 daerah pengamatan dibawah mikroskop. Tersedianya foto kamera mikroskop yang terhubung ke komputer memungkinkan jejak didokumentasi dan perhitungan jejak dapat dilakukan dari citra kamera. Namun demikian perhitungan jejak secara visual tetap menjadi persoalan. Oleh karena itu kalkulasi jumlah jejak perlu dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak.

Makalah ini memaparkan proses dan pengujian teknik pengolahan citra untuk menghitung jumlah jejak radiasi alpha gas radon dalam detektor CR-39. Segmentasi obyek jejak radiasi menjadi bagian utama dalam analisis citra, obyek diisolasi menggunakan teknik *thresholding* untuk memisahkannya dari *background*. Tiga metode sederhana: *Mean*, *P-Tile* dan *Otsu* dicoba dalam proses segmentasi. Untuk membedakan jejak dengan obyek pengganggu dilakukan proses ekstraksi ciri, obyek dikuantisasi dengan satu atau beberapa ciri. Hasil perhitungan program dibandingkan dengan hitungan visual, faktor modifikasi serta ciri luas area obyek dibahas untuk analisa hasil perhitungan.

2. Metode Penelitian

Akuisisi data citra mikroskopik diambil menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400X yang dilengkapi dengan kamera NIKKON dan software NI-Elements yang ada di laboratorium jejak nuklir PTKMR BATAN (Gambar 1)



Gambar 3. Akuisisi Citra di Laboratorium

Lebih dari 300 citra warna (RGB) dengan berbagai ukuran telah diakuisisi di laboratorium. Sebanyak 35 citra dengan kategori jumlah jejak mudah dibaca/dihitung secara visual dipilih sebagai citra referensi. Ke 35 citra dibaca, diproses menjadi ukuran standar 640x480 piksel, kemudian dijadikan *grayscale* dengan fungsi-fungsi sederhana MATLAB seperti *imread*, *imresize*, *rgb2gray*, dan ditulis kembali dengan fungsi *imwrite* [11][12].

Proses selanjutnya adalah segmentasi citra *grayscale* menjadi citra biner yang akan memisahkan obyek (*foreground*) dan *background*. Metode yang banyak digunakan adalah teknik *thresholding* [13]–[15]. Nilai *threshold* T ditentukan, kemudian semua nilai *graylevel* dibawah T diberi nilai 0 (hitam) dan diatas nilai T diberi 1 (putih) atau sebaliknya, maka terbentuklah citra biner hitam-putih. *Thresholding* otomatis dengan metode *Mean*, *P-tile* dan *Otsu* dibuat secara terpisah dengan membuat program sederhana memanfaatkan fungsi-fungsi yang tersedia dalam MATLAB. Ketiganya menggunakan prosedur sebagai berikut:

- (1) Tentukan nilai *threshold* masing-masing citra,
- (2) Buat citra biner *black-white* (BW) dengan nilai *threshold*,
- (3) Tentukan/hitung karakteristik ciri (area) tiap obyek dalam citra,
- (4) Hitung dan catat jumlah obyek dalam citra sesuai karakteristik ciri,
- (5) Bandingkan hasil dengan hitungan langsung (visual) citra,
- (6) Ulangi proses (1) sampai (5) untuk 34 citra berikutnya

Pada prosedur (1), untuk metode *Mean* nilai *threshold* dihitung dari nilai rata-rata intensitas *graylevel* citra. Untuk metode *P-Tile threshold* didefinisikan sebagai *graylevel* yang berhubungan dengan mapping minimal P% nilai *graylevel* dalam obyek. Jika n adalah nilai maksimum *graylevel* (255), H(i) historam citra dan P rasio luas area obyek, maka *threshold* T dihitung sbb [15]:


```

S = sum(H(i));
Let f = S;
for k=1 to n
    f = f - H(k-1);
    if (f/S) < P then Stop
T = k;
    
```

Sedangkan untuk metode *Otsu*, T adalah nilai optimum dimana T ditentukan dengan meminimumkan nilai varian di kedua kelompok (hitam dan putih) atau sama dengan memaksimalkan nilai varian antar klas. Nilai *threshold Otsu* dapat diperoleh dari histogram citra *graylevel*, dan di MATLAB nilai *threshold* langsung diperoleh dengan menggunakan fungsi **graythresh** [11][12].

Keberhasilan proses segmentasi dan perhitungan jejak ditentukan dengan melihat Rasio obyek (RO) terhitung program terhadap hitungan visual, Kesalahan (Err) hasil perhitungan, serta Akurasi (Acc) hasil perhitungan:

$$RO = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (1)$$

$$Err = \frac{\sum_{i=1}^n |C_i - V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \times 100 \% \quad (2)$$

$$Acc = \left(1 - \frac{|\sum_{i=1}^n C_i - \sum_{i=1}^n V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \right) \times 100 \% \quad (3)$$

Dimana C_i menyatakan jumlah obyek dalam citra ke-i hitungan program, V_i jumlah obyek citra ke-i dihitung secara visual, dan n jumlah citra.

Untuk mendapatkan nilai *threshold* yang tepat disimulasikan prosedur diatas dengan menambahkan faktor modifikasi (f_m) nilai *threshold* sehingga *threshold* menjadi:

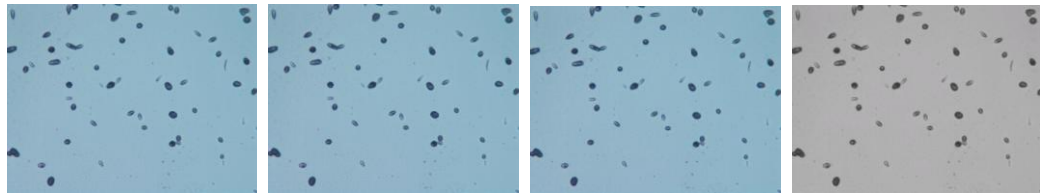
$$T_m = f_m T \quad (4)$$

Dimana T_m adalah *threshold* termodifikasi, T adalah *threshold* otomatis yang dihitung dari metode *Mean, P-Tile* dan *Otsu*. Faktor modifikasi f_m bernilai 0 – 1, dicari secara simulasi dengan memanfaatkan prosedur diatas.

3. Hasil dan Pembahasan

Akuisisi citra mikroskopis dengan NI-Elements dapat disimpan dalam citra ukuran 2560x1920, 1280x960, atau 640x480 dalam bentuk file TIF, BMP atau JPG. Preproses penyesuaian ukuran citra dilakukan agar karakteristik ciri objek khususnya luas area mempunyai acuan yang sama. Langkah ini juga untuk menghemat proses selanjutnya, dengan memilih ukuran sekecilnya proses perhitungan lebih cepat, namun informasi harus dijaga masih dapat digunakan untuk proses segmentasi obyek. Dari akuisisi citra 2560x1920, 1280x960, maupun 640x480 piksel, terlihat bahwa citra 640x480 piksel masih kelihatan jelas secara visual Gambar 4 (a - c). Preproses selanjutnya mengubah citra warna ke citra

graylevel (Gambar 4.d) agar mudah digunakan dalam proses pengolahan selanjutnya.

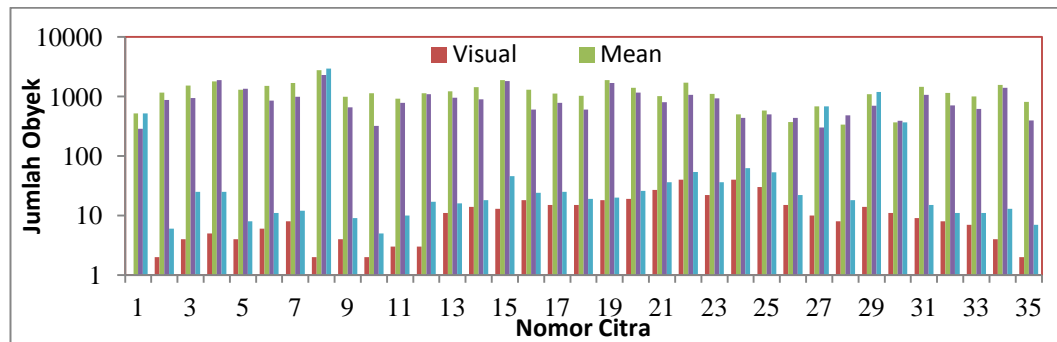


(a).Citra warna 2560x1980 piksel (b).Citra warna 1280x960 piksel (c).Citra warna 640x480 piksel (d).Citra *graylevel* 640x480 piksel

Gambar 4. Citra dengan berbagai ukuran piksel dan citra *graylevel*

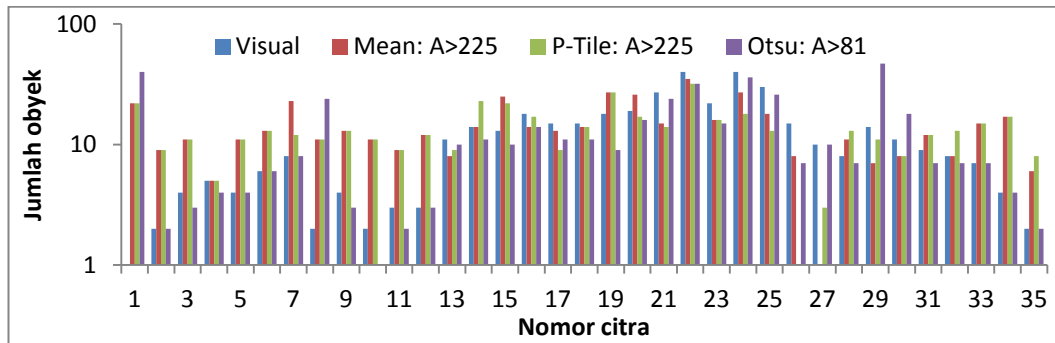
Segmentasi obyek dengan *thresholding*

Segmentasi obyek dengan metode *Mean*, *P-tile* dan *Otsu* menghasilkan citra biner obyek (putih) dan *background* (hitam). Jumlah obyek hasil segmentasi terlihat pada Gambar 5. Ketiga metode memberikan hasil obyek tersegmentasi yang jauh lebih banyak dari obyek jejak dengan nilai rasio obyek (RO) 100, 75 dan 15 di masing-masing metode. Hal ini wajar karena obyek hasil segmentasi dapat terbentuk dari beberapa piksel saja yang secara visual tidak terlihat tetapi program dapat menghitungnya sebagai sebuah obyek.



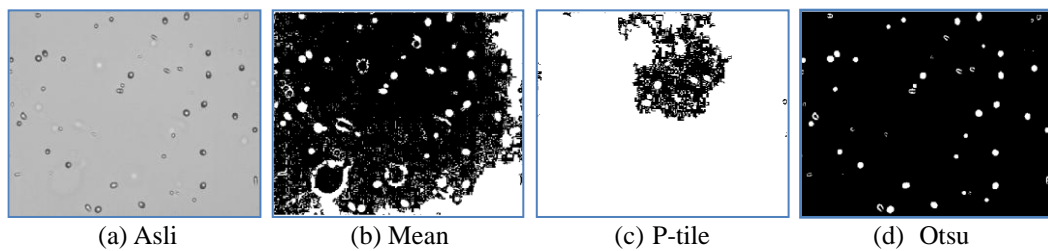
Gambar 5. Jumlah obyek dihitung langsung (visual) dan obyek hasil segmentasi dengan *threshold Mean*, *P-Tile* dan *Otsu*.

Penerapan *threshold* ditambah dengan karakteristik ciri luas area agar RO mendekati angka satu ($A > 225$ dan $A > 81$ piksel) menghasilkan obyek tersegmentasi yang masih menyimpang dari harapan. Seperti Gambar 6, pada metode *Mean* dan *P-Tile* walaupun obyek yang dihitung telah dibatasi hanya untuk obyek yang luasnya lebih dari 225 piksel, obyek terdeteksi tetap jauh lebih banyak. Pada metode *Otsu* beberapa citra mempunyai jumlah obyek yang masih jauh lebih banyak walaupun sebagian citra yang lain sudah mendekati citra visual bahkan lebih sedikit. Total rasio obyek di ketiga metode sudah mendekati angka satu yaitu 1,2; 1,14 dan 1,07 akan tetapi nilai kesalahannya masih sangat tinggi yaitu sebesar 60, 65 dan 42%.

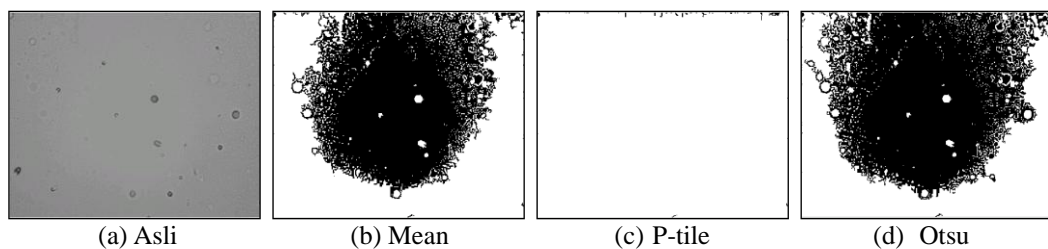


Gambar 6. Perbandingan Jumlah obyek visual dengan segmentasi *mean*, *p-tile* dan *otsu* untuk area lebih besar dari 225 dan 81 piksel.

Analisis terhadap citra tunggal, citra no. 22 misalnya, segmentasi dengan ketiga metode memperlihatkan hasil yang tidak sempurna seperti terlihat pada Gambar 7. Metode *Otsu* kelihatannya lebih baik dibanding *Mean* dan *P-Tile* untuk segmentasi citra no. 22, namun demikian juga gagal di citra no. 29 dimana masih ada beberapa obyek jejak yang tenggelam (merger) dalam satu obyek besar (Gambar 8).



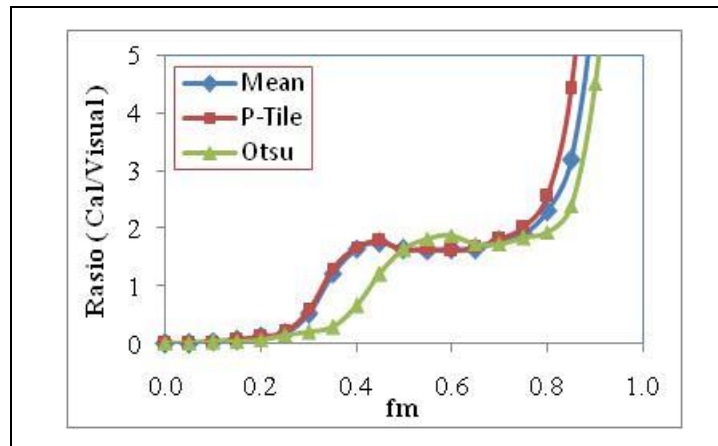
Gambar 7. Segmentasi citra no. 22



Gambar 8. Segmentasi citra no. 29

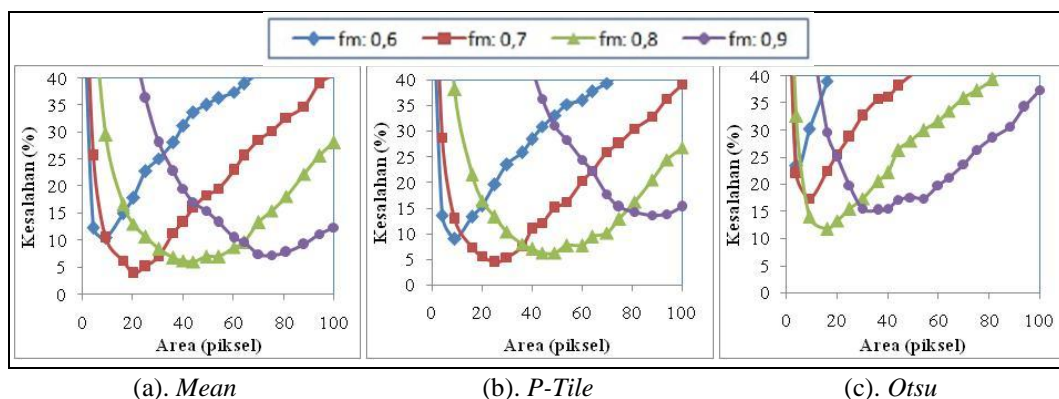
Faktor modifikasi (fm)

Pengaruh faktor modifikasi pada rasio jumlah obyek hasil perhitungan program terhadap pengamatan visual seperti terlihat pada Gambar grafik 9. Pada metode Mean dan P-Tile rasio obyek cenderung stabil pada fm 0,4 – 0,8; sedang pada Otsu fm sedikit bergeser menjadi 0,5 – 0,85. Semakin besar rasio obyek menunjukkan semakin banyak obyek terhitung, sementara itu semakin besar nilai fm semakin lebar rentang intensitas *graylevel* yang digunakan untuk mendefinisikan obyek, oleh karena itu didaerah yang landai kenaikan nilai fm tidak menaikkan jumlah obyek tetapi akan menaikkan ukuran obyak.



Gambar 9. Pengaruh faktor modifikasi (fm)

Hasil lebih detail segmentasi obyek dengan penambahan ciri luas area seperti terlihat pada Gambar 10. Terlihat jelas dari grafik bahwa ciri luas area pada metode termodifikasi *Mean* dan *P-tile* memberikan kesalahan yang lebih kecil dibanding *Otsu*. Kesalahan < 10% dapat diperoleh dengan *Mean* dan *P-Tile*, namun metode *Mean* sedikit lebih baik dengan rentang area yang lebih lebar.



(a). *Mean*

(b). *P-Tile*

(c). *Otsu*

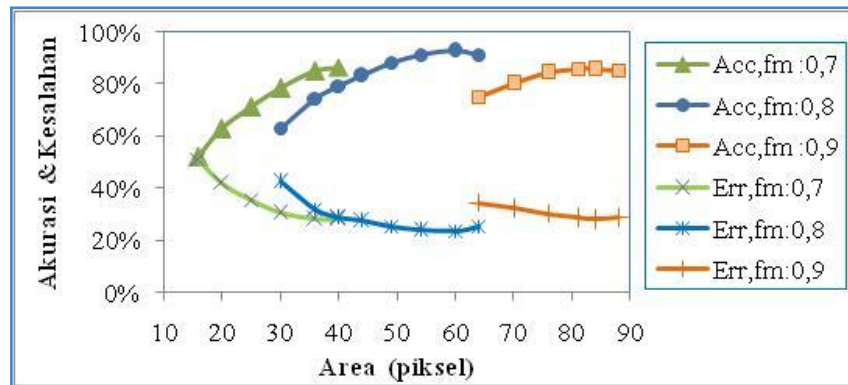
Gambar 10. Pengaruh faktor modifikasi (fm) dan luas area pada ketiga metode segmentasi.

Kombinasi nilai fm dan penetapan nilai ciri (area) akan menentukan nilai kesalahan dalam perhitungan obyek. Metode *Mean* mempunyai rentang kesalahan <10% pada fm 0,7-0,9. Analisis lebih detail Gambar grafik 10(a), menunjukkan bahwa untuk fm 0,7 eliminasi obyek dengan luas area kurang dari 16-30 piksel memberikan kesalahan rata-rata 5,5%, untuk fm 0,8 eliminasi obyek kurang dari 30-64 piksel memberikan kesalahan rata-rata 7,5%, dan dengan fm 0,9 eliminasi obyek kurang dari 64-88 memberikan kesalahan rata-rata 8,3%. Metode mean jauh lebih sederhana dan tidak menghabiskan banyak waktu komputasi dibanding dua metode lainnya. Oleh karena itu *Mean* termodifikasi dengan fm 0,7-0,9 merupakan metode terbaik untuk segmentasi citra CR-39 ini.

Pengujian perhitungan jejak

Metode *Mean* dengan faktor modifikasi (fm) 0,7; 0,8 dan 0,9 dengan ciri area 16-30, 30-64, dan 64-88 digunakan untuk menghitung obyek pada 10 kelompok sampel uji masing-masing 25 citra. Nilai Akurasi dan kesalahan hasil perhitungan

seperti yang dirumuskan dalam persamaan (2) dan (3) ditampilkan pada Gambar 11. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa fm 0,8 lebih baik dibanding dengan lainnya, akurasi rata-rata mencapai 92,7% pada eliminasi obyek dengan luas area <60 piksel, demikian juga rata-rata kesalahannya terkecil, sebesar 23,61%.



Gambar 11. Akurasi dan kesalahan

Tabel 1 memperlihatkan akurasi dan kesalahan pengujian 10 kelompok sampel untuk metode *Mean* dengan fm 0,8. Akurasi terbaik serta kesalahan minimal pada rentang area 30-64, diperoleh pada eliminasi obyek dengan area ≤ 49 . Akurasi terkecil sampel sebesar 80,09% dan kesalahan terbesar 43,14%. Data-data tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimal dapat dicapai dengan kompromi antara faktor modifikasi dengan luas obyek yang dapat dieliminasi.

Tabel 1. Akurasi dan kesalahan pengujian sampel pada berbagai ciri area.

Area	Akurasi (%)		Kesalahan (%)	
	Rata-rata	Terkecil	Rata-rata	Terbesar
30	63,17	27,45	42,29	80,39
36	74,26	54,90	31,92	56,86
40	79,06	68,48	28,62	52,94
44	83,09	74,51	27,32	52,94
49	88,01	80,09	25,25	43,14
54	91,37	76,57	23,86	42,03
60	92,70	73,06	23,61	43,48
64	91,03	70,57	25,32	44,93

Tabel 2 memperlihatkan kondisi optimal threshold *Mean* dengan faktor modifikasi 0,8 dan obyek dengan luas area > 49 piksel. Akurasi dan kesalahan perhitungan tidak merata dan tidak terdapat hubungan yang jelas antara jumlah jejak dengan besarnya nilai akurasi maupun kesalahan perhitungan.

Tabel 2. Hasil uji sampel dengan *Mean*, $fm:0,8$ dan ciri Area > 49 piksel.

Kelompok sampel	Visual (jejak)	Hitungan (jejak)	Selisih (jejak)	Akurasi (%)	Kesalahan (%)
1	51	55	4	92,16	43,14
2	69	74	5	92,75	39,13
3	451	513	62	86,25	19,51
4	325	353	28	91,38	14,77
5	278	329	51	81,65	24,82
6	165	193	28	83,03	25,45
7	65	55	-10	84,62	18,46
8	683	547	-136	80,09	20,79
9	255	280	25	90,20	24,71
10	489	499	10	97,96	21,68
Rata-rata:				88,01	25,25

Walaupun hasil perhitungan dengan akurasi 88,01% cukup baik, dengan sebagian kelompok citra dapat mencapai akurasi diatas 90% namun nilai kesalahan masih cukup tinggi dan tidak merata. Dalam penelitian ini baru dipertimbangkan satu ciri karakter obyek yaitu luas area. Berbagai ciri obyek perlu dipertimbangkan untuk menurunkan kesalahan serta meningkatkan akurasi perhitungan.

4. Kesimpulan

Diperlukan faktor modifikasi dalam penggunaan metode *thresholding Mean*, *P-tile* maupun *Otsu* untuk memperbaiki pemisahan obyek dalam citra jejak radiasi α gas radon dalam detektor CR-39.

Nilai *mean*, rata-rata intensitas citra (*graylevel*) dengan faktor modifikasi (fm) 0,8 paling baik untuk digunakan dalam segmentasi data citra jejak radiasi alpha detektor CR-39.

Hasil uji terhadap sampel menunjukkan kesesuaian dengan akurasi rata-rata mencapai 88,01%, dengan kesalahan 25,25%.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah ciri (karakteristik) obyek agar diperoleh akurasi yang lebih baik dengan kesalahan yang lebih kecil.

Ucapan terima kasih

Terima kasih diucapkan kepada Kepala Bidang Radioekologi PTKMR BATAN, kepala kelompok serta teman-teman litbang terestrial yang telah menyediakan sampel serta peralatan laboratorium untuk akuisisi data citra.

Daftar Pustaka

1. M. Eisenbud and T. Gasell, “Natural Radioactivity,” in *Environmental Radioactivity*, 4th ed., Elsevier Inc., 1997, pp. 134–200.
2. EPA-USA, *Health Effects of Exposure to Radon*, BIERVI, no. Beir Vi. Washington DC: National Academy Press, 1999.
3. N. R. COUNCIL, *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2006.
4. IAEA, *National and Regional Surveys of Radon Concentration in Dwellings, Review of Methodology and Measurement Techniques, Analytical Quality in Nuclear Application*, no. IAEA/AQ/33. Vienna, 2013.
5. I. A. Ghita and A. Vasilescu, “Radon Assessment with Solid-State Nuclear Track Detector in BUCHAREST,” *Rom. Rep. Phys.*, vol. 63, no. 4, pp. 940–947, 2011.
6. K. Iwaoka, H. Tabe, T. Ishikawa, S. Tokonami, and H. Yonehara, “Occupational Exposure to Austrian Rocks Used as Radon Spa Sources in Japan,” *Radiat. Emerg. Med.*, vol. 2, no. 1, pp. 220–223, 2013.
7. Bunawas, Emlinarti, and M. Affandi, “Determination of Radon Exhalation Rate from Building Material using Passive Method with Nuclear Track Detector,” in *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan*, ISSN: 0854-4085, 1996, pp. 16–21.
8. A. Minarni, I. Dadong, and Bunawas, “Radon in BATAN housing Complex,” in *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan*, ISSN: 0854-4085, 1996, pp. 262–265.
9. Sutarman, L. Nirwani, Emlinarti, and A. Warsono, “Determination of Radon and Thoron Concentrations using the LR-115 Film Detector in DKI and Its surroundings,” in *Prosiding PPI-PDIPTN*, ISSN: 0216-3128, 2005, pp. 212–221.
10. Sutarman, Wahyudi, and Luhantara, “Radon Concentration in Outdoors and Indoors around the flare in Oil Mine Sites,” in *Prosiding Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan pada Industri Non-Nuklir*, 2003, pp. 75–87.
11. Mathworks, *MATLAB Primer, Stateflow™ User ’s Guide R 2015 b*. 2015.
12. MathWorks, *Image Processing Toolbox For Use with MATLAB. Computation, Visualization, Programming.*, 3rd ed. 2002.
13. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Second Edi. 2002.
14. A. BOVIK, *The Essential Guide to Image Processing*. Austin, Texas: Academic Press, Elsevier Inc., 2009.
15. S. S. Al-amri, N. V Kalyankar, and S. D. Khamitkar, “Image Segmentation by Using Threshold Techniques,” *J. Comput. ISSN 2151-9617*, vol. 2, no. 5, pp. 83–86, 2010.