

SISTEM PERHITUNGAN LAMA PENYINARAN MATAHARI DENGAN METODE *OTSU THRESHOLD* (STUDI KASUS: ST. KLIMATOLOGI BARONGAN)

Asih Pujiastuti¹, Agus Harjoko²

^{1,2}Program Studi S2 Ilmu Komputer

Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: ¹asih_puji@yahoo.co.id, ²aharjoko@ugm.ac.id

Abstract

Solar radiation measurements in climatology station barongan done by using campbell stokes and record card. Solar radiation is the accumulation of the whole length of the object radiation recorded on the record card. Solar radiation data reading performed by observers by estimating the long of object irradiation compared with the scale of hours listed on the record card. The difficulties encountered by observers in conducting solar radiation data readout is the shape of the object radiation recorded on the record card are not always in the form of elongated areas, some areas disjointed, even can only form small holes along the track on the card record. The purpose of this study was to design and build a system that can be used to calculate solar radiation recorded on the card record, thus increasing the accuracy of measurement data readout. Cropping process is carried out in order to obtain the right area for analysis. The approach method in object segmentation is done by implementing a solar radiation threshold otsu method. The test results showed that the determination of the radius of the opening and removing noise value appropriately irradiation can obtain the number of objects on test images with RMSE of 1.4429 compared with the amount of exposure of the image of the original object. Results of calculation solar radiation by the system showed system RMSE of 0,51 to observer calculation.

Keywords—otsu threshold, cropping, opening, removing noise

1. Pendahuluan

Lama penyinaran matahari merupakan satu dari beberapa unsur klimatologi. Lama penyinaran matahari atau durasi penyinaran matahari (periodisitas) adalah lamanya matahari bersinar cerah pada permukaan bumi yang dihitung mulai dari matahari terbit hingga terbenam. Besarnya lama penyinaran matahari ditulis dalam satuan jam, nilai persepuluhan, atau dalam satuan persen terhadap panjang hari maksimum (Ariffin, dkk., 2010). Menurut WMO (2008) dan Hamdi (2014) mengemukakan pendapatnya bahwa, kartu pias akan terbakar jika kekuatan sinar matahari sebesar $120 W/m^2$.

Pengukuran lama penyinaran matahari di Indonesia dilakukan dengan menggunakan alat yaitu *campbell stokes* dan kartu pias (BMKG, 2006). *Campbell stokes* terdiri dari bola pejal terbuat dari bahan gelas dengan diameter 4 inchi yang dipasangkan pada kedudukannya sehingga sinar matahari dapat difokuskan ke arah kartu pias dengan tajam. Kartu pias adalah kartu berskala sebagai alat perekam radiasi matahari. Kartu pias terbuat dari karton, berwarna biru gelap, dapat menyerap dan mudah terpenyinaran oleh radiasi matahari.

Lakitan (2002) mengemukakan pendapatnya bahwa, pengukuran durasi lama penyinaran matahari dengan menggunakan alat *Campbell stokes* menghasilkan data yang relatif kasar dikarenakan kemampuan perkiraan pengamat dalam menafsirkan panjang bekas penyinaran kartu pias. Masalah yang sering dihadapi oleh para pengamat dalam menafsirkan lama penyinaran matahari adalah bekas penyinaran yang terekam pada kartu pias tidak selalu membentuk garis lurus yang mudah dihitung.

Ketelitian seorang pengamat dapat menentukan keakuratan perkiraan lama penyinaran matahari. Menurut Arifin, dkk., (2010) berpendapat bahwa kesalahan pengamatan dapat dikurangi dengan melakukan “*checking*” secara periodik pada jam pengamatan atau “*cross checking*” pada saat analisa. Proses *checking* perkiraan lama penyinaran matahari masih dilakukan sama seperti yang dikerjakan oleh pengamat.

Berdasarkan permasalahan diatas, peneliti mengusulkan rancang bangun sistem komputer dengan mengimplementasikan pengolahan citra digital yang diharapkan mampu menganalisa dan menghitung dengan tepat panjang setiap bekas luka penyinaran yang ada pada kartu pias berdasarkan kriteria.

2. Kajian Pustaka

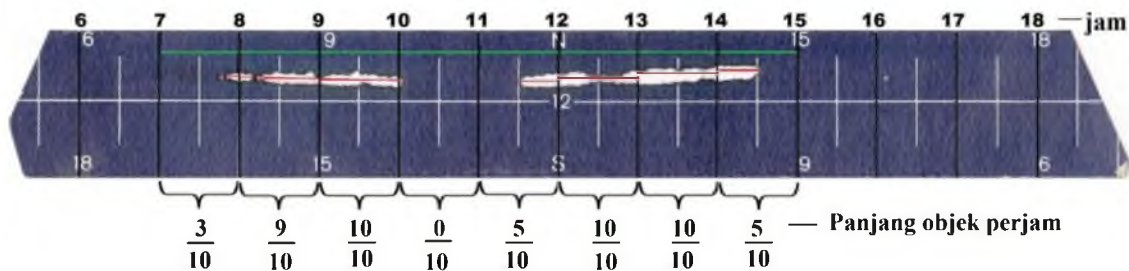
Berdasarkan referensi penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, akuisisi kartu pias dipindai dengan menggunakan *scanner*. Horseman, dkk., (2012) pada proses akuisisi citra melakukan manipulasi dengan memberikan *background* warna merah. Hal yang sama dilakukan oleh Sanchez-Romero, dkk., (2014) dalam manipulasi warna *background* pada saat akuisisi citra, yang berbeda adalah warna yang digunakan adalah hijau. Tujuan manipulasi warna *background* kedua penelitian adalah mempermudah untuk mendapatkan objek penyinaran matahari yang terekam pada kartu pias. Sedangkan Fan dan Zang (2013) tidak melakukan manipulasi warna *background* pada saat akuisisi citra kartu pias. Fan dan Zang (2013) pada penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan seluruh objek penyinaran yang terekam pada kartu pias dengan menggunakan metode *Multivariable thresholding* dan deteksi tepi *canny*.

Pada penelitian ini, peneliti melakukan akuisisi citra kartu pias dengan menggunakan *scanner* tanpa melakukan manipulasi warna *background*. Fokus penelitian adalah mendapatkan area objek bekas penyinaran berlubang, dengan tujuan dapat melakukan perhitungan lama penyinaran matahari setiap harinya sesuai dengan kriteria perhitungan. Pendekatan metode yang digunakan untuk segmentasi objek penyinaran adalah *otsu threshold*. Hasil perhitungan sistem yang diperoleh kemudian diperbandingkan dengan hasil perhitungan pengamat.

3. Metode Penelitian

3.1 Perhitungan Lama Penyinaran Matahari

Pada penelitian ini besaran yang digunakan dalam perhitungan lama penyinaran matahari adalah persepuluh. Perhitungan/penafsiran lama penyinaran matahari oleh pengamat pada kartu pias tanggal 1 Maret 2015 dapat dilihat pada gambar 1. Perhitungan/penafsiran lama penyinaran matahari oleh pengamat dilakukan dengan cara membandingkan perkiraan panjang bekas penyinaran (garis merah pada gambar 1) dengan jarak skala dalam 1 jam (skala 1 jam adalah 10 dan ditandai dengan garis hijau pada gambar 1). Perhitungan/penafsiran lama penyinaran matahari adalah hasil akumulasi perbandingan perkiraan panjang bekas penyinaran disetiap jam.



Gambar 1 Perhitungan pengamat

Hasil perhitungan/penafsiran lama penyinaran matahari pada kartu pias tanggal 1 Maret 2015 oleh pengamat adalah sebagai berikut:

$$\frac{0+3+9+10+0+5+10+10+5+0+0+0}{10} = \frac{52}{10}$$

Rumus %lama penyinaran matahari adalah sebagai berikut:

$$\% \text{lamapenyinaran} = \frac{\text{lama penyinaran}}{\text{panjang hari}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

% lama penyinaran: prosentase penyinaran

lama penyinaran : lamanya matahari bersinar cerah pada permukaan bumi, yang dihitung mulai dari matahari terbit hingga terbenam, dan ditulis dalam satuan jam sampai nilai persepuluh atau sering ditulis dalam satuan persen terhadap panjang hari maksimum.

panjang hari : panjang hari didapatkan dari selisih waktu terbit matahari dan waktu terbenam matahari.

3.2 Citra *Gray-scale*

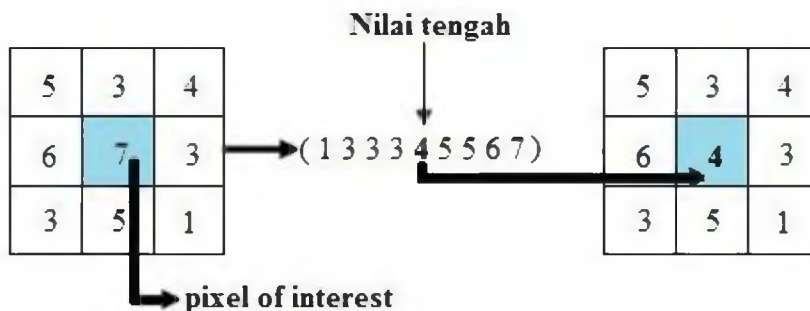
Tujuan proses *grey-scale* dalam *preprocessing* citra adalah untuk mengubah citra berwarna umumnya citra dengan format RGB menjadi citra keabuan. Adapun untuk mendapat citra *grey-scale* dari citra berwarna maka digunakan persamaan (2):

$$f_0(x, y) = \frac{f_i^R(x, y) + f_i^G(x, y) + f_i^B(x, y)}{3} \quad (2)$$

3.3 Median filter

Filtering pada citra digunakan untuk mengurangi adanya *noise* pada citra yang bisa saja disebabkan oleh adanya debu pada citra, kamera yang tidak fokus ataupun pencahayaan yang tidak merata. *Median filter* sendiri merupakan filter yang hasilnya berdasarkan pada pengurutan nilai piksel yang dilingkupi oleh filter yang ditentukan oleh nilai median dari setiap piksel. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2 diberikan citra dengan ukuran 3x3 dengan nilai intensitas (5 3 4; 6 7 3; 3 5 1). Langkah median filter sebagai berikut;

1. Menentukan nilai *pixel of interest* dengan mencari nilai tengah *pixel* (5 7 4 6 7 3 3 5 1), maka didapatkan nilai *pixel of interest* adalah 7,
2. Kemudian mengurutkan nilai piksel dalam tetangga menjadi (1 3 3 3 4 5 5 6 7) dan menentukan nilai mediannya yaitu 4
3. Menggantikan nilai *pixel of interest* dengan angka 4, sehingga citra menjadi (5 3 4 6 4 3 3 5 1) atau (5 3 4; 6 4 3; 3 5 1).



Gambar 2 *Median filter*

3.4 Otsu threshold

Metode Otsu diperkenalkan oleh Nobuyuki Otsu pada tahun 1979. Tujuan dari metode Otsu adalah membagi histogram citra graylevel ke dalam dua daerah yang berbeda secara otomatis yaitu objek latar depan (*foreground*) dan latar belakang (*background*) yang memiliki bagian saling bertumpuk berdasarkan histogramnya.

Adapun algoritma dari Otsu adalah sebagai berikut (Gonzalez dan Woods, 2008):

1. Melakukan normalisasi histogram citra dengan menggunakan persamaan :

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (3)$$

Dengan:

P_i = komponen histogram dengan $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$

n_i = jumlah piksel pada tiap intensitas

N = jumlah semua n_i mulai dari n_0 sampai n_{L-1}

2. Menghitung bobot ke dua kelas menggunakan persamaan (4) dan (5) dengan;

w_b = bobot *background*

w_f = bobot *foreground*

$k = 0, 1, 2, \dots, L-1$

$$w_b(k) = \sum_{i=0}^k P_i \quad (4)$$

$$w_f(k) = \sum_{i=k+1}^L P_i = 1 - w_b(k) \quad (5)$$

3. Menghitung mean kumulatif (μ) menggunakan persamaan (6) dan (7) dengan;

μ_b = *mean kumulatif background*

μ_f = *mean kumulatif foreground*

$k = 0, 1, 2, \dots, L-1$

$$\mu_b(k) = \sum_{i=0}^k \frac{iP_i}{w_b(k)} \quad (6)$$

$$\mu_f(k) = \sum_{i=k+1}^L \frac{iP_i}{w_f(k)} \quad (7)$$

4. Menghitung *variance* ke dua kelas ($\sigma_B^2(k)$) dengan menggunakan persamaan (8)

$$\sigma_B^2(k) = \sum_{i=0}^k (1 - \mu)^2 \frac{P_i}{w(k)} \quad (8)$$

5. Menghitung *variance* antar kelas (*within class variance*) ($\sigma_w^2(k)$) dengan $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$ dengan menggunakan persamaan (9)

$$\sigma_w^2(k) = w_b [w_b(k) - \mu_T]^2 + w_f [w_f(k) - \mu_T]^2 \quad (9)$$

atau

$$\sigma_w^2(k) = (W_b \times \sigma_b^2) + (W_f \times \sigma_f^2) \quad (10)$$

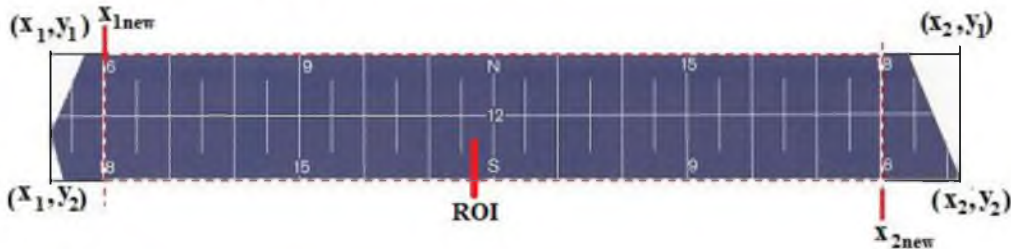
dengan $\mu_T = \sum_{i=1}^N iP_i$

6. Mendapatkan nilai *Otsu threshold* k^* yang merupakan indeks dengan nilai varians antar kelasnya maksimum.

3.5 Cropping

Cropping (proses pemotongan citra) adalah proses pengolahan citra dengan memotong bagian dari citra (Sutoyo, dkk., 2009). *Cropping* dilakukan dengan tujuan untuk memperjelas area observasi pada citra. Sebuah citra di-*cropping* sebesar $W \times H$. Titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) , merupakan titik pojok kiri atas dan pojok kanan bawah citra yang akan di-*cropping* dengan persamaan (11).

$$W = (x_{2new} - x_{1new}) \text{ dan } H = (y_2 - y_1) \quad (11)$$



Gambar 3 citra di-*cropping* sebesar $W \times H$

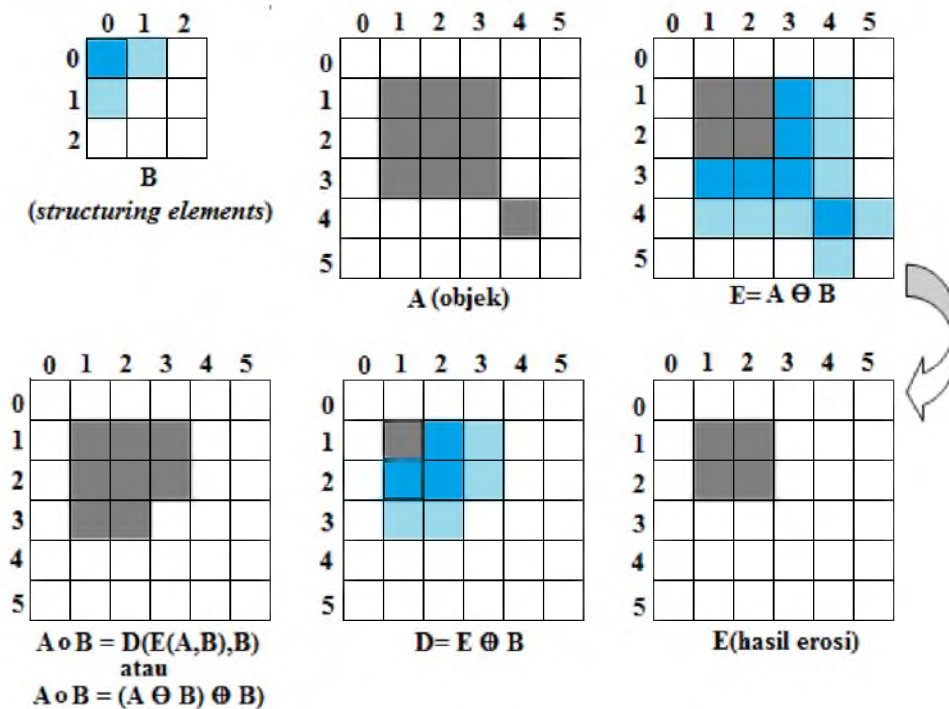
3.6 Segmentasi

Segmentasi citra merupakan proses memisahkan piksel-piksel yang merupakan bagian dari objek pada citra dengan piksel-piksel yang bukan merupakan bagian dari objek (Gonzales dan Woods, 2008). Dalam penelitian ini, proses segmentasi dilakukan dengan metode

3.6.1 Opening

Operasi morfologi opening merupakan operasi erosi yang diikuti dengan dilasi dimana digunakan *Structuring Elements* (SE) yang sama. Operasi opening akan menghilangkan seluruh piksel di area yang terlalu kecil untuk ditempati oleh SE dan menghaluskan kontur objek. Operasi opening A dengan strel B dengan notasi $A \circ B$ yaitu seperti pada persamaan;

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (12)$$



Gambar 4 *Opening* A dengan B

3.6.2 *Component Connected Labeled*

Tahap pertama dilakukan proses *component connected labeled* untuk mendapat region objek terbesar pada citra, yaitu dengan langkah langkah:

1. Scan citra dari kiri ke kanan, atas ke bawah, jika piksel tersebut merupakan objek maka:
 - a) Jika hanya 1 (satu) dari atas atau kiri yang mempunyai label, maka salin label tersebut ke *current pixel*.
 - b) Jika keduanya mempunyai label yang sama, salin label tersebut.
 - c) Jika keduanya mempunyai label yang berbeda, maka salin salah satu label dan tandai kedua label sebagai label yang ekuivalen.
 - d) Jika belum ada label pada piksel-piksel tetangga, maka berikan label yang baru.
2. Scan pada citra yang sudah di label dan gantikan semua label yang ekuivalen dengan sebuah label yang unik.
3. Jika tidak terdapat tetangga piksel, maka ulangi ke langkah 1.

3.6.3 *Noise Removing*

Proses *noise removing* adalah proses untuk menghilangkan *noise* pada citra sehingga memperoleh citra yang hanya terdiri dari objek yang diinginkan. Setelah melakukan proses *connected component labeling* didapat region-region objek pada citra *biner*. Proses *noise removing* dilakukan dengan memilih objek dengan area terbesar pada citra dan yang tidak berbatasan dengan tepian citra.

3.7 Menghitung Panjang Objek dan Lama Penyinaran

Hasil dari proses segmentasi adalah region objek yang dianggap sebagai objek penyinaran. Kemudian setiap region objek akan dihitung panjang objek dengan algoritma sebagai berikut;

1. mencari nilai titik koordinat x yang paling kecil (x_{min}) dan nilai titik koordinat x yang paling besar (x_{max}) dalam satu region objek (label yang sama)
2. panjang objek = $x_{max} - x_{min}$
3. lama penyinaran = akumulasikan panjang objek

3.8 *Root Mean Square Error (RMSE)*

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai hasil dari perhitungan terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar (Muhsoni, dkk., 2008). RMSE bertujuan untuk mempresentasikan rata-rata kuadrat simpangan (selisih) antara nilai keluaran model terhadap nilai pengukuran atau target. RMSE mensyaratkan mendekati 1 (satu) untuk menunjukkan bahwa nilai rata-rata perhitungan yang dihasilkan mendekati nilai sebenarnya. RMSE ini dihitung dengan memperbandingkan data hasil perhitungan sistem dengan data hasil pengamatan. Satuan dari hasil RMSE mengikuti data input yaitu dalam jam. Menurut Wilks (1995) dan Swarinoto (2011) berpendapat bahwa semakin kecil nilai RMSE maka hasil perhitungan sistem semakin bagus dan nilai terbaik RMSE adalah 0.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i - z_j)^2}{n}} \quad (14)$$

dengan:

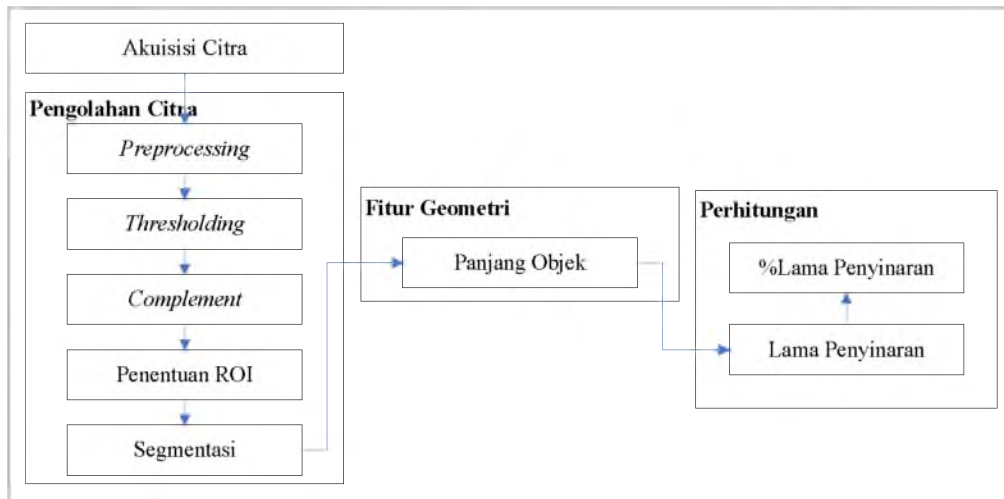
z_i = data perhitungan pengamat

z_j = data perhitungan sistem

n = jumlah data

3.9 Perancangan Aplikasi

Peneliti mengusulkan rancangan pemrosesan data seperti Gambar 5 Sistem dipecah dalam 3 modul utama, yaitu gambar:



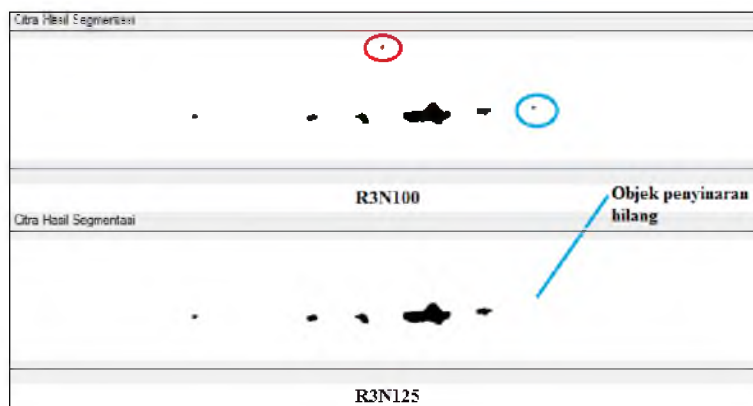
Gambar 5 Arsitektur Sistem Lama penyinaran

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengujian Tahapan Images Processing

Pengujian tahapan *images processing* dilakukan pada proses segmentasi. Pengujian tahapan segmentasi dilakukan untuk mendapatkan nilai radius yang dalam proses *opening* dan *noise value* yang tepat. Penentuan nilai radius dalam proses *opening* yang tepat berpengaruh pada proses erosi dan dilasi citra ROI. Penentuan *noise value* yang tepat dapat mengurangi atau menghapus region kecil yang bukan merupakan objek penyinaran, sehingga proses segmentasi dapat menghasilkan objek dengan baik mendekati objek pada citra original. Parameter pengujian dilakukan dengan membandingkan jumlah objek pada citra original dan jumlah objek hasil segmentasi sistem yang bebas dari *noise*.

Kesalahan perhitungan sistem pada Gambar 6 mengakibatkan hasil perhitungan lama penyinaran lebih panjang dari pada perhitungan oleh pengamat. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka didapatkan RMSE terbaik yaitu 1.4429, untuk penentuan radius 3 dan noise value 125 pixel dapat dilihat pada tabel 1



Gambar 6 Penentuan radius dan noise value tanggal 20 Maret 2015

Tabel 1 Hasil pengujian tahapan *images processing*

No	Tahapan Pengujian	Radius & Noise Value	RMSE
1	Tahapan pengujian I	Radius = 3 & Noise Value = 100	1.588896
2	Tahapan pengujian II	Radius = 3 & Noise Value = 125	1.4429
3	Tahapan pengujian III	Radius = 3 & Noise Value = 150	1.509533

4.2 Pengujian Hasil Perhitungan Sistem

Pengujian hasil perhitungan panjang objek penyinaran dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan panjang objek penyinaran oleh sistem dengan hasil perhitungan panjang objek penyinaran oleh pengamat stasiun klimatologi di lapangan. Pengujian sistem dilakukan dengan menentukan nilai radius opening = 3 dan *noise removing value* = 125. Nilai tersebut berdasarkan hasil terbaik pada pengujian tahap images processing yang dilakukan sebelumnya. RMSE pengujian hasil perhitungan sistem terhadap hasil perhitungan pengamat sebesar 0,51.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Merujuk pada latar belakang permasalahan, tujuan penelitian dan hasil pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode segmentasi dengan *otsu threshold* dapat dengan baik membantu melakukan segmentasi objek penyinaran berlubang pada kartu pias. Hal ini terlihat dari RMSE jumlah objek hasil segmentasi sebesar 1.4429 terhadap jumlah objek pada citra original.
2. Sistem yang diusulkan dapat dengan baik melakukan perhitungan lama penyinaran matahari dengan RMSE = 0,51 terhadap perhitungan pengamat.
3. Terdapat hasil perhitungan lama penyinaran oleh sistem yang lebih panjang daripada hasil perhitungan pengamat, hal tersebut disebabkan karena masih terdapat noise disekitar region objek.

5.2 Saran

1. Pengujian dengan data citra yang lebih banyak dapat dilakukan untuk melihat kemampuan sistem dalam skala yang lebih besar.
2. Mengimplementasikan pendekatan metode segmentasi yang tepat untuk mendapatkan seluruh objek penyinaran yang terekam pada kartu pias.
3. Menentukan nilai *noise removing value* yang tepat untuk menghilangkan *noise* tanpa mengakibatkan objek penyinaran dengan area kecil hilang.
4. Menentukan penentuan ROI yang tepat sesuai lintasan penyinaran pada kartu pias dengan mengurangi tinggi citra.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariffin, dkk., 2010, *Modul Praktikum Klimatologi*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- BMKG, 2006, Peraturan Kepala Badan Meteorologi dan Geofisika no SK/32./TL.202/KB/BMG-2006.
- Fan, Q., dan Zhang, Y., 2013, A scorch extraction method for the Campbell-Stokes sunshine recorder based on multivariable *thresholding*. *Imaging Systems and Techniques (IST), IEEE International Conference on*, 410 – 414.
- Gonzalez, R.C. dan Woods, R.E., 2008, *Digital Image processing*, Addison- Wesley Publishing Company, USA.
- Hamdi, S., 2014, Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. *Berita Dirgantara*, 15(1), 7–16.
- Horseman, a. M., Richardson, T., Boardman, a. T., Tych, W., Timmis, R., dan MacKenzie, a. R., 2013, Calibrated digital images of Campbell–Stokes recorder card archives for direct solar irradiance studies. *Atmospheric Measurement Techniques*, 6(5), 1371–1379.

- Lakitan, B., 1994, *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Muhsoni.F.,F. Effendy M,danTriajie, H.2009. Pemetaan Lokasi Fishing Ground dan Status Pemanfaatan Perikanan di Perairan Selat Madura. Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura
- Otsu, N., 1979, *A Threshold Selection from Gray-level Histograms, Systems Man Cybernet*. IEEE, vol. 6, hal. 62-69.
- Sanchez-Romero, a., González, J. a., Calbó, J., dan Sanchez-Lorenzo, a., 2014, Using digital *image processing* to characterize the Campbell–Stokes sunshine recorder and to derive high-temporal resolution direct solar irradiance. *Atmospheric Measurement Techniques Discussions*, 7(9), 9537–9571.
- Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O. D., dan Wijanarto., 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset dan UDINUS Semarang.
- Swarinoto Y. S. , 2011, Pemanfaatan Suhu Udara dan Kelembapan Udara Dalam Persamaan Regresi Untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan di Bandar Lampung. *Jur. Met. Geo.*, 12 (3), 269-279.
- Tjasyono, B., 2004, *Klimatologi* (2nd ed.). Bandung: ITB.
- Wilks, D.S., 1995, *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. San Diego: Academic Press Inc.
- WMO, 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, WMO-No.8 seventh edition.
- Wood, C. R., dan Harrison, R. G., 2011, Scorch marks from the sky. *Weather*, 66, 39–41.

