

Segmentasi Variasi Pencahayaan Citra Tomat Menggunakan Marker Controlled Watershed dan Arimoto Entropy untuk Perbaikan Citra

Suastika Yulia Riska¹, R. V. Hari Ginardi², Nanik Suciati³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Jawa Timur

E-mail: ¹riska.suastika13@mhs.if.its.ac.id, ²hari.ginardi@gmail.com, ³nanik@if.its.ac.id

Masuk: 5 Januari 2015; Direvisi: 16 Januari 2015; Diterima: 19 Januari 2015

Abstract. Tomatoes image acquisition in outdoors condition results in an image that cannot be processed because of lighting variation on the glossy surface. Lighting variation is one of the problems in image processing because the resulting color values on tomatoes is lost from the affected area due to lighting variation. This research is meant to improve the image of tomatoes with lighting variations in the preprocessing stage. Segmentation methods proposed to detect and eliminate lighting variation is marker-controlled watershed with Arimoto entropy. After eliminating the detected area with lighting, tomatoes image are improved in three ways, namely by applying RGB average, searching the value of pixels with pixels index, and using a moving window with various kernel sizes. The error segmentation of the proposed method is by 36.67%, which better than the previous method. The best results tomato image enhancement is by using a moving window with a kernel size 15x15.

Keywords: arimoto entropy, image enhancement, marker controlled watershed, preprocessing, segmentation.

Abstrak. Pengambilan citra tomat di luar ruangan mengakibatkan citra tidak dapat langsung diproses karena memiliki variasi pencahayaan pada permukaannya yang glossy. Variasi pencahayaan merupakan salah satu masalah dalam pemrosesan citra tomat karena mengakibatkan hilangnya nilai warna yang dimiliki area yang terkena variasi pencahayaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki citra tomat yang terdeteksi memiliki variasi pencahayaan pada tahap preprocessing. Metode segmentasi yang diusulkan pada penelitian ini untuk mendeteksi dan menghilangkan area variasi pencahayaan adalah marker controlled watershed dengan arimoto entropy. Setelah menghilangkan area yang terdeteksi memiliki pencahayaan, citra tomat diperbaiki dengan tiga cara, yaitu dengan rata-rata RGB tomat, pencarian nilai piksel dengan indeks piksel, dan menggunakan moving window dengan berbagai ukuran kernel. Error segmentasi dari metode yang diusulkan sebesar 36,67%, yaitu lebih baik dari pada metode sebelumnya. Hasil perbaikan citra secara visual menunjukkan hasil yang paling baik dengan menerapkan perbaikan citra menggunakan moving window dengan ukuran kernel 15x15.

Kata Kunci: arimoto entropy, marker controlled watershed, perbaikan citra, preprosesing, segmentasi.

1. Pendahuluan

Pemrosesan citra merupakan proses pengolahan citra yang meliputi perbaikan citra, penonjolan fitur pada citra, kompresi citra, koreksi citra, dan pemrosesan citra yang lain. Citra yang tertangkap kamera tidak dapat dilakukan pemrosesan secara langsung, karena memiliki kualitas yang kurang baik. Salah satu hal yang membuat kualitas citra tersebut kurang baik adalah munculnya variasi pencahayaan pada permukaan citra ketika citra tersebut diambil di luar ruangan. Munculnya variasi pencahayaan tersebut mengakibatkan hilangnya warna sebenarnya pada citra tersebut (Liang & Jiang, 2013). Komponen warna dari citra akan berubah saat adanya perubahan pencahayaan, sehingga pencahayaan memiliki peran yang penting dalam menentukan kualitas dari citra (Vibhute & Bodhe, 2013). Pengaruh

variasi pencahayaan dapat menyebabkan kesalahan pada proses penentuan level warna. Variasi pencahayaan pada permukaan citra memiliki pengaruh yang signifikan, misalnya pada citra buah dengan permukaan yang mengkilap (*glossy*) (Syahrir, Suryanti & Connsynn, 2009). Pada citra buah, warna merupakan salah satu faktor penting. Terutama pada buah yang memiliki warna bergradasi (Wang, Wang, Xie & Zhang, 2012). Penelitian tersebut melakukan penanganan terhadap variasi pencahayaan pada citra buah *cherry* di luar ruangan untuk mengidentifikasi tingkat kemanisan buah *cherry*. Tiga kondisi pencahayaan yang digunakan yaitu terkena cahaya matahari secara langsung, bayangan yang cerah, dan bayangan yang gelap. Penelitian ini menggunakan pendekatan statistik untuk menghilangkan pencahayaan. Untuk mengatasi variasi pencahayaan tersebut, penelitian ini melakukan penanganan terhadap pencahayaan yang menutupi sebagian besar permukaan *cherry* dengan cara menyalakan *flash* pada kamera.

Tahap *preprocessing* merupakan tahap yang sangat penting sebelum melakukan proses segmentasi, karena menentukan kualitas dari citra yang akan diproses pada tahap segmentasi. Proses perbaikan kualitas citra bertujuan untuk mendapatkan citra dengan informasi yang sesuai dengan tujuan dari pengolahan citra. Segmentasi merupakan salah satu tahap dari proses citra *digital* yang penting, dimana proses untuk memisahkan bagian *foreground* (objek) dan *background* (latar). Hasil dari proses segmentasi sangat berpengaruh pada tingkat akurasi proses selanjutnya (Mizushima & Lu, 2013). Penelitian Mizushima & Lu (2013) melakukan segmentasi untuk pemilihan dan penggolongan apel menggunakan kombinasi metode *linier support vector machine (SVM)* dan Otsu. Hasil yang diperoleh dari kombinasi metode tersebut yaitu efektif dan kuat untuk melakukan segmentasi pada *multi-channel color*. Namun, metode yang diusulkan tersebut memiliki kompleksitas komputasional yang tinggi dan membutuhkan waktu yang lama. Hal tersebut dikarenakan segmentasi dengan SVM dilakukan pada setiap piksel dari citra. Selain itu, metode SVM dan Otsu kurang baik diterapkan pada citra yang memiliki variasi *lighting* dan warna. Penentuan *threshold* optimal yang diusulkan Liu & Li (2010) menggunakan *Arimoto Entropy*. Kelebihan dari metode ini adalah mampu mengidentifikasi empat *region* pada citra, yaitu *foreground*, *background*, *edge*, dan *noise*.

Penelitian yang terkait dengan penggunaan metode segmentasi *marker controlled watershed* diterapkan pada citra sekumpulan buah yang memiliki warna bergradasi dan variasi pencahayaan (Bala, 2012). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi *over-segmentation* pada *watershed* tradisional. Sehingga, diperoleh hasil segmentasi berupa area setiap buah tersebut.

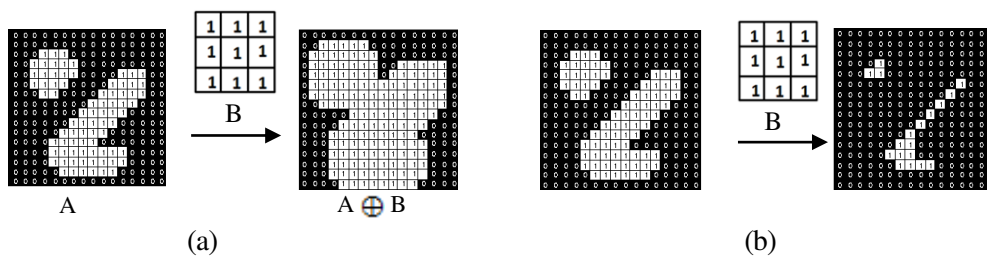
Dari paparan di atas, penelitian ini menerapkan *marker controlled watershed* dengan *arimoto entropy* pada proses segmentasi area pencahayaan untuk dilakukan perbaikan citra pada tahap *preprocessing*. Metode *marker controlled watershed* baik untuk proses segmentasi, karena mampu mengatasi *over-segmentation*. Adanya pencahayaan pada objek tomat yang tidak seragam, mengakibatkan citra memiliki intensitas bergradasi. *Thresholding* merupakan salah satu teknik yang sederhana untuk memisahkan bagian objek dan *background* citra (Yazid & Arof, 2013). Metode *arimoto entropy* mampu menghitung nilai *threshold* yang optimal dengan mengidentifikasi empat *region* dari citra. *Threshold* yang optimal dibutuhkan untuk mendapatkan *watershed ridge line* yang optimal, sehingga dapat mengoptimalkan penggabungan antar *catchment basins*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Teknik Morfologi

Teknik morfologi merupakan teknik yang berhubungan dengan bentuk. Tujuan operasi morfologi pada citra biner adalah untuk memperbaiki bentuk objek agar menghasilkan fitur-fitur yang lebih akurat ketika dilakukan analisis terhadap objek. Operasi dasar yang terdapat pada teknik morfologi adalah dilasi dan erosi (Ahmad, 2005). *Structuring element* merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam operasi morfologi citra dengan matriks biner yang bernilai satu dan nol dengan bentuk dan ukuran tertentu. Titik tengah pada *SE* disebut dengan *origin* yang menjadi pusat matriks *SE*.

Operasi dilasi merupakan operasi penebalan, sedangkan operasi erosi adalah operasi penipisan. Jika terdapat himpunan piksel A dan B, maka dilasi A oleh B dinotasikan sebagai $A \oplus B$. Sedangkan erosi A oleh B dinotasikan sebagai $A \ominus B$ (Sianipar, 2013). Ilustrasi operasi dilasi dan erosi pada citra biner dengan *structuring element* 3x3 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Ilustrasi operasi dilasi A oleh B (b) Ilustrasi operasi erosi A oleh B (Sumber: Khwaja, 2011)

Hubungan antara operasi dilasi dan erosi merupakan operasi yang saling berkebalikan satu sama lain. Sama halnya dengan operasi pembukaan (*opening*) dan operasi penutupan (*closing*). Operasi *opening* dan *closing* merupakan dua buah operator penting dari morfologi yang diperoleh dari penurunan operator dilasi dan erosi. Operasi pembukaan merupakan operasi yang memuat suatu erosi yang diikuti oleh dilasi. Sedangkan operasi penutupan merupakan operasi yang memuat suatu dilasi yang diikuti oleh erosi (Sianipar, 2013).

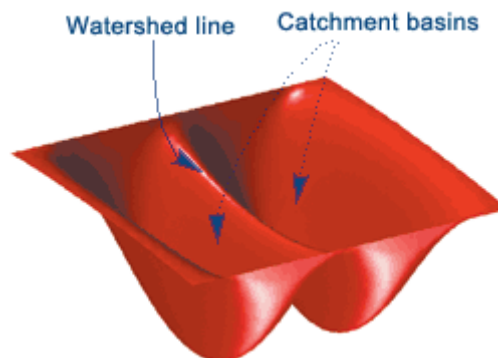
2.2. Thresholding

Thresholding merupakan metode sederhana untuk membedakan *region* dari citra berdasarkan penyerapan cahaya pada permukaan citra. Nilai *threshold* dapat ditentukan untuk membedakan *foreground* dan *background*. Tujuan *threshold* (T) adalah untuk memisahkan piksel yang memiliki nilai keabuan lebih tinggi dan yang lebih rendah (Prasetyo, 2011). Titik objek merupakan sembarang titik (x,y) dimana $f(x,y) \geq T$, sedangkan titik *background* adalah selain titik objek. Pendefinisian citra dengan *threshold* $g(x,y)$ ditunjukkan pada Persamaan 1, dimana objek direpresentasikan dengan nilai satu, dan *background* direpresentasikan dengan nilai nol. Sehingga pendekatan ini disebut dengan *global thresholding*.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases} \tag{1}$$

2.3. Transformasi Watershed

Watershed dalam istilah geografi merupakan pertemuan dua lereng yang dapat membagi daerah dari sistem sungai yang berbeda (Prasetyo, 2011). *Catchment basin* merupakan daerah geografis yang keluar menuju sungai. Konsep dari transformasi *watershed* adalah citra *grayscale* sebagai topologi permukaan dengan nilai intensitas $f(x,y)$ diinterpretasikan sebagai ketinggian. Visualisasi *watershed* ditunjukkan pada Gambar 2.



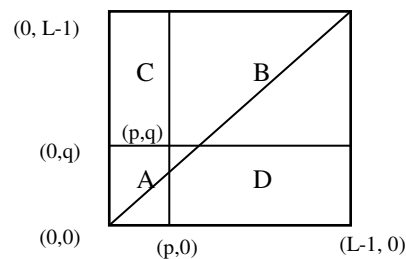
Gambar 2. Visualisasi *Watershed* (Sumber: Sunflower, 2014)

Transformasi *watershed* mencari *catchment basins* dan *ridgeline* pada citra *grayscale*, dimana *catchment basins* merupakan *region* yang ingin dikenali. Pada transformasi *watershed* memiliki kelemahan yaitu sifatnya yang *over-segmentation* yang disebabkan oleh *noise* dan gangguan lain dari *gradient*. Cara mengatasi hal tersebut yaitu dengan membatasi jumlah *region*

yang diperbolehkan untuk dilakukan di bagian *preprocessing* sebelum melakukan segmentasi. Pendekatan transformasi *watershed* yang dapat mengontrol *over-segmentation* dengan konsep *marker* adalah *marker controlled watershed* (Zang, Jia, Luo, Liu & Hu, 2014). *Marker* merupakan komponen terhubung yang dimiliki oleh citra. (Prasetyo, 2011). *Marker* yang digunakan merupakan *marker* internal sebagai *marker* yang berada di dalam setiap objek yang diinginkan dan *marker* eksternal sebagai *marker* pada bagian *background*.

2.4. Arimoto Entropy

Pada *arimoto entropy* dua dimensi diperoleh kemungkinan *density* dari suatu citra. Data yang digunakan adalah nilai *gray* sebagai data pertama dan rata-rata nilai *gray* sebagai data kedua. *Arimoto entropy* membagi histogram dua dimensi menjadi empat *region*, yaitu area objek, *background*, *edges*, dan *noises* (Liu & Li, 2010). Pembagian *region* ditunjukkan pada Gambar 3, dimana A merepresentasikan objek, B merepresentasikan *background*, C merepresentasikan *edges*, dan D merepresentasikan *noises*. (p,q) merupakan titik perpotongan dari empat *region* tersebut.



Gambar 3. Pembagian *Region Arimoto Entropy* (Sumber: Liu & Li, 2010)

Perhitungan *threshold* yang optimal dapat dilakukan dengan memaksimalkan *arimoto entropy* $S^a(p,q)$ secara keseluruhan, yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$S^a(p,q) = S_0^a(p,q) + S_1^a(p,q) - \frac{a-1}{a} S_0^a(p,q) \times S_1^a(p,q) \quad (2)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1. Dataset

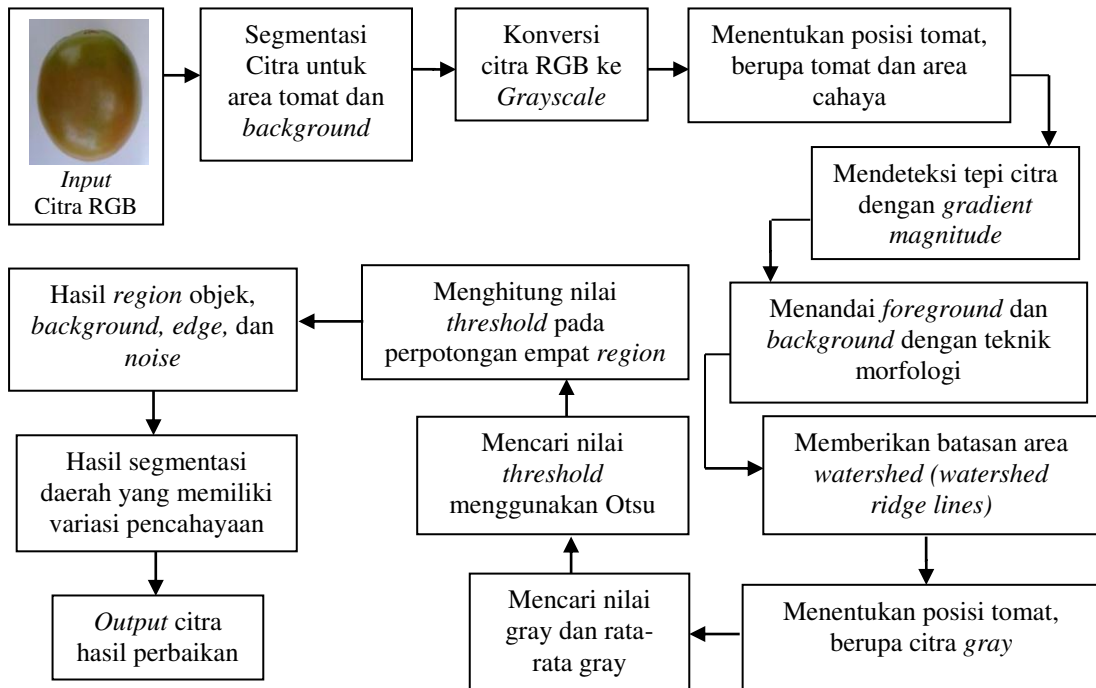
Pada penelitian ini digunakan *dataset* tomat sebanyak 30 citra yang memiliki permukaan *glossy* dengan warna yang bergradasi mulai dari hijau sampai dengan merah. Cara mengambil citra tomat yaitu dengan tegak lurus terhadap permukaan tomat untuk menghindari adanya bayangan hitam yang menutupi permukaan citra. Tomat memiliki permukaan yang *glossy* yang mengakibatkan munculnya pantulan cahaya pada permukaan tomat saat pengambilan citra di luar ruangan. Perbaikan citra pada penelitian ini dilakukan dengan menghilangkan pencahayaan pada permukaan citra tomat untuk memperbaiki kualitas citra pada tahap *preprocessing*. Citra tomat sebagai masukan pada penelitian ini menggunakan citra RGB. Beberapa citra tomat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



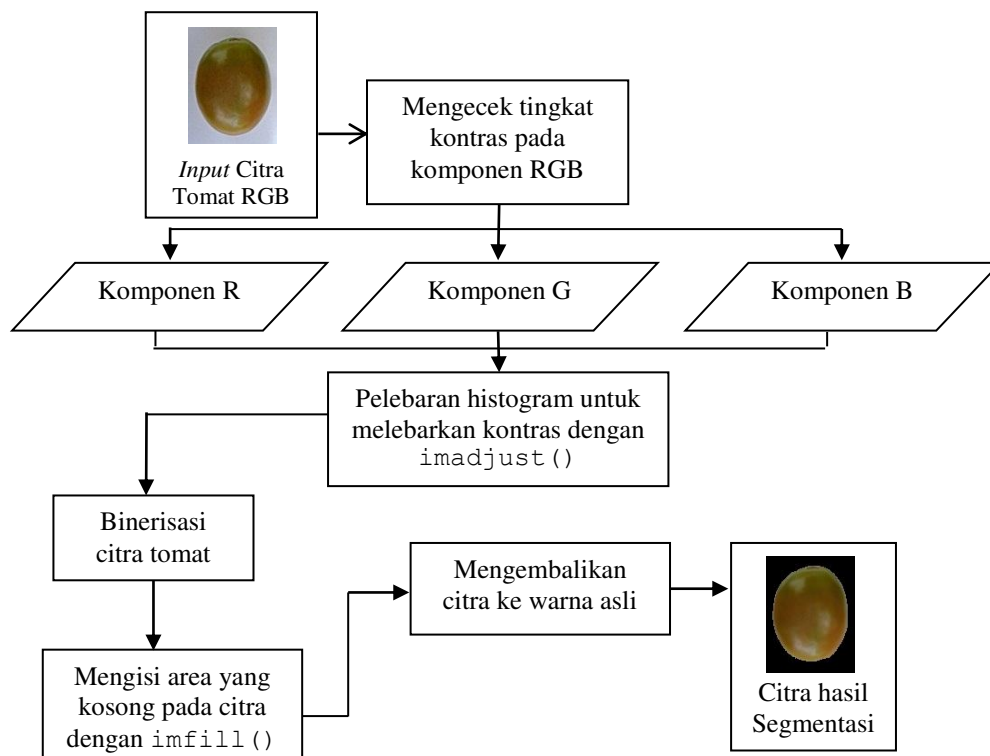
Gambar 4. *Dataset* Citra Tomat

3.2. Metode yang Diusulkan

Rancangan sistem segmentasi area pencahayaan untuk dilakukan perbaikan citra ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, proses dimulai dengan masukan citra tomat dalam RGB, kemudian dilakukan segmentasi untuk memisahkan area objek, yaitu berupa citra tomat, dengan area *background*. Hal ini dilakukan karena adanya warna yang hampir sama, antara area cahaya dan *background*. Langkah segmentasi antara objek tomat dan *background* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Rancangan Metode yang Diusulkan



Gambar 6. Proses Segmentasi Citra Tomat dengan *Background*

Berdasarkan Gambar 6 segmentasi citra tomat dilakukan dengan melihat tingkat kontras dari komponen RGB. Nilai kontras yang paling besar digunakan, kemudian dilakukan pelebaran histogram untuk meningkatkan nilai kontras dari citra. Sehingga, diperoleh hasil segmentasi yang lebih baik. Setelah tahap binerisasi citra area pencahayaan juga tersegmentasi, dikarenakan warna yang mendekati warna *background*. Pengisian *region* dilakukan dengan menggunakan fungsi `imfill()`, kemudian citra dikembalikan ke warna aslinya untuk mendapatkan objek citra tomat.

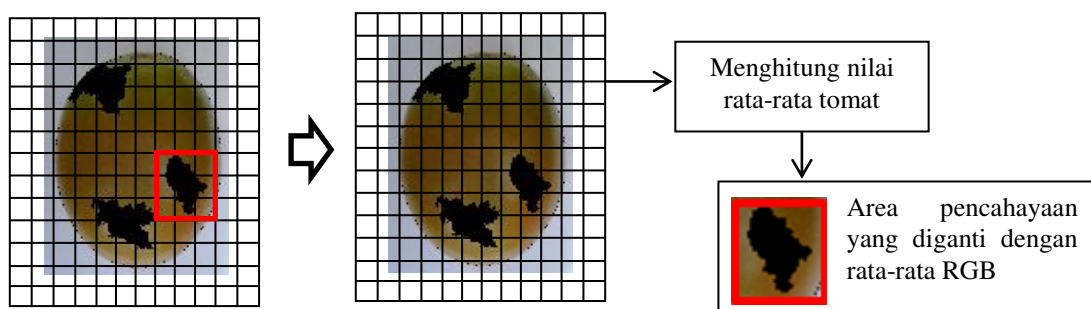
Setelah citra hasil segmentasi tomat diperoleh, langkah selanjutnya adalah menentukan posisi dari citra tomat tersebut, sehingga yang diproses hanya area tomat. Pada tahapan ini citra yang diproses berupa citra *grayscale*. Hasil segmentasi dengan menggunakan *marker controlled watershed* belum menghasilkan segmentasi variasi pencahayaan yang baik, sehingga tahap selanjutnya dibutuhkan pencarian nilai *threshold* optimal menggunakan *arimoto entropy* untuk mendapatkan segmentasi area yang terdeteksi variasi pencahayaan.

3.3. Perbaikan Citra

Setelah proses segmentasi daerah yang terdeteksi pencahayaan, proses selanjutnya adalah menghilangkan area tersebut kemudian memperbaikinya dengan beberapa cara perbaikan. Bagian permukaan tomat yang terdeteksi memiliki pencahayaan akan diperbaiki dengan cara mengisi warna yang hilang dengan nilai ketetanggan. Perbaikan yang dilakukan yaitu (1) mengganti area yang terdeteksi cahaya dengan nilai rata-rata komponen RGB pada citra tomat, (2) mengganti area yang terdeteksi cahaya dengan pencarian nilai indeks piksel di sekitar piksel cahaya, dan (3) mengganti area yang terdeteksi cahaya dengan *moving window*. Penggantian dengan *moving window* yaitu mencari nilai rata-rata dari setiap kernel disekitar area pencahayaan. Sehingga, nilai piksel dari citra asli sudah memiliki ketergantungan dengan ketetanggaan dari masing-masing piksel sesuai ukuran *window* yang ditentukan.

3.3.1. Perbaikan Citra dengan Rata-rata RGB

Perbaikan citra yang pertama dilakukan dengan mengganti piksel yang terdeteksi sebagai area pencahayaan dengan rata-rata RGB dari objek tomat secara keseluruhan, yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbaikan citra dengan Rata-rata RGB

Perbaikan dengan rata-rata RGB dilakukan dengan 4 tahap. *Input* pada tahap yang pertama adalah citra asli, dengan *output* berupa perbaikan citra tahap 1. *Input* pada tahap kedua adalah perbaikan citra tahap 1, dengan *output* perbaikan citra tahap 2. *Input* pada tahap ketiga adalah perbaikan citra tahap 2, dengan *output* perbaikan citra tahap 3. *Input* pada tahap keempat adalah perbaikan citra tahap 3, dengan *output* citra tahap 4. Kemudian nilai rata-rata RGB pada setiap *output* dibandingkan.

3.3.2. Perbaikan Citra dengan Indeks Piksel

Perbaikan dengan menggunakan indeks piksel adalah mengganti setiap piksel yang terdeteksi sebagai area cahaya dengan nilai piksel yang terdekat sesuai dengan pencarian indeks piksel. Pengecekan dilakukan dengan melihat empat arah dari piksel yang terdeteksi sebagai

cahaya, yaitu dimulai dari pengecekan piksel sebelah atas, sebelah kiri, sebelah bawah, kemudian piksel sebelah kanan. Aturan tersebut ditunjukkan pada Kode 1.

Kode 1. Pseudocode Perbaikan Citra dengan Indeks Piksel

```

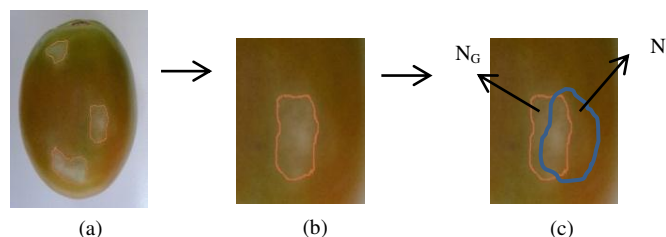
Mulai
Mencari posisi tepi area lighting dengan canny
For
    Mengecek nilai piksel disekitar lighting
    If ada nilai pada piksel atas
        piksel lighting diganti dengan piksel atasnya
    Else if ada nilai pada piksel kiri
        piksel lighting diganti dengan pikses kirinya
    Else if ada nilai pada piksel bawah
        piksel lighting diganti dengan pikses bawahnya
    Else if ada nilai pada piksel kanan
        piksel lighting diganti dengan pikses kanannya
End
Berhenti
    
```

3.3.3. Perbaikan Citra dengan Moving Window

Perbaikan yang ketiga adalah dengan *moving window*. Perbaikan ini dilakukan dengan membandingkan hasil perbaikan yang menerapkan berbagai ukuran kernel yang digunakan. Ukuran kernel yang digunakan adalah 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11, 13x13, dan 15x15. Setiap piksel yang terdeteksi sebagai cahaya, nilainya akan diganti dari nilai rata-rata setiap kernel yang digunakan. Sehingga, rata-rata nilai yang diambil adalah nilai dari piksel tetangganya. Kemudian hasilnya dibandingkan secara visual.

3.4. Pengujian

Evaluasi yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan kuantitatif dan kualitatif. Penilaian kualitatif berdasarkan pengamatan visual dengan membandingkan kualitas citra tomat asli dengan kualitas citra tomat hasil perbaikan. Pengujian kuantitatif segmentasi area pencahayaan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Error Rate Average Normal Precision (ER)* yaitu perbandingan antara piksel dari citra yang salah terklasifikasi terhadap piksel area yang benar terklasifikasi ditambah dengan piksel area yang salah terklasifikasi pada citra. Semakin kecil nilai *ER*, maka segmentasi dengan metode yang diusulkan semakin baik. Adapun Ilustrasi pengujian segmentasi ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Ilustrasi Pengujian (a) Salah satu citra *ground truth* (b) Contoh area yang terdeteksi pencahayaan (c) Perbandingan *ground truth* dengan metode segmentasi yang diusulkan

Dari ilustrasi pengujian Gambar 8 segmentasi area yang terdeteksi sebagai cahaya, area dengan batas warna *orange* merupakan area pencahayaan dari *groundtruth* yang dibuat, disebut dengan area A_G . Sedangkan area dengan batas warna biru merupakan area pencahayaan dari metode segmentasi yang diusulkan, disebut dengan area A_S . Untuk mendapatkan area A_G dan A_S yaitu dengan menghitung jumlah area keduanya dengan Persamaan 3. Kemudian menghitung area irisan dari A_G dan A_S yang ditunjukkan pada Persamaan 4. Setelah mendapatkan nilai gabungan dan irisan dari A_G dan A_S , maka dihitung selisih untuk mendapatkan jumlah area N_G dan N_S yaitu ditunjukkan pada Persamaan 5. Sehingga, persentase *error* segmentasi area yang terdeteksi sebagai cahaya ditunjukkan pada Persamaan 6.

$$ImJumlah = A_G + A_S \quad (3)$$

$$ImIrisan = A_G \cap A_S \quad (4)$$

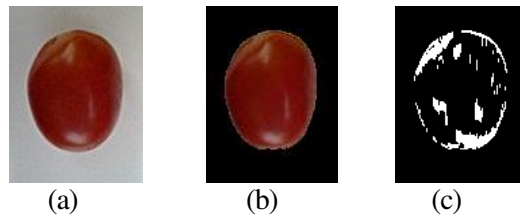
$$ImSelisih = ImJumlah - ImIrisan \quad (5)$$

$$ER = \frac{ImSelisih}{ImJumlah} \times 100\% \quad (6)$$

Perbandingan metode segmentasi dengan ER dibandingkan, antara lain: 1). Metode *marker controlled watershed*, 2). Metode *arimoto entropy*, 3). Kombinasi metode *marker controlled watershed* dengan *arimoto entropy* yang merupakan metode yang diusulkan dalam penelitian ini.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan pada 30 *dataset* tomat dengan berbagai level kematangan tomat. Pengambilan citra dilakukan pada salah satu sisi tomat yang merepresentasikan level kematangan tomat tersebut. Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses segmentasi antara objek tomat dan *background*, dengan cara menentukan kontras terbesar dari komponen RGB. Setelah mendapatkan hasil segmentasi tersebut, citra tomat diproses segmentasi untuk mendapatkan area yang terdeteksi sebagai cahaya. Hasil segmentasi citra tomat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Segmentasi Tomat (a) Citra Tomat Asli (b) Hasil Segmentasi Citra Tomat dan *Background* (c) Hasil Segmentasi Area Cahaya

Hasil segmentasi area yang terdeteksi sebagai cahaya dihitung menggunakan *ER*, kemudian hasilnya dibandingkan dengan metode segmentasi *marker controlled watershed* dan *arimoto entropy*. Rata-rata hasil perbandingan *ER* ditunjukkan pada Tabel 1.

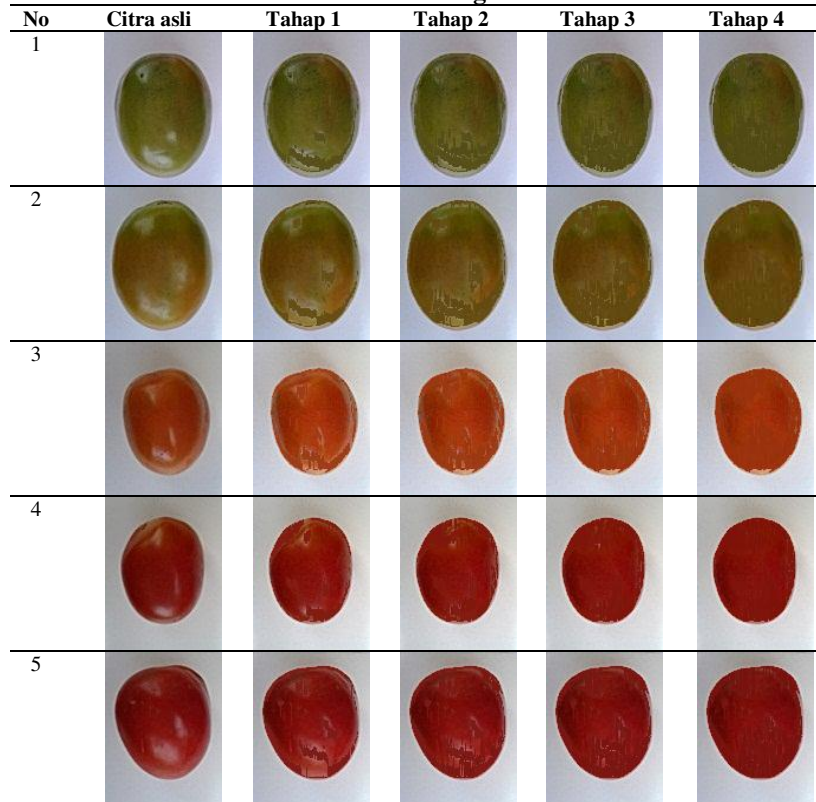
Tabel 1. Rata-rata Hasil Perbandingan Hasil Segmentasi Area Cahaya dengan *ER*

Metode	<i>ER</i> (%)
<i>Marke Controlled Watershed</i>	69.10
<i>Arimoto Entropy</i>	83.20
Metode yang diusulkan	36.67

Hasil *ER* menunjukkan dengan menggunakan metode yang diusulkan nilai *error* segmentasi lebih rendah dari metode sebelumnya. Sehingga, terjadi perbaikan area segmentasi yang terdeteksi sebagai area cahaya. Setelah area yang terdeteksi sebagai variasi cahaya mampu tersegmnetasi, proses selanjutnya adalah melakukan perbaikan citra tomat pada area cahaya yaitu dengan mengganti nilai piksel area tersebut. Pada penelitian ini, perbaikan citra dilakukan dengan tiga cara, yaitu (1) perbaikan dengan cara mengganti piksel cahaya dengan rata-rata RGB dari citra tomat, (2) perbaikan citra dengan mengganti piksel tomat dengan pencarian nilai piksel dengan indek piksel ketetangaan, dan (3) perbaikan citra dengan mengganti piksel tomat dengan *moving window*, dengan menerapkan berbagai ukuran kernel.

Pengujian untuk perbaikan citra tomat menggunakan rata-rata RGB dari objek tomat dilakukan dengan empat tahap. Tahap yang pertama citra asli sebagai *input*, dengan *output*-nya adalah citra perbaikan tahap 1. Tahap yang kedua citra perbaikan tahap 1 sebagai *input*, dengan *output*-nya adalah citra perbaikan tahap 2. Tahap yang ketiga citra perbaikan tahap 2 sebagai *input*, dengan *output*-nya adalah citra perbaikan tahap 3. Tahap yang keempat citra perbaikan tahap 3 sebagai *input*, dengan *output*-nya adalah citra perbaikan tahap 4. Hasil perbaikan citra tomat dengan empat tahap ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perbaikan Citra Tomat dengan Rata-rata RGB



Dari Tabel 2, area yang terdeteksi sebagai area cahaya sebagian besar sudah dapat terganti dengan rata-rata RGB citra tomat pada tahap ke empat. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini adalah menggantikan nilai area yang terdeteksi sebagai cahaya dengan nilai yang terdapat pada citra tomat. Namun, secara visual hasilnya kurang bagus, karena diganti dengan nilai rata-rata RGB dari citra tomat. Sehingga, hasil perbaikan warna tidak merata. Adapun perbandingan nilai rata-rata RGB pada setiap tahap ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Nilai Rata-rata RGB pada Dataset Tomat

Rata-rata Komponen RGB	Tahap Perbaikan Citra			
	1	2	3	4
R	156.13	154.95	153.93	153.10
G	128.73	126.92	125.39	124.29
B	117.47	115.59	114.05	112.98




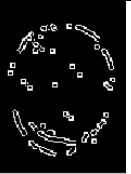









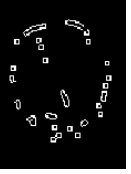











Nilai rata-rata keseluruhan tidak berubah secara signifikan. Perubahan nilai rata-rata yang cenderung menurun disetiap tahap, dikarenakan area yang terdeteksi sebagai cahaya pada setiap tahap semakin berkurang. Sehingga pada tahap ke empat hampir keseluruhan area yang terdeteksi sebagai cahaya pada citra tomat sudah tergantikan dengan nilai rata-rata citra tomat tanpa area cahaya.

Perbaikan selanjutnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah perbaikan citra tomat dengan menggunakan indeks dari piksel citra, yaitu dengan melakukan pengecekan terhadap piksel tetangga dari piksel yang terdeteksi sebagai area cahaya. Hasil yang diperoleh dari perbaikan citra tomat ditunjukkan pada Tabel 4.

Perbaikan kurang maksimal yaitu masih terdapat area pencahayaan pada permukaan tomat. Hal tersebut terjadi karena segmentasi area yang terdeteksi sebagai cahaya juga kurang maksimal. Sehingga, terdapat area cahaya yang tidak tersegmentasi secara keseluruhan. Pada perbaikan ini digunakan deteksi tepi area cahaya, karena area cahaya yang terdeteksi tersebar di seluruh area tomat. Sehingga, dengan menggunakan pencarian piksel empat arah dapat

mengganti nilai piksel yang terdeteksi area cahaya. Persentase perbaikan pada *dataset* tomat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Perbaikan Citra Tomat Menggunakan Indeks Piksel

No	Citra asli	Segmentasi dengan <i>background</i>	Segmentasi area cahaya	Deteksi tepi area cahaya	Hasil perbaikan
1					
2					
3					
4					
5					

Dari hasil Tabel 5 persentase perbaikan, persentase perbaikan citra terbesar adalah data tomat (14) dengan nilai persentase adalah 88,72%. Sedangkan persentase perbaikan citra terkecil adalah data tomat (30) dengan nilai persentase adalah 70,82%. Secara keseluruhan *dataset* tomat rata-rata perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan pencarian nilai piksel berdasarkan indeks citra adalah 78,45 %.

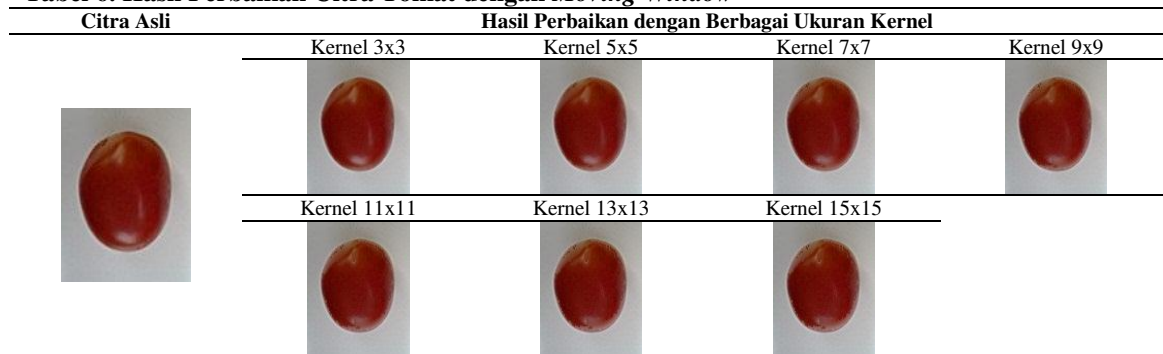
Pengujian perbaikan citra dengan menggunakan *moving window* pada penelitian ini membandingkan hasil perbaikan citra dengan beberapa ukuran kernel yaitu 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11, 13x13, dan 15x15. Piksel yang terdeteksi sebagai piksel cahaya nilainya akan diganti dengan rata-rata nilai ketetanggaan berdasarkan ukuran kernel yang telah ditentukan.

Salah satu hasil perbaikan dari citra tomat dengan *moving window* ditunjukkan pada Tabel 6. Dari hasil perbaikan citra tomat pada Tabel 6, area yang terdeteksi sebagai cahaya masih tetap terlihat. Semakin besar ukuran kernel maka perbaikan citra pada area cahaya semakin jelas. Pada kernel ukuran 9x9, 11x11, 13x13, dan 15x15 mulai tampak hasil perbaikan untuk mengganti nilai dari area yang terdeteksi sebagai cahaya. Pada kernel ukuran 15x15 sebagian besar area cahaya telah tergantikan dengan nilai rata-rata piksel tetangga dari ukuran kernel tersebut. Meskipun secara visual masih terlihat cahaya, namun hasilnya lebih baik dari pada ukuran kernel yang lebih kecil.

Tabel 5. Persentase Hasil Perbaikan Citra Tomat

No	Dataset Tomat	Perbaikan (%)	No	Dataset Tomat	Perbaikan (%)	
1	tomat 1	79.71	16	tomat 16	81.95	
2	tomat 2	80.73	17	tomat 17	78.59	
3	tomat 3	71.35	18	tomat 18	77.97	
4	tomat 4	71.35	19	tomat 19	80.4	
5	tomat 5	81.79	20	tomat 20	85.17	
6	tomat 6	74.95	21	tomat 21	86.1	
7	tomat 7	75.94	22	tomat 22	84.58	
8	tomat 8	77.04	23	tomat 23	84.27	
9	tomat 9	76.15	24	tomat 24	84.97	
10	tomat 10	76.15	25	tomat 25	78.87	
11	tomat 11	76.77	26	tomat 26	72.14	
12	tomat 12	75.89	27	tomat 27	79.98	
13	tomat 13	72.36	28	tomat 28	74.05	
14	tomat 14	88.72	29	tomat 29	75.56	
15	tomat 15	79.06	30	tomat 30	70.82	
					Rata-rata Perbaikan	78.45
					Perbaikan Maksimum	88.72
					Perbaikan Minimum	70.82

Tabel 6. Hasil Perbaikan Citra Tomat dengan Moving Window



5. Kesimpulan

Perbaikan citra pada area yang terdeteksi sebagai cahaya pada tahap *preprocessing* adalah untuk mendapatkan nilai pengganti area tersebut, sehingga citra tersebut dapat diproses pada tahap selanjutnya dengan hasil yang lebih baik. Kombinasi metode segmentasi *marker controlled watershed* dan *arimoto entropy* menghasilkan segmentasi yang lebih baik, karena mampu mendeteksi variasi pencahayaan. Hasil *error* dari segmentasi area yang terdeteksi sebagai cahaya pada citra tomat menggunakan *marker controlled watershed* sebesar 69,10 %, menggunakan *arimoto entropy* sebesar 83,20 % dan menggunakan metode yang diusulkan sebesar 36,67%. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan hasil dari metode yang sebelumnya, karena tingkat *error* pada metode yang diusulkan lebih rendah dari pada metode sebelumnya.

Perbaikan citra untuk mengganti area yang terdeteksi sebagai cahaya dilakukan dengan tiga cara yaitu perbaikan citra dengan rata-rata RGB, perbaikan citra dengan pencarian nilai piksel berdasarkan indeks piksel citra, dan perbaikan dengan *moving window* berdasarkan ukuran kernel yang berbeda. Hasilnya perbaikan citra dengan rata-rata RGB lebih mampu menutup sebagian besar area cahaya. Perbaikan dengan menggunakan indeks piksel dan kernel masih menunjukkan area cahaya, karena hanya sebagian kecil area cahaya yang terganti nilainya. Secara visual, hasil perbaikan citra pada area yang terdeteksi cahaya, perbaikan citra menggunakan kernel ukuran 15x15 mendapatkan hasil yang paling baik.

6. Saran

Diperlukan pengambilan *dataset* dengan cahaya merata, kemudian satu *dataset* diambil dengan empat posisi yang berbeda. Sehingga, dapat diketahui warna asli dari tomat yang memiliki warna bergradasi, sebagai acuan untuk mengembalikan warna asli dari tomat. Untuk mendapatkan perbaikan yang optimal, dibutuhkan metode segmentasi terhadap area yang

terdeteksi sebagai cahaya yang tepat. Sehingga, tidak terdapat area cahaya yang terdeteksi sebagai objek.

Referensi

- Ahmad, Usman. 2005. *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Bala, Anju. 2012. An Improved Watershed Image Segmentation Technique using MATLAB. *International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 3*, 1-4.
- Khwaja, Farhan. 2011. *Image Processing: Morphology based Segmentation using MATLAB with program code*. (Online). (<http://www.code2learn.com/2011/06/morphology-based-segmentation.html>, diakses 13 Oktober 2014)
- Liang, Xifeng & Jiang, Zhengshuai. 2013. Segmenting Ripe Tomato Pictures Based on The Illumination Irrelevant Images. *Natural Computation (ICNC), 2013 Ninth International Conference on*. IEEE, 1429-1433.
- Liu, Yaoyong & Li, Shuguang. 2010. Two-Dimensional Arimoto Entropy Image Thresholding based on Ellipsoid Region Search Strategy. *Multimedia Technology (ICMT), 2010 International Conference on*. IEEE.
- Mizushima, Akira & Lu, Renfu. 2013. An Image Segmentation Method for Apple Sorting and Grading using Support Vector Machine and Otsu's Method. *Computer and Electronics in Agriculture Volume 94*, 29-37.
- Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- Sianipar, R.H. 2013. *Pemrograman MATLAB dalam Contoh dan Penerapan*. Informatika: Bandung.
- Sunflower, Samet. 2014. *Watershed transformation separation composite objects*. (Online). (<http://ayciceksamet.com/watershed-donusumu-birlesik-nesneleri-ayirma/>). Software Developer. Diakses 13 Oktober 2014)
- Syahrir, W.M., Suryanti, A., & Connsynn, C. 2009. Color Grading in Tomato Maturity Estimator using Image Processing Technique. *Computer Science and Information Technology, 2009. ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on*. IEEE, 276-280.
- Vibhute, Anup & Bodhe, S.K. 2013. Outdoor Illumination Estimation of Color Image. *Communications and Signal Processing (ICCSP), 2013 International Conference on*. IEEE, 331-334.
- Wang, Qi., Wang, Hui., Xie, Lijuan., & Zhang, Qin. 2012. Outdoor Color Rating of Sweet Cherries using Computer Vision. *Computer and Electronics in Agriculture Volume 87*, 113-120.
- Yazid, Haniza., & Arof, Hamzah. 2013. Gradient Based Adaptive Thresholding. *Elsevier Volume 24*, 926-936.
- Zhang, Xiaodong., Jia, Fucang., Luo, Suhuai., Liu, Guiying., & Hu, Qingmao. 2014. A Marker-Based Watershed Method for X-ray Image Segmentation. *Computer Methods and Programs In Biomedicine Volume 113*, 894-903.