



Pengaruh Implementasi Seam Carving Pada Citra Berdasarkan Ciri Tekstur Menggunakan GLCM

Muhammad Wahyudi[✉], Hari Purwadi, dan Arief Bramanto Wicaksono Putra

Program Studi Teknik Informatika Multimedia, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Samarinda, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Maret 2020

Direvisi: Juni 2020

Disetujui: Juni 2020

Keywords:

Content-aware Image Resizing, Ekstraksi Ciri, Gray Level Co-occurrence Matrix, Seam Carving,

Abstrak

Seam carving merupakan sebuah algoritma perubahan ukuran citra. Seam carving bertujuan untuk mengubah ukuran citra dengan tidak menghilangkan informasi penting dari sebuah citra. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan tekstur pada citra seam carving menggunakan Gray level co-occurrence matrix. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan citra uji dengan citra seam carving. Citra seam carving yang digunakan dibedakan berdasarkan skala rasionya yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Pengujian dilakukan dengan memproses 4 sampel citra menggunakan metode GLCM dengan fitur-fitur yang meliputi Contrast, Correlation, Energy dan Homogeneity. Dari berbagai fitur GLCM yang diuji, seam carving sebagai algoritma perubahan ukuran citra dapat mempertahankan homogenitas dari citra uji dengan cukup baik. Dengan tingkat kemiripan homogenitas terendahnya mencapai 90%. Sedangkan untuk tingkat kemiripan tertinggi citra seam carving dengan citra asli mencapai 99%. Berdasarkan hasil dari keseluruhan pengujian juga diketahui bahwa seam carving belum dapat mempertahankan fitur GLCM yang lain seperti contrast, correlation dan energy yang memiliki penurunan yang signifikan sesuai hasil pengurangan ukuran.

Abstract

Seam carving is an image resizing algorithm. Seam carving aims to resize the image by not eliminating important content from an image. This study aims to examine the effect of changes in texture on the seam carving image using the Gray level co-occurrence matrix (GLCM). Testing is done by comparing the test image with seam carving image. The seam carving image used is distinguished by its ratio scale of 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Testing is done by processing 4 image samples using the GLCM method with features including Contrast, Correlation, Energy and Homogeneity. From the various GLCM features tested, seam carving as an image resizing algorithm can maintain the homogeneity of the test images quite well. With the lowest level of homogeneity similarity reaching 90%. As for the highest level of similarity, the seam carving image with the original image reached 99%. Based on the results of the whole test it is also known that seam carving has not been able to maintain other GLCM features such as contrast, correlation and energy which have a significant decrease in accordance with the results of size reduction.

PENDAHULUAN

Keberanekaragaman dan fleksibilitas dari tampilan perangkat-perangkat elektronik saat ini menyebabkan tuntutan baru pada media digital, terutama untuk penyediaan konten. Misalnya, desainer harus membuat berbagai alternatif untuk konten dan desain yang berbeda untuk perangkat yang berbeda. Namun sampai saat ini, gambar yang merupakan sebuah elemen penting dalam media digital, belum mampu untuk menyesuaikan ukuran pada sebuah *layout* yang berbeda dengan ukuran asli gambar tersebut. Pada kasus lainnya yang berhubungan dengan ukuran, aspek rasio dari sebuah gambar harus berubah, menyesuaikan pada berbagai tampilan seperti layar monitor, telepon selular, *Personal Digital Assistance* (PDA), perangkat permainan *portable*, atau untuk dicetak pada kertas dengan ukuran tertentu.

Solusi untuk mengatasi masalah diatas adalah dengan melakukan *resizing* pada citra. *Resizing* adalah teknik untuk mengubah ukuran pada citra. Salah satu metode yang bekerja dengan baik untuk mengubah ukuran citra adalah *seam carving*. *Seam carving* bertujuan untuk mengubah ukuran citra dengan tidak menghilangkan informasi penting yang ada pada citra. Dalam penerapan *seam carving* diperlukan ketepatan dalam menentukan pengubahan citra. Citra yang mempunyai tingkat kepadatan objek yang tinggi tidak dapat dilakukan pengurangan secara berlebihan karena dapat merusak citra tersebut (Shai Avidan, 2007).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Ayu Kardina Sukmawati, 2017), menerapkan metode *seam carving* berdasarkan perubahan ukuran citra menggunakan *Local Binary Patterns* dan *Support Vector Machine*. Hal tersebut dijelaskan untuk mengetahui apakah suatu citra sudah pernah melalui proses pengubahan ukuran menggunakan *seam carving* atau belum. Hasil uji coba menggunakan jumlah data sebanyak 400 citra untuk setiap skala rasionya dan 10-fold cross validation yang dilakukan sebanyak 3 kali running untuk setiap uji coba. Hasil uji coba menunjukkan bahwa rata-rata akurasi tertinggi didapatkan ketika menggunakan fitur yang lengkap yaitu sebesar 73,95%. Rata-rata akurasi tertinggi untuk setiap uji coba didapatkan dengan menggunakan citra *seam carving* dengan skala rasio 50%. Selain itu, didapatkan juga bahwa fitur yang paling penting adalah fitur berdasarkan energi *seam* karena akurasi yang didapatkan adalah paling rendah jika dibandingkan dengan menghilangkan jenis fitur yang lain yaitu sebesar 63,57%. Sedangkan fitur yang tidak terlalu berpengaruh terhadap akurasi adalah fitur berdasarkan energi kumulatif minimum.

Pengujian *seam carving* juga dilakukan oleh (Zehra KARAPINAR SENTURK, 2014). Pengujian dilakukan dengan membandingkan kecepatan waktu eksekusi *seam carving* dengan pendekatan fungsi energi yang berbeda dan citra yang memiliki kompleksitas yang berbeda. Pada penelitian yang dilakukan, *seam carving* juga dapat digunakan untuk membentuk gambar panorama yang berasal dari 2 buah gambar masukan (Rahmat Hidayat, 2015).

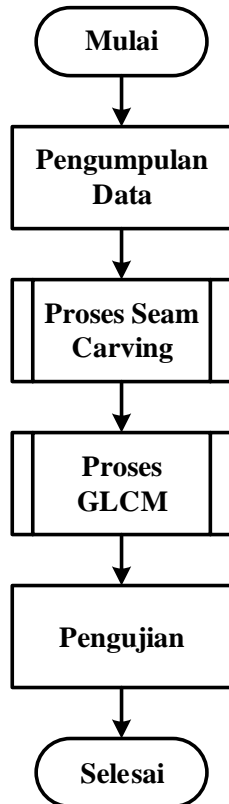
Dalam sistem pengenalan pola, ekstraksi ciri citra adalah proses mencari informasi citra digital untuk digunakan sebagai awal proses klasifikasi (Rizky Andhika Surya, 2016). Ekstraksi fitur dilakukan untuk mendapatkan karakteristik unik atau ciri khas dari suatu objek. Salah satu cara ekstraksi ciri adalah dengan menggunakan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM). GLCM merupakan suatu matriks yang menggambarkan frekuensi munculnya pasangan dua piksel dengan intensitas tertentu dalam jarak dan arah tertentu dalam citra (Lita Nur Fitriani, 2019).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Siti Fatimah, 2018) telah menerapkan GLCM sebagai metode ekstraksi ciri citra batik yang kemudian digunakan untuk klasifikasi citra batik pekalongan. Salah satu fitur GLCM yaitu homogenitas, juga digunakan sebagai pengujian control kualitas ultrasonografi (USG).

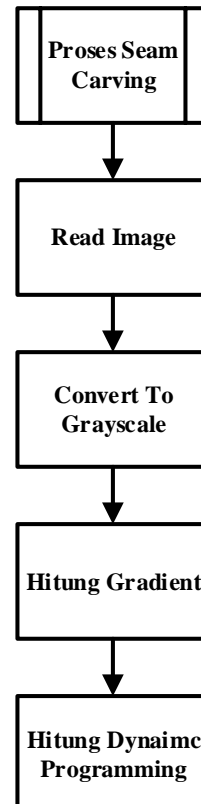
Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan tekstur citra *seam carving*. Uji coba dilakukan dengan membandingkan citra asli dan citra *seam carving*. Citra *seam carving* yang digunakan dibedakan berdasarkan skala rasionya yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Pengujian dilakukan dengan memproses 4 sampel citra menggunakan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) meliputi *Contrast*, *Correlation*, *Energy* dan *Homogeneity*.

METODE PENELITIAN

Metode yang akan dilakukan pada penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu, *resizing*, ekstraksi fitur dan pengujian performansi. *Resizing* merupakan proses pengubahan ukuran citra. Pengubahan citra disini menggunakan metode *seam carving*. Setelah seluruh citra *seam carving* didapat maka tahap selanjutnya adalah melakukan tahapan ekstraksi ciri, yang dimana hasil dari ekstraksi ciri ini merupakan tujuan utama atau hasil akhir dari penelitian ini, yaitu untuk mendapatkan ciri dari citra dengan menggunakan metode GLCM dengan fitur-fitur yang digunakan adalah *Contrast*, *Correlation*, *Energy*, *Homogeneity*.



Gambar 1. Metode penelitian



Gambar 3. Proses seam carving

A. Pengumpulan Data

Pengujian dilakukan menggunakan 4 sampel citra RGB berformat JPG. Citra dipilih berdasarkan tingkat kompleksitas yang berbeda. Citra sampel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel citra yang digunakan

B. Proses Seam Carving

Seam carving bekerja dengan cara mengurangi informasi yang kurang penting pada citra menggunakan energi. Energi yang digunakan sebagai acuan dalam *seam carving* didapat dengan metode gradien. Nantinya nilai energi terendah dianggap sebagai informasi yang kurang penting. *Seam* dengan energi terendah dapat dihitung menggunakan *dynamic programming*. Kemudian proses selanjutnya adalah menghapus atau menambah energi terendah untuk mengurangi atau menambahkan ukuran dari citra. Untuk mendapatkan citra resize tersebut maka dilakukan langkah-langkah seperti pada Gambar 3.

1. Metode Gradien

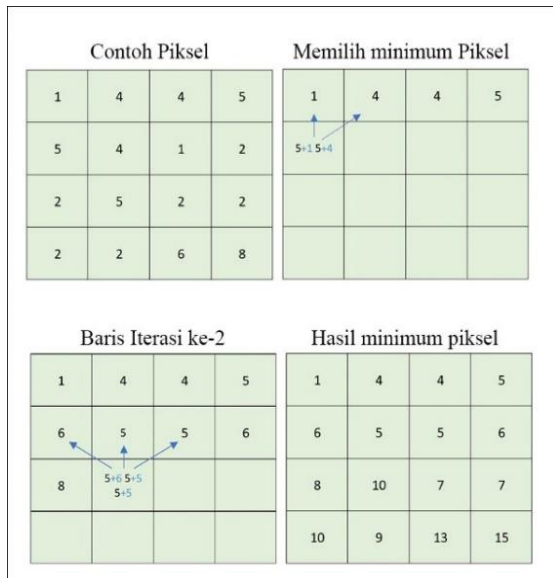
Salah satu cara untuk menentukan energi pada citra adalah dengan metode gradien. Gradien dapat dihitung dengan cara menambahkan turunan parsial citra dari sumbu x (arah *horizontal* citra) dengan sumbu y (arah *vertical* citra) (Pathak, 2017). Rumus gradien dapat dilihat pada persamaan 1.

$$e_1(I) = \left| \frac{\partial}{\partial x} I \right| + \left| \frac{\partial}{\partial y} I \right| \quad (1)$$

2. *Dynamic Programming*

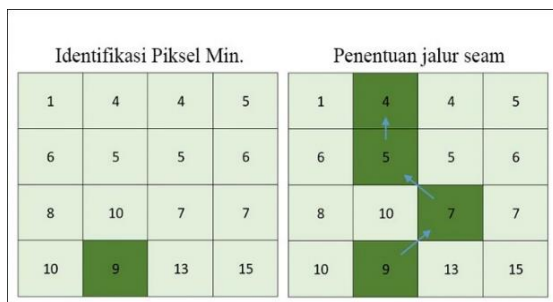
Nilai *seam* optimal didapatkan menggunakan *dynamic programming*. Ide dasar dari *Dynamic Programming* mirip dengan *Divide and Conquer* yaitu dengan membagi sebuah persoalan menjadi subpersoalan yang akan diselesaikan secara rekursif untuk akhirnya menggabungkan solusi dari subpersoalan tersebut. Hal yang membedakan dengan *Divide and Conquer* adalah pada *Dynamic Programming* memanfaatkan hasil dari suatu subpersoalan untuk persoalan yang lain. Hal ini bisa terjadi karena banyak subpersoalan yang saling *overlap* (Amal, 2014). Gambar di bawah menampilkan contoh pengambilan nilai *seam* optimal menggunakan *dynamic Programming*. Nilai minimum didapatkan dengan menghitung energi pada

setiap piksel untuk mendapatkan jalur energi minimum. Untuk membentuk jalur, diasumsikan untuk mencari *seam* dari atas ke bawah. Nilai dari piksel akan ditambahkan oleh setiap tiga piksel terdekat di atasnya, untuk kemudian ditentukan nilai paling minimumnya.



Gambar 4. Proses pemberian nilai minimum

Setelah pembentukan *seam* selesai, selanjutnya dilakukan pembentukan jalur. Piksel yang memiliki nilai minimum pada baris paling bawah akan menjadi awal mulainya pemilihan jalur optimal. Kemudian, jalur selanjutnya dipilih berdasarkan nilai paling minimum dari tiga piksel ketetanggaannya di atasnya.



Gambar 5. Proses perhitungan mundur *seam*

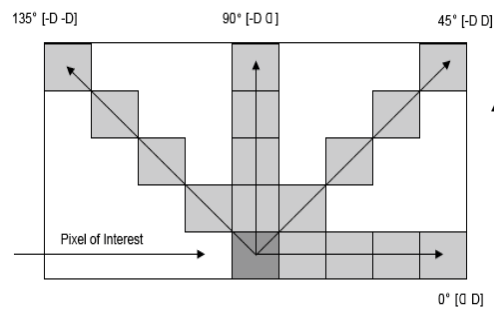
C. Proses *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM)

Tekstur dapat didefinisikan sebagai hubungan mutual antara nilai intensitas piksel-piksel yang bertetangga yang berulang di suatu area yang lebih luas daripada jarak hubungan tersebut. Metode yang digunakan untuk memperoleh fitur tekstur dapat dibedakan menjadi tiga golongan yaitu metode statistis, metode struktural, dan metode spektral. metode

statistis menggunakan perhitungan statistika untuk membentuk fitur. Contoh yang termasuk sebagai metode statistis yaitu GLCM (Feri Wibowo, 2017).

Perhitungan yang digunakan GLCM adalah perhitungan tekstur pada orde kedua. Pada proses pengukuran tekstur orde pertama digunakan perhitungan statistik berdasarkan pada nilai piksel citra asli saja. Pada orde kedua, pasangan dua piksel citra asli diperhitungkan (Er. Kanchan Sharma, 2015).

Kookurensi yang dapat diartikan sebagai kejadian bersama, yang berarti banyaknya kejadian pada satu level piksel yang bertetangga dengan nilai piksel yang lainnya berdasarkan jarak (d) dan orientasi sudut (θ) tertentu. Jarak direpresentasikan sebagai piksel sedangkan orientasi direpresentasikan dalam derajat. Orientasi terbentuk dari empat arah sudut dengan interval 45°, yaitu 0°, 45°, 90° dan 135°, dan jarak antar piksel ditentukan sebesar 1 piksel (Rizky Andhika Surya, 2016). Keempat arah tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar. 6. Arah untuk GLCM

Pada penelitian ini ada empat parameter yang digunakan yaitu *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*. Keempat parameter tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. *Contrast*

Contrast merupakan fitur yang mempresentasikan perbedaan warna atau skala keabuan yang muncul pada sebuah citra. *Contrast* akan bernilai 0 jika piksel ketetanggaannya memiliki nilai yang sama. *Contrast* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Con = \sum_i \sum_j (i - j)^2 p_{(i,j)} \quad (2)$$

2. *Correlation*

Correlation dalam GLCM mengukur ketergantungan linear dari derajat citra keabuan dalam ketetanggaannya piksel citra (Rizky Andhika

Surya, 2016). Correlation bernilai dari -1 sampai 1.

$$Cor = \sum_i \sum_j \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)p(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (3)$$

3. *Energy*

Energy mempresentasikan ukuran keseragaman pada citra. Semakin tinggi kemiripan citra semakin tinggi pula nilai *energy*.

$$Eng = \sum_i \sum_j p(i,j)^2 \quad (4)$$

4. *Homogeneity*

Homogeneity mempresentasikan ukuran keserbasamaan. *Homogeneity* akan bernilai tinggi jika semua piksel mempunyai nilai yang *uniform*. Jika terdapat banyak perulangan piksel yang terkonsentrasi pada pada diagonal matriks, maka nilai homogenitas akan semakin tinggi seperti ditunjukkan pada Persamaan 6. *Range* homogenitas [0, 1]. Nilai 1 menunjukkan tingkat perulangan piksel yang ideal (homogenitasnya tinggi) (Pathak, 2017).

$$Hom = \sum_i \sum_j \frac{p(i,j)}{1+|i-j|} \quad (5)$$

D. Pengujian perfomansi

Hasil dari perhitungan GLCM yang sudah didapat kemudian diterapkan pada citra *seam carving* dan citra asli, untuk kemudian dibandingkan. Pengujian performansi dilakukan menggunakan perbandingan yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$pengujian = \left(\frac{\text{citra seam carving GLCM}}{\text{citra asli GLCM}} \right) \times 100\% \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pemilihan sampel langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perubahan ukuran pada citra dengan berbagai rasio *seam*. Setelah proses *seam carving* selesai, selanjutnya, dilakukan ekstraksi ciri menggunakan GLCM. GLCM di sini digunakan untuk menguji pengaruh perubahan tekstur citra *seam carving*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan ciri tekstur citra *seam carving* dengan citra asli. ciri yang digunakan adalah, *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity* dengan jarak 1 piksel ketetanggaan dan 4 arah sudut yaitu, 0°, 45°, 90° dan 135°.

Penerapan pada citra tersebut digunakan untuk mengetahui apakah *seam carving* sebagai algoritma perubahan ukuran citra dapat mempertahankan ciri tekstur yang terdapat pada

GLCM yang meliputi *Contrast*, *Correlation*, *Homogeneity* dan *Energy*.

Perbandingan nilai *contrast* dari seluruh citra uji yang sudah dilakukan perubahan ukuran citra, dengan berbagai macam persentase *seam carving* yang sudah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai *Contrast*

	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Hasil
Nilai Contrast Asli	3,333	0,959	1,312	0,151	Minimum
10%	3,528	1,003	1,364	0,167	58%
Selisih	94%	96%	96%	91%	
20%	3,744	1,05	1,419	0,184	58%
Selisih	89%	91%	92%	82%	
30%	3,996	1,11	1,486	0,206	Maximum
Selisih	83%	86%	88%	73%	96%
40%	4,321	1,184	1,566	0,231	
Selisih	77%	81%	84%	65%	96%
50%	4,727	1,279	1,67	0,263	
Selisih	71%	75%	79%	58%	

Dari data hasil pada Tabel 1 maka, dapat disimpulkan hasil dari perubahan ukuran citra menggunakan *seam carving* dapat mengakibatkan perbedaan *Contrast* yang sangat signifikan dengan selisih terendahnya hingga 58% dengan citra asli. Selisih terendah didapat oleh citra 4.

Tabel 2. Perbandingan Nilai *Correlation*

	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Hasil
Nilai Correlation Asli	0,457	0,688	0,646	0,958	Minimum
10%	0,435	0,667	0,633	0,95	80%
Selisih	95%	97%	98%	99%	
20%	0,42	0,652	0,62	0,941	80%
Selisih	92%	95%	96%	98%	
30%	0,405	0,633	0,608	0,93	Maximum
Selisih	89%	92%	94%	97%	99%
40%	0,386	0,612	0,592	0,917	
Selisih	84%	89%	92%	96%	99%
50%	0,364	0,59	0,571	0,904	
Selisih	80%	86%	88%	94%	

Dari data hasil pada Tabel 2 maka, dapat disimpulkan hasil dari perubahan ukuran citra menggunakan *seam carving* dapat mengakibatkan perbedaan *Correlation* yang cukup signifikan dengan selisih terendahnya hingga 80% dengan citra asli. Selisih terendah didapat oleh citra 1.

Tabel 3. Perbandingan Nilai *Energy*

	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Hasil
Nilai Energy Asli	0,088	0,084	0,062	0,171	Minimum
10%	0,083	0,085	0,061	0,166	65%
Selisih	94%	100%	99%	97%	
20%	0,077	0,083	0,059	0,165	100%
Selisih	88%	99%	97%	97%	
30%	0,071	0,081	0,058	0,166	Maximum
Selisih	81%	96%	94%	97%	100%
40%	0,065	0,077	0,055	0,165	
Selisih	73%	92%	90%	97%	100%
50%	0,057	0,072	0,053	0,161	
Selisih	65%	86%	86%	94%	

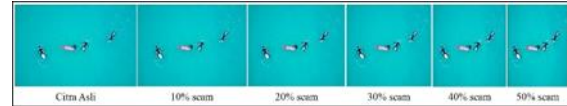
Dari data hasil pada Tabel 3 maka, dapat disimpulkan hasil dari perubahan ukuran citra menggunakan *seam carving* dapat mengakibatkan perbedaan *Energy* yang sangat signifikan dengan selisih terendahnya hingga 65% dengan citra asli. Selisih terendah didapat oleh citra 1.

Tabel 4. Perbandingan Nilai *Homogeneity*

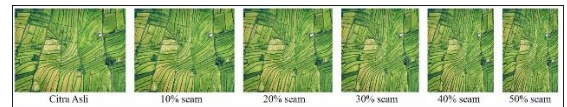
	Citr a 1	Citr a 2	Citr a 3	Citr a 4	Hasil
Nilai Homogenity Asli	0,63 2	0,71 9	0,67 4	0,94 2	Minimu m
10%	0,62 1	0,71 2	0,66 9	0,93 6	90%
Selisih	98%	99%	99%	99%	
20%	0,61 1	0,70 6	0,66 4	0,93	99%
Selisih	97%	98%	99%	99%	
30%	0,59 9	0,69 8	0,65 8	0,92 2	Maximu m
Selisih	95%	97%	98%	98%	99%
40%	0,58 6	0,68 9	0,65 1	0,91 3	
Selisih	93%	96%	97%	97%	99%
50%	0,57 7	0,67 1	0,64 1	0,90 4	
Selisih	90%	94%	95%	96%	

Dari data hasil pada Tabel 4 maka, dapat disimpulkan hasil dari perubahan ukuran citra menggunakan *seam carving* dapat mempertahankan *Homogeneity* dengan cukup baik. Dengan selisih terendahnya hingga 90% dengan citra asli. Selisih terendah didapat oleh citra 1.

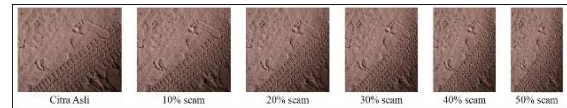
Dibawah ini merupakan hasil citra *seam carving* dengan berbagai persentase *seam*.



Gambar 7. Penerapan *Seam Carving* pada citra 1



Gambar 8. Penerapan *Seam Carving* pada citra 2



Gambar 9. Penerapan *Seam Carving* pada citra 3



Gambar 10. Penerapan *Seam Carving* pada citra 4

SIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas maka dapat disimpulkan bahwa dari berbagai fitur GLCM yang diuji, *seam carving* sebagai algoritma perubahan ukuran citra dapat mempertahankan homogenitas dari citra uji dengan cukup baik. Dengan tingkat kemiripan homogenitas terendahnya mencapai 90%. Sedangkan untuk tingkat kemiripan tertinggi citra *seam carving* dengan citra asli mencapai 99%. Berdasarkan hasil dari keseleuruhan pengujian juga diketahui bahwa *seam carving* belum dapat mempertahankan fitur GLCM yang lain seperti *contrast*, *correlation* dan *energy* yang memiliki penurunan yang signifikan sesuai hasil persentase pengurangan ukuran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis ucapkan dari beberapa pihak yang telah memberikan bimbingan, dorongan dan bantuan selama pengerjaan laporan Tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam penyusunan laporan ini, maka penulis mengharapakan kritik dan saran

yang membangun untuk menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun bagi rekan-rekan mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, I. (2014). Replika Content-Aware Scaling Photoshop® Menggunakan Dynamic Programming. *Makalah IF2211*, 7.
- Ayu Kardina Sukmawati, N. S., Dini Adni Navastara. (2017). Implementasi Deteksi Seam Carving Berdasarkan Perubahan Ukuran Citra Menggunakan Local Binary Patterns dan Support Vector Machine. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(2), A346.
- Er. Kanchan Sharma, E. P., Er. Aditi Kalsh, Er. Kulbeer Saini. (2015). GLCM and its Features *IJARECE*, 4(8), 2182.
- Feri Wibowo, A. H. (2017). Klasifikasi Mutu Pepaya Berdasarkan Ciri Tekstur GLCM Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *KHAZANAH INFORMATIKA*, 3(2), 104.
- Lita Nur Fitriani, F. U., Wijaya Kurniawan. (2019). Klasifikasi Jenis Buah Apel Lokal Berdasarkan Penciri Warna, *Aspecratio* dan GLCM Menggunakan *Belt* Konveyor Berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Pengembangan Teknologi dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1173.
- Pathak, S. (2017). Implementation and Analysis of Seam Carving with Multiple Energy Functions for Content-Aware Image Resizing. *Rochester Institute Of Technology*, 59.
- Rahmat Hidayat, T. A. B. W. (2015). Implementasi Seam Carving Pada Pembentukan Gambar Panorama. *E-proceeding of Engineering Tel-U*, 8.
- Rizky Andhika Surya, A. F., Anton Yudhana (2016). Ekstraksi Ciri Citra Batik Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Gray Level Co Occurrence Matrix *UNSRI*, 2(1), 150.
- Shai Avidan, A. S. (2007). Seam Carving For Content-Aware Image Resizing. *ACM Transactions on Graphics*, 26(3), 10-19.
- Siti Fatimah, G. M., Suryasatriya Trihandaru. (2018). Analisis Homogenitas Citra Ultrasonografi Berbasis Silicone Rubber Phantom dengan GLCM *Jurnal Fisika UNNES*, 1(22), 27.
- Zehra KARAPINAR SENTURK, D. A., Arafat SENTURK (2014). A Performance Analysis for Seam Carving Algorithm *IJASCSE*, 3(12), 11.