IMPLEMENTASI *SEAM CARVING* PADA PEMBENTUKAN GAMBAR PANORAMA

Rahmat Hidayat[1], Tjokorda Agung Budi Wirayuda[2]

Fakultas Informatika Telkom University, Bandung

[1]mat.hdyt@gmail.com, [2]cok@ittelkom.ac.id

Abstrak

Gambar panorama merupakan gambar yang memiliki sudut pandang yang lebih luas dibandingkan gambar biasa. Untuk memperoleh gambar ini adalah dengan menerapkan teknik *image stitching*, yaitu penggabungan beberapa buah gambar menjadi sebuah gambar dengan ukuran yang lebih besar. Permasalahan yang dapat terjadi pada penerapan *image stitching* saat ini adalah pada saat pengambilan gambar masukan terdapat objek yang bergerak, akan menimbulkan efek *ghosting*, yaitu munculnya objek baru pada gambar hasil panorama yang tidak terdapat pada gambar masukan.

Pada tugas akhir ini diterapkan metode *seam carving* untuk membentuk gambar panorama yang berasal dari 2 buah gambar masukan. Metode ini akan menentukan bagian pada gambar panorama yang berasal dari gambar masukan pertama dan bagian yang berasal dari gambar kedua. Penentuan bagian ini dapat diperoleh setelah didapatkan bagian yang saling tumpang tindih pada gambar pertama dan kedua.

Dari hasil pengujian, metode *seam carving* dapat mencegah terjadinya efek *ghosting* untuk kasus dimana terdapat objek bergerak pada saat pengambilan gambar. Selain itu metode ini dapat menghasilkan gambar panorama dengan tingkat *similarity* diatas 80%.

Kata kunci : gambar panorama, *efek ghosting*, *image stitching*, *seam carving*

Abstract

Panoramic image is an image that has a wider viewing angle than the usual images. This image can be obtained by applying image stitching technique, namely joining image series into an image with a larger size. The problems that can occur on the current application of image stitching is when there is a moving object in input image, will cause ghosting effect, ie the appearance of new objects in panoramic images that are not contained in the input image.

In this research seam carving is applied to form a panoramic image from two pieces of the input image. This method will determine which parts of the panoramic image derived from the input image and the first from the second image. Determination of this section may be obtained after obtained the overlap of the first and second images.

From the test results, seam carving can prevent the ghosting effect for cases where there are moving objects in input images. In addition, this method can produce panoramic image with the similarity level above 80%.

Keyword : *image panoramic, ghosting effect, image stitching, seam carving*

1. Pendahuluan

Gambar panorama merupakan sebuah gambar dengan resolusi dan sudut pandang yang lebih luas dari gambar biasa[7]. Gambar ini dapat diperoleh dengan menggabungkan beberapa gambar menggunakan teknik *image stitching/image mosaicing*. Penggabungan gambar ini dilakukan dengan mendeteksi bagian pada gambar masukan yang saling tumpang tindih, yaitu pada bagian gambar pertama yang memiliki kesamaan dengan bagian gambar kedua.

Saat ini telah banyak dilakukan penerapan teknik *image stithing* untuk mendapatkan gambar panorama[1][3][4]. Permasalahan yang terjadi adalah pada saat pengambilan gambar terdapat objek yang bergerak, pada gambar panorama akan terdapat sebuah objek baru yang tidak terdapat pada gambar sumber. Peristiwa ini disebut sebagai efek *ghosting*[8].

Efek *ghosting* terjadi pada metode *image stitching* yang melakukan proses *blending* pada bagian gambar masukan yang saling tumpang tindih. *Blending* merupakan teknik pemerataan warna pada gambar[4]. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan gradasi warna yang halus pada bagian sambungan gambar. Pada kasus dimana terdapat objek yang bergerak pada saat proses pengambilan gambar masukan, akan terdapat objek yang memiliki posisi yang berbeda pada gambar pertama dan gambar kedua. Sehingga ketika proses *blending* dilakukan, warna piksel pada posisi dimana objek terletak di gambar pertama akan dikalkulasikan dengan posisi piksel yang sama pada gambar kedua. Padahal pada gambar kedua objek yang bergerak tersebut telah berpindah posisi. Hal inilah yang menyebabkan efek *ghosting* terjadi.

Pada tugas akhir ini akan digunakan metode *seam carving*. Metode ini bekerja pada bagian gambar masukan yang saling tumpang tindih, akan ditentukan bagian yang diambil dari gambar pertama dan bagian yang diambil dari gambar kedua[8]. Pemilihan potongan gambar dilakukan dengan menghitung selisih energi terkecil antara gambar pertama dengan gambar kedua. Energi dalam hal ini merupakan intensitas piksel pada posisi (x,y). *Seam carving* akan membentuk sebuah garis acuan dimana bagian gambar yang terletak di sebelah kiri garis tersebut diambil dari gambar pertama dan bagian gambar yang terletak disebelah kanan garis diambil dari gambar kedua.

2. Dasar Teori

2.1 Gambar Panorama

Gambar panorama adalah sebuah gambar dengan sudut pandang yang lebih luas. Untuk mendapatkan gambar ini, dapt dilakukan dengan mengambil gambar dari sebuah objek beberapa kali sebelum akhirnya gambar-gambar tersebut digabungkan. Tiap gambar sumber yang berkelanjutan memiliki bagian yang saling tumpang tindih.

Gambar panorama dapat memiliki sudut pandang hingga 360°, bergantung dari jumlah gambar masukan dan bagaimana gambar masukan tersebut ditranformasikan pada proses penggabungan gambar.

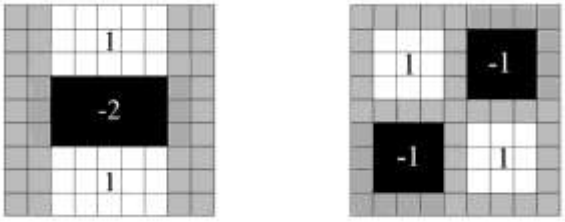
2.2 Deteksi Fitur

Fitur pada suatu gambar adalah sebuah bagian pada gambar yang dianggap penting. Bagian yang dianggap penting ini misalnya tepi atau sudut. Tepi atau sudut pada gambar misalnya berada pada suatu piksel yang memiliki rentang nilai intensitas yang besar terhadap piksel tetangganya.

Untuk mendeteksi fitur dapat digunakan metode SURF (*Speeded Up Robust Features*)[10]. Metode ini dapat bekerja dengan capat karena memanfaatkan *integral image* dalam menghitung konvolusi gambar dengan pendekatan *Gaussian filter* turunan kedua untuk menghasilkan matriks *Hessian.*

Integral image dari sebuah gambar adalah kumpulan piksel (x.y) dimana nilai setiap piksel pada titik (x.y) merupakan penjumlahan dari nilai piksel pada titik (0,0) sampai titik (x.y) dari gambar sumber.

Pendekatan *Gaussian filter* turunan kedua adalah sebuah matriks dengan nilai 0, 1, -1, 2.



Gambar 2.1 Gaussian filter Gyy (kiri) dan Gxy (kanan)

$$H= \quad (2.1)$$

Matriks *Hessian* (*H*) diperoleh dengan melakukan konvolusi gambar terhadap *Gaussian filter*. Konvolusi ini dapat dilakukan dengan cepat dengan memanfaatkan *integral image* yang telah dibentuk sebelumnya. Lyy merupakan konvolusi gambar dengan *Gaussian filter* Gyy dan Lxy merupakan konvolusi gambar dengan *Gaussian filter* Gxy. Untuk *Gaussian filter* Gxx diperoleh dengan merotasi *Gaussian filter Gyy* 90°.

Fitur didapatkan dengan menghitung determinan dari matriks *Hessian*:

$$, w \quad (2.2)$$

2.3 *Feature Matching*

Setelah didapatkan fitur pada setiap gambar masukan, akan dicari pasangan fitur pada gambar pertama dan fitur pada gambar kedua. Suatu fitur pada gambar pertama (*f1*) memiliki pasangan fitur pada gambar kedua (*f2*) dimana *f2* merupakan fitur dengan jarak tekecil dari *f1* terhadap semua fitur di gambar kedua. Kemudian *f2'* adalah fitur dengan jarak terdekat kedua. Suatu fitur dikatakan berpasangan jika:

(2.3)

Jarak dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

(2.4)

2.4 Estimasi Transformasi

Estimasi dilakukan untuk mencari matriks transformasi H berukuran 3x3. Dimana matriks H akan memenuhi persamaan:

(2.5)

Dimana *f(x,y)* merupakan titik pada gambar pertama dan *f(x',y')* merupakan titik pada gambar kedua. Sehingga dapat dikatakan jika matriks H dikalikan dengan gambar kedua, posisi gambar kedua akan bergeser sehingga akan saling berhimpit dengan gambar pertama di bagian yang *overlap*.

Estimasi transformasi ini dilakukan dengan menggunakan algoritma RANSAC (*Random Sample Consensus*)[6]. Langkah pertama pada algoritma ini adalah memilih 4 pasang fitur secara acak. Kemudian dari 4 pasang fitur ini dicari matriks H yang memenuhi persamaan:

(2.6)

Dimana matriks H akan memenuhi persamaan diatas untuk keempat pasang fitur yang dipilih. Pencarian nilai setiap elemen matriks ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *direct linear transform* (DLT). Langkah selanjutnya adalah mengalikan semua pasang fitur dengan matirks H tersebut. Jika suatu pasang fitur memenuhi persamaan:

$$SSD(f(x,y),f(x',y')) < 1 \quad (2.7)$$

Maka pasangan tersebut dianggap sebagai *inliers*. Proses diatas dilakukan berulang-ulang sebanyak N-kali. Matriks H terbaik dipilih dari 4 pasang fitur yang menghasilkan jumlah *inliers* terbanyak. Untuk pasangan fitur yang tidak dianggap sebagai *inliers*, maka pasangan fitur tersebut akan dibuang.

2.5 *Image warping* dan *compositing*

Image warping merupakan proses pemindahan gambar dari koordinat asalnya ke bidang yang baru. Bidang yang baru ini bergantung pada model *warping* yang digunakan. Beberapa jenis *warping* antara lain misalnya *planar* (bidang datar), *cylindrical* (silindier), *cubic* (kubus), dan *sphere* (bola)[11]. Penyajian gambar pada masing-masing bidang tersebut dapat mengikuti bentuk bidangnya ataupun ditampilkan secara 2D.

Image compositing merupakan proses penggabungan gambar pada satu bidang baru. Gambar sumber yang telah ditransformasikan dengan matriks *homography* H dipetakan ke bidang baru sehingga gambar pertama dan kedua memiliki koordinat yang sama. Ukuran bidang yang baru harus mampu menampung luas gabungan antara gambar pertama dan gambar kedua yang telah ditransformasi. Pada bagian yang saling tumpang tindih, dapat diterapkan metode *seam carving* untuk menentukan bagian yang berasal dari gambar pertama atau gambar kedua.

Terdapat 2 teknik *image warping*, yaitu *forward warping* dan *reverse warping*. Pada *forward warping*, setiap titik pada gambar sumber akan dikalikan dengan matriks H. Hasil perkalian ini adalah posisi titik tersebut pada koordinat panorama. Pada *reverse warping*, setiap titik pada koordinat panorama akan dikalikan dengan *inverse* matriks H. Hasil perkalian ini akan menghasilkan posisi titik pada gambar sumber yang menunjukkan darimana titik pada gambar panorama tersebut berasal. Karena hasil perkalian matriks ini tidak selalu menghasilkan bilangan bulat, maka ada beberapa teknik yang dapat dilakukan, yaitu *point sampling*, *triangle filtering*, dan *mask filtering*. *Point sampling* dilakukan dengan membulatkan hasil perkalian dengan matriks H. *Triangle filtering* dilakukan dengan mengalikan hasil yang didapat dengan bobot sesuai jarak dengan 4 titik bilangan bulat terdekat. *Mask filtering* dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata filter berukuran 3x3 dengan titik pusat nilai pembulatan dari hasil perkalian matriks H.

2.6 *Seam Carving*

Seam carving menghitung jalur sepanjang sumbu-y dimana setiap titik dihitung dari perbedaan intensitas warna dari titik pada gambar pertama dengan titik pada gambar kedua[8].

$$_1\text{-}I_2)^2 \qquad (2.8)$$

Dimana I_1 merupakan intensitas warna pada gambar pertama di titik (x,y) dan I_2 untuk gambar kedua. Nilai *e* digunakan untuk menghitung baris pertama dimulai dari atas. Untuk baris selanjutnya menggunakan rumus:

(2.9)

Khusus untuk x=0 (titik paling kiri gambar) menggunakan rumus:

(2.10)

Dan untuk x=lebar gambar -1 (titik paling kanan gambar) menggunakan rumus :

(2.10)

Setelah didapatkan seluruh energy dari setiap titik per baris sepanjang sumbu-y dari atas kebawah, pada baris terakhir dicari nilai *E* terkecil. Kemudian dilakukan *backtrack* dari bawah keatas untuk memperoleh jalur *seam* yang menunjukkan potongan optimal dimana potongan tersebut akan menghasilkan sambungan gambar yang paling halus.

3. Analisis Kebutuhan dan Perancangan Sistem

3.1 Analisa Kebutuhan Sistem

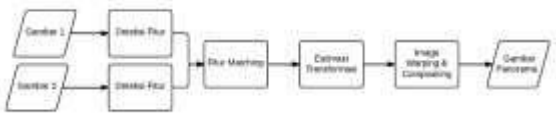
3.1.1 Gambaran Umum Sistem

Secara garis besar sistem yang dibangun pada Tugas Akhir ini adalah penggabungan dua buah gambar yang memiliki bagian *overtlap*. Proses pertama yang dilakukan adalah mendeteksi fitur pada masing-masing gambar dengan menggunakan algoritma SURF (Speeded Up Robust Feature). Titik yang dianggap fitur adalah titik yang memiliki perbedaan intensitas warna yang besar terhadap titik-titik disekitarnya.

Setelah masing-masing gambar diketahui fiturnya, akan dicari pasangan fitur dari gambar pertama dan kedua. Langkah pertama untuk melakukan hal ini adalah menghitung jarak terdekat dari fitur pada gambar pertama terhadap gambar pertama. Jarak digunakan menggunakan *Euclidean distance*. Dari hasil tahap pertama pencarian fitur berpasangan ini nantinya masih terdapat pasangan fitur yang salah. Untuk itu dilakukan eliminasi terhadap pasangan fitur yang salah tersebut menggunakan algoritma RANSAC (Random Sample Consencus). Ransac sekaligus mencari hubungan *homography* antara gambar pertama dan gambar kedua.

Setelah didapatkan pasangan fitur yang benar, maka dapat diketahui bagian yang *overlap* pada gambar pertama dan kedua. Dari bagian yang *overlap* ini akan diterapkan metode *seam carving* untuk mendapatkan potongan gambar pertama dan gambar kedua yang akan menghasilkan sambungan gambar yang paling halus.

Dari hasil Ransac, akan didapatkan fungsi *homography* yang memetakan gambar kedua terhadap gambar pertama. Kemudian setiap titik-titik pada gambar kedua akan dikalikan fungsi *homography* sebelum akhirnya kedua gambar akan di bangun pada satu kanvas yang baru sehingga terbentuk gambar panorama.



Gambar 3.1 Gambaran umum sistem

3.1.2 Fungsionalitas Sistem

Setelah mengkaji arsitektur sistem, maka fungsionalitas dari sistem ini yaitu :

1. Melakukan deteksi fitur untuk mendapatkan *interest poin*t pada setiap gambar masukan.
2. Mencari fitur yang saling berpasangan pada gambar pertama dan gambar kedua.
3. Melakukan estimasi *homography* yang menghubungkan gambar kedua terhadap gambar pertama.
4. Mencari bagian yang saling tumpang tindih antara gambar pertama dan kedua.
5. Mencari potongan optimal pada bagian gambar yang saling tumpang tindih sehingga dihasilkan gambar sambungan yang halus.
6. Menggabungkan gambar pertama dan gambar kedua pada satu bidang baru untuk menghasilkan gambar panorama.

3.1.3 Identifikasi Input

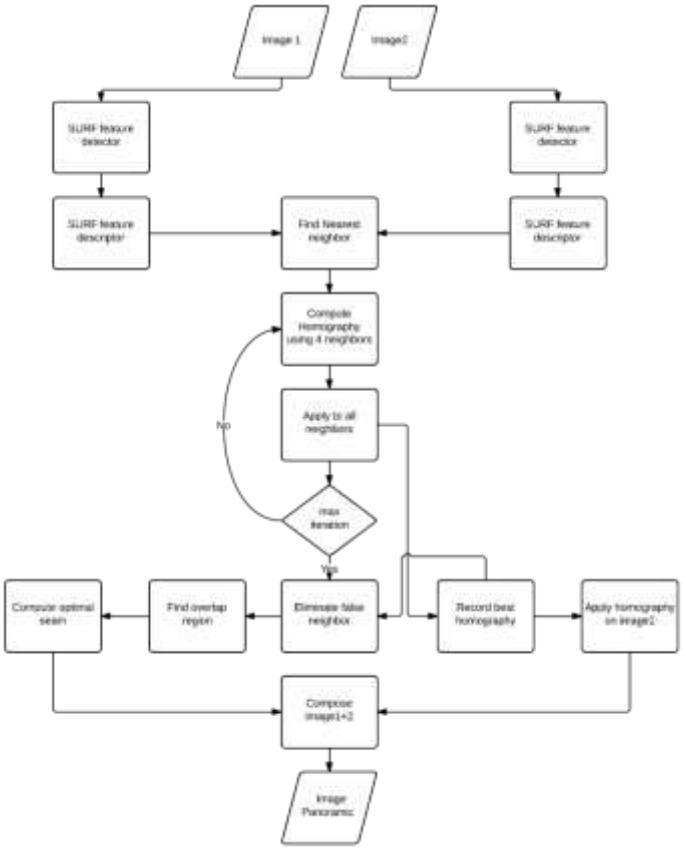
Input sistem adalah 2 buah gambar dengan format .jpg berukuran maksimal 1600x768 piksel.Kedua gambar ini diperoleh dari sebuah gambar panorama yang dipotong menjadi dua buah bagian. Gambar kedua adalah lanjutan dari gambar pertama dan kedua gambar memiliki bagian yang *overlap*.

3.1.4 Identifikasi Output

Output sistem berupa gambar panorama dari hasil penggabungan gambar pertama dan gambar kedua.

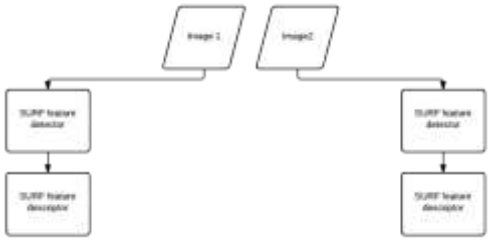
3.2 Analisa Perancangan Sistem

Pada bagian ini akan dijelaskan metode-metode yang digunakan untuk membangun sistem, hasil dari studi literature pada metode-metode yang telah dijelaskan pada bab 2. Dasar teori sistem ini dibagi menjadi lima proses utama, yaitu deteksi fitur, fitur *matching*, estimasi transformasi, *image warping* dan *image compositing*.



Gambar 3.2 Alur kerja sistem

3.2.1 Deteksi Fitur



Gambar 3.3 Alur kerja *feature detection*

Deteksi fitur menggunakan algoritma SURF. Pendeteksian ini dilakukan pada tiap gambar masukan. Hasil dari algoritma SURF adalah titik *interest point* yang menunjukkan titik yang dianggap sebagai *blob,*atau daerah yang memiliki perbedaan intensitas warna yang besar terhadap titik-titik disekitarnya. Selain itu SURF juga membangkitkan *descriptor* yang menunjukkan persebaran titik-titik disekitar *interest point*.

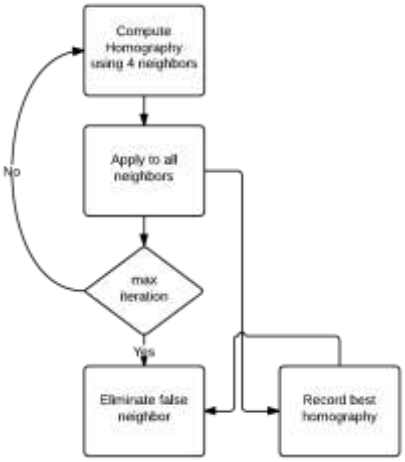
3.2.2 Fitur Matching

Dari hasil deteksi fitur pada masing-masing gambar masukan, akan dicari setiap pasangan fitur pada gambar pertama terhadap fitur di gambar kedua. Pencarian ini dilakukan dengan menghitung jarak terkecil dari setiap fitur di gambar pertama dengan fitur pada gambar kedua. Jika sepasang titik memiliki jarak terkecil dan memiliki kesamaan nilai *descriptor*, maka fitur tersebut dikatakan saling berpasangan.

Pencarian pasangan ini pada awalnya dilakukan secara *exhaust search* dengan melakukan pencarian di seluruh fitur yang terdeteksi pada proses *feature detection.* Untuk mengurangi beban pencarian ini dapat dilakukan eliminasi pada fitur yang terletak di posisi kurang dari setengah lebar gambar pertama untuk fitur pada gambar pertama. Untuk gambar kedua, eliminasi dilakukan pada fitur jika terletak di posisi lebih besar dari setengah lebar gambar kedua. Hal ini dapat dimaklumi mengingat jika bagian gambar yang saling *overlap* adalah sebesar 50%, maka fitur yang terletak diluar area tersebut dapat diabaikan.

Jika terdapat fitur yang tidak memiliki pasangan, maka fitur tersebut akan dibuang. Untuk pasangan fitur dari hasil *feature matching* pertama ini masih terdapat pasangan fitur yang salah. Untuk itu dilakukan eliminasi terhadap pasangan fitur yang salah tersebut dengan menerapkan alogritma RANSAC. Algoritma ini dapat mengeliminasi pasangan fitur yang salah dengan melakukan estimasi *homography* dari 4 pasang fitur. Fungsi *homography* yang didapatkan ini kemudian diaplikasikan ke semua pasang fitur. Jika jarak antara setiap pasang fitur lebih kecil nilai *threshold* yang ditentukan, maka pasangan fitur tersebut dianggap sebagai pasangan fitur yang benar.

3.2.3 Estimasi Homography



Gambar 3.4 Alur kerja proses *homography estimation*

Penghitungan fungsi *homography* yang memetakan gambar kedua terhadap gambar pertama dilakukan dengan menggunakan algoritma RANSAC. Algoritma ini bekerja secara iterative. Dimana pada setiap pengulangan, akan dihitung fungsi *homography* menggunakan 4 pasang fitur yang dipilih secara acak. Penghitungan fungsi ini dilakukan dengan menerapkan algoritma *direct linear transformation* (DLT).

Setelah didapatkan estimasi fungsi *homography*, fungsi ini diterapkan ke semua pasang fitur yang ada. Jika jarak pada pasangan fitur yang telah dikalikan fungsi *homography* lebih kecil dari nilai *threshold*, maka pasangan fitur tersebut dianggap sebagai *inlier*. Dari seluruh pengulangan yang dilakukan RANSAC, akan dipilih fungsi *homography* yang menghasilkan jumlah *inlier* terbanyak.

Untuk setiap pengujian pada gambar yang sama, terlihat bahwa didapatkan tingkat kesamaan yang berbeda-berbeda. Hal ini disebabkan pada proses Ransac, pencarian matriks *homography* H dilakukan sebanyak 80.000 kali dimana pada setiap perulangan akan dipilih 4 pasangan fitur secara acak dari seluruh fitur yang diperoleh dari proses *feature matching*. Dari 4 pasangan fitur ini akan diperoleh matriks H berukuran 3x3. Kemudian matriks H akan dikalikan dengan seluruh pasangan fitur yang ada.

Lalu untuk setiap pasangan fitur akan dihitung jaraknya dengan rumus:

(3.1)

3.2.4 Seam Carving

Dari hasil pasangan fitur yang benar, maka kita dapat menentukan bagian pada gambar pertama dan kedua yang saling tumpang tindih. Bagian ini dapat dicari dengan mengacu kepada pasangan fitur dimana setiap pasangan fitur menunjukkan persamaan titik pada kedua gambar.

Seam adalah jalur yang menjadi acuan untuk memotong bagian gambar pertama dan kedua. Dimana setiap titik sepanjang sambungan merupakan nilai selisih terkecil intensitas warna gambar pertama dan kedua. Pemilihan nilai terkecil ini dilakukan untuk mendapatkan bagian pada gambar yang memiliki tingkat persamaan tertinggi. Sehingga pemotongan pada bagian yang terdapat pergerakan objek dapat dihindari.

3.2.5Image Warping dan Compositing

Image warping yang digunakan adalah model *planar*, sehingga untuk setiap titik pada gambar sambungan dapat langsung ditransformasikan dengan menggunakan fungsi *homography*. Pada kanvas yang baru, gambar pertama dipotong sampai bagian yang telah ditentukan dari hasil *seam carving*. Untuk sisanya diambil dari gambar kedua.

4. Pengujian dan Analisis Sistem

4.1 Skenario A

Tujuan dari scenario A adalah mengukur akurasi dari metode *seam carving* dalam menghasilkan gambar panorama. Gambar masukan diperoleh dari gambar panorama yang memanjang kesamping kemudian dipotong menjadi 2. Kemudian gambar panorama hasil keluaran sistem akan dibandingkan dengan gambar panorama sumber. Pembandingan gambar panorama ini dilakukan dengan mengukur tingkat *similarity*. *Similarity* diukur dengan membandingkan setiap piksel pada gambar hasil panorama dari sistem dengan gambar panorama aslinya. Bila perbedaan nilai intensitas piksel berada rentang 10 maka titik tersebut dianggap sama.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 3 metode pengambilan piksel pada gambar sumber, yaitu *point sampling*, *triangle filtering*, dan *mask filtering*.

4.2 Skenario B

Tujuan dari scenario B adalah untuk mengetahui bagaimana perbandingan sistem pembentuk gambar panorama menggunakan metode *seam carving* dengan teknik lain yang tidak menggunakan metode *seam carving*. Perbandingan ini dilakukan dengan melakukan questioner untuk mendapatkan nilai *mean opinion score* (MOS). Skenario B dibagi menjadi 2 bagian.

Scenario B1 menggunakan gambar yang diambil menggunakan kamera yang berotasi pada sumbu tetap menggunakan tripod. Skenario ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan metode *seam carving* dalam menangani kasus pada saat pengambilan gambar sumber berada pada kondisi ideal. Kondisi yang ideal ini dapat diartikan sebagai ketika pengambilan gambar memenuhi criteria sebagai berikut:

1. Pada saat pengambilan gambar tidak ada objek yang bergerak
2. Kamera berotasi pada sumbu diam untuk meminimalkan pergereseran.
3. Perbedaan tingkat kecerahan warna antar gambar masukan minimal.

Scenario B2 menggunakan gambar panorama yang dipotong menjadi 2 bagian. Kemudian gambar tersebut direkayasa untuk mensimulasikan adanya objek bergerak pada saat pengambilan gambar. hal ini dilakukan dengan menambahkan sebuah objek pada gambar pertama dan gambar kedua, namun objek berada pada posisi yang berbeda.

Hasil gambar panorama dari sistem akan dibandingkan dengan teknik lain yang tidak menggunakan metode *seam carving*. Hasil gambar panorama dari teknik lain ini diperoleh dengan aplikasi web based pembentuk gambar panorama pada situs http://www.dermandar.com/create/.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian sistem, kesimpulan yang didapat yaitu:

1. Metode *seam carving* dapat diimplementasikan pada sistem pembentuk panorama untuk menentukan titik sambung pada bagian *overlap* gambar masukan. Hasil dari *seam carving* merupakan sebuah garis acuan dimana untuk bagian yang terdapat disebelah kiri gambar panorama didapatkan dari gambar masukan pertama. Sedangkan untuk bagian yang terdapat disebelah kanan didapatkan dari gambar masukan kedua.
2. Faktor yang mempengaruhi hasil sambungan yang baik untuk kondisi ideal pada saat pengambilan gambar adalah proses deteksi fitur dan estimasi *homography*.
3. Pada proses *warping*, untuk meningkatkan akurasi pengambilan piksel dari gambar sumber lebih baik menggunakan teknik *triangle filtering*.
4. Untuk kasus penggabungan gambar yang terdapat objek bergerak, metode *seam carving* dapat mencegah efek *ghosting.*

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan akurasi pada proses deteksi fitur dapat dilakukan dengan cara meningkatkan *contrast* warna pada gambar masukan. Gambar masukan yang dimanipulasi ini merupakan acuan dalam menentukan lokasi fitur pada gambar sebelum akhirnya digunakan gambar masukan asli untuk mendapatkan nilai intensitas piksel.

Menggabungkan metode *seam carving* dengan teknik *blending* untuk mendapatkan hasil sambungan gambar yang lebih baik.

Daftar Pustaka

[1] Balaramakrishna Rachumallu, Swetha N, Ramesh Pillem, 2013, "Creating Image Panoramas Using Homography Warping", Electronics and communication engineering, K. L. University.

[2] Bay Herbert, 10 September 2008, Ess Andreas,Tuytelaars Tinne,Gool Luc Van, "Speeded-Up Robust Features (SURF)".

[3] Brown Matthew, Lowe David G., Desember 2006, "Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features", Department of Computer Science, University of British Columbia.

[4] Brown Matthew, Juni 2005, Szeliski Richard, Winder Simon, "Multi-Image Matching using Multi-Scale Oriented Patches".

[5] Chen Chia-Yen, Oktober 1998, “Image Stitching – Comparisons and New Techniques”, Computer Science Depatrment of The University of Auckland.

[6] Fischler Martin A., Bolles Robert C., Maret 1980, “Random Sample Consescus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography”

[7] Joshi Hemlata, Sinha KhomLal, February 2013, "A Survey on Image Mosaicing Techniques".

[8] Junhong Gao, 2013, “Strategies for generating panoramic image for imperfect image series”, National University of Singapore.

[9] Nandhini M., Kumar Rahul, Anand Avinash, Oktober 2012, "Analysis on Feature Detection for Image Mosaicing".

[10] Shukla Richa, Raja Rohit, Thakur Sakshi, June 2013, "Implementation of Grid-Block Based Image Mosaicing Approach and Comparative Analysis with SIFT Approach".

[11] Sumarlin Ira, 2011, “Impementasi Image Mosaicing dengan Metode Cylindrical Panoramas Pada Pembentukan Citra Panorama”, Institut Teknologi Telkom

[12] Szeliski Richard, 27 September 2004, "Image Alignment and Stitching: A Tutorial".

[13] Zhao Yi-Li, Xia Yan, 2013, "Automatic Panorama Recognition and Stitching Based on Graph Structure".