

**PERBANDINGAN ALGORITMA SHORTEST PATH DALAM
PEMROSESAN CITRA DIGITAL SEAM CARVING**

Skripsi



oleh

FLORENTINUS ALVIN SEBASTIAN

22104840

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA**

2015

PERBANDINGAN ALGORITMA SHORTEST PATH DALAM PEMROSESAN CITRA DIGITAL SEAM CARVING

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

FLORENTINUS ALVIN SEBASTIAN
22104840

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PERBANDINGAN ALGORITMA SHORTEST PATH DALAM PEMROSESAN CITRA DIGITAL SEAM CARVING

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 20 Januari 2015



FLORENTINUS ALVIN SEBASTIAN
22104840

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PERBANDINGAN ALGORITMA SHORTEST
PATH DALAM PEMROSESAN CITRA DIGITAL
SEAM CARVING

Nama Mahasiswa : FLORENTINUS ALVIN SEBASTIAN

N I M : 22104840

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Gasal

Tahun Akademik : 2014/2015

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 20 Januari 2015

Dosen Pembimbing I



R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.

Dosen Pembimbing II



Theresia Herlina R., S.Kom.,M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

PERBANDINGAN ALGORITMA SHORTEST PATH DALAM PEMROSESAN CITRA DIGITAL SEAM CARVING

Oleh: FLORENTINUS ALVIN SEBASTIAN / 22104840

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 12 Januari 2015

Yogyakarta, 20 Januari 2015

Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.
2. Theresia Herlina R., S.Kom.,M.T.
3. Widi Hapsari, Dra. M.T.
4. Ignatia Dhian E K R, S.Kom




DUTA WACANA

Dekan

Ketua Program Studi




(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)



(Gloria Virginia, Ph.D.)

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, oleh karena kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “PERBANDINGAN ALGORITMA SHORTEST PATH DALAM PEMROSESAN CITRA DIGITAL SEAM CARVING”. Penulis mengucapkan syukur atas segala anugerah dan kasih-Nya dalam proses penulisan laporan ini. Penulis percaya bahwa Tuhan turut bekerja dalam setiap proses penelitian dan penulisan laporan ini.

Tugas Akhir merupakan salah satu matakuliah yang wajib ditempuh di Universitas Kristen Duta Wacana. Matakuliah ini wajib diambil sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana. Karena penulis merupakan mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, maka Tugas Akhir ini diambil oleh penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer S. Kom.

Dalam laporan ini, penulis membahas mengenai perbandingan algoritma *shortest path* dalam implementasinya untuk pengolahan citra digital *seam carving*. Untuk mengerjakan Tugas Akhir ini, penulis juga membuat sebuah sistem berbasis web untuk penelitian. Pengerjaan Tugas Akhir ini didasari oleh ketertarikan penulis dalam bidang analisis algoritma, pengolahan citra digital dan pemrograman web. Dalam proses pembuatan sistem, penelitian dan penulisan laporan ini penulis mengalami berbagai macam kendala, namun pada akhirnya, penulis dapat menyelesaikan laporan ini.

Selesainya Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan usaha beberapa pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut yaitu:

- Bapak R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Theresia Herlina R., S.Kom.,M.T. yang telah membimbing, memberikan arahan dan semangat kepada penulis dalam proses Tugas Akhir ini.
- Bapak Budi Susanto, S.Kom., M.T selaku koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan kesempatan untuk mengambil matakuliah Tugas Akhir.
- Nugroho Agus Haryono S.Si, M.Si. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika Duta Wacana
- Ibu Ignatia Dhian EKR, S.Kom dan Ibu Widi Hapsari, Dra., M.T. sebagai penguji dalam pendadaran Tugas Akhir.
- Kedua orang tua penulis, Bapak Ir. Rines M.T. dan Ibu Theresia Widiani yang telah memberikan segalanya untuk anak-anaknya, dan yang telah memberikan sumber daya untuk penulis dapat menyelesaikan studi S1 sampai selesai.
- Kedua saudara penulis, F. Vito Aprilian dan K. Evelin R, yang telah memberikan semangat kepada penulis.
- Priskila Adolfina Abanat yang telah mendukung, mendoakan dan menjadi sahabat serta semangat untuk penulis.
- Teman-teman dalam komsel dan pelayanan yang telah mendukung secara semangat dan spiritual.
- Para Dosen Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan pengetahuan dan inspirasi kepada penulis.

- Semua rekan seperjuangan, mahasiswa Universitas Kristen Duta Wacana yang telah mendukung penulis.

Penulis memiliki prinsip bahwa kesempurnaan hanyalah milik Tuhan Yang Mahaesa sehingga dalam pelaksanaan Tugas Akhir tidak terlepas dari kesalahan. Penulis meminta maaf atas segala kesalahan tersebut. Penulis menerima kritik dan saran yang membangun agar hasil dari Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik.

Yogyakarta,

Florentinus Alvin Sebastian

ABSTRAK

Seam carving adalah sebuah metode untuk transformasi ukuran citra. Transformasi ukuran yang dilakukan dengan metode ini mempertimbangkan isi dari citra tersebut. Isi dari citra tersebut adalah informasi mengenai objek ataupun latar belakang. Dalam proses ini, *seam carving* akan memilih *pixel-pixel* yang akan dihilangkan atau diduplikat dalam proses perubahan ukuran citra berdasarkan isi dari citra tersebut. Pada dasarnya *seam carving* akan melindungi objek yang terdapat dalam citra.

Dalam transformasi tersebut diperlukan algoritma graf *shortest path* untuk menentukan *pixel-pixel* yang akan diproses berdasarkan energi. *Shortest path* digunakan untuk menentukan *seam* yang merupakan *path of pixels* dengan energi terendah. Energi yang dipakai adalah dari nilai *gradient magnitude* citra untuk menunjukkan energi perpotongan antar objek dalam citra.

Perbandingan kompleksitas algoritma *shortest path* digunakan untuk mengetahui algoritma yang lebih efisien. Perbandingan antara Dijkstra dan Directed Acyclic Graph menghasilkan algoritma Dijkstra yang lebih cepat dibandingkan Directed Acyclic Graph karena tidak melakukan proses *sorting* terlebih dulu. Perbandingan antara metode *precomputed* dan *recomputed* menghasilkan kesimpulan mengenai efisiensi metode tersebut berdasarkan konteksnya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PEERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Hipotesis	5
1.5 Tujuan Penelitian	6

1.6 Metode Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Tinjauan Pustaka.....	9
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Image Resizing.....	11
2.2.2 Seam Carving	12
2.2.3 Gradient Magnitude.....	15
2.2.4 Teori Graf.....	16
2.2.5 Algoritma Dijkstra.....	19
2.2.6 Algoritma Acyclic Vertex Weighted Graph.....	23
2.2.7 <i>Precomputed seams</i> dan <i>Recomputed seam</i>	24
2.2.8 Kompleksitas algoritma.....	25
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	27
3.1 Analisis Kebutuhan Penelitian.....	27
3.1.1 Alat Penelitian.....	27
3.1.2 Bahan Penelitian	28
3.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	29
3.3 Perancangan Sistem.....	30

3.3.1 Perancangan Alur Sistem	30
3.3.2 Perancangan Antarmuka Sistem	40
BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS.....	41
4.1 Hasil Pengerjaan Sistem	41
4.2 Analisis Implementasi Algoritma	46
4.2.1 Kompleksitas Implementasi Algoritma Dijkstra.....	46
4.2.2 Kompleksitas Implementasi Algoritma Acyclic.....	48
4.2.3 Perbandingan Implementasi Dijkstra dan Acyclic.....	50
4.3 Analisis Metode Precomputed dan Recomputed.....	52
4.3.1 Analisis Kompleksitas Precomputed.....	52
4.3.2 Analisis Kompleksitas Recomputed	54
4.3.3 Analisis Perbandingan Precomputed dan Recomputed.....	55
4.4 Analisis Seam Carving	57
4.4.1 Sampel Citra 1	57
4.4.2 Sampel Citra 2.....	61
4.4.3 Sampel Citra 3.....	65
4.4.5 Sampel Citra 4.....	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan.....	68

5.1.1 Kompleksitas Algoritma Dijkstra dan Acyclic	68
5.1.2 Metode Precomputed dan Recomputed.....	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71

@UKDWN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Detil spesifikasi laptop yang dipakai dalam penelitian.....	26
Tabel 4.1 Tabel hasil dari percobaan precomputed dan recomputed	56
Tabel 4.2 Tabel pemrosesan citra sampel 1	60
Tabel 4.3 Tabel hasil pemrosesan citra sampel 2.....	64
Tabel 5.1 Tabel kelebihan dan kekurangan metode precomputed dan recomputed.....	70

@UKDWN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Gambar citra asli, (b) Gambar citra yang dikonversi menjadi citra gradient magnitude.	12
Gambar 2.2 Ilustrasi algoritma shortest path untuk mencari seam	13
Gambar 2.3 (a) Ilustrasi seams yang didapatkan dengan menggunakan algoritma shortest path dalam citra gradient magnitude. (b) Ilustrasi seams dalam citra asli.	14
Gambar 2.4 Citra sebelum (a) dan sesudah (b) proses mengecilkan ukuran panjang citra dengan menggunakan metode seam carving.	15
Gambar 2.5 Gambar ilustrasi graf	17
Gambar 2.6 Bagan <i>pseudocode</i> Algoritma Dijkstra	19
Gambar 2.7 Proses algoritma Dijkstra 1	21
Gambar 2.8 Proses algoritma Dijkstra 2 (a) dan 3 (b)	22
Gambar 2.9 Bagan <i>pseudocode topological order</i>	23
Gambar 2.10 Bagan <i>pseudocode</i> untuk algoritma <i>acyclic</i>	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> utama sistem	30
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> proses pembentukan graf	31
Gambar 3.3 Ilustrasi <i>dummy pixels</i>	33
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> proses pembentukan vector gradient magnitude.	34
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> algoritma Dijkstra	35
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> algoritma <i>Acyclic</i>	36

Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> proses <i>precomputed seams</i>	37
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> proses <i>recomputed seam</i>	38
Gambar 3.9 Rancangan antarmuka sistem	39
Gambar 4.1 Tampilan utama sistem.....	41
Gambar 4.2 Kontainer citra.....	41
Gambar 4.3 <i>Screenshot container</i> ketika ketiga tombol diklik.....	42
Gambar 4.4 <i>Screenshot container</i> aksi.....	43
Gambar 4.5 <i>Screenshot container grayscale</i> dan <i>gradient magnitude</i>	44
Gambar 4.6 Gambar hasil dari fungsi <i>redSeam vertical</i> (a) dan hori- zontal (b) beserta dengan tombolnya	44
Gambar 4.7 Potongan <i>code</i> Dijkstra	45
Gambar 4.8 Gambar ilustrasi <i>vertex</i> dan <i>edge</i> dalam graf <i>vector</i> citra	46
Gambar 4.9 Potongan <i>code</i> fungsi <i>topologyOrder</i>	47
Gambar 4.10 Potongan <i>code</i> fungsi <i>acyclic</i>	48
Gambar 4.11 <i>redSeam Horizontal</i> algoritma Dijkstra (a) dan Acyclic (b).....	49
Gambar 4.12 Hasil <i>seam carving 76 seam horizontal</i> algoritma Dijk- stra (a) dan Acyclic (b)	50
Gambar 4.13 <i>Screenshot</i> data pembentukan <i>hseams</i> algoritma Dijk- stra (a) dan Acyclic (b)	51
Gambar 4.14 Potongan <i>code</i> untuk fungsi <i>buildVSeams</i>	52

Gambar 4.15 Potongan <i>code</i> fungsi <i>precomputed</i>	53
Gambar 4.16 Potongan <i>code</i> fungsi <i>Pre.processSeams</i>	53
Gambar 4.17 Potongan kode metode <i>recomputed</i>	54
Gambar 4.18 (a) Sebelum, (b) setelah duplikasi 60 seam <i>recomputed</i>	56
Gambar 4.19 Sampel citra 1: Masai Giraffe	58
Gambar 4.20 citra <i>gradient magnitude</i> dari sampel 1	58
Gambar 4.21 Hasil <i>seam carving</i> sampel 1 dari 240 x 160 (a) menjadi 130 x 150 (b)	61
Gambar 4.22 Citra 5 objek jerapah (a) dan citra <i>gradient magnitude</i> (b)	62
Gambar 4.23(a) citra asli, (b) citra <i>seam carving</i> , (c) citra energi gambar (a), (d) citra energi gambar (b)	65
Gambar 4.24(a) citra asli, (b) citra <i>gradient magnitude</i> citra asli, (c) ha- sil dari pemrosesan <i>seam carving</i> , dan (d) <i>gradient magnitu- de</i> dari hasil <i>seam carving</i>	66

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan [2.1] Rumus <i>Gradient magnitude</i>	15
Persamaan [2.2] Rumus <i>Luminosity</i>	17
Persamaan [2.3] Rumus Persamaan dx dan dy	

@UKDWN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Semakin banyak perangkat elektronik *mobile* yang muncul, semakin bervariasi pula ukuran layar yang digunakan. Sebagian besar pengguna menggunakan perangkat elektronik untuk mengakses halaman web yang biasanya memiliki gambar di dalamnya. Agar gambar yang terdapat dalam halaman web dapat dimuat dalam layar, ukuran dari gambar tersebut harus disesuaikan dengan ukuran layar yang bervariasi. Pengguna pun dapat melakukan *zoom in* dan *zoom out* terhadap halaman web tersebut melalui *browser* yang secara otomatis mengubah ukuran gambar. Artinya proses mengubah ukuran citra menjadi hal yang tidak asing di kalangan awam.

Image scaling dan *cropping* merupakan metode yang kerap dipakai dalam melakukan *image resizing* atau perubahan ukuran citra. Sebagian besar metode yang digunakan adalah *scaling*. *Scaling* merupakan perubahan ukuran citra berdasarkan skala tanpa mempertimbangkan proporsi panjang dan lebarnya. *Scaling* juga tidak mempertimbangkan isi dari citra. *Cropping* terbatas karena hanya menghilangkan *pixel* pada citra dalam batasan area tertentu saja. *Image Resizing* yang lebih efektif dapat dicapai dengan mempertimbangkan isi dari citra dan bukan hanya batasan geometri saja (Avidan & Shamir, 2007).

Citra dalam halaman web merupakan sumber informasi. Sebuah citra dapat memuat informasi dari obyek yang terdapat di dalamnya. Informasi dapat diperoleh pengguna, ketika pengguna dapat melihat obyek dalam citra tersebut dengan jelas. Artinya ketika sebuah gambar berubah ukuran, pengguna berharap agar obyek atau bagian penting yang terdapat di dalamnya tetap terlihat dengan jelas. Dalam penelitian ini,

penulis akan meneliti sebuah metode yaitu *seam carving* yang mengubah ukuran citra dengan mempertimbangkan obyek di dalamnya.

Seam carving adalah sebuah metode untuk mengubah ukuran citra dalam pengolahan citra digital yang memperhatikan dan mempertimbangkan obyek yang terdapat dalam citra tersebut. Secara garis besar, proses pengolahan citra digital ini akan mencari bagian yang kurang penting dari citra berupa rute *pixel* (*path of pixels*) dan menghapusnya untuk mengecilkan ukuran citra atau menduplikasinya untuk memperbesar ukuran citra. Rute *pixel* yang kurang penting merupakan rute *pixel* dengan energi yang paling kecil. Rute *pixel* bisa didapatkan dari atas sampai bawah citra untuk mengubah panjang citra atau dari kiri ke kanan untuk mengubah tinggi citra. Proses untuk menentukan rute *pixel* atau *seam* akan diterangkan pada bagian landasan teori.

Untuk menentukan *pixel-pixel* yang akan diproses, dibutuhkan struktur data yang menampung nilai dari semua *pixel* dalam citra. Struktur data ini nantinya juga akan digunakan untuk mencari *seam* berdasarkan nilai energi yang dimiliki *pixel*. Penelitian ini akan menggunakan *directed weighted graph* sebagai struktur data untuk merepresentasikan *pixel-pixel* dalam citra dan untuk mencari *seam* yang merupakan *shortest path* yang memiliki bobot energi minimal dari graf tersebut.

Algoritma untuk menentukan *seam* mana yang akan diproses yaitu Dijkstra dan Directed Acyclic Graph. Penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah mengimplementasikan algoritma Dijkstra dan Directed Acyclic Graf, dalam pemrosesan citra digital *seam carving* dan membandingkan kedua algoritma tersebut untuk mencari algoritma yang lebih efisien. Penelitian ini juga akan membahas mengenai perbandingan antara *precomputed seams* dan *recomputed seam*. *Precomputed seams* disini didefinisikan sebagai pemakaian struktur data yang digunakan untuk menyimpan *seams of energy* yang telah dikomputasi, artinya sebelum gambar diubah ukurannya, sistem akan melakukan pencarian semua *seam*

terlebih dahulu sehingga pemrosesan selanjutnya sistem tidak perlu mencari *seam* lagi dan tinggal menggunakan struktur data yang menyimpan *seams* sebagai referensi untuk memproses citra. Yang dimaksud *recomputed seam* dalam penelitian ini adalah: sistem akan mencari ulang *seam* baru untuk diproses. Jadi untuk metoderecomputed, sistem akan melakukan pencarian *seam* setiap kali melakukan proses *resize*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Algoritma Dijkstra ataukah Directed Acyclic Graph yang lebih efisien untuk digunakan dalam proses *seam carving* dilihat dari kompleksitas algoritma tersebut?
- 2) Agar performa runtime sistem lebih cepat, diantara *precomputedseams* dan *recomputedseam* metode apakah yang lebih efisien untuk diimplementasikan?

1.3 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan poin-poin batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini:

- 1) Penelitian yang akan dilakukan adalah mengenai pemrosesan citra digital *seam carving* yang bertujuan untuk melindungi informasi penting dalam sebuah citra saat terjadi perubahan ukuran citra digital.
- 2) Algoritma yang akan diteliti merupakan algoritma graf dalam penentuan *shortest path* yaitu Dijkstra dan Directed Acyclic Graph.

- 3) Ada dua (2) perbandingan yang akan diteliti yaitu kompleksitas algoritma tersebut ketika diimplementasikan ke dalam sistem dan kompleksitas metode *precomputed seams* dan *recomputed seam*.
- 4) Data yang akan diteliti akan diperoleh dari komponen pencatatan data yang akan diintegrasikan di dalam sistem. Data yang dicatat berupa waktu lama program dalam melakukan pemrosesan citra.
- 5) Sistem yang akan dibuat merupakan aplikasi web dengan menggunakan HTML 5 dan Javascript.
- 6) Struktur data yang akan dipakai adalah graf asiklis berarah dengan beban terletak pada *vertex* yang mewakili *pixel* dari citra.
- 7) Pengolahan citra digital akan menggunakan sampel penelitian empat(4) citra digital dengan karakteristik objek yang berbeda dalam ukuran sebagai berikut:
 - a. 120×160
 - b. 240×160
 - c. 480×320
 - d. 960×640
- 8) Empat (4) karakteristik obyek citra yang akan digunakan sebagai sampel penelitian (*input*) adalah:
 - a. Citra dengan satu (1) objek mencolok
 - b. Citra dengan lebih dari satu objek mencolok dengan jumlah objek maksimal 5 objek

- c. Citra pemandangan
- d. Citra terpola (*pattern*)

1.4 Hipotesis

Karena penelitian yang dilakukan adalah membandingkan dua hal berarti ada dua hipotesis yang diuraikan dalam penelitian ini. Dua hipotesis tersebut disajikan dalam poin berikut ini:

1) Kompleksitas Algoritma

Perihal kompleksitas algoritma, hipotesis penulis adalah *Directed Acyclic Graph* akan memiliki algoritma yang lebih kompleks karena algoritma tersebut akan mencari *topological order* terlebih dahulu sebelum melakukan proses pencarian *shortest path*. Adapun keterangan lebih lanjut mengenai *topological order* dapat dilihat dalam Bab II dalam kajian landasan teori.

2) Performa *Precomputed* dan *Recomputed*

Dalam perbandingan *precomputed seams* dan *recomputed seam*, penulis memiliki hipotesis bahwa *precomputed seams* akan memiliki performa yang lebih cepat dibandingkan *recomputed seams*. Alasannya adalah karena *precomputed seam* akan mencari dan mensortir *seams* yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan *resize* sehingga tidak perlu melakukan pencarian ulang *shortest path* karena tiap *seam* sudah disimpan dalam sebuah struktur data yang akan disediakan untuk proses ini.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perbandingan implementasi algoritma *shortest path* Dijkstra dan *Acyclic Vertex Weighted* dalam pemrosesan citra digital *seam carving* serta perbandingan implementasinya dalam *pre-computed seams* dan *recomputed seam*, sehingga dapat diperoleh metode yang lebih optimal. Penelitian ini juga bertujuan untuk membuat aplikasi berbasis web yang dapat digunakan sebagai alat pengolah citra digital sesuai dengan konteks penelitian.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis akan melakukan beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut akan dilakukan satu per satu untuk mendapatkan hasil penelitian melalui proses dari tahapan tersebut. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini:

1) Studi Pustaka dan Literatur

Penulis melakukan pencarian terhadap sumber-sumber yang berkaitan dengan topik penelitian. Topik-topik yang berkaitan dengan algoritma yang diteliti dan *seam carving* akan dipelajari untuk membantu peneliti dalam melakukan proses penelitian.

2) Perancangan Sistem

Setelah itu penulis akan mulai merancang sistem yang akan digunakan untuk penelitian. Sistem ini merupakan hasil dari implementasi algoritma yang dipakai dalam penelitian. Sistem ini juga digunakan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Oleh karena itu sebelum sistem ini dibangun penulis harus membuat rancangan sistem yang sesuai dengan konteks penelitian. Proses

perancangan sistem ini akan menghasilkan rancangan antar muka dan *flowchart* yang akan digunakan dalam pembangunan sistem.

3) Pembangunan Sistem

Pembangunan sistem akan dilakukan pada *platform* HTML-5 dan Javascript. Sistem akan dibangun sesuai dengan hasil perancangan sistem dengan mengimplementasikan algoritma yang akan diteliti.

4) Pengumpulan Data dan Analisis

Proses ini adalah proses dimana penulis menggunakan sistem yang sudah dibuat untuk mengumpulkan data. Data yang sudah didapatkan kemudian dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan dari penelitian ini.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian untuk tugas akhir ini terdiri dari lima (5) bab. Secara garis besar lima bab tersebut adalah Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Analisis dan Perancangan Sistem, Implementasi dan Analisis sistem, dan Kesimpulan. Penjelasan detail mengenai bab-bab tersebut akan disajikan dalam paragraf di bawah ini.

Bab I, Pendahuluan berisi tentang latar belakang dan gambaran penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Deskripsi, alasan, tujuan, dan batasan penelitian disajikan dalam bab ini. Bab II adalah Tinjauan Pustaka yang berisi uraian dan landasan teori yang dipakai dalam penelitian ini. Dalam tinjauan pustaka akan diuraikan mengenai proses *seam carving* dan deskripsi mengenai algoritma yang dipakai dalam implementasi sistem untuk penelitian ini.

Bab III dan bab IV akan membahas mengenai sistem dalam penelitian ini. Analisis kebutuhan sistem dan perancangan sistem akan dibahas dalam Bab III. Bab

IV membahas implementasi sistem dan analisis data. Segala hal yang berkaitan dengan sistem dan analisisnya disajikan dalam kedua bab tersebut. Bab III dan bab IV inilah yang nantinya akan dijadikan landasan dalam bab V yaitu kesimpulan.

Bab V, Kesimpulan berisi jawaban dari rumusan masalah yang terdapat dalam Bab I. Jawaban yang didapatkan adalah hasil dari penelitian yang dijabarkan dalam Bab III dan IV. Dalam bab ini juga akan ditulis saran untuk penelitian selanjutnya.

@UKDWN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis percobaan terhadap sistem, berikut ini merupakan kesimpulan yang didapatkan untuk menjawab perumusan masalah yang dituliskan dalam Bab I:

1. Kompleksitas Algoritma Dijkstra dan Acyclic

Dijkstra memiliki kompleksitas yang lebih kecil yaitu $O(4V)$ dibandingkan Acyclic yang memiliki kompleksitas waktu $O(5V)$. Artinya **algoritma Dijkstra memiliki performa yang lebih cepat dibandingkan dengan Acyclic** meskipun pada dasarnya notasi Big Oh kedua algoritma ini sama yaitu $O(V)$.

2. Metode *Precomputed* atau *Recomputed*

Dalam hal kompleksitas, kedua metode ini memiliki kompleksitas yang sama yaitu $O(V^2)$. Kedua metode ini memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, berikut ini merupakan tabel perbandingan antara metode *precomputed* dan *recomputed*:

Tabel 5.1
Tabel kelebihan dan kekurangan metode *precomputed* dan *recomputed*

Kondisi	<i>Precomputed</i>	<i>Recomputed</i>
Jika proses persiapan diperhitungkan dan hanya sekali dijalankan	$O(WV^2)$ dan memiliki waktu eksekusi yang lama karena membutuhkan waktu untuk membentuk <i>list of seams</i>	$O(V^2)$ dan memiliki waktu yang cepat
Jika proses awal tidak diperhitungkan dan proses dilakukan berkali-kali, misal x kali	$O(x \cdot V)$ Waktu yang diperlukan untuk memproses <i>seam</i> sangat cepat karena menggunakan <i>list of seams</i>	$O(x \cdot V^2)$ Waktu yang diperlukan cenderung lama untuk pemrosesan jumlah <i>seam</i> yang besar karena melakukan pencarian <i>seam</i> yang berulang-ulang

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa efisiensi metode tergantung konteks pemakaiannya, **jika proses mempertimbangkan proses awal atau hanya dilakukan sekali transformasi saja, metode *recomputed* lebih efisien**, sedangkan **jika proses tidak mempertimbangkan proses awal dan akan dipakai secara kontinyu, maka metode *precomputed* lebih efisien**.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, penulis menemukan beberapa kendala dalam pembuatan sistem yang dapat menjadi saran untuk penelitian selanjutnya. Berikut ini merupakan poin-poin yang menjadi kendala dalam penelitian:

- 1) Ketika melakukan pemrosesan citra berukuran besar, jika proses memakan waktu yang terlalu lama *browser* akan memunculkan dialog *unresponsive script*. Selain itu, pada waktu pemrosesan citra, proses tersebut tidak dapat di interupsi, sehingga tidak memungkinkan menjalankan proses yang *asynchronous* seperti menampilkan *loading bar* atau persentase pemrosesan citra, agar lama selesai proses dapat di estimasikan oleh pengguna. Solusi untuk masalah ini adalah dengan menggunakan *multithreading* dengan menggunakan *ajax* atau *worker.js*. Penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan *multithreading* untuk aplikasi *seam carving* berbasis web, agar proses yang dilakukan dapat lebih interaktif.
- 2) Untuk melindungi bagian citra yang memiliki energi lebih rendah, dapat ditambahkan metode lain untuk hasil citra yang sesuai keinginan pengguna. Metode seperti *face detecting* dapat digunakan untuk kasus melindungi wajah pada citra foto manusia. *Energy coloring* secara interaktif juga dapat digunakan untuk menentukan objek yang akan dilindungi atau dihilangkan.
- 3) Agar performa lebih cepat dapat dicari algoritma *shortest path* dengan metode lain atau dengan model pemrograman *dynamic programming*.
- 4) Perlu dilakukan penelitian untuk menemukan algoritma yang efisien untuk *seam inserting* sebagaimana dalam metode *precomputed* indeks tiap *vertex* dalam *seam* harus diperbaharui setiap kali *seam* di-*insert*-kan

DAFTAR PUSTAKA

- Avidan, S., & Shamir, A. (2007). Seam Carving for Content-Aware Image Resizing.
- Danziger, P. (n.d.). *Big O Notation*. Retrieved January 19, 2015, from Department of Computer Science - Ryerson University:
<http://www.scs.ryerson.ca/~mth110/Handouts/PD/bigO.pdf>
- David, J. (2005). *Image Gradients*. Retrieved 4 1, 2014, from <http://www.cs.umd.edu/>:
<http://www.cs.umd.edu/~djacobs/CMSC426/ImageGradients.pdf>
- Even, S. (1979). *Graph Algorithms*. Rockville, Maryland: Computer Science.
- Gacs, P., & Lovasz, L. (1999). *Complexity of Algorithm Lecture Notes*.
- Low, A. (1991). *Introductory Computer Vision and Image Processing*. Singapore: McGraw-Hill Book Company (UK) Limited.
- Meng, K. K., Fengming, D., & Guan, T. E. (n.d.). *Introduction to Graph Theory*.
- MIT. (n.d.). http://web.mit.edu/16.070/www/lecture/big_o.pdf. Retrieved January 19, 2015, from MIT - Massachusetts Institute of Technology:
http://web.mit.edu/16.070/www/lecture/big_o.pdf
- Rubinstein, M., Shamir, A., & Avidan, S. (2008). Improved Seam Carving for Video Retargeting. *ACM Transaction on Graphics (TOG)*, 16.
- Sarkar, A., Nataraj, L., & Manjunath, B. S. (2009). Detection of Seam Carving and Localization of Seam. *Proceedings of the 11th ACM workshop on Multimedia and Security*, 107-116.
- Sedgewick, R., & Wayne, K. (2011). *Algorithms*. Massachusetts: Pearson Education, Inc.
- Teuber, J. (1993). *Digital Image Processing*. Hempstead: Prentice Hall International (UK) Ltd.
- Thilagam, K., & Karthikeyan, S. (2012). Optimized Image Resizing using Piecewise Seam Carving. *International Journal of Computer Applications*, 24-30.
- Wu, L., Cao, L., Xu, M., & Wang, J. (2014). A Hybrid Image Retargeting Approach via Combining Seam Carving and Grid Warping. *Journal of Multimedia*, 483-492.

@UKDWN