

Jurnal Ilmiah

DASI

DATA MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI INFORMASI



STMIK AMIKOM
YOGYAKARTA

VOL. 17 NO. 2 JUNI 2016
JURNAL ILMIAH
Data Manajemen Dan Teknologi Informasi

Terbit empat kali setahun pada bulan Maret, Juni, September dan Desember berisi artikel hasil penelitian dan kajian analitis kritis di dalam bidang manajemen informatika dan teknologi informatika. ISSN 1411-3201, diterbitkan pertama kali pada tahun 2000.

KETUA PENYUNTING

Abidarin Rosidi

WAKIL KETUA PENYUNTING

Heri Sismoro

PENYUNTING PELAKSANA

Kusrini

Emha Taufiq Luthfi

Hanif Al Fatta

Anggit Dwi Hartanto

STAF AHLI (MITRA BESTARI)

Jazi Eko Istiyanto (FMIPA UGM)

H. Wasito (PAU-UGM)

Supriyoko (Universitas Sarjana Wiyata)

Janoe Hendarto (FMIPA-UGM)

Sri Mulyana (FMIPA-UGM)

Winoto Sukarno (AMIK "HAS" Bandung)

Rum Andri KR. (AMIKOM)

Arief Setyanto (AMIKOM)

Krisnawati (AMIKOM)

Ema Utami (AMIKOM)

ARTISTIK

Amir Fatah Sofyan

TATA USAHA

Lya Renyta Ika Puteri

Murni Elfiana Dewi

PENANGGUNG JAWAB :

Ketua STMIK AMIKOM Yogyakarta, Prof. Dr. M. Suyanto, M.M.

ALAMAT PENYUNTING & TATA USAHA

STMIK AMIKOM Yogyakarta, Jl. Ring Road Utara Condong Catur Yogyakarta, Telp. (0274) 884201

Fax. (0274) 884208, Email : jurnal@amikom.ac.id

BERLANGGANAN

Langganan dapat dilakukan dengan pemesanan untuk minimal 4 edisi (1 tahun) pulau jawa Rp. 50.000 x 4 = Rp. 200.000,00 untuk luar jawa ditambah ongkos kirim.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor dalam Memprediksi Potensi Calon Kreditur Di KSP Galih Manunggal	1-6
Agung Nugroho (Sistem Informasi STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Implementasi VPN Server dalam Sistem Informasi Apotek (Studi Kasus Integrasi Sistem Informasi Apotek Santi Pontianak).....	7-12
Anang Masykuri ¹⁾ , Ema Utami ²⁾ , Sudarmawan ³⁾ (¹⁾ SMA Negeri 4 Pontianak, ^{2,3)} Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Perancangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web di Akademi Kesehatan Sapta Bakti Bengkulu	13-20
Andika Wendi Febrian ¹⁾ , Kusri ²⁾ , M. Rudyanto Arief ³⁾ (¹⁾ Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta, ^{2,3)} Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Image Matting untuk Ekstraksi Objek Rambut pada Citra Digital.....	21-30
Anyan ¹⁾ , Ema Utami ²⁾ , Amir Fatah Sofyan ³⁾ (¹⁾ STKIP Persada Khatlistiwa Sintang, ²⁾ Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta, ³⁾ Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Perancangan Sistem Informasi Pendaftaran Mahasiswa Aktif Kembali di STMIK AMIKOM Yogyakarta.....	31-37
Eli Pujastuti (Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Dosen Sebagai Pemandu Usulan Kenaikan Jabatan Akademik.....	38-45
Indyah Hartami Santi ¹⁾ , Ema Utami ²⁾ , Armadyah Ambarowati ³⁾ (¹⁾ Teknik Informatika Universitas Islam Balitar Blitar, ²⁾ Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta, ³⁾ Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Perencanaan Strategis Sistem Informasi untuk Pengelolaan Kepemimpinan di Sekolah Muhammadiyah Kota Yogyakarta.....	46-52
Jefree Fahana ¹⁾ , Ema Utami ²⁾ , Armadyah Ambarowati ³⁾ (¹⁾ Majelis Dikdasmen Pimpinan Wilayah Muhammadiyah D.I.Yogyakarta, ²⁾ Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta, ³⁾ Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Analisis dan Perancangan Sistem E-Filing Standard Operating Procedure Menggunakan Five Core Workflow Rational Unified Proses.....	53-61
Lukman (Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Sistem Penunjang Keputusan untuk Seleksi Calon Guru Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP).....	62-66
Mulia Sulistiyono (Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	

Sistem Pakar E-Tourism pada Dinas Pariwisata D.I.Y Menggunakan Metode Forward Chaining	67-75
Rizki Wahyudi ¹⁾ , Ema Utami ²⁾ , M. Rudyanto Arief ³⁾	
(¹⁾ AMIK-AKTAN “Boekittinggi”, ^{2,3)} Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Indeks Penilaian Tingkat Kematangan (Maturity) IT Governance pada Manajemen Keamanan Layanan Teknologi Informasi.....	76-82
Robert Marco	
(Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	
Studi Deskriptif Pola Pemanfaatan Free Wi-Fi Berdasarkan Konten yang Diakses pada Mahasiswa STMIK AMIKOM Yogyakarta.....	83-87
Sri Mulyatun ¹⁾ , Sri Ngudi Wahyuni ²⁾	
(¹⁾ Manajemen Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta, ²⁾ Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta)	

IMAGE MATTING UNTUK EKSTRAKSI OBJEK RAMBUT PADA CITRA DIGITAL

Anyan¹⁾, Ema Utami²⁾, Amir Fatah Sofyan³⁾

¹⁾ STKIP Persada Khatlistiwa Sintang

²⁾ Magister Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta

³⁾ Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta

email : anyanright@gmail.com¹⁾, ema.u@amikom.ac.id²⁾, amir@amikom.ac.id³⁾

Abstrak

Mating adalah sebuah metode yang digunakan untuk ekstraksi objek dari latarbelakangnya dengan tujuan untuk menempatkan objek tersebut pada citra latarbelakang baru. Ekstraksi objek foreground dari gambar secara keseluruhan memainkan peranan yang penting dalam proses image editing. Akurasi segmentasi citra dan pemisahan objek foreground dari gambar latarbelakang ditentukan oleh sebagian atau keseluruhan dari piksel-piksel suatu citra. Permasalahan yang timbul dalam mengekstraksi objek adalah bagaimana mendapatkan batas tepi terluar yang tepat pada objek dalam citra digital. Dalam penelitian ini dirancang skema segmentasi citra untuk dapat melakukan ekstraksi objek pada citra digital menggunakan algoritma-algoritma yang disusun berdasarkan tahapan proses; segmentasi awal (algoritma growcut), pembuatan trimap otomatis (operasi dilasi dan erosi), ekstraksi objek (closed form matting). Sampel data berupa foto ukuran 1024x768 piksel, objek berambut lurus dan berambut keriting. Pengambilan gambar di alam bebas (natural) dan di dalam ruangan (green screen) untuk membedakan tingkat kesulitan dalam mengekstraksi objek. pengukuran kualitas menggunakan SNR, membandingkan alpha matte hasil ekstraksi yang menggunakan trimap manual dan trimap otomatis terhadap ground truth (matte referensi). Hasil pengujian SNR menunjukkan bahwa penggunaan trimap manual masih lebih baik secara kualitas dari penggunaan trimap otomatis, hal ini disebabkan pemetaan trimap pada saat pembentukan trimap otomatis belum maksimal memisahkan bagian objek tepat pada batas tepi objek yang sebenarnya. Namun dari segi waktu proses penggunaan trimap otomatis lebih cepat. Analisis terhadap latarbelakang menunjukkan bahwa penggunaan latarbelakang berpengaruh terhadap waktu proses matting, latarbelakang green screen relatif lebih cepat. Analisis terhadap jenis rambut menunjukkan jenis rambut objek juga berpengaruh terhadap lama waktu proses, jenis rambut lurus relatif lebih cepat dibanding jenis rambut keriting.

Kata Kunci:

Image Matting, Ekstraksi Objek, Alpha Matting, Growcut, Closed Form Mating

Pendahuluan

Dalam dunia perfilman, desain grafis bahkan studio photo tidak terlepas dari proses *image editing*. Mengolah gambar membuat poster, banner, baliho, undangan, atau desain gambar latar belakang dalam sebuah *scene* film memiliki tingkat kesulitan tersendiri. Mengganti latar belakang gambar, menggabungkan beberapa citra, menambah objek dan menghapus objek dalam citra merupakan proses *image editing*. Ekstraksi objek *foreground* dari gambar secara keseluruhan memainkan peranan yang penting dalam proses *image editing*. Akurasi segmentasi citra dan pemisahan objek *foreground* dari gambar latarbelakang ditentukan oleh sebagian atau keseluruhan dari piksel-piksel suatu citra.

Permasalahan yang timbul dalam mengekstraksi objek adalah bagaimana mendapatkan batas tepi terluar yang tepat pada objek dalam citra digital. Objek dengan batas tepi jelas dapat diselesaikan dengan metode sederhana seperti deteksi tepi (*edge detection*). Dalam beberapa kasus, untuk objek-objek yang batas tepinya halus, kabur atau tidak jelas, yang disebabkan oleh perbedaan intensitas piksel pada suatu area dilakukan metode yang kompleks agar bisa mendapatkan batas tepi terluar yang tepat dari objek.

Untuk dapat melakukan segmentasi objek dengan batas tepi yang tidak jelas yaitu menggunakan perhitungan nilai *alpha* piksel. *Alpha* pada citra disebut sebagai nilai derajat *opacity* pada tiap piksel [11]. Nilai derajat ini berada pada rentang 0 – 1. Dalam hal ini area yang berada dalam area tersebut dikenal dengan *unknown region* atau “area tak pasti”.

Teknik segmentasi yang didasarkan pada perhitungan nilai *matte* disebut *image matting*. *Matting* adalah sebuah metode untuk mengambil *foreground* (objek) dari sebuah gambar untuk kemudian (digabungkan) *compositing* dengan gambar yang lain [5]. Tugas *Image Matting* adalah untuk mengekstraksi objek *foreground* dari sebuah gambar dengan memperkirakan warna dan *opacity* untuk setiap pixel dari objek *foreground*. *Opacity* pixel *i* disebut *alpha* (α_i) dan seluruh peta *opacity* disebut sebagai *alpha matte* (α).

Penelitian tentang *image matting* terus berkembang hingga saat ini. Beberapa penelitian mencoba untuk menemukan metode agar dapat memberikan hasil segmentasi sebaik *blue screen matting*. Beberapa metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan proses *matting* diantaranya adalah *Alpha Matting*, *Knockout Matting*, *Closed-*

Form Matting, Spectral Matting, Bayesian Matting, Poisson Matting, nonlocal Matting, KNN Mating dan lain-lain.

Pada umumnya penerapan teknik *matting* menggunakan *trimap* atau *scribble* sebagai sebuah pendekatan untuk mendapatkan *alpha matte*. Penggunaan *trimap* manual dirasa masih kurang efisien dalam segi waktu, karena setiap ada citra baru untuk diekstraksi maka harus dibuat *trimap* manual terlebih dahulu baru dapat mengeksekusi proses *matting*.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka dalam penelitian ini akan dirancang sebuah skema segmentasi citra untuk mengekstraksi objek rambut yang dirumuskan sebagai berikut: (a) Bagaimana membangun aplikasi simulasi ekstraksi objek pada citra digital menggunakan teknik *matting*?, (b) Bagaimana waktu proses *matting* menggunakan *trimap* manual dan *trimap* otomatis?, (c) Bagaimana waktu proses *matting* terhadap gambar latarbelakang *natural* dan latarbelakang *green screen*?, (d) Bagaimana waktu proses *matting* terhadap gambar objek berambut lurus dan objek berambut keriting?, (e) Bagaimana kualitas hasil ekstraksi objek diukur menggunakan alat ukur SNR terhadap *ground truth*?

Agar penelitian ini tidak menjadi luas atau keluar dari konteks permasalahan maka dibatasi sebagai berikut: Objek yang diteliti adalah objek diam pada citra digital, gambar berwarna, format jpg, ukuran 1024x768, Sampel data gambar objek berambut lurus dan berambut keriting dengan settingan pengambilan objek menggunakan latarbelakang *natural* dan latarbelakang satu *green screen*.

Tujuan penelitian : (a) menghasilkan aplikasi simulasi untuk mengekstraksi objek pada citra digital menggunakan teknik *matting*, (b) Mendapatkan informasi kualitas hasil ekstraksi objek diukur menggunakan alat ukur SNR terhadap *ground truth*, (c) Mendapatkan informasi waktu proses *matting* menggunakan *trimap* manual dan *trimap* otomatis (d) Mendapatkan informasi waktu proses *matting* terhadap gambar latarbelakang *natural* dan latarbelakang *green screen*, (e) Mendapatkan informasi waktu proses *matting* terhadap gambar objek berambut lurus dan objek berambut keriting. Sedangkan manfaat yang diharapkan adalah membantu meniadakan teknik pengambilan foto dalam studio yang menggunakan latarbelakang *green screen* dan mempercepat proses pengolahan foto atau gambar bagi pelaku desain grafis atau studio foto dalam mengekstraksi objek

Tinjauan Pustaka

Penelitian terdahulu yang berkenaan dengan teknik *matting* dan ekstraksi objek diantaranya adalah penelitian dengan judul “Fast Approach for Natural Image Matting Using Structure Information” [11] membahas mengenai teknik cepat dalam *natural*

image matting menggunakan informasi struktur, dengan memperkirakan warna komponen berdasarkan informasi struktur pada gambar. Menggunakan dua jenis metode estimasi untuk penyebaran warna berdasarkan jenis struktur. Masukan *trimap* dari user, segmentasi awal dilakukan dengan mendeteksi informasi struktur tiap-tiap piksel yang belum jelas dengan menggunakan 9-*neighborhood*. Hasil pengujian, teknik dapat berjalan cepat dan efisien dalam menangani objek dengan struktur yang kuat. Mampu mengestimasi jenis halus seperti rambut. Kesamaan dengan penulis sama menggunakan *trimap* dari input user, namun algoritma segmentasi awal dan algoritma *matting* berbeda, penulis menggunakan algoritma *growcut* untuk segmentasi awal dan algoritma *closed form matting* untuk proses *matting*nya.

Penelitian “Aplikasi Digital Matting Menggunakan Metode Bayesian Approach” Proses awal pada aplikasi adalah *color quantization* untuk membentuk kelompok-kelompok warna yang kemudian diproses menggunakan metode *Bayesian* dan menghasilkan *alpha matte* dari gambar. Selanjutnya *alpha matte* digunakan untuk digabungkan dengan gambar yang baru. Hasil penelitian gambar *composite* sangat dipengaruhi oleh *trimap*, kecepatan proses tergantung pada luas *unknown region* dan *neighborhood*. Ketegasan gambar hasil dipengaruhi oleh *minimum variance*[5]. Penelitian ini mencoba menggunakan *trimap* berbeda pada gambar yang sama. *Trimap* yang digunakan adalah *trimap* manual. Perbedaan dengan penulis, penulis menggunakan *trimap* manual dan *trimap* otomatis, algoritma segmentasi awal dan algoritma *matting* yang digunakan juga berbeda dengan penulis.

Penelitian berikutnya membahas mengenai *alpha matting* dengan *adaptive threshold*. Menggunakan algoritma Otsu untuk menghasilkan nilai *threshold* yang selanjutnya diberikan sebagai nilai *alpha* dalam “*pulling matte*”. Hasil objek *foreground* yang dipisahkan selanjutnya diukur kualitasnya dengan menggunakan *MSE*. Proses pengukuran dilakukan dengan mencari perbedaan antara objek *foreground* yang terdapat pada gambar masukan dengan objek *foreground* hasil *matting*. Hasil pengujian dengan metode Otsu dapat dilakukan secara adaptif terhadap beberapa kasus. Pada pengukuran kualitas dengan *MSE* jumlah piksel *error* belum optimal [6]. Perbedaan dengan penulis pada penggunaan algoritma segmentasi awal dan algoritma *matting*, cara pengukuran kualitas juga berbeda penulis mencari kedekatan nilai SNR atau yang mirip, sedangkan pada penelitian tersebut mencari perbedaan antara objek *foreground* masukan dengan objek *foreground* hasil *matting*.

Landasan Teori
Segmentasi Citra

Segmentasi citra bertujuan untuk membagi wilayah-wilayah yang homogen. Segmentasi adalah salah satu metode penting yang digunakan untuk mengubah citra *input* ke dalam citra *output* berdasarkan atribut yang diambil dari citra tersebut [4]. Sedangkan menurut [2] Segmentasi adalah proses yang membagi citra ke dalam region-region.

Tepi Objek

Tepi Objek adalah pertemuan antara bagian objek dan bagian latarbelakang [4]. Tepian Citra adalah posisi dimana intensitas piksel dari citra berubah dari rendah ke nilai tinggi atau sebaliknya [3]. Tepian citra dapat merepresentasikan objek-objek yang terkandung dalam citra tersebut, baik bentuk, ukuran dan juga informasi tentang teksturnya.

Image Matting

Mating adalah sebuah metode yang digunakan untuk ekstraksi objek dari latarbelakangnya dengan tujuan untuk menempatkan objek tersebut pada citra latarbelakang baru. *Matting* diartikan sebagai sebuah proses segmentasi citra yang didasarkan pada perhitungan nilai *matte* [12]. *Image Matting* adalah teknik penting dalam gambar dan video editing, yang awalnya dikembangkan untuk produksi film dan video [7].

Algoritma Growcut

Growcut merupakan algoritma segmentasi citra yang menggunakan *Cellular Automaton* sebagai pemodelan pada citra. *Cellular Automaton* adalah sebuah algoritma diskrit dalam kawasan waktu dan ruang yang beroperasi pada kisi-kisi dari citra (piksel) $p \in P \subseteq Z^n$. *Cellular Automaton* adalah sebuah triplet $A = (S, N, \delta)$, dimana S adalah kumpulan keadaan (*state set*) yang tidak kosong, N adalah sistem ketetanggaan (*neighborhood system*), dan $\delta: S^N \rightarrow S$ adalah fungsi transisi lokal. Fungsi ini menentukan aturan perhitungan keadaan sel pada langkah waktu $t+1$, kumpulan sel ketetanggaan diberikan pada langkah waktu t sebelumnya [14].

Umumnya sistem ketetanggaan N (*neighborhood system*) yang digunakan adalah *von Neumann neighborhood* dan *Moore neighborhood*. Dapat dilihat pada persamaan 1.1 dan 1.2 berikut [14]:

$$N(p) = \{q \in Z^n : \|p - q\|_1 = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i| = 1\}; \tag{2.1}$$

$$(p) = \{q \in Z^n : \|p - q\|_\infty = \max_{i=1, n} |p_i - q_i| = 1\}; \tag{2.2}$$

Cell state S_p juga merupakan tiplet $(l_p, \theta_p, \vec{C}_p)$ dengan l_p adalah label sel saat ini, θ_p adalah ‘kekuatan’ dengan $\theta_p \in [0,1]$, dan \vec{C}_p adalah vektor ciri sel.

Citra digital merupakan sebuah array dua dimensi yaitu $k \times m$, untuk $\forall p \in P$ diberikan persamaan berikut:

$$l_p = 0, \theta_p = 0, \vec{C}_p = RGB_p; \tag{2.3}$$

dimana RGB_p vektor tiga dimensi warna piksel p dalam ruang RGB .

Metode ini bekerja dengan menerima *seed* sebagai masukan awal. *Seed* tersebut akan menjadi sel awal yang terus berkembang mengisi piksel-piksel yang memenuhi syarat. Sel tersebut terus berkembang dengan cara ‘menyerang’ tiap sel tetangganya. Kekuatan serang ini disimbulkan dengan θ_p , sedangkan jarak antara sel penyerang dengan pertahanan disimbulkan dengan vektor \vec{C}_q dan \vec{C}_p . Jika kekuatan penyerang lebih besar dari pertahanan maka sel pertahanan akan dikalahkan, sehingga label dan kekuatannya diubah. Hal ini akan terus berlanjut hingga ukuran wilayah sel penyerang stabil dan tidak berubah [14].

Berikut adalah *Pseudocode cellular automaton* [14] :

```

=====
// untuk tiap sel...
for  $\forall p \in P$ 
    //salin state sebelumnya
     $l_p^{t+1} = l_p^t;$ 
     $\theta_p^{t+1} = \theta_p^t;$ 
    //neighborhood mencoba mengganggu sel
    sekarang
    for  $\forall p \in N(p)$ 
        if  $g(\|\vec{C}_p - \vec{C}_q\|_2) \cdot \theta_q^t > \theta_p^t$ 
             $l_p^{t+1} = l_p^t$ 
             $\theta_p^{t+1} = g(\|\vec{C}_p - \vec{C}_q\|_2) \cdot \theta_q^t$ 
        End if
    End for
End for
=====

```

Dimana g merupakan fungsi penurunan, dengan persamaan berikut:

$$g(x) = 1 - \frac{x}{\max |c|_2}; \tag{2.4}$$

Algoritma diiterasi sampai *label* lokal berhenti mengupdate.

Dilasi dan Erosi

Operasi *dilasi* biasa digunakan untuk mendapatkan efek pelebaran terhadap piksel bernilai 1. Jika A dan B adalah anggota Z^2 , dilasi antara A dan B dinyatakan $A \oplus B$ dan didefinisikan sebagai berikut [3]:

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\} \tag{2.5}$$

Persamaan ini didasarkan pada perrefleksian B terhadap originnya, dan penggeseran refleksi oleh z . Dilasi A oleh B kemudian adalah semua displacement z , sebagaimana B dan A overlap oleh sedikit satu elemen. Berdasarkan interpretasi tersebut, persamaan di atas dapat ditulis kembali secara ekivalen sebagai berikut [3]:

$$A \oplus B = \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\} \quad (2.6)$$

Himpunan B adalah strel, sedangkan A himpunan (objek citra) yang terdilasi.

Operasi *erosi* mempunyai efek memperkecil struktur citra. Jika A dan B himpunan dalam Z^2 , erosi A oleh B dinyatakan dengan $A \ominus B$, didefinisikan sebagai berikut (Gonzalez & Woods, 2008):

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad (2.7)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa erosi A oleh B adalah kumpulan semua titik, dimana B ditranslasikan oleh z di dalam sisi A. Dalam hal ini B adalah strel. Persamaan erosi tersebut dapat ditulis ulang dengan bentuk ekivalennya, sebagai berikut [3]:

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \cap A^c = \emptyset\} \quad (2.8)$$

dimana A^c adalah komplemen A, dan \emptyset adalah himpunan kosong.

Trimap

Trimap adalah sebuah peta dua dimensi yang terdiri atas tiga wilayah, yakni wilayah “pasti latardepan”, wilayah “pasti latarbelakang” dan wilayah “tak dikenal” atau “*unkown region*”.

Trimap adalah sebuah gambar *pre-segmented* yang terdiri dari tiga bagian, yaitu *foreground*, *background*, dan *unknown*. *Foreground* adalah bagian yang ingin diambil dari gambar. *Background* adalah bagian yang akan dibuang dari gambar, sedangkan *unknown* adalah bagian dari gambar dimana pixel-pixel dalam bagian ini akan diproses untuk mendapatkan nilai *opacity* [5]. *Trimap* digunakan sebagai dasar dalam metode *matting* untuk menentukan batas tepi yang tepat dari objek pada citra. *Trimap* dapat dibuat secara manual maupun otomatis.

Trimap manual dapat dibuat menggunakan photoshop CS 5, *tool brush* pada photoshop dapat digunakan untuk memberikan sapuan pada wilayah ‘pasti latardepan’ dan ‘pasti latarbelakang’, dan ‘area tidak pasti’. Setiap citra baru yang akan diekstraksi harus dibuat *trimap* secara manual terlebih dahulu baru dapat digunakan untuk mengekstraksi objek.

Untuk pembuatan *trimap* otomatis dilakukan dengan menghitung faktor *fuzziness* batas terluar latardepan hasil segmentasi. Faktor *fuzziness* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.9) dilasi dan persamaan (2.10) erosi.

Faktor *fuzziness* untuk dilasi dihitung dengan cara berikut [8]: (a) Membuat jendela 3 x 3 dengan pusatnya adalah tiap piksel pada batas terluar wilayah segmentasi, (b) Tiap-tiap piksel tersebut dijumlahkan semua nilai minimum dari perbandingan antara tiap piksel yang terkena jendela dengan nilai komplementernya, (c) kemudian hasil penjumlahannya dihitung rata-ratanya.

Faktor *fuzziness* (γ_d) untuk dilasi dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\gamma_d = \frac{1}{|W_k|} \sum_{k \in W_k} \min(\alpha_k, 1 - \alpha_k) \quad (2.9)$$

Faktor *fuzziness* untuk erosi dihitung dengan cara berikut [8]: (a) Membuat jendela 3 x 3 dengan pusatnya adalah tiap piksel pada batas terluar wilayah segmentasi, (b) Tiap-tiap piksel tersebut dijumlahkan semua nilai maksimum dari perbandingan antara tiap piksel yang terkena jendela dengan nilai komplementernya, (c) kemudian hasil penjumlahannya dihitung rata-ratanya.

Faktor *fuzziness* (γ_e) untuk erosi dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\gamma_e = \frac{1}{|W_k|} \sum_{k \in W_k} \max(\alpha_k, 1 - \alpha_k) \quad (2.10)$$

Dengan $|W_k|$ adalah ukuran jendela W_k , yakni 9 dan α_k adalah nilai *matte* untuk tiap-tiap piksel pada jendela. Maka tiap piksel akan memiliki nilai faktor masing-masing. Kemudian nilai faktor ini dijadikan sebagai pengali terhadap jari-jari maksimum (r_{max}) untuk mendapatkan jari-jari piksel (r_p) ketika dierosi dan dilasi, p adalah tiap piksel pada batas terluar. Jari-jari ini perlu dihitung karena elemen pembentukan *structuring element* (SE_p) yang digunakan adalah lingkaran. Rumus untuk menghitung jari-jari masing-masing piksel adalah sebagai berikut [8]:

$$r_p = \gamma \cdot r_{max} \quad (2.11)$$

Rumus ini berlaku untuk proses dilasi maupun erosi.

Untuk mendapatkan daerah “*unknown region*” yaitu dengan mengurangi hasil proses dilasi dengan hasil proses erosi, sehingga terbentuk “area tidak dikenal” diantara area latardepan dengan area latarbelakang.

Penggunaan nilai maksimum pada proses erosi untuk memberikan faktor yang lebih besar, agar proses erosi mampu menipiskan daerah latardepan lebih banyak, sehingga berada di dalam batas terluar objek yang sebenarnya. Sementara penggunaan nilai minimum pada proses dilasi untuk memberikan faktor lebih kecil, agar proses dilasi melebarkan daerah latardepan lebih sedikit, sehingga berada di luar batas terluar objek yang sebenarnya, tapi masih cukup memberikan batas pasti antara latarbelakang dengan batas terluar objek yang sebenarnya.

Metode Closed Form Matting

Pada dasarnya sebuah citra tersusun atas tiga komponen utama, yaitu latardepan (F), latarbelakang (B), dan *alpha matte* (α) yang dirumuskan seperti pada persamaan (2.17). Persamaan tersebut diubah kedalam persamaan *matting* yang linier dalam daerah *unknown*, dengan mengasumsikan variabel F dan B kedalam dua variabel baru, yaitu a dan b untuk tiap piksel i pada I , menjadi persamaan sebagai berikut [10]:

$$\alpha_i = a_i^T I_i + b \quad (2.12)$$

dimana $a = \frac{1}{F-B}$, $b = -\frac{B}{F-B}$. Persamaan ini sekaligus mempermudah pengolahan citra RGB, sehingga hanya akan ada empat *unknown* (3 untuk a dan 1 untuk b). Berbeda kalau menggunakan persamaan (2.17), untuk citra RGB akan ada enam *unknown* (3 untuk F , 3 untuk B). Untuk hal ini F dan B harus diestimasi secara terpisah berdasarkan chanel warna [10].

Metode *Closed Form Mating* mengasumsikan bahwa untuk tiap-tiap piksel, nilai j , a , b adalah konstan pada jendela (*patch*) w_j yang berukuran 3 x 3. Fungsi objektif dari metode ini dapat dilihat pada persamaan berikut [10]:

$$J(\alpha, a, b) = \sum_j \sum_{i \in w_j} (a_j^T I_i + b_j - \alpha_i)^2 + \epsilon a_j^2 \tag{2.13}$$

variabel ϵa_j^2 mengendalikan kehalusan *alpha matte* dan terikat dengan aturan $a \sim N(\frac{0,1}{\epsilon})$. Dikarenakan modelnya linier dalam parameter a dan b , maka nilai a dan b dapat diintegrasikan untuk mendapatkan estimasi *alpha matte* termajinal $\hat{\alpha}$ [10].

Penelitian [10] menunjukkan bahwa estimasi marjinal dapat dihasilkan dengan menuliskan persamaan terlinierisasi untuk keseluruhan wilayah *unknown* dan solusi deterministik merupakan invers dari matriks. *Closed form solution* disimpulkan dengan persamaan sebagai berikut [10]:

$$(L + \lambda D_s) = \lambda b_s \tag{2.14}$$

dimana $\lambda > 0$ adalah sebuah nilai yang cukup besar, D_s adalah matrik diagonal yang elemennya adalah 1 untuk *scribble* pada trimap dan 0 pada elemen selain itu. Parameter b_s merupakan vektor yang mengandung nilai-nilai α pada *scribble*.

Matriks *sparse L* adalah *matting Laplacian* dengan nilai $L(i, j)$ yang ditunjukkan dalam persamaan berikut [10]:

$$\sum_{k|(i,j) \in w_k} \left(\delta_{i,j} - \frac{1}{|w_k|} (1 + (I_i - \mu_k)) (R_k + \frac{\epsilon}{|w_k|})^2 (I_j - \mu_k) \right) \tag{2.15}$$

dimana R_k adalah matriks *covariance* untuk jendela (*patch*) w_k .

Alpha Matte

Alpha disebut sebagai nilai derajat *opacity* pada tiap piksel [9]. Jika ditinjau secara keseluruhan citra *opacity* ini disebut sebagai *alpha matte* atau *key*. Nilai derajat ini berada pada rentang 0 – 1. Dalam hal ini area yang berada dalam area tersebut dikenal dengan *unknown region* atau “area tak pasti”. Jadi nilai *alpha* atau *alpha matte* adalah nilai piksel yang berada dalam area “*unkown region*”, yaitu diantara area *foreground* (F) dengan area (*background* (B)).

Signal to Noise Ratio(SNR)

Dalam penelitian ini akan diukur unjuk kerja sistem dengan menghitung nilai SNR dari *alpha matte* hasil ekstraksi terhadap *alpha matte* referensi (*ground truth*), dengan persamaan sebagai berikut[1]:

$$SNR = \frac{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N f(x,y)^2}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [f(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2} \tag{2.16}$$

Dengan $f(x, y)$ adalah nilai *alpha matte* referensi dan $\hat{f}(x, y)$ adalah nilai *alpha matte* yang diuji, yaitu nilai hasil ekstraksi dari proses *matting*.

10).Rekomposisi (Compositing)

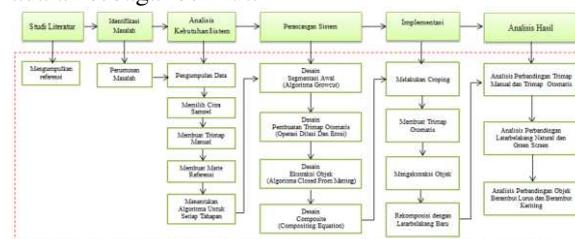
Pada proses *compositing*, sebuah gambar baru $I(x,y)$ bisa didapatkan dari berbagai kombinasi *background* $B(x, y)$ dan *foreground* $F(x, y)$ dengan menggunakan *alpha matte* $\alpha(x, y)$, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$I = \alpha F + (1 - \alpha) B \tag{2.17}$$

dimana nilai dari $\alpha(x, y)$ berada antara [0,1]. Ketika nilai $\alpha(x, y)=1$ atau 0 dapat diartikan bahwa piksel pada (x, y) adalah pasti *foreground* atau pasti *background*, selain itu maka nilai pada pixel tersebut merupakan perpaduan keduanya [13].

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian secara mandiri, objek yang diteliti adalah objek-objek dalam citra digital yaitu, rambut lurus dan rambut keriting. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



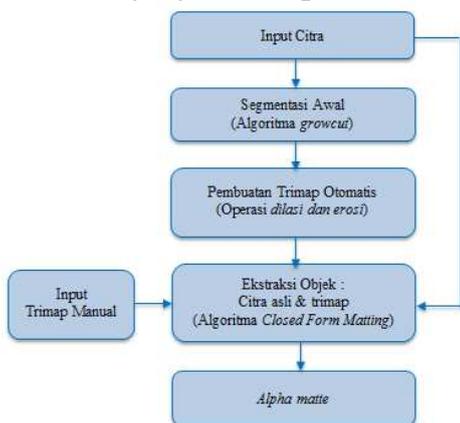
Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian

Metode pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur dengan membaca beberapa buku tentang pengolahan citra digital, membaca jurnal, tesis maupun artikel-artikel terkait yang masih ada hubungan dengan permasalahan yang dibahas. Sampel data yang digunakan berupa foto atau gambar berwarna (RGB) dengan format .jpg berukuran 1024 x 768 piksel. Gambar sampel dengan objek berambut lurus dan objek berambut keriting. Pengambilan sampel citra menggunakan kamera DSLR Cannon 1100D dengan setingan objek di depan latarbelakang *natural* dan di depan latarbelakang *green screen*. Perbedaan latarbelakang pada saat pengambilan foto dimaksudkan untuk membuat tingkatan ekstrim atau tingkat kesulitan dari citra yang akan diolah serta untuk melihat apakah ada perbedaan waktu proses maupun kualitas dari dua latarbelakang yang berbeda.

Analisis hasil dilakukan dengan cara sebagai berikut: (a) Membandingkan waktu proses *matting* penggunaan trimap manual dengan penggunaan trimap otomatis, (b) Membandingkan waktu proses *matting* gambar latarbelakang *natural* dengan latarbelakang *green screen*, (c) Membandingkan

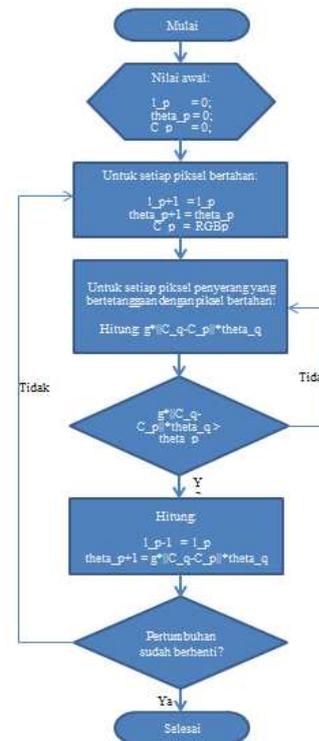
waktu proses *matting* gambar objek berambut lurus dengan objek berambut keriting. (d) Membandingkan hasil ekstraksi penggunaan trimap manual dengan penggunaan trimap otomatis berdasarkan nilai SNR *alpha matte*. Dalam hal ini hasil ekstraksi dikatakan memiliki kualitas baik apabila *alpha matte* hasil ekstraksi memiliki nilai SNR lebih tinggi atau hampir sama (mirip) dengan nilai SNR *ground truth* (*alpha matte* referensi). Perbandingan waktu proses yang memiliki rata-rata waktu yang relatif singkat dan menampilkan hasil segmentasi yang terlihat rapi dianggap sebagai hasil terbaik dari proses ini.

Rancangan sistem dalam penelitian ini terdiri urutan-urutan skema algoritma yang disusun berdasarkan tahapan proses sebagai berikut:



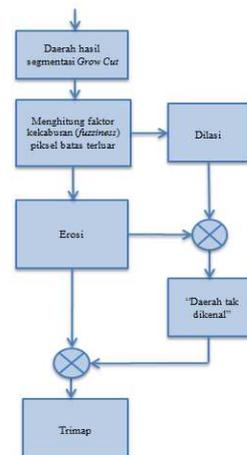
Gambar 2. Diagram Rancangan Sistem

Segmentasi awal menerapkan algoritma *growcut* untuk memotong area objek atau *foreground* yang akan diambil. Pemotongan tersebut berdasarkan interaksi dari user untuk memberikan garis pembatas di dalam objek dan di luar objek.



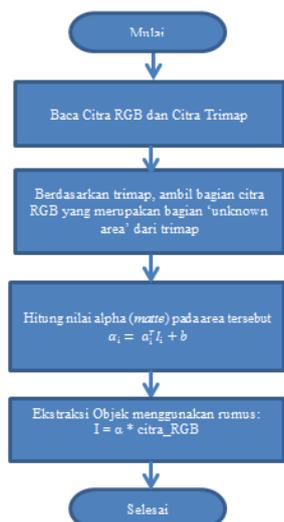
Gambar 3. Diagram Alir Algoritma GrowCut

Tahap *Pembuatan Trimap Otomatis* menerapkan operasi *morfologi: dilasi* dan *erosi*, menggunakan citra hasil segmentasi proses *growcut* sebelumnya. Proses ini akan membentuk pembagian wilayah citra menjadi tiga area, yaitu 'pasi latardepan' (*foreground*), 'pasi latarbelakang' (*background*), dan 'area tak dikenal' (*unknown region*).



Gambar 4. Diagram Pembuatan Trimap Otomatis

Tahap ekstraksi objek menerapkan algoritma *Closed Form Matting* untuk mengestimasi *alpha matte*. Proses ini menggunakan citra asli dan trimap sebagai citra masukan, dan hasil akhir berupa citra *alpha matte*.



Gambar 5. Diagram Alir Algoritma Closed Form Matting

Berdasarkan trimap sistem akan mengambil bagian citra RGB yang merupakan bagian “*unknown region*” dari trimap kemudian menghitung nilai *alpha matte* pada area tersebut. Setelah nilai *alpha matte* diperoleh lalu objek diekstraksi menggunakan rumus $I = \alpha * \text{citra_RGB}$, yaitu mengalikan nilai *alpha matte* dengan citra RGB.

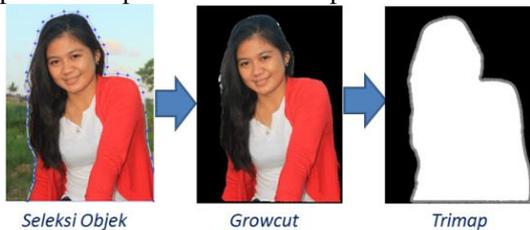
Hasil dan Pembahasan

Aplikasi simulasi ekstraksi objek dirancang dengan menggunakan aplikasi MATLAB R2013a. Tampilan utama sistem simulasi ekstraksi objek adalah sebagai berikut:



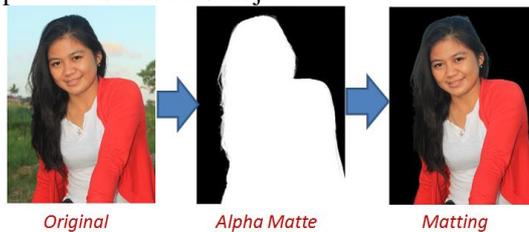
Gambar 6. Form Simulasi Ekstraksi Objek

Implementasi pembentukan trimap otomatis.



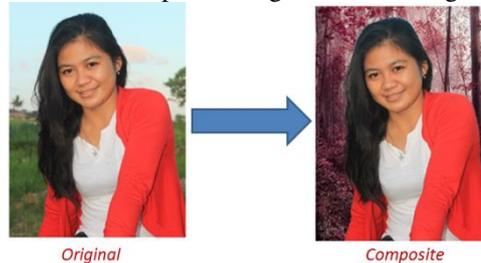
Gambar 7. Proses Pembentukan Trimap Otomatis

Implementasi ekstraksi objek.



Gambar 8. Proses Ekstraksi objek

Implementasi recomposisi dengan latarbelakang baru.



Gambar 9. Proses Rekomposisi Dengan Latarbelakang Baru

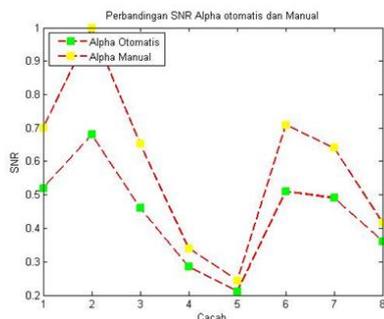
1) Analisis Perbandingan Trimap Manual dan Trimap Otomatis.

Perbandingan dilakukan dengan menghitung SNR (Signal to Noise Ratio) nilai *alpha matte* hasil trimap manual dan *alpha matte* hasil trimap otomatis terhadap *ground truth*. Nilai *ground truth* adalah nilai referensi yang dianggap sebagai nilai *alpha matte* terbaik dari tiap-tiap objek yang dihasilkan dari pengolahan photoshop.

Nama Data	Original	Trimap	Alpha matte	Waktu Proses (detik)
01		Automatis		12,2060
		Manual		25,1886
02		Automatis		10,3982
		Manual		29,3008
03		Automatis		7,9309
		Manual		19,6254
04		Automatis		9,2298
		Manual		24,3317
05		Automatis		10,1976
		Manual		66,4888
06		Automatis		10,0905
		Manual		37,3922
07		Automatis		10,3840
		Manual		29,4718
08		Automatis		15,0109
		Manual		39,5411

Gambar 10. Gambar Perbandingan Alpha Matte Hasil Trimap Manual dengan Trimap Otomatis

Berdasarkan data tabel Gambar 10, grafik hasil pengukuran perbandingan nilai SNR *alpha matte* manual dengan *alpha matte* otomatis terhadap *ground truth* ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 11. Perbandingan SNR Alpha Matte

Hasil Trimap Otomati dengan Trimap Manual

Tabel 1. MSE Alpha Matte Akhir Terhadap Ground Truth

	SNR							
	01	02	03	04	05	06	07	08
Otomatis	0,5203	0,6797	0,4597	0,2844	0,2107	0,3106	0,4901	0,3614
Manual	0,7004	1	0,6516	0,3401	0,2438	0,7096	0,6403	0,4152

Dalam pengukuran ini semakin besar nilai SNR nya maka semakin baik kualitas gambar yang diuji. Artinya gambar tersebut semakin mirip dengan gambar referensi yang menjadi acuan pengujian.

Berdasarkan grafik dan tabel pengukuran menggunakan MSE menunjukkan bahwa secara keseluruhan penggunaan trimap manual memiliki rata-rata SNR diatas penggunaan trimap otomatis. Artinya secara kualitas penggunaan trimap manual masih lebih baik dari penggunaan trimap otomatis.

Hal ini dipengaruhi oleh trimap otomatis yang terbentuk tidak sebgus trimap manual, dikarenakan pemetaan trimap pada saat pembentukan trimap otomatis tidak dapat memisahkan bagian objek tepat pada batas tepi objek yang sebenarnya. Pada trimap manual saat membuat trimap menggunakan tool brush sehingga dapat menjangkau bagian terkecil objek, beda dengan sistem yang dibuat hanya menggunakan garis seleksi dan sulit menjangkau bagian terkecil objek.

Pada data gambar no. 2 nilai SNR yang manual bernilai 1 yang artinya gambar tersebut mirip atau sama persis dengan nilai SNR *ground truth*. Data gambar no 1, 3, 6 dan 7 juga memiliki nilai SNR jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai SNR yang otomatis. Hanya pada data gambar no 4, 5, dan 8 SNR yang otomatis mampu mendekati nilai SNR yang manual.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kualitas gambar hasil ekstraksi yang menggunakan trimap manual masih lebih baik daripada yang menggunakan trimap otomatis.

2) Analisis Perbandingan Waktu Proses Penggunaan Trimap Manual dan Trimap Otomatis.

Tabel 2. Waktu Proses Matting

	Lama Waktu Proses (detik)	
	Otomatis	Manual
01	12,2060	25,1886
02	10,3982	29,3008
03	7,9309	19,6254
04	9,2298	24,3317
05	10,1976	66,4888
06	10,0905	37,3922
07	10,3840	29,4718
08	15,0109	39,5411
Rata-rata	10,6810	33,9176

Rata-rata waktu proses dengan trimap otomatis sebesar **10,6810** lebih kecil dari waktu proses dengan trimap manual yang sebesar **33,9176**. Waktu proses paling cepat ditunjukkan pada data gambar 03 dan 04 bagian trimap otomatis dengan waktu proses dibawah 10 detik, sedangkan waktu proses paling lama ditunjukkan pada data gambar 05 bagian trimap manual mencapai lebih dari 60 detik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa waktu proses dengan menggunakan trimap otomatis relatif lebih cepat daripada menggunakan trimap manual.

3) Analisis Waktu Proses Berdasarkan Jenis Gambar Latarbelakang.

Tabel 3. Waktu Proses Latarbelakang Natural

Latarbelakang Natural					
	01	02	05	06	Rata-rata
Otomatis	12,2060	10,3982	10,1976	10,0905	10,7231
Manual	25,1886	29,3008	66,4888	37,3922	39,5926
<i>Total Rata-rata</i>					50,3157

Tabel 4. Waktu Proses Latarbelakang Green Screen

Latarbelakang Green Screen					
	03	04	07	08	Rata-rata
Otomatis	7,9309	9,2298	10,3840	15,0109	10,6389
Manual	19,6254	24,3317	29,4718	39,5411	28,2425
<i>Total Rata-rata</i>					38,8814

Pada tabel 3.4 penggunaan trimap otomatis maupun trimap manual memiliki rata-rata waktu 10,7231 dan 39,5926 relatif lebih lama dibandingkan dengan waktu proses pada tabel 3.5 yang hanya membutuhkan rata-rata waktu 10,6389 dan 28,2425. Demikian juga dengan Total Rata-rata tabel 3.4 Latarbelakang Natural memiliki lama waktu proses sebesar **50,3157** dan lebih lama dibandingkan dengan Total Rata-rata waktu pada tabel 3.5 Latarbelakang Green Screen yang besarnya **38,8814**. Waktu proses *matting* pada gambar dengan Latarbelakang natural memiliki waktu lebih lama dibandingkan dengan waktu proses pada gambar Latarbelakang Green Screen.

Dengan demikian disimpulkan bahwa gambar latarbelakang dari sebuah objek berpengaruh terhadap lamanya waktu proses *matting*.

4) Analisis Waktu Proses Berdasarkan Jenis Jenis Rambut Objek.

Tabel 5. Waktu Proses Berdasarkan Jenis Rambut Lurus

Jenis Rambut Lurus					
	01	02	03	04	Rata-rata
Otomatis	12,2060	10,3982	7,9309	9,2298	9,9412
Manual	25,1886	29,3008	19,6254	24,3317	24,6116
<i>Total Rata-rata</i>					34,5528

Tabel 6. Waktu Proses Berdasarkan Jenis Rambut Keriting

Jenis Rambut Keriting					
	05	06	07	08	Rata-rata
Otomatis	10,1976	10,0905	10,3840	15,0109	11,4208
Manual	66,4888	37,3922	29,4718	39,5411	40,2273
<i>Total Rata-rata</i>					51,6481

Pada tabel 3.6 penggunaan trimap otomatis maupun trimap manual relatif lebih cepat dibandingkan dengan tabel 3.7, ini terlihat dari total rata-rata waktu proses tabel 3.6 sebesar **34,5528**, sedangkan pada tabel 3.7 memiliki total rata-rata waktu sebesar **51,6481**. Pada tabel 3.6 waktu proses paling singkat ditunjukkan pada data gambar 03 dan 04 yang menggunakan trimap otomatis dengan lama waktu proses dibawah 10 detik. Sedangkan waktu proses paling lama ditunjukkan pada gambar data 05 di bagian penggunaan trimap manual mencapai lebih dari 60 detik. Catatan ini menunjukkan bahwa jenis rambut lurus relatif lebih cepat dibandingkan dengan jenis rambut keriting. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis rambut berpengaruh terhadap lamanya waktu proses.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian sistem simulasi ekstraksi objek pada citra digital, disimpulkan bahwa: (a) Aplikasi simulasi ekstraksi objek dengan teknik *matting* dibangun dengan menerapkan algoritma *growcut* (segmentasi awal), operasi *dilasi dan erosi* (otomatisasi trimap), serta algoritma *closed form matting* (ekstraksi objek), (b) Hasil pengukuran Nilai SNR hasil ekstraksi menggunakan trimap otomatis masih belum sebaik kualitas yang menggunakan trimap manual. Hal ini disebabkan pemetaan trimap pada saat pembentukan trimap otomatis masih belum mampu memisahkan bagian objek tepat pada batas tepi objek yang sebenarnya, (c) Waktu proses dengan menggunakan trimap otomatis relatif lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan trimap manual. Rata-rata waktu proses trimap otomatis sebesar **10,6810** detik sedangkan trimap manual sebesar **33,9176** detik (d) Gambar latarbelakang dari sebuah objek berpengaruh terhadap lamanya waktu proses. Gambar latarbelakang natural memiliki total rata-rata waktu proses lebih lama dibandingkan dengan total rata-rata waktu proses gambar latarbelakang *green screen*. Total rata-rata waktu proses gambar latarbelakang natural sebesar **50,3157** detik sedangkan total rata-rata waktu proses gambar latarbelakang *green screen* sebesar **38,8814** detik, (e) Jenis rambut berpengaruh terhadap lamanya waktu proses, objek jenis rambut lurus memiliki total rata-rata waktu proses relatif lebih cepat dibandingkan dengan total rata-rata waktu proses jenis rambut keriting. Total rata-rata waktu proses jenis rambut lurus sebesar **34,5528** detik sedangkan total rata-rata waktu proses jenis rambut keriting sebesar **51,6481** detik.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat mengembangkan bagian segmentasi awal menggunakan algoritma *region growing* atau *split and merge*, metode matting dapat menggunakan algoritma *poisson matting* sehingga memungkinkan untuk melakukan ekstraksi multiobjek atau perbaikan local, model warna dapat menggunakan alternatif CMY, HSI, NTSC atau YcbCr, dalam penelitian ini model sebagai sampel data hanya menggunakan dua orang model rambut lurus dan keriting, untuk selanjutnya dapat ditambahkan jumlah model yang lebih banyak, yaitu rambut lurus: panjang, sedang, pendek, begitu juga dengan model rambut keriting.

Daftar Pustaka

- [1] Gonzalez, R., & Woods, R. (2008). *Digital Image Processing, 3rd ed.*, USA: Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [2] Prasetyo, E. (2011). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- [3] Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- [4] Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O., & Wijanarto. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- [5] Adipranata, R., Gunadi, K., & Halim, N. (2013). Aplikasi Digital Matting Menggunakan Metode Bayesian Approach. *SemnasIF*.
- [6] Basuki, R., & Hariadi, M. (2012). Adaptive Threshold Untuk Alpha Matting Menggunakan Algoritma Otsu. *Semantik*.
- [7] Chen, S., Li, Z., Liu, J., & Tang, X. (2007). Image Matting Using Linear Optimization. *Proceeding of The 15th International Conference on Multimedia* (hal. 321-324). ACM.
- [8] Cho, J.-H., Yamasaki, T., Aizawa, K., & Lee, K.H. (2011). Depth video camera based temporal alpha matting for natural 3D scene generation. IEEE.
- [9] Chuang, Y.-Y., Curless, B., Salesin, D., & Szeliski, R. (2001). A Bayesian Approach to Digital Matting. *Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. (CVPR 2001). Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on* (hal. II-264). IEEE.
- [10] Levin, A., Lischinski, D., & Weiss, Y. (2008). A Closed Form Solution to Natural Image Matting. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 30, no. 2*.
- [11] Ning, Q., Wang, W., & Zhu, C. (2013). A Fast Approach for Natural Image Matting using Structure Information. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*.
- [12] Smith, A., & Blinn, J. (1996). Blue Screen Matting. *Proceedings of the 23rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (hal. 259-268). Microsoft Corporation: ACM.
- [13] Sun, J., Jia, J., Tang, C.-K., & Shum, H.-Y. (2004). Poisson Matting. *ACM Transactions on Graphics (TOG)* (hal. 315-321). ACM.
- [14] Vezhnevets, V., & Konouchine, V. (2005). GrowCut: Iterative multi-label ND Image Segmentation by Cellular Automata. *Pro. of Graphicon* (hal. 150-156). Rusia: Moscow State University.