Aplikasi *Image Morphing* untuk Perkembangan Usia

Jeane Mikha Erwansyah (13519116)
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail: jerwansyah22@gmail.com

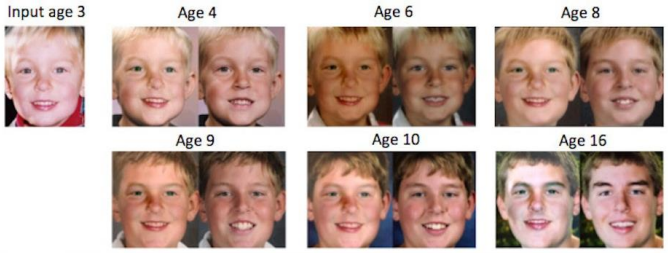
***Abstrak*—*Image morphing* adalah teknik yang memungkinkan satu citra digabungkan dengan citra lain dengan mulus. Teknik ini dapat digunakan untuk mengubah wajah seseorang di usia yang lebih muda menjadi lebih tua. Salah satu penerapan *image morphing* adalah untuk memvisualisasikan perubahan yang terjadi pada penampilan seseorang seiring bertambahnya usia. Hasil visualisasi ini sangat membantu dalam mengidentifikasikan orang.**

Kata Kunci*—*image morphing; perkembangan usia; delaunay triangulation; warping; alpha blending

I. PENDAHULUAN

Proses penuaan adalah proses alami yang kompleks dan dinamis yang kontinu dari lahir hingga mati. Semua makhluk hidup pasti mengalami penuaan seiring bertambahnya usia. Proses penuaan ini unik terhadap setiap individu. Keunikan tersebut terjadi sebab faktor genetik, faktor eksternal, dan pola hidup setiap individu. Dampak dari penuaan adalah berubahnya wajah seorang individu. Adanya perubahan yang drastis dapat mempersulit proses identifikasi.

Gambar perkembangan usia hasil buatan komputer dan buatan manusia dibuat untuk menghasilkan gambar wajah hasil estimasi untuk membantu pengidentifikasian orang yang hilang dalam waktu yang lama. Gambar tersebut paling banyak digunakan untuk mencari orang tersangka yang hilang dan gambar wajah orang tersebut dalam basis data sangat butuh diperbarui namun gambar baru. Selain digunakan untuk mencari orang tersangka, gambar ini juga digunakan untuk mencari orang atau anak-anak yang sudah hilang bertahun-tahun.



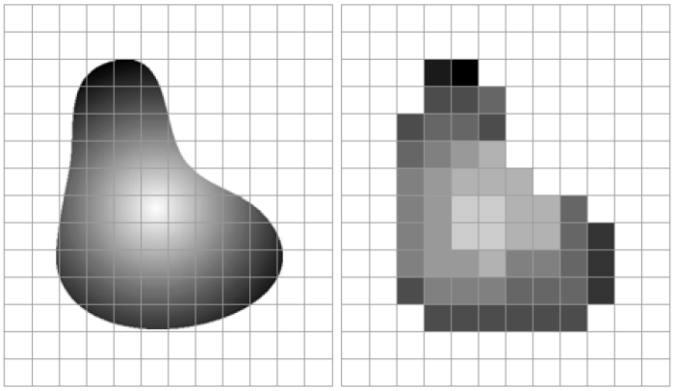
Gambar. 1.Citra Perkembangan Usia dari Citra Masukan dengan Umur 3 Tahun.

Gambar perkembangan usia hasil buatan manusia dibuat dengan cara mengumpulkan data mengenai individu terkait maupun mengenai keluarga individu tersebut untuk mendapatkan sejarah, data genetik, data pola hidup, dan lain-lain. Gambar perkembangan usia hasil buatan komputer dilakukan dengan cara melakukan *image morphing* dengan wajah yang terdapat pada basis data wajah [1]. Ada cara lain untuk menghasilkan gambar perkembangan usia (pada orang dewasa dan lansia) yaitu dengan cara menambahkan fitur detil yang halus dan menambahkan fitur detil yang kasar [2].

II. LANDASAN TEORI

A. Citra

Sebuah citra dapat didefinisikan dalam fungsi dwimatra $f(x,y)$ dengan x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo atau hasil fungsi $f(x,y)$ adalah intensitas atau tingkat keabuan pada titik x,y. Nilai x, y, dan f adalah kontinu, perlu dilakukan penerokan (*sampling*) citra dan kuantisasi tingkat keabuan sehingga nilai x, y, dan hasil fungsi f menjadi berhingga dan diskrit. Citra hasil penerokan dan kuantisasi tersebut disebut sebagai citra digital [3].



Gambar. 2.Hasil proyeksi kontinu pada larik sensor dan citra hasil penerokan dan kuantisasi.

Citra hasil penerokan dan kuantisasi dapat direpresentasikan sebagai matriks $M \times N$ (1). Nilai-nilai pada matriks melambangkan piksel-piksel pada citra.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Kuantisasi citra menghasilkan L tingkat keabuan. Nilai keabuan diskrit dan bernilai positif serta berada dalam interval [0, L - 1] dengan:

$$L = 2^k \quad (2)$$

Citra berwarna adalah citra yang memiliki representasi warna dasar. Contoh warna dasar adalah merah, hijau, dan biru [3].

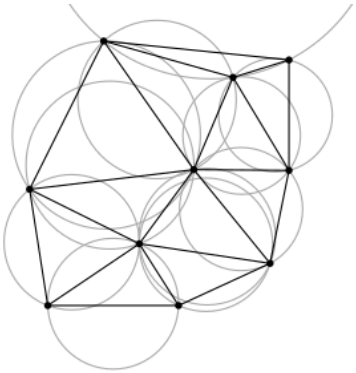
B. Kontur

Kontur merupakan rangkaian piksel yang membentuk batas daerah. Kontur dapat membentuk daerah tertutup maupun terbuka. Kontur tertutup merupakan fragmen garis yang membentuk sirkuit. Batas daerah kontur berguna untuk mendeskripsikan bentuk objek untuk mengenali objek ataupun menganalisis citra [3].

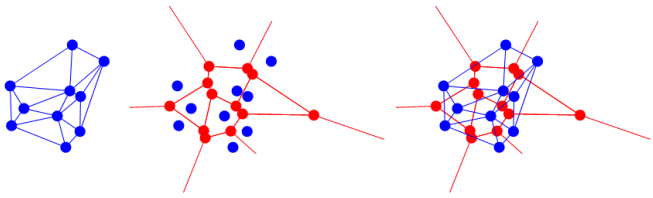
C. Segmentasi dan Triangulation

Segmentasi citra adalah operasi mempartisi citra menjadi kumpulan bagian berdasarkan aturan tertentu. Segmentasi citra berfungsi untuk memisahkan objek-objek atau bagian dari objek [3].

Triangulation adalah pembagian atau segmentasi sebuah permukaan menjadi sekumpulan segitiga. Pada umumnya, sebuah sisi pada segitiga digunakan juga oleh satu segitiga lain [4]. *Delaunay triangulation* adalah *triangulation* yang ekuivalen dengan kumpulan segitiga (*simplical complex*) dari diagram Voronoi. Dari masing-masing segitiga tersebut jika dibuat lingkaran (*circumcirle*), tidak akan ada titik di dalam lingkaran [5][6].



Gambar. 3.*Delaunay triangulation.*



Gambar. 4.*Delaunay triangulation*, diagram Voronoi, dan gabungan *Delaunay triangulation* dan diagram Voronoi

$$\alpha + \beta = \chi. \quad (1) \qquad (1)$$

D. Transformasi Citra

Transformasi citra adalah teknik pengolahan citra yang mengubah posisi piksel pada citra dengan memertahankan warna citra. Transformasi citra meliputi *image filtering* dan *image warping*. *Image filtering* adalah pengubahan jangkauan warna citra dan *image warping* adalah pengubahan domain dari citra. *Image warping* memiliki beberapa jenis *warping* yaitu *forward mapping*, translasi, pengubahan skala (aspek), rotasi, dan *shear* serta perspektif [7].

Transformasi-transformasi tersebut merupakan transformasi linear. Transformasi geometrik merupakan kombinasi transformasi dari translasi, pengubahan skala, dan pengubahan rotasi. Transformasi *affine* adalah kombinasi tranformasi linear dan translasi. Transformasi proyeksi adalah kombinasi tranformasi *affine* dan *projective warping* [7].

E. Image Morphing

Teknik utama yang digunakan dalam *image morphing* adalah *image warping*. Jika ada citra awal $f(u)$ dan citra akhir $g(x)$, dibuatlah $g(x)$ dari $f(u)$ dengan mengubah bentuknya. Beberapa citra kombinasi dari $f(u)$ dan $g(x)$ juga dapat dibuat untuk membentuk citra perantara [7].

Pada *image morphing* dibuat seri citra dimulai dari $f(u)$ pada $k = 0$ dan diakhiri dengan $g(x)$ pada $k = K$. Citra-citra perantaranya dapat didefinisikan dengan:

$$h_k(u + s_k d) = (1 - s_k) f(u) + s_k g(u + d(u)), \quad k = 0, 1, \ldots, K$$
$$\text{dengan } s_k = k / K \quad (3)$$

Image morphing dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, *cross dissolve* atau *mesh-based*. Pada *cross dissolve*, citra perantara diperoleh dengan melakukan proses penyejajaran kedua gambar atau tidak dan menghitung citra perantara $h(m)$ dengan persamaan (4). Dalam persamaan, α merupakan nilai *alpha* [7].

$$h(m) = (1 - \alpha) \times f(u) + \alpha \times g(x) \quad (4)$$

Pada *mesh-based*, perlu dilakukan pencarian titik fitur pada kedua citra. Titik-titik fitur pada kedua citra berjumlah sama. Fungsi dari titik fitur tersebut adalah menjadi titik acuan untuk melakukan *warping* citra [7].

Gambar. 5. *Image morphing* dengan *cross dissolve*.

Gambar. 6.*Image morphing* dengan *mesh-based*.

III. IMPLEMENTASI

Solusi diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python versi 3.8.10 dengan *library* Dlib, OpenCV, Numpy, Pandas. Dataset wajah yang digunakan diperoleh dari UTKFace. Data wajah UTKFace sudah diberi label umur, jenis kelamin, ras, dan waktu tanggal pengambilan citra. UTKFace juga menyediakan berkas yang berisi koordinat x dan y untuk 68 titik fitur wajah [8].

Alur implementasi solusi adalah melakukan *facial feature detection* untuk memperoleh 68 titik fitur wajah, melakukan *Delaunay Triangulation*, dan melakukan *warping images* and *alpha blending* untuk masing-masing kelompok citra. Citra dikelompokkan menjadi:

- Usia <2 tahun
- Usia 2-3 tahun
- Usia 7-9 tahun
- Usia 13-15 tahun
- Usia 25-34 tahun
- Usia 35-46 tahun
- Usia 68-80 tahun

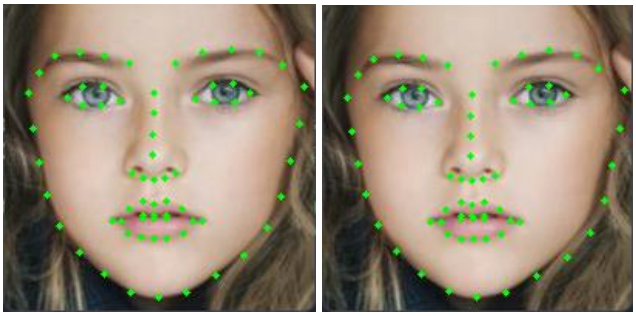
Masing-masing kelompok usia akan dikelompokkan lagi sesuai dengan jenis kelamin dan ras.

Setelah didapatkan citra hasil *morph* untuk masing-masing kelompok, dilakukan *mesh-based morphing* antara citra masukan dan citra hasil *morph* yang sesuai dengan jenis kelamin dan ras. Citra masukan dicari titik-titik fiturnya dan dan *Delaunary Triangulation*-nya. Keluaran program adalah beberapa citra hasil perkembangan usia yang usianya lebih tua daripada citra masukan. Nilai alpha yang digunakan adalah 0,5.

Gambar. 7.Citra yang digunakan untuk percobaan

A. Facial Feature Detection

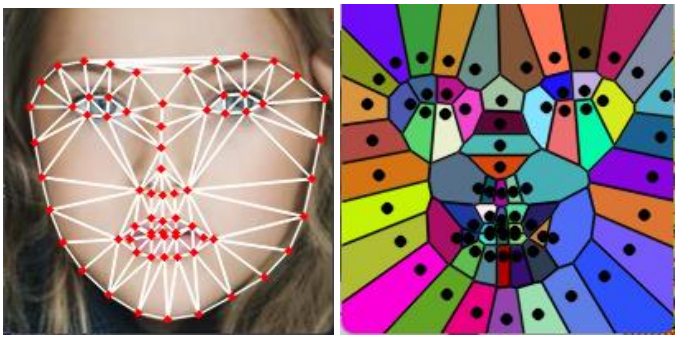
Karena dataset dari UTKFace sudah dilengkapi dengan daftar *facial landmark* atau titik fitur. Tidak akan dilakukan pencarian titik fitur namun akan dilakukan penggolongan titik fitur dari berkas karena isi berkas belum terurut dan belum dikelompokkan. Dilakukan pengujian *sum of squared errors* titik fitur dari UTKFace dengan hasil titik fitur yang diperoleh sendiri. Pencarian titik fitur dilakukan dengan menggunakan *library* Dlib.



Gambar. 8.*Facial feature* dari file UTKFace dan hasil *facial feature detection*

B. Delaunay Triangulation

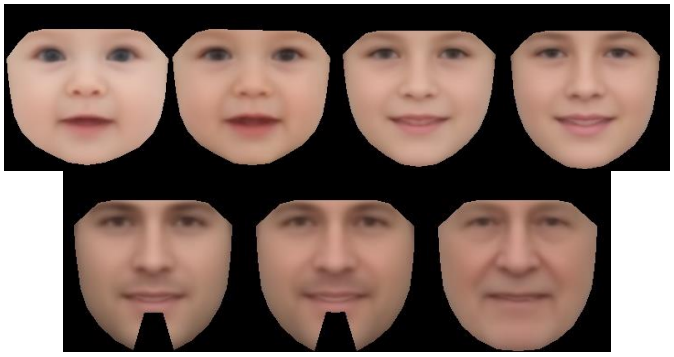
Untuk memperoleh hasil *morphing* yang sejajar, dilakukan *Denaulay Triangulation* untuk semua citra dari data set.



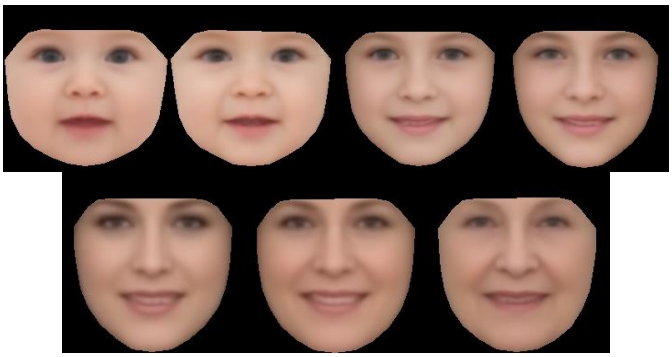
Gambar. 9.*Facial feature* dari file UTKFace dan hasil *facial feature detection*

C. Warping Images and Alpha Blending Dataset

Hasil dari *triangulation* selanjutnya akan di-*warp* menjadi satu citra untuk masing-masing kelompok citra. Nilai alpha yang digunakan adalah 1 / Jumlah citra per kelompok. Adanya kekurang sempurnaan hasil *morphing* mungkin disebabkan oleh hasil *triangulation* yang kurang baik



Gambar. 10. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin laki-laki dan ras kaukasian dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, 45-46 tahun, dan 68-80 tahun

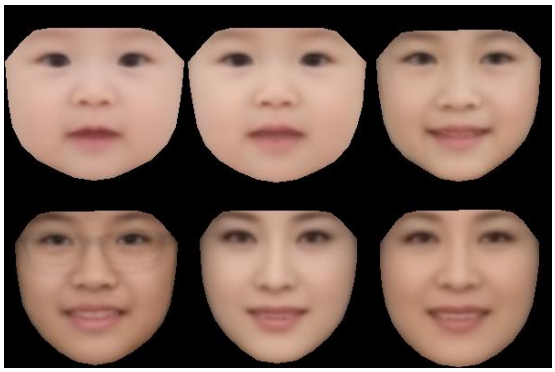


Gambar. 11. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin perempuan dan ras kaukasian dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, 45-46 tahun, dan 68-80 tahun

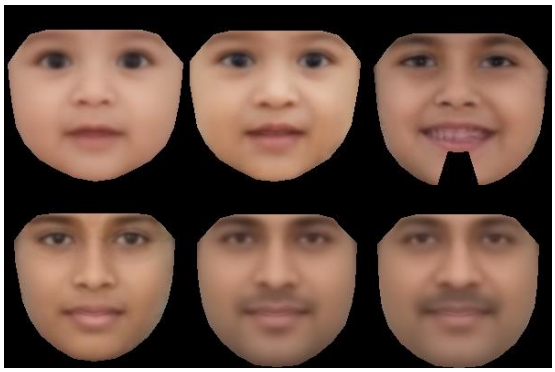
Gambar. 12. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin laki-laki dan ras Afrika-Amerika dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, 45-46 tahun, dan 68-80 tahun

Gambar. 13. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin perempuan dan ras Afrika-Amerika dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, dan 45-46 tahun

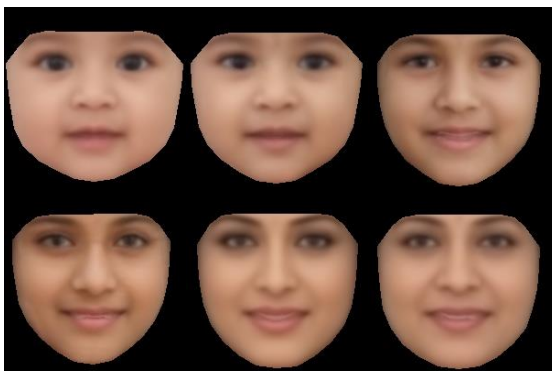
Gambar. 14. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin laki-laki dan ras Asia dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, dan 45-46 tahun



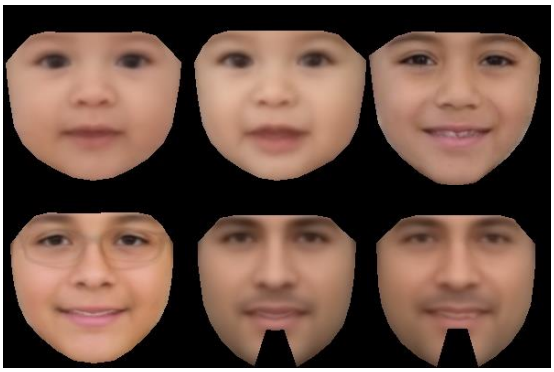
Gambar. 15. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin perempuan dan ras Asia dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, dan 45-46 tahun



Gambar. 16. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin laki-laki dan ras India Amerika dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, dan 45-46 tahun



Gambar. 17. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin perempuan dan ras India Amerika dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, dan 45-46 tahun



Gambar. 18. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin laki-laki dan ras lain dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, 45-46 tahun, dan 68-80 tahun

Gambar. 19. Hasil *morphing* untuk jenis kelamin perempuan dan ras lain Amerika dengan usia <2 tahun, 2-3 tahun, 7-9 tahun, 13-15 tahun, 25-34 tahun, 45-46 tahun, dan 68-80 tahun

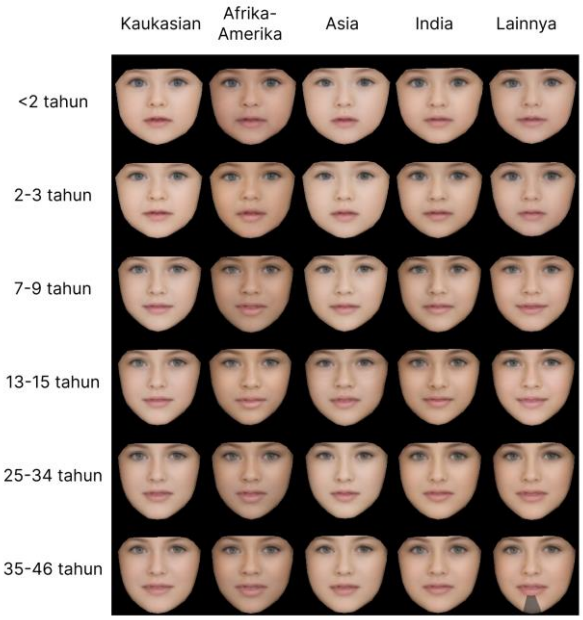
D. Percobaan Proses Penuaan

Gambar. 20. Citra hasil penuaan dengan usia 13-15 tahun, wajah sebenarnya (16 tahun), dan citra hasil penuaan dengan usia 24-35 tahun

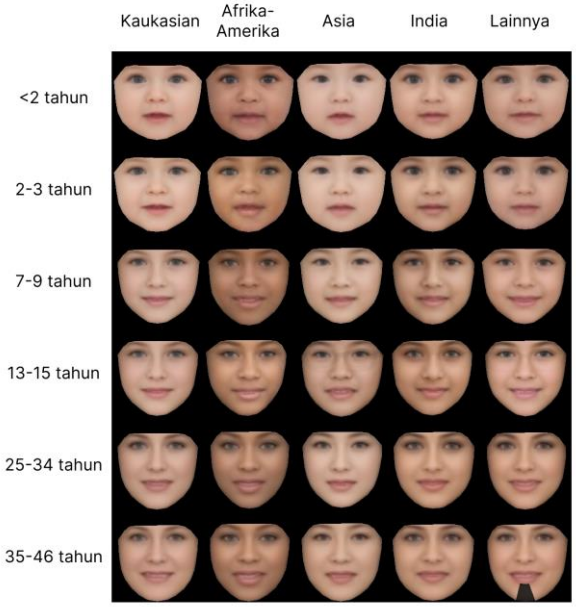
E. Percobaan Lainnya

Image morphing dapat dimanfaatkan juga untuk melakukan pemudaan citra wajah seseorang. Selain itu, *image morphing* juga dapat dimanfaatkan untuk mencampur ras.

Gambar. 21. Citra *morphing* dengan usia <2 tahun dan 2-3 tahun



Gambar. 22. Citra *morphing* dengan nilai alpha 0,5



Gambar. 23. Citra *morphing* dengan nilai alpha 0,2 untuk citra masukan

IV. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Pengabungan citra atau *image morphing* dapat dimanfaatkan untuk membuat citra hasil penuaan ataupun pemudaan. Hasil citra dapat diatur sedemikian rupa hingga sesuai dengan keinginan, misalnya mengatur nilai alpha. Pencarian titik fitur pada wajah dan *triangulation* serta urutan titiknya sangat berpengaruh pada hasil *morphing*.

B. Saran

Pembuatan kode dan makalah disarankan telah dibuat tidak dekat tanggal pengumpulan sebab pengolahan data membutuhkan waktu yang lama. Saran lain adalah menggunakan dataset yang lebih banyak dan inklusif untuk mengingkatkan variasi data set wajah yang digunakan karena untuk sekarang dataset wajah hanya mencakup beberapa ras. Perlu lakukan *preprocessing* dan pengecekan juga untuk menjaga validitas data dan meningkatkan akurasi program.

Pranala Penting

Pranala *repository* GitHub hasil implementasi adalah https://github.com/jerwansyah/age-progression.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, kepada orang tua penulis, dan teman penulis yang telah mendukung penulis dalam proses pembuat makalah ini, serta kepada dosen pengampu mata kuliah IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra, Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. atas pemberian ajaran dan bimbingannya selama kuliah.

Referensi

[1] K. Ricanek and T. Tesafaye, "MORPH: a longitudinal image database of normal adult age-progression," 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR06), 2006, pp. 341-345, doi: 10.1109/FGR.2006.78.

[2] L. L. Gayani Kumari and A. Dharmaratne, "Age progression for elderly people using image morphing," 2011 International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer), 2011, pp. 33-38, doi: 10.1109/ICTer.2011.6075023.

[3] R. C. Gonzalez, Digital Image Processing, 2nd ed., New Jersey: Prentice Hall, 2002.

[4] Wolfram Mathworld, Triangulation, https://mathworld.wolfram.com/Triangulation.html, diakses pada 19 Desember 2022.

[5] Wolfram Mathworld, Delaunay Triangulation, https://mathworld.wolfram.com/DelaunayTriangulation.html, diakses pada 19 Desember 2022.

[6] Wolfram Mathworld, Voronoi Diagram, https://mathworld.wolfram.com/VoronoiDiagram.html, diakses pada 19 Desember 2022.

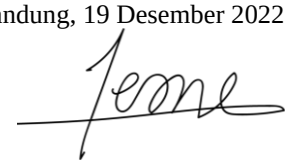
[7] Y. Wang, EL512---Image Processing, Geometric Transformations: Warping, Registration, Morphing.

[8] Y. Song and Z. Zhang, UTKFace: Large Scale Face Dataset, https://susanqq.github.io/UTKFace/, diakses pada 19 Desember 2022.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 19 Desember 2022



Jeane Mikha Erwansyah 13519116