

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Wajah manusia dapat menunjukkan dimorfisme seksual yang cukup jelas ^{[1][2][3][4][5]}. Wajah pria dan wanita memiliki bentuk dan tekstur yang berbeda, dan petunjuk yang didapatkan dari tekstur wajah manusia dapat digunakan pada proses pengenalan jenis kelamin ^[6]. Untuk kasus pengenalan jenis kelamin, pada tampak muka wajah, fitur tekstur wajah lebih menonjol daripada fitur bentuk wajah, sedangkan pada tampak samping wajah, fitur bentuk wajah lebih menonjol daripada fitur tekstur wajah ^{[7][8]}. Gambar wajah dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis kelamin dan daerah mata serta garis bentuk wajah merupakan fitur yang paling menentukan dalam proses pengenalan jenis kelamin ^{[9][10][8]}.

Pengenalan jenis kelamin otomatis adalah masalah yang muncul pada bidang analisis wajah. Beberapa bidang terkait dapat memperoleh manfaat dari pengaplikasian teknik pengenalan jenis kelamin otomatis. Bidang-bidang tersebut antara lain sensus data demografis, kontrol akses, dan bidang analisis wajah lainnya seperti pendeteksian umur, pengenalan etnis, atau pengenalan wajah. Untuk kasus pengenalan wajah, pengenalan jenis kelamin otomatis dapat mereduksi ruang pencarian hingga kira-kira setengahnya ^[11].

Beberapa *paper* terbaru telah membahas masalah pengenalan jenis kelamin, sebagian besar diantaranya mengusulkan solusi berdasarkan deskripsi seluruh wajah ^{[12][13][14]}. Pendekatan holistik tersebut tidak diragukan lagi adalah merupakan pendekatan paling akurat untuk membedakan jenis kelamin pada saat tampak depan seluruh wajah tersedia. Alasannya cukup jelas: dengan seluruh bagian wajah, deskripsi dari wajah akan mengandung relasi struktural antar bagian wajah yang juga berkontribusi dalam membedakan jenis kelamin ^[1]. Namun, pada kasus di dunia nyata, sebagian wajah mungkin dapat tersembunyi oleh aksesoris seperti syal, topi, kerudung, dan objek lainnya. Pada situasi demikian, pengenalan jenis kelamin berdasarkan sebagian tampak wajah akan lebih baik dibandingkan pengenalan jenis kelamin berdasarkan seluruh tampak wajah. Oleh karena itu, pada eksperimen ini akan dilakukan dua pendekatan, yaitu dengan menggunakan tampak seluruh wajah dan dengan menggunakan tampak sebagian (bagian atas) wajah.

Hasil eksperimen yang dilakukan oleh Andreu menunjukkan bahwa sistem pengenalan jenis kelamin otomatis dengan menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* dapat mencapai tingkat akurasi rata-rata hingga 82,43% ^[11]. Untuk kasus pengenalan jenis kelamin otomatis dimana kemungkinan output yang mungkin dikeluarkan oleh sistem hanya berjumlah dua, rata-rata tingkat akurasi tersebut dinilai kurang memuaskan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini, setelah proses ekstraksi ciri dan transformasi fourier dilakukan pada gambar wajah, akan digunakan sistem *neural network* untuk mengklasifikasikan gambar wajah berdasarkan jenis kelaminnya, dengan harapan sistem *neural network* dapat meningkatkan akurasi sistem pengenalan jenis kelamin otomatis. Terdapat dua sistem *neural network* yang akan digunakan, yaitu sistem *real-valued neural network* dan *complex-valued neural network*. Pada proses training, diharapkan sistem *complex-valued neural network* akan mencapai titik konvergensi dua kali lebih cepat dibandingkan sistem *real valued neural network*.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang dipaparkan di atas, masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana cara meningkatkan tingkat akurasi sistem pengenalan jenis kelamin otomatis hingga mendekati 100%?

Sehingga, terdapat beberapa pertanyaan yang dapat dirumuskan, yaitu:

1. Dapatkah *complex-valued neural network* menghasilkan performansi yang cukup akurat dalam klasifikasi jenis kelamin berbasis citra wajah?
2. Akankah *complex-valued neural network* menghasilkan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan *real-valued neural network* pada kasus klasifikasi jenis kelamin berbasis citra wajah?
3. Berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam proses training *complex-valued neural network*?

1.3. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, ruang lingkup pengerjaan akan diberi batasan sebagai berikut:

1. Jenis kelamin yang dideteksi hanya mencakup pria dan wanita.
2. Ras manusia yang wajahnya dipakai pada proses *training* dan *testing* pada sistem mencakup ras kaukasian, mongoloid, dan negroid (namun mayoritas wajah yang digunakan adalah wajah manusia dengan ras kaukasian).
3. Wajah yang dipakai hanya wajah manusia dewasa.
4. Sistem *neural network* yang akan dipakai pada tugas akhir ini adalah sistem *real-valued neural network* dan *complex-valued neural network* yang masing-masing menggunakan algoritma propagasi balik dan algoritma propagasi balik kompleks sebagai metode *training*-nya.
5. *Learning rate* pada setiap sistem *neural network* yang dipakai bernilai 0,1, sedangkan jumlah *epoch* maksimal untuk setiap sistem *neural network* dibatasi hingga 100.000.
6. Gambar wajah tidak boleh menggunakan aksesoris yang menghalangi wajah (seperti kacamata atau masker).
7. Implementasi dilakukan pada beberapa komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Processor Intel Core i3 1.90 GHz.
 - Memory 6 GB.
 - Sistem operasi Windows 8.1 64-bit.

1.4. Tujuan

Tujuan dilakukannya riset ini adalah:

1. Meningkatkan tingkat akurasi sistem pengenalan jenis kelamin otomatis.
2. Meningkatkan kecepatan *training* sistem pengenalan jenis kelamin otomatis.

1.5. Hipotesis

Cukup banyak paper yang membahas riset hasil penelitian mengenai pengenalan jenis kelamin berbasis citra wajah. Riset mengenai pengenalan jenis kelamin otomatis paling awal dilakukan oleh Golom, yang menggunakan sistem *neural network* dan menghasilkan *error rate* sebesar 8,1% [23]. Sedangkan Brunelli, dengan menggunakan fitur geometrik sebagai input, membangun *radial basis function* (RBF) *network* untuk proses klasifikasi jenis kelamin berbasis citra wajah yang mencapai tingkat akurasi sebesar 79% [24]. Penelitian yang dilakukan oleh Gutta yang memanfaatkan hibridisasi antara sistem *radial basis function* (RBF) *network* dan *inductive decision trees* (DT) pada sistem pengenalan jenis kelamin berbasis citra wajah mencapai tingkat akurasi sebesar 96% [25]. Sementara itu, Moghaddam menggunakan sistem *support vector machines*

dalam menentukan jenis kelamin manusia berdasarkan citra wajah yang diinputkan, dan sistem tersebut mencapai *error rate* sebesar 3% [26]. Sistem pengenalan jenis otomatis yang dibangun oleh Andreu mencapai rata-rata tingkat akurasi sebesar 82,43%, namun gambar input yang digunakan hanya gambar sebagian (gambar atas) wajah [11]. Hasil terbaik pada kasus pengenalan jenis kelamin dicapai oleh penelitian yang dilakukan oleh Mirza yang memanfaatkan sistem klasifikasi *K-Nearest Neighbor*, dengan tingkat akurasi yang dicapai sebesar 98,16% [27]. Namun sejauh ini, belum ada sistem pengenalan jenis kelamin yang memanfaatkan sistem klasifikasi *complex-valued neural network*.

Complex-valued neural network adalah *neural network* yang terdiri atas input yang bernilai kompleks dan/atau *threshold* yang bernilai kompleks dan/atau fungsi aktivasi yang bernilai kompleks. Kebutuhan akan *network* tersebut beragam [16][17].

Sebagai contoh, pada teknik elektro, sinyal adalah parameter bernilai kompleks. Pemrosesan sinyal tersebut akan membutuhkan desain dan implementasi dari arsitektur *complex-valued neural network*. Minat dan aplikasi pada bidang *complex-valued neural network* semakin meningkat. Salahsatu karakteristik terpenting dari *complex-valued neural network* adalah kemampuannya untuk memproses informasi bernilai kompleks secara tepat, misalnya pada fenomena yang terkait dengan gelombang atau rotasi seperti keelektromagnetan, gelombang cahaya, gelombang kuantum, fenomena getaran, dan pemrosesan gambar berbasis rotasi sinyal adaptif.

Algoritma propagasi balik bernilai kompleks (*Complex-BP*) dimanfaatkan dalam proses *learning* pada *complex-valued neural network*. *Complex-BP* adalah algoritma yang dapat diaplikasikan pada *multi-layer neural network* yang memiliki bobot, *threshold*, sinyal input, dan sinyal output yang bernilai kompleks. Menurut riset yang dilakukan oleh Nitta, rata-rata kecepatan konvergensi dari algoritma propagasi balik bernilai kompleks lebih baik daripada algoritma propagasi balik bernilai real, sedangkan performansi secara umum antar kedua algoritma relatif sama [19]. Perbedaan lainnya antara algoritma propagasi balik bernilai kompleks dengan algoritma propagasi balik bernilai real terletak pada jumlah bobot dan *threshold* yang dibutuhkan, dimana algoritma propagasi balik bernilai kompleks hanya membutuhkan sekitar setengah dari jumlah bobot dan *threshold* yang dibutuhkan oleh algoritma propagasi balik bernilai real, karena pada algoritma propagasi balik bernilai kompleks, satu parameter kompleks $z = x + iy$, $i = \sqrt{-1}$ dihitung sebagai dua parameter karena parameter tersebut terdiri atas bagian real (x) dan bagian imajiner (y).

1.6. Metodologi Penyelesaian Masalah

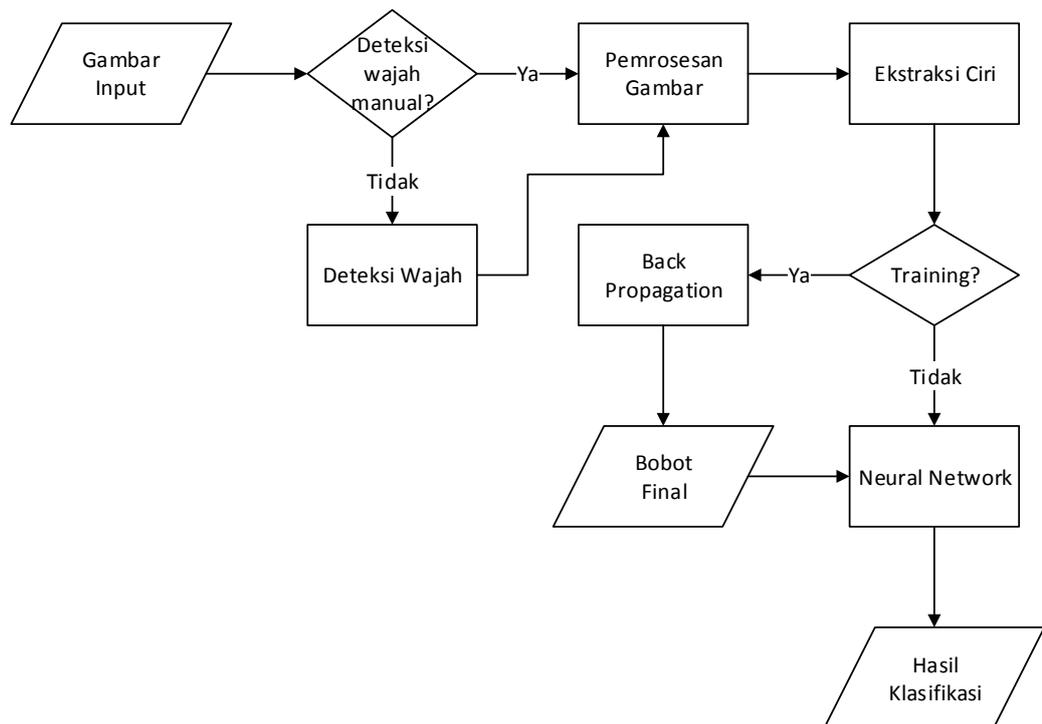
Riset ini dilakukan dengan menggunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi dan analisis literatur.

Mempelajari buku, *paper*, dan jurnal terkait untuk menemukan referensi mengenai sistem yang akan dibangun. Literatur yang dipelajari antara lain sebagai berikut:

- Dimorfisme Seksual Pada Wajah Manusia
 - *Sexual Dimorphism in the Human Face Assessed by Euclidean Distance Matrix Analysis* (Ferrario V. F., Sforza C., Pizzini G. Vogel G., dan Miani A.).
 - *An Analysis of Sexual Dimorphism in the Human Face* (Samal A., Subramani V., dan Marx D. B.).
- Pemrosesan Gambar dan Ekstraksi Ciri
 - *Gender Recognition Using Fusion of Local and Global Facial Features* (Mirza A. M., Hussain M., Almuzaini H., Muhammad G., Aboalsamh H., dan Bebis G.).

- *Gender Recognition from a Partial View of the Face Using Local Feature Vectors* (Andreu Y., Mollineda R. A., dan Garcia-Sevilla P.).
 - *Local Representation and a Direct Voting Scheme for Face Recognition* (Paredes R., Perez J. C., dan Vidal E.).
 - *Principal Component Analysis* (Jolliffe J.).
 - *Elementary Linear Algebra* (Anton H.).
 - *Digital Image Processing* (Gonzalez R. dan Wintz P.).
 - Pengolahan Citra Digital: Konsep dan Teori (Fajar Astuti Hermawati).
 - Pengolahan Citra Digital (Darma Putra).
 - Sistem Klasifikasi
 - *Complex-Valued Neural Network in Image Recognition: A Study on the Effectiveness of Radial Basis Function* (Pande A. dan Goel V.).
 - *An Extension of Back Propagation Algorithm to Complex Number* (Nitta T.).
 - *A Theory of Adaptive Pattern Classifier* (Amari S.).
2. Pengumpulan data.
Mengumpulkan data yang dibutuhkan oleh sistem. Data didapatkan melalui link <http://www.nist.gov/humanid/feret/>.
3. Perancangan sistem.
Merancang sistem yang akan dibangun untuk proses klasifikasi jenis kelamin berbasis citra wajah. Secara umum, sistem yang akan dibangun memiliki rancangan sebagai berikut:



Gambar 1-1. Bagan Umum Sistem

Pada proses pendeteksian wajah, akan digunakan sistem deteksi wajah berbasis warna kulit. Pada bagian pemrosesan gambar, gambar akan melalui proses *grayscale*, interpolasi, ekualisasi histogram, dan pengaplikasian filter gradien. Pada proses ekstraksi ciri, akan digunakan PCA untuk mereduksi dimensi gambar.

Pada proses *learning*, akan digunakan *Complex-BP* dan *Real-BP* sebagai pembandingnya. Sedangkan pada proses klasifikasi, akan digunakan *complex-valued neural network* dengan *real-valued neural network* sebagai pembandingnya.

4. Implementasi sistem.

Implementasi sistem dilakukan dengan menggunakan Matlab berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya.

5. Analisis hasil.

Melakukan analisis hasil klasifikasi pada sistem yang telah dibangun. Apabila hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan hasil yang dipaparkan pada hipotesis, akan dilakukan analisis terhadap penyebab kegagalan pada sistem.

1.7. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Pendahuluan

Bab ini berisi informasi tugas akhir secara umum, terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, hipotesis, dan metodologi penyelesaian masalah.

2. Landasan Teori

Bab ini berisi landasan teori yang mendukung pengerjaan riset pada tugas akhir ini. Landasan teori meliputi metode-metode yang dipakai pada pemrosesan citra, ekstraksi ciri, dan klasifikasi.

3. Perancangan Sistem

Bab ini menjelaskan kebutuhan sistem dan analisis masalah yang dimodelkan kedalam suatu pemodelan sistem yang terstruktur.

4. Pengujian dan Analisis

Bab ini berisi hasil pengujian sistem yang telah dibangun beserta analisis dari hasil pengujian tersebut.

5. Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan serta saran untuk dapat meningkatkan performansi sistem.