

IMPLEMENTASI METODE GABOR DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH

IMPLEMENTATION GABOR FILTER METHOD AND NEURAL NETWORK ON FACE RECOGNITION SYSTEM

Benny Kurniawan¹, R Rumani M², Muhammad Nasrun.³

^{1,2,3}Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹benny.ittelkom09@gmail.com, ²rumani@telkomuniversity.ac.id, ³nasrun@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Pengenalan wajah manusia secara otomatis menggunakan komputer berkembang dengan pesat di beberapa decade terakhir. Pengenalan wajah juga memiliki peran penting pada berbagai aspek seperti bidang keamanan, entertainment, multimedia, bahkan kesehatan.

Pada tugas akhir ini yang berjudul "IMPLEMENTASI METODE FILTER GABOR DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH" telah dikembangkan suatu sistem pengenalan wajah dengan memanfaatkan kombinasi metode filter gabor (Gabor Filter) dan Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network). Metode filter gabor dipilih karena metode ini merupakan detektor ciri yang sukses dan memiliki kemampuan melakukan ekstraksi ciri pada citra wajah. Kemudian pada proses klasifikasi wajah dilakukan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan yang mampu menjamin tingkat akurasi yang tinggi pada sistem pengenalan citra wajah.

Secara umum sistem yang dihasilkan telah mampu mengenali citra wajah dengan sangat baik. Hal ini dapat dilihat dari presisi pengenalan yang cukup tinggi mencapai 75% untuk skenario 1 dimana menguji dan mencari akurasi terbaik dari berbagai posisi dan lokasi pengambilan; 93,75% untuk skenario 2 dimana menguji jarak yang optimal; 88,75% untuk skenario 3 dimana menguji berbagai ekspresi untuk mendapatkan akurasi terbaik dan 93,75% untuk skenario 4 dan 5 dimana menguji berbagai parameter filter gabor dan waktu komputasi yang optimal.

Kata kunci : Pengenalan Wajah, Filter Gabor, Jaringan Syaraf Tiruan

ABSTRACT

Recognition of human face automatically using computer has been develop rapidly in the last decade. It also have an important impact in some aspect such as security, entertainment, multimedia and health.

In "IMPLEMENTASI METODE FILTER GABOR DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH", have been develop a recognition of human face system by using a combination of gabor filter method and Artificial Neural Network. Gabor Filter is used because this method is a success characteristic detector method and have an ability to do a characteristic detection on face image. The face classification process use Artificial Neural Network method that can guarantee a high accuration in recognition face image system.

Overall, the system can recognize face image properly. It can be proven from a high recognition precision 75% for scenario 1 where the test and find the best accuracy from a variety of positions and locations retrieval; 93.75% for scenario 2 where the optimal distance test; 88.75% for scenario 3 which to test various expressions to get the best accuracy and 93.75% for scenario 4 and 5 where Gabor filter test different parameters and optimal computing time.

Keyword : Face Recognition, Gabor Filter, Artificial Neural Network

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, teknologi informasi berkembang dengan sangat pesat sehingga menimbulkan perkembangan yang pesat pula dalam interaksi antara manusia dan komputer salah satunya pada pengenalan wajah manusia secara otomatis menggunakan komputer. Beberapa kesulitan dalam pengenalan wajah yang sering muncul karena variabilitas wajah seperti ekspresi, penuaan, variasi kumis, kacamata dan sebagainya.

Terdapat banyak metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengenalan wajah. Salah satu metode yang mampu menghitung fitur vektor dari sebuah citra yaitu filter gabor. Metode filter gabor dikenal sebagai detektor ciri yang sukses serta memiliki kemampuan mengeliminasi parameter variabilitas wajah yang pada metode lainnya sering mengganggu dalam proses pengenalan. Keunggulan filter gabor lainnya yaitu mampu

merepresentasikan citra ke dalam skala orientasi sudut dan frekuensi, sehingga ekstraksi ciri yang dihasilkan akan lebih merepresentasikan citra wajah yang diekstrak.

Pada tugas akhir ini akan diimplementasikan dan dikembangkan suatu teknik pengenalan wajah secara otomatis menggunakan komputer dengan menggabungkan metode filter gabor untuk melakukan feature extraction dan metode Jaringan Syaraf Tiruan backpropagation untuk melakukan klasifikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini antara lain:

1. Perbedaan karakter dasar pada suatu wajah manusia yang mempersulit proses pengenalan.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk menemukan parameter skala dan orientasi yang tepat untuk filter gabor
3. Diperlukan tingkat akurasi yang baik pada sistem pengenalan wajah dengan variasi posisi dan lokasi pengambilan gambar.
4. Perlu dikembangkan suatu sistem yang masih mampu mengenali wajah dari berbagai jarak dan ekspresi.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk meneliti parameter skala dan orientasi yang terbaik dalam menggunakan metode filter gabor untuk melakukan ekstraksi citra wajah.
2. Meneliti pengaruh posisi pengambilan gambar dan mencari lokasi serta posisi pengambilan gambar yang terbaik.
3. Meneliti pengaruh jarak dan ekspresi wajah serta mencari jarak serta ekspresi pengambilan gambar yang terbaik untuk sistem pengenalan wajah.
4. Mengimplementasikan sistem pengenalan wajah yang bermanfaat serta memiliki hasil yang cepat dan memiliki akurasi yang baik.

1.4 Batasan Masalah

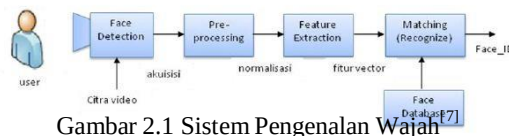
Adapun batasan – batasan masalah tersebut antara lain:

1. Pengambilan citra dilakukan pada berbagai posisi, ekspresi, jarak, serta lokasi (indoor maupun outdoor).
2. Obyek wajah yang akan dideteksi adalah wajah manusia yang dapat dilihat secara langsung dari kamera dan tidak terhalangi oleh obyek lain.
3. Format file citra bertipe .jpeg dengan resolusi 160 x 240.
4. Menggunakan sistem operasi windows dan bahasa pemrograman C#.
5. Analisis dilakukan pada parameter gabor serta posisi, ekspresi, jarak, serta lokasi pengambilan citra.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Sistem Pengenalan Wajah

Sistem pengenalan wajah merupakan suatu konsep pengembangan ilmu yang berada dalam kategori biometrik. Biometrik adalah salah satu teknik pengenalan pola kebenaran identitas seseorang dengan menggunakan fisiologi atau perilaku manusia melalui teknologi komputer seperti pengenalan sidik jari, telapak tangan, wajah, iris, dan lain-lain^[3]. Tujuan dari sistem pengenalan wajah yaitu melakukan identifikasi wajah dengan membandingkan wajah dengan database wajah yang sudah ada.



Gambar 2.1 Sistem Pengenalan Wajah

2.2 Pengertian Citra

Citra adalah suatu gambaran, kemiripan atau imitasi dari suatu obyek. Suatu citra diperoleh dari penangkapan kekuatan sinar yang dipantulkan oleh obyek. Bagian terkecil dari citra disebut piksel (pixel/px) yang digunakan dalam pengolahan citra digital untuk proses lebih lanjut.

2.3 Citra RGB

Pada color image ini masing-masing piksel memiliki warna tertentu, warna tersebut adalah red, green, dan blue. Masing-masing warna memiliki range 0-255 maka totalnya $255^3 = 16.581.375$ (16K) variasi warna berbeda pada gambar, dimana variasi ini cukup untuk gambar apapun.

2.4 Citra Grayscale

Merupakan citra digital yang hanya memiliki 1 kanal pada setiap pikselnya. Setiap pikselnya mempunyai warna gradasi mulai dari putih sampai hitam dan rentang tersebut berarti setiap pikselnya dapat diwakili 8 bit. Untuk melakukan perubahan suatu gambar RGB menjadi citra grayscale, metode yang digunakan yaitu

$$\frac{R + G + B}{3}$$

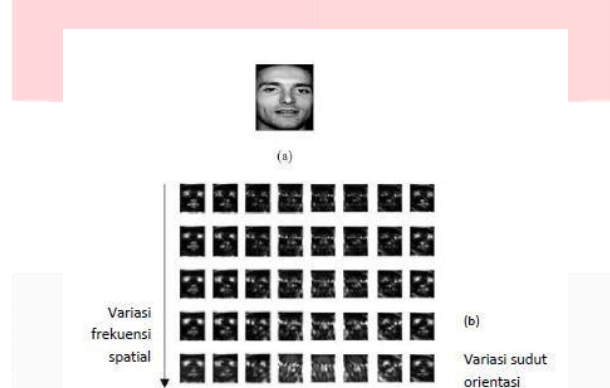
Dimana R=Red, G=Green, dan B=Blue. Nilai yang dihasilkan dari persamaan diatas akan diinput ke masing-masing unsur warna dasar citra grayscale.

2.5 Filter Gabor

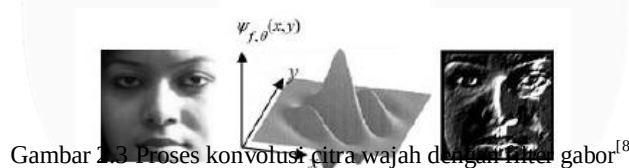
Tahap ekstraksi ciri bertujuan untuk mendapatkan informasi yang penting dari tekstur suatu citra. Salah satu teknik ekstraksi ciri yaitu menggunakan metode filter gabor. Filter gabor merupakan metode yang dikembangkan untuk memperoleh informasi frekuensi yang terlokalisasi dan melakukan perhitungan lokalisasi secara simultan yang terbaik dari informasi spasial.

Filter gabor dikenal sebagai detektor ciri yang sukses karena memiliki kemampuan mengeliminasi variabilitas yang disebabkan oleh iluminasi kontras dan sedikit pergeseran serta deformasi citra.

Filter gabor ($G(x,y)$) merupakan suatu kompleks sinusoida yang berkombinasi dengan Gaussian envelope yang berdomain spasial. Gabor Kernel dengan 5 frekuensi spasial ($\omega=1,2,3,4$) dan 8 orientasi ($\theta=1,2,3,4,5,6,7,8$). Seperti ditunjukkan Gambar 2.2



Gambar 2.2 (a) Citra Wajah Asli (b) Citra wajah hasil filter gabor dengan 5 frekuensi spasial dan 8 orientasi^[6]



Gambar 2.3 Proses konvolusi citra wajah dengan filter gabor^[8]

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologis. JST terdiri dari kumpulan unit atau *node* yang saling berkaitan dengan nilai bobot tertentu. Kemampuan dari jaringan ini terletak pada kemampuan jaringan untuk menyimpan bobot antar koneksi yang diperoleh dari proses pelatihan dan adaptasi dari sebuah kumpulan pola latih dan menggunakannya kembali.

2.7 Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya menggunakan perceptron dengan banyak lapisan (*Multi layer*) untuk memperbaiki bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada *hidden layer*. Jaringan jenis ini banyak digunakan dalam melakukan klasifikasi. Pada model ini proses pelatihan dilakukan melalui dua tahap, yaitu propagasi maju (*feedforward propagation*) dan propagasi balik (*backward propagation*). Pada propagasi maju keluaran dicari dengan mempropagasikan input sampai ke *layer output*. Kemudian berdasarkan error yang didapat dengan membandingkan keluaran dengan target, kemudian dilakukan propagasi mundur untuk melakukan pemodifikasian bobot. Iterasi akan dihentikan apabila syarat penghentian atau iterasi telah terpenuhi.

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Gambaran Umum Sistem

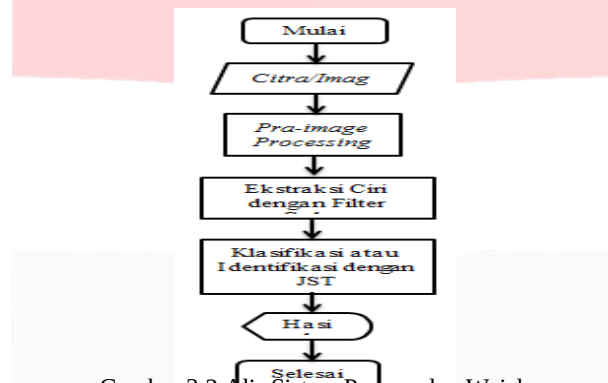
Sistem yang akan dibangun pada Tugas Akhir ini adalah sistem yang dapat melakukan pengenalan wajah serta menampilkan wajah yang dikenal jika citra wajah tersebut sesuai dengan *database*. Masukan sistem ini adalah citra atau image kemudian diolah untuk melakukan proses pengenalan wajah. Hasil keluaran dari sistem ini berupa tampilan nama citra wajah yang dikenali.



Gambar 3.1 Perancangan Sistem Secara Umum

3.2 Diagram Alir Sistem

Sistem pengenalan wajah yang akan dibuat ini akan melalui beberapa proses sebelum mendapatkan hasil yang diinginkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2. Secara umum, sistem ini terdiri dari beberapa tahap diantaranya: masukan data berupa *citra* atau *image*, *pra-image processing*, ekstraksi ciri, dan klasifikasi atau identifikasi. Jika sistem ini dijalankan, maka akan melakukan proses pengenalan wajah dari wajah yang terdapat di *citra/image* tersebut dan hasil keluaran dari program ini berupa tampilan nama wajah yang dikenal.



Gambar 3.2 Alir Sistem Pengenalan Wajah

3.3 Fungsionalitas Sistem

Fungsionalitas sistem diperlukan sebagai parameter dalam menentukan arah perancangan dan kebutuhan sistem. Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian, aplikasi yang dirancang memiliki kemampuan sebagai berikut:

- Mampu mengimplementasikan ekstraksi ciri dengan menggunakan filter gabor.
- Mampu menampilkan tampilan wajah yang dikenal serta menampilkan nama dari wajah tersebut.

3.4 Pra-Image Processing

Pra-Image Processing adalah proses awal yang dilakukan sebelum masuk ke proses ekstraksi ciri. Pada tahap ini dilakukan proses *Grayscale*. Pada tahap ini, citra akan diubah dari format RGB menjadi format *grayscale*. Setiap titik piksel pada citra RGB yang merupakan kombinasi tiga warnanya yaitu *Red*, *Green* dan *Blue* akan direpresentasikan ke dalam derajat keabuan. Proses ini menggunakan rumus *average grayscale*.

3.5 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan pengambilan informasi-informasi penting yang terdapat pada sebuah citra atau *image*. Pada proses ini dimungkinkan terjadinya pengurangan jumlah piksel tetapi masih menyimpan informasi penting yang diperlukan untuk proses selanjutnya. Tujuan proses ekstraksi ciri yaitu untuk mengambil beberapa informasi penting dari citra.

Masukan dari proses ini adalah citra atau image yang telah melalui *pra-image processing*, yaitu proses *grayscale*. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam proses ekstraksi ciri yaitu menggunakan metode filter gabor. Filter gabor digunakan untuk mengambil citra ketampakan wajah sebagai himpunan koefisien multi skala dan multi orientasi. Filter gabor diterapkan pada lokasi tertentu pada wajah atau keseluruhan citra wajah. Proses ekstraksi ciri ini juga diimplementasikan pada proses pengujian dan pelatihan citra agar mendapatkan ciri pada masing-masing citra wajah latih dan uji.

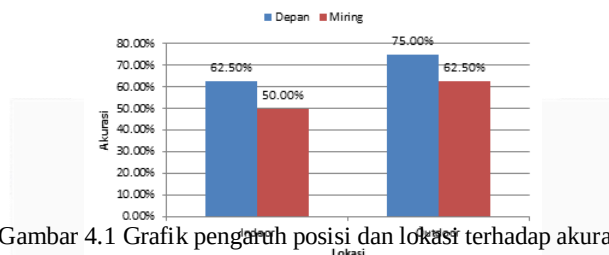
3.6 Klasifikasi

Setelah mendapat ciri pada masing-masing citra latih dan ciri pada masing-masing citra uji dari proses ekstraksi ciri, selanjutnya ciri-ciri tersebut akan diklasifikasi. Klasifikasi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu backpropagation neural network.

IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Skenario 1

- ❖ Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui posisi dan lokasi pengambilan citra yang terbaik. Pengujian ini dilakukan dengan menguji beberapa letak pengambilan gambar dan mencari akurasi terbaik dari berbagai posisi dan lokasi pengambilan gambar.
- ❖ Berikut skenario yang dilakukan untuk mendapatkan nilai akurasi dari beberapa pasangan kombinasi antara posisi dan lokasi pengambilan citra.
 - Menguji sistem dengan kombinasi antara parameter posisi (depan dan miring) dan lokasi (*indoor* dan *outdoor*) pengambilan citra.
 - Posisi yang dimaksud pada tahap ini yaitu posisi kamera terhadap wajah. Dalam hal ini posisi depan berarti kamera berada didepan wajah. Sedangkan posisi miring berarti posisi kamera berada disebelah kanan wajah.
 - Lokasi yang dimaksud pada skenario ini yaitu lokasi saat pengambilan citra. Lokasi *indoor* dan *outdoor*.
 - Set *power* 1 dan set *orientation* 1.
 - Melakukan pengujian terhadap 8 data uji.
 - Hasil identifikasi berupa justifikasi benar dan salah.
- ❖ Hasil Pengujian.
Hasil pengujian dapat digambarkan pada grafik berikut.

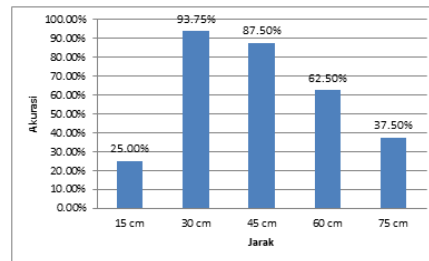


Gambar 4.1 Grafik pengaruh posisi dan lokasi terhadap akurasi

Berdasarkan hasil pengujian pada skenario ini, hasil yang lebih baik didapatkan pada posisi kamera tepat didepan wajah, hal ini terjadi karena pada posisi ini didapat bagian wajah yang terbanyak. Sedangkan untuk lokasi pengambilan citra, lokasi *outdoor* memberikan hasil yang lebih baik karena pencahayaan yang baik menghasilkan akuisisi citra wajah yang lebih baik.

4.2 Pengujian Skenario 2

- ❖ Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak pengambilan citra yang terbaik. Pengujian ini dilakukan dengan menguji jarak yang optimal untuk mendapatkan akurasi terbaik dari berbagai jarak pengambilan gambar.
- ❖ Berikut ini skenario yang dilakukan pada pengujian ini:
 - Menguji sistem dengan kombinasi antara parameter posisi (depan) dan jarak (15cm, 30cm, 45cm, 60cm dan 75cm) pengambilan citra.
 - Menggunakan kondisi sistem ideal berdasarkan pengujian pada skenario 1, yaitu dengan posisi depan dan lokasi outdoor.
 - Jarak yang dimaksud pada skenario ini yaitu jarak antara kamera dengan wajah. Jarak pengujian antara wajah dengan kamera yaitu 15cm, 30cm, 45cm, 60cm dan 75cm.
 - Set *power* 2 dan set *orientation* 2.
 - Melakukan pengujian terhadap 16 data citra uji (1 orang 2 data citra uji).
 - Data latih citra menggunakan *default* jarak antara kamera dengan wajah 30cm sebanyak 80 data citra wajah (1 orang 10 data citra latih).
 - Hasil identifikasi berupa justifikasi benar dan salah.
- ❖ Hasil Pengujian
Hasil pengujian dapat digambarkan pada grafik berikut.

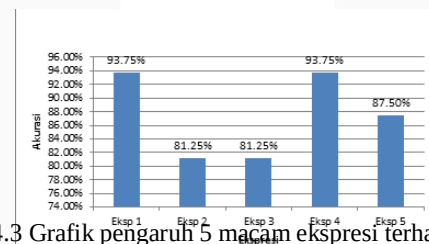


Gambar 4.2 Grafik pengaruh jarak terhadap akurasi

Berdasarkan grafik diatas maka didapat hasil akurasi pada jarak pengambilan citra kurang dari 30 cm lebih rendah dari jarak pengambilan citra 30cm karena wajah yang terlalu dekat dan bagian – bagian wajah yang hilang sehingga informasi yang didapat kurang. Sedangkan pada jarak pengambilan citra lebih dari 30cm lebih rendah dari jarak pengambilan citra 30cm karena jika jarak pengambilan citra terlalu jauh, maka bagian – bagian yang tidak termasuk ke dalam ciri wajah itu sendiri juga akan dikomputasi oleh sistem. Jika ciri lain yang bukan ciri wajah itu sendiri termasuk dalam perhitungan maka akan memungkinkan terjadinya kesalahan hasil perhitungan dan memungkinkan akurasinya turun.

4.3 Pengujian Skenario 3

- ❖ Pengujian ini dilakukan untuk menemukan ekspresi yang paling optimal. Pengujian ini dilakukan dengan menguji berbagai ekspresi untuk mendapatkan akurasi terbaik dari berbagai jenis ekspresi pada pengambilan gambar.
- ❖ Berikut ini skenario yang dilakukan pada pengujian ini:
 - Menguji sistem dengan parameter berbagai ekspresi. Ekspresi yang dimaksud pada skenario ini yaitu ekspresi normal, kedua mata tertutup, salah satu mata tertutup, senyum dan manyun.
 - Menggunakan kondisi sistem ideal berdasarkan pengujian sebelumnya, yaitu posisi depan dan *outdoor*.
 - Melakukan pengujian terhadap 16 citra uji
 - Set *power* 1 dan set *orientation* 1.
 - Hasil identifikasi berupa justifikasi benar dan salah.
- ❖ Hasil Pengujian
Hasil pengujian dapat digambarkan pada grafik berikut.



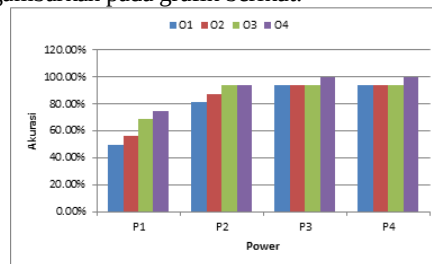
Gambar 4.3 Grafik pengaruh 5 macam ekspresi terhadap akurasi

Berdasarkan grafik diatas, rata – rata pengenalan wajah dengan 5 macam ekspresi yaitu 87,50% dimana ekspresi sedikit mempengaruhi dalam pengenalan wajah. Berdasarkan hasil percobaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa ekspresi 1 (normal) dan ekspresi 4 (senyum) memberikan hasil akurasi yang terbaik, hal ini dikarenakan pada ekspresi ini citra wajah didapat paling banyak, sehingga wajah secara keseluruhan lebih mudah untuk diidentifikasi.

4.4 Pengujian Skenario 4

- ❖ Pengujian ini dilakukan untuk menemukan parameter filter gabor yang paling optimal. Pengujian ini dilakukan dengan menguji berbagai parameter gabor untuk mendapatkan parameter terbaik yang mampu menghasilkan presisi yang tertinggi pada sistem pengenalan wajah
- ❖ Berikut ini skenario yang dilakukan pada pengujian ini:
 - Menguji sistem dengan kombinasi parameter filter gabor seperti nilai *power* dan nilai *orientation*. Kombinasi parameter tersebut yaitu P1O1, P1O2, P1O3, P1O4, dan seterusnya.
 - Menggunakan kondisi sistem ideal berdasarkan pengujian skenario 1, yaitu posisi depan dan *outdoor*.
 - Melakukan pengujian terhadap 16 citra uji (1 orang 2 data citra uji).
 - Dataset citra latih menggunakan dataset citra dengan jarak pengambilan citra 30cm dan sebanyak 40 data citra latih (1 orang 5 data citra latih).
 - Hasil identifikasi berupa justifikasi benar dan salah.

- f. Di dalam skenario ini hanya mengambil Power = 1-4 dan Orientasi = 1-4
- ❖ Hasil Pengujian
- Hasil pengujian dapat digambarkan pada grafik berikut.

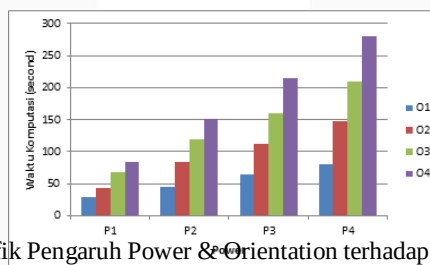


Gambar 4.4 Grafik pengaruh power dan orientation terhadap akurasi

Berdasarkan grafik diatas, maka dapat disimpulkan nilai power dan orientation yang semakin tinggi akan menghasilkan akurasi identifikasi yang semakin tinggi karena semakin banyak fitur ciri yang diekstrak sehingga didapat hasil yang lebih optimal.

4.5 Pengujian Skenario 4

- ❖ Pengujian ini dilakukan untuk menemukan waktu komputasi yang tercepat dengan hasil akurasi yang tinggi. Pengujian ini dilakukan dengan menguji berbagai parameter filter gabor untuk mendapatkan waktu komputasi yang tercepat dalam proses ekstraksi ciri dan menghasilkan presisi yang tertinggi pada sistem pengenalan wajah.
- ❖ Berikut ini skenario yang dilakukan pada pengujian ini:
- Menguji sistem dengan kombinasi parameter filter gabor seperti nilai power dan nilai orientation. Kombinasi parameter tersebut yaitu P1O1, P1O2, P1O3, P1O4, dan seterusnya.
 - Menggunakan kondisi sistem ideal berdasarkan pengujian skenario 1, yaitu posisi depan dan outdoor.
 - Tidak melakukan identifikasi dikarenakan ingin menghitung berapa lama waktu komputasi filter gabor.
 - Dataset citra latih menggunakan dataset citra dengan jarak pengambilan citra 30cm dan sebanyak 40 data citra latih (1 orang 5 data citra latih).
 - Masih ada hubungan dengan skenario 4 karena ingin mencari tahu hasil presisi yang tinggi dengan waktu komputasi filter gabor dengan cepat.
- ❖ Hasil Pengujian
- Hasil pengujian dapat digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Power & Orientation terhadap Waktu Komputasi

Berdasarkan grafik diatas, maka dapat disimpulkan nilai power dan orientation yang semakin tinggi akan menghasilkan waktu komputasi atau waktu yang dibutuhkan untuk mengekstraksi ciri akan semakin lama. Jika dilihat dari Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 maka dapat disimpulkan P2O2 memiliki waktu komputasi 84 second dengan akurasi 87,50%. Sedangkan P2O3 memiliki waktu komputasi 119 second dengan akurasi 93,75%. Jika dilihat dari waktu dan akurasi yang tinggi maka P2O2 (nilai power 2 dan nilai orientation 2) cukup efektif karena waktu komputasinya 0,7 kali lebih cepat daripada P2O3 dan mempunyai akurasi yang cukup tinggi.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada perancangan, pengujian dan analisis pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Aplikasi sistem pengenalan wajah ini berhasil diimplementasikan dan berjalan cukup baik sesuai dengan tujuan penelitian ini.

- b. Lokasi *outdoor* dan posisi kamera didepan merupakan kombinasi yang ideal dalam pengambilan citra yang terbaik untuk data citra sistem pengenalan wajah.
- c. Jarak 30cm dan 45cm merupakan jarak antara wajah dengan kamera *smartphone* yang ideal dalam pengambilan citra untuk data citra sistem pengenalan wajah.
- d. Ekspresi senyum dan normal merupakan ekspresi yang mudah untuk diidentifikasi daripada ekspresi yang lainnya.
- e. Nilai *power* dan *orientation* mempengaruhi hasil akurasi dalam mengidentifikasi wajah dan mempengaruhi waktu komputasi.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa dikembangkan berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan aplikasi pada platform lain seperti Android, iOS dan Windows bahkan mengembangkan aplikasi ini di *smartphone* agar lebih praktis dan mudah digunakan.
2. Mengembangkan penelitian dan membuat sistem pengenalan wajah yang lebih baik dengan menggunakan metode klasifikasi lain selain Jaringan Syaraf Tiruan serta metode ekstraksi ciri yang lain seperti PCA, dan sebagainya.
3. Mengembangkan penelitian sistem pengenalan wajah dengan menggunakan video processing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardiyanto, Febrian. 2007. *Sistem Pengenalan Wajah Berbasis Metoda Fisherface..* Tugas Akhir pada ITB Bandung: tidak diterbitkan.
- [2] Bprasetio. 2005. *Citra Wajah Sebagai Alat Identifikasi*, [online], (<http://home.bprasetio.or.id/articles.php?param=general&op=detail&id=90>, diakses tanggal 20 Oktober 2014).
- [3] Budiyatno, Slamet. 2012. *Implementasi Sistem Pengenalan Wajah Sebagai Penghubung Jejaring Sosial : Penerapan Augmented Reality Sebagai Penampil Informasi Hasil Pengenalan Wajah Pada Perangkat Android*. Tugas Akhir pada ITS Surabaya: tidak diterbitkan.
- [4] Dahria, Muhammad, Usman Muhammadi, dan Ishak. 2013. *Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam Untuk Absensi Dengan Metode Wavelet*. Tugas Akhir pada STMIK Triguna Dharma Medan: tidak diterbitkan.
- [5] Kurniawan, Agus, Akuwan S., dan Nana R. *Aplikasi Absensi Kuliah Berbasis Identifikasi Wajah Menggunakan Metode Gabor Wavelet*. Tugas Akhir pada Universitas Indonesia: tidak diterbitkan.
- [6] Kurniawan, Dwi Ely. *Identifikasi Citra Wajah Menggunakan Gabor-based Kernel Principal Component Analysis*. Tugas Akhir pada Politeknik Negeri Batam: tidak diterbitkan.
- [7] Minarni, S.Si., MT. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Mata Kuliah Pengolahan Citra pada Institut Teknologi Padang: tidak diterbitkan.
- [8] Li, Stan Z. dan Jain, Anil K. 2005. *Handbook of Face Recognition*. New York : Springer Science+Business Media, Inc.
- [9] Minartiningtyas, Brigida Arie. 2013. *Teori Pengenalan Wajah (Face Recognition)*. [online]. (<http://informatika.web.id/teori-pengenalan-wajah-face-recognition.htm>, diakses tanggal 18 Maret 2015).
- [10] Minartiningtyas, Brigida Arie. 2013. *Pendekatan Pengenalan Pola*. [online]. (<http://informatika.web.id/teori-pengenalan-wajah-face-recognition.htm>, diakses tanggal 18 Maret 2015).
- [11] Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik*. Informatika: Bandung.
- [12] Puri, Fika Tiara. 2011. *Analisis Algoritma Eigenface (Pengenalan Wajah) Pada Aplikasi Kehadiran Pengajaran Dosen*. Tugas Ahir pada Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta: tidak diterbitkan.
- [13] Putra, Darma. 2009. *Sistem Biometrika (Konsep Dasar, Teknik Analisis Citra dan Tahapan Membangun Aplikasi Sistem Biometrika)*. ANDI : Yogyakarta.
- [14] Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital Edisi Pertama*. ANDI : Yogyakarta.
- [15] Putra, Toni Wijanarko Adi. 2013. *Pengenalan Wajah Dengan Matriks Kookurensi Aras Keabuan Dan Jaringan Syaraf Tiruan Probabilistik*. Tesis pada Universitas Diponegoro Semarang: tidak diterbitkan.
- [16] R, Dewi A., Karmilasari, dan Suranto E.S. 2008. *Klasifikasi Kelompok Usia Berdasarkan Ciri wajah Pada Sistem Pengenalan Wajah*. Tugas Akhir pada Universitas Gunadarama: tidak diterbitkan.
- [17] Sitorus, Syahriol,dkk. 2006. *Pengolahan Citra Digital*. Medan : USU Press.
- [18] Wirawan, A, Ibnu G., dan Resmana Lim. 2004. *Pelacakan dan Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Embedded Hidden Markov Models*. Tugas Akhir pada Universitas Kristen Petra: tidak diterbitkan.