

PELACAKAN PUPIL MATA SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN METODE HAAR-LIKE FEATURE

Alan Novi Tompunu¹⁾, Ahmad Fadhel²⁾,

Wahyu S. Pambudi³⁾, M.Ali Malik⁴⁾,

Indra Satriadi⁵⁾

^{1,2,,5} Jurusan Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Sriwijaya Negara, Palembang 30139, Indonesia

³ Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Jalan Arief Rahman Hakim No. 100 Surabaya

⁴ Politeknik Akamigas Palembang

Jalan Kebon Jahe Gedung Diklat RU III. Komperta Plaju, Palembang

Jalan Arief Rahman Hakim No. 100 Surabaya

email:alan_nt@polsri.ac.id¹, dheroefic@gmail.com², yoe2fa@yahoo.com³, amalik8687@gmail.com⁴
indrasatriadi55@gmail.com⁵

Abstrak – Pengenalan objek merupakan bagian dari bidang *computer vision* yang dapat mengenali objek seperti wajah dan mata. Pengenalan objek memerlukan penginderaan model secara visual, menggunakan perangkat pencitraan seperti *webcam*. Pada penelitian ini dilakukan pelacakan pupil mata dengan menggunakan metode *haar=like features*. Metode ini menghitung selisih jumlah setiap *pixel* di kisaran wilayah persegi panjang yang berdekatan dengan lokasi tertentu pada jendela pendekteksi. Proses pengenalan dan pendekteksian pupil mata melalui beberapa tahapan yaitu dengan mengubah kanal warna (RGB) menjadi kanal keabuan (*grayscale*), meningkatkan kontras citra keabuan menggunakan metode Histogram Equalization, mengurangi detail dari citra untuk mengurangi *noise* menggunakan metode penapisan citra, melakukan pendekteksian wajah yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan lokasi pupil mata menggunakan *haar-like features*, dan kemudian mendekteksi pupil mata. Berdasarkan pengujian pada sistem, sistem ini memperoleh ketepatan 86,7% pada intensitas cahaya terang dan 66,7% pada intensitas cahaya remang.

Kata Kunci - *pupil, grayscale, histogram equalization, haar-like features*

I. PENDAHULUAN

Wajah dan Mata adalah fitur dari seorang individu yang tampak jelas dari luar. Dengan perkembangan teknologi saat ini, fitur dari individu ini dapat dikenali dan digunakan sebagai faktor dalam *output* dari sebuah sistem yang akan dibuat.

Dengan teknologi pengolahan citra wajah dan mata dapat diidentifikasi untuk mencari letak dari pupil mata yang merupakan bagian tengah dari mata. Untuk melakukan pengenalan wajah dan pupil mata, perlu dilakukan pemrosesan citra digital agar setiap gambar yang ditangkap dapat dikenali. Salah satu

penelitian yang terkait yaitu menentukan area tengah dari mata dengan menggunakan nilai rata-rata dari gradient. Penelitian ini menggunakan metode analisis karakteristik medan vektor dari gradient citra. Metode ini mendeskripsikan secara matematis hubungan antara kemungkinan dan orientasi dari gradien citra, sehingga didapatkan nilai tengah dari mata / pupil secara lebih akurat dengan menggunakan perangkat pencitraan standar seperti *webcam* [1].

Dalam melakukan pengenalan pupil mata diperlukan pengenalan wajah dikarenakan letak mata yang berada di area wajah. Untuk itu dilakukan pengenalan wajah terlebih dahulu setelah itu akan dibuat area yang diinginkan / ROI (Region of Interest). Dalam melakukan pengenalan wajah, sejumlah metode dapat digunakan, beberapa diantaranya yaitu: Metode PCA [2], Metode Haar-like Feature [3], Metode Hidden Markov Model (HMM) [4].

Dari beberapa metode yang telah disebutkan di atas, di sini akan digunakan metode Haar-like fitur yang dilakukan dalam melakukan pengenalan wajah ataupun pupil mata. Beberapa metode pengolahan citra digital juga akan digunakan mengingat *noise* (derau) pada citra digital yang ada pada setiap kondisi cahaya yang berbeda, untuk itu akan dilakukan pengurangan derau (*noise reduction*) dengan mengaplikasikan fitur pengolahan citra yaitu metode penapisan citra (*Image Filtering Method*).

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini akan diarahkan untuk dapat melakukan pelacakan pupil mata dengan menggunakan metode *haar-like features*, dengan harapan kedepannya jika sistem ini dikembangkan lebih lanjut dapat digunakan sebagai pengendali sistem berbasis pelacakan pupil mata seperti contohnya pengganti tetikus komputer.

II. METODE PENELITIAN

Guna mendukung proses metode penelitian perlu pemahaman dari input berupa citra, proses citra

dan hasil citra yang berupa deteksi pupil mata, diantaranya adalah sebagai berikut:

A. Citra Digital

Secara umum, pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar dua dimensi dengan menggunakan komputer. Tujuan utama pengolahan citra adalah agar citra mudah diinterpretasi oleh manusia maupun mesin. Dengan pengolahan citra, sebuah citra ditransformasi menjadi citra lain.

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) merupakan intensitas atau tingkat keabuan citra pada titik tersebut. Nilai $f(x,y)$ merupakan hasil kali dari jumlah cahaya yang mengenai objek (*illumination*) dan derajat kemampuan objek tersebut memantulkan cahaya (*reflection*).

Nilai suatu irisan antara baris dan kolom matriks (pada posisi x,y) disebut dengan picture element, image element atau piksel. Sebuah piksel mewakili tidak hanya satu titik dalam sebuah citra melainkan sebuah bagian berupa kotak yang merupakan bagian terkecil citra. Suatu piksel memiliki nilai dalam rentang tertentu dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum, jangkauannya adalah 0 – 255.

Berdasarkan nilai pikselnya, citra digital dapat dikelompokkan ke dalam dua jenis citra, yaitu:

1. Citra warna

Citra warna sering disebut juga citra RGB atau citra *true color* karena dapat merepresentasikan warna objek menyerupai warna aslinya dengan mengombinasikan ketiga warna dasar yaitu *red* (R), *green* (G) dan *blue* (B). Tiap piksel memiliki tiga nilai kanal yang mewakili tiap komponen warna dasar citra.

2. Citra keabuan

Citra keabuan atau biasa disebut sebagai citra *grayscale* hanya memiliki satu nilai kanal warna pada setiap warnanya, yaitu *red* = *green* = *blue*. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan dan putih. Tingkat keabuan di sini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih.

Proses untuk mengubah dari citra berwarna ke bentuk *grayscale* mengikuti persamaan (1) dan (2).

$$(x, y, f(x, y)) \rightarrow (x, y, I(x, y)) \quad (1)$$

$$I(i, j) = \frac{R(i, j) + G(i, j) + B(i, j)}{3} \quad (2)$$

B. Perbaikan Citra

Perbaikan citra bertujuan meningkatkan kualitas tampilan citra untuk pandangan manusia atau untuk mengonversi suatu citra agar memiliki format yang lebih baik sehingga citra tersebut lebih mudah diolah dengan komputer. Perbaikan terhadap suatu citra dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan metode *Histogram Equalization* serta menggunakan metode penapisan citra (*image filtering*).

1. Histogram Equalization

Histogram Equalization adalah metode dari pemrosesan citra yang mengatur kontras menggunakan histogram dari citra yang akan diproses. Metode ini biasanya membuat kontras keseluruhan dari gambar menjadi lebih tinggi. Melalui pengaturan ini, intensitas Cahaya dari citra dapat di distribusikan pada histogram sebuah citra. Ini membuat area dengan kontras rendah menjadi lebih tinggi. Metode ini mengatur citra agar lebih mudah untuk dianalisis atau ditingkatkan kualitas visualnya.

Metode *Histogram Equalization* harus diaplikasikan sebelum mendapatkan sebuah citra keabuan. Metode *Histogram Equalization* juga membantu citra mengorganisir distribusi intensitas. Nilai intensitas yang ada akan dipetakan ke sebuah nilai baru tetapi nilai sebenarnya dari intensitas piksel di hasilkan citra akan sama atau kurang dari nilai aslinya [5].

Rumus umum dari *histogram equalization* seperti pada persamaan (3),

$$h(v) = \text{round} \left(\frac{cdf(v) - cdf_{\min}}{(M \times N) - cdf_{\min}} \times (L - 1) \right) \quad (3)$$

Dimana cdf_{\min} adalah nilai tidak sama dengan nol yang terendah dari fungsi distribusi kumulatif, M x N adalah angka dari pixel (contohnya adalah 64, dimana M adalah lebar dan N adalah panjang) dan L adalah angka dari level keabuan yang digunakan (dari banyak kasus biasanya digunakan angka 256).

2. Penapisan Citra

Pada pengolahan citra digital, penapisan citra (*image filtering*) digunakan untuk menekan frekuensi tinggi pada citra seperti pada metode memperhalus citra (*smoothing*), atau menekan frekuensi rendah seperti pada memperjelas atau mendeteksi tepi pada citra. Tujuan dilakukannya penapisan citra ini yaitu membuat citra menjadi tampak lebih baik ataupun untuk membuat citra tampak lebih jelas sehingga dapat dilakukan analisis / pengenalan informasi dengan lebih baik dan juga dapat mengurangi derau (*noise*).

3. Gaussian Blur

Di dalam pemrosesan citra, *Gaussian Blur* adalah sebuah hasil dari proses mengaburkan sebuah citra dengan menggunakan fungsi Gaussian. Biasanya digunakan di pemrosesan citra, khususnya pada

pengurangan derau citra (*image noise reduction*) dan mengurangi detail dari citra. Smoothing Gaussian biasanya digunakan pada tahap pra proses di dalam algoritma *computer vision* yang ditujukan untuk meningkatkan struktur citra pada skala berbeda.

Persamaan dari Fungsi Gaussian pada satu dimensi seperti yang ditunjukkan pada persamaan (4).

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

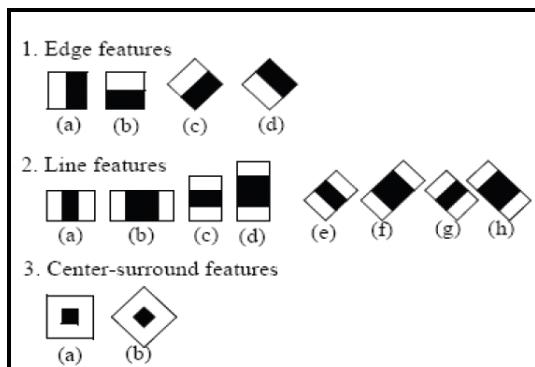
sedangkan untuk persamaan fungsi Gaussian pada dua dimensi seperti pada persamaan (5)

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

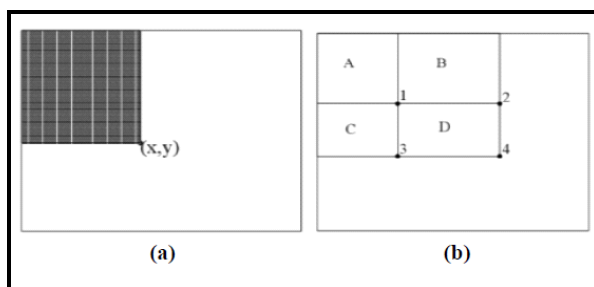
Dengan x adalah jarak dari asal di sumbu horizontal, y adalah jarak dari asal di sumbu vertikal, dan σ adalah standar deviasi dari distribusi Gaussian.

C. Haar-like features

Haar-like features adalah fitur dari citra digital yang digunakan dalam pengenalan objek. Diperkenalkan oleh Viola dan Jones, yang mengadaptasi ide dari Haar wavelets dan mengembangkan fitur yang disebut sebagai Haar-like features. *Wavelet Haar* adalah gelombang tunggal bujur sangkar (satu interval tinggi dan satu interval rendah). Untuk dua dimensi, satu terang dan satu gelap. Selanjutnya kombinasi-kombinasi kotak yang digunakan untuk pendeteksian objek visual yang lebih baik. Setiap *Haar-like feature* terdiri dari gabungan kotak - kotak hitam dan putih.



Gambar 1. Variasi feature Haar [7]



Gambar 2. pixel di dalam setiap wilayah [8]

Fitur Haar-like memperhitungkan wilayah persegi panjang yang berdekatan pada lokasi yang spesifik di dalam jendela pendeteksi, menjumlahkan intensitas pixel di dalam setiap wilayah dan menghitung perbedaan antara penjumlahan. Berdasarkan gambar 2.a diatas, nilai pada lokasi piksel (x,y) berisi jumlah dari semua piksel di dalam daerah segiempat daerah yang diarsir, untuk mendapatkan nilai rata-ratanya dapat dilakukan hanya dengan membagi nilai pada (x,y) oleh area segiempat.

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y'), \quad (6)$$

dimana $ii(x, y)$ adalah *integral image* dan $i(x, y)$ adalah *original image*.

Guna mengetahui nilai piksel untuk beberapa segiempat yang lain, seperti segiempat D pada gambar 2.b, dapat dilakukan dengan dikomputasikan menggunakan persamaan (7) dibawah ini,

$$D = (A + B + C + D) - (A + B) - (A + C) + A \quad (7)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Haar-like features adalah fitur dari citra digital yang digunakan dalam pengenalan objek. Diperkenalkan oleh Viola dan Jones, yang mengadaptasi ide dari Haar wavelets dan mengembangkan fitur yang disebut sebagai Haar-like features. Fitur Haar-like memperhitungkan wilayah persegi panjang yang berdekatan pada lokasi yang spesifik di dalam jendela pendeteksi, menjumlahkan intensitas pixel di dalam setiap wilayah dan menghitung perbedaan antara penjumlahan.

A. Uji Coba Sistem

Dalam melakukan uji coba sistem, sistem dapat mendeteksi wajah dan pupil mata dalam keadaan baik dengan persentasi >80% pada kondisi dengan intensitas Cahaya yang baik (Siang hari dan dengan bantuan sinar matahari). Perlu diperhatikan pada keadaan kondisi minim Cahaya (malam hari dalam ruangan) keakuratan deteksi pupil mata akan turun hingga setengahnya jika tidak ditingkatkan intensitas Cahaya. Berikut adalah tahapan pengolahan citra yang terjadi dari sistem yang telah dibuat:

B. TAHAPAN PENGOLAHAN CITRA

1. Tahapan mendapatkan citra dari Webcam. Tahapan ini mendapatkan citra dari webcam, menggunakan fungsi *cvcapture* dari library *opencv*, berikut adalah perintah standarnya:

```
Ptr <CvCapture> capture;  
capture = cvCaptureFromCAM(0);
```

dimana untuk nilai *cvCaptureFromCAM* adalah 0 merupakan urutan webcam yang tersedia, jika anda mempunyai webcam lebih dari satu, anda dapat merubah value ini untuk mengganti webcam yang akan digunakan.

2. Tahapan melakukan pengubahan kanal citra dari RGB menjadi citra keabuan (Grayscale image). Tahapan ini mengubah kanal warna (RGB) yang didapatkan dari *matrix* citra yang telah didapatkan dari webcam menjadi kanal keabuan (*grayscale*) dengan menggunakan fungsi *cvtColor* yang tersedia di library opencv. Berikut adalah perintah standarnya:

```
cvtColor (input matrix, output matrix, int color);  
dimana untuk nilai int color anda dapat menentukan perubahan warna yang di inginkan, misalnya untuk mengubah kanal warna (RGB) menjadi kanal keabuan dapat menggunakan CV_BGR2GRAY.
```

3. Tahapan meningkatkan kontras citra keabuan menggunakan metode Histogram Equalization. Tahapan ini meningkatkan kontras citra keabuan dengan menggunakan fungsi *equalizeHist* dari library opencv. Berikut adalah perintah standarnya:

```
equalizeHist (input matrix, output matrix);
```

4. Tahapan melakukan penapisan citra (image filtration) yang digunakan untuk mengurangi derau menggunakan metode Gaussian Blur. Tahapan ini mengurangi detail citra yang berimbas pada berkurangnya derau yang terdapat pada citra. Metode ini mengurangi detail dan memperhalus citra sehingga derau dapat dikurangi. Menggunakan fungsi *GaussianBlur* pada library opencv. Berikut adalah perintah standarnya:

```
GaussianBlur(input matrix, output matrix,  
cv::Size, double sigma X, double sigma Y);  
Untuk cv::Size merupakan MAX_KERNEL yang ditentukan oleh anda, sehingga semakin besar kernel yang anda tentukan, maka semakin halus citra yang dihasilkan.
```

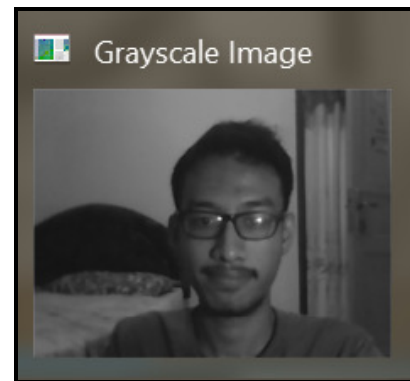
5. Tahapan pelacakan wajah. Tahapan ini mendeteksi dan melacak wajah dengan menggunakan metode Haar-like features. Metode ini membutuhkan file *cascade* yang telah di lakukan training data pengenalan objek. Menggunakan fungsi *detectMultiScale* dari

library opencv. Berikut adalah perintah standarnya:

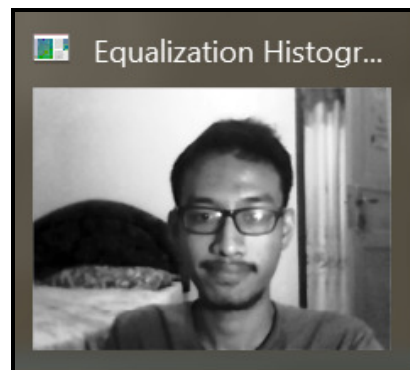
```
cv::CascadeClassifier::detectMultiScale(matrix  
input, vector object, double ScaleFactor, double  
minNeighbours, int flag, cv::Size(minSize,  
maxSize);
```

6. Tahapan pelacakan pupil mata.

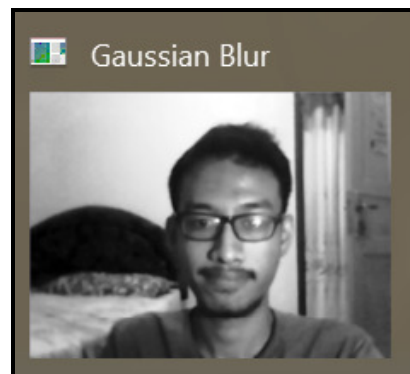
Tahapan ini hampir sama dengan tahapan pelacakan wajah, tetapi tahapan ini menggunakan data yang didapatkan dari pelacakan wajah yaitu letak posisi dari wajah dijadikan sebagai *Region of Interest (ROI)* sehingga pelacakan mata dapat dilakukan. Setelah itu dilakukan perhitungan sehingga didapatkan letak tengah dari mata yang merupakan letak dari pupil itu sendiri.



Gambar 3. Proses Grayscale Image



Gambar 4. Proses Equalization Histogram

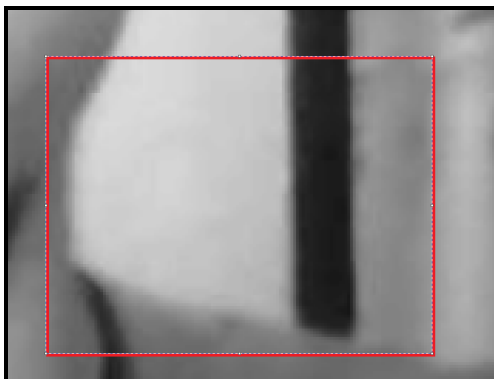


Gambar 5. Proses Gaussian Blur

Pada gambar 3 sampai gambar 5, dapat dilihat bahwa sistem melakukan operasi pengolahan citra yang didapat dari inputan webcam. Citra diubah warnanya dari kanal RGB ke kanal keabuan atau dalam artian citra berwarna diubah menjadi citra keabuan. Metode *Histogram Equalization* diaplikasikan sehingga dapat dilihat pada gambar 1, kontras dari citra keabuan menjadi lebih tinggi. Ketika metode *Gaussian Blur* diaplikasikan, citra diperhalus dan dikurangi detailnya sehingga derau citra menjadi berkurang.

C. ANALISA PENGURANGAN DERAU CITRA MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN BLUR

Dalam melakukan pengujian sistem yang dilakukan, sesekali dapat ditemukan kesalahan pendeteksian wajah dan pupil dikarenakan derau pada citra yang sangat tinggi. Derau ini terjadi dikarenakan intensitas cahaya yang kurang sehingga perangkat pencitraan meningkatkan sensitivitas cahaya (ISO) sehingga citra yang didapatkan menjadi lebih banyak derau. Untuk itu diaplikasikan metode *Gaussian Blur* sehingga citra yang dihasilkan tampak lebih halus (*smooth*) akibat dari pengurangan detail dari citra.



Gambar 6. Derau pada citra



Gambar 7. Citra dengan Gaussian Blur

Dengan diaplikasikannya *Gaussian Blur*, detail dari citra dikurangkan sehingga ini berimbas pada kecepatan pelacakan pupil dari sistem yang dilakukan, akan tetapi kesalahan deteksi menjadi lebih berkurang. Pada tabel 1 adalah tabel akurasi dari deteksi wajah

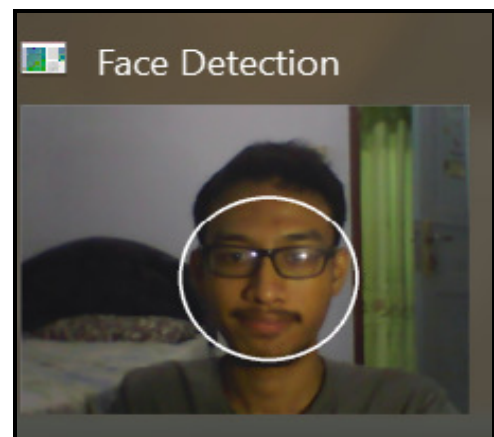
dan pupil dengan atau tidak menggunakan metode Gaussian Blur selama 30 detik / 30 frame.

Tabel 1. Akurasi sistem dengan atau tidak menggunakan Metode Gaussian Blur

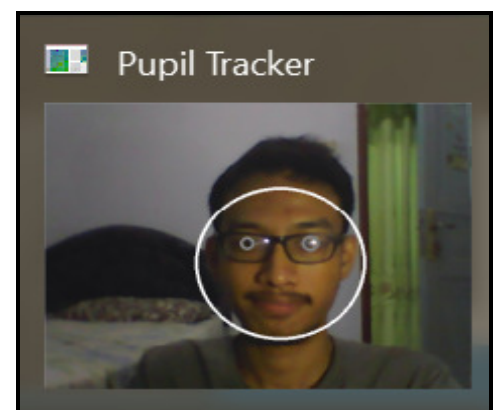
| Menggunakan Metode Gaussian Blur | Akurasi deteksi wajah dan pupil |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Ya | 85% |
| Tidak | 72.5% |

D. ANALISA PELACAKAN WAJAH DAN PUPIL

Setelah citra diambil dari perangkat pencitraan (*imaging devices*), citra diolah dan dilakukan analisis apakah ada atau tidaknya wajah dan pupil dari pengguna. Setelah itu, sistem akan menampilkan lingkaran sebagai indikator dimana letak dari wajah dan pupil pengguna didalam suatu citra.



Gambar 8. Proses Face Detection



Gambar 9. Hasil Pupil Tracker

Keakurasian sistem yang dibuat tergantung dari kualitas perangkat pencitraan serta dari intensitas Cahaya dari lingkungan sistem. Semakin terang intensitas Cahaya, maka semakin akurat sistem melacak wajah dan pupil pengguna. Tabel 2 dibawah ini merupakan hasil dari pengujian keakurasian pada kondisi cahaya tertentu.

Tabel 2. Keakuratan sistem yang dibuat pada kondisi Cahaya tertentu

| Kondisi Cahaya | Error rate pada jarak tertentu (%) | | | Akurasi system (%) | | |
|--|------------------------------------|-------|-------|--------------------|------|-------|
| | 30 cm | 40 cm | 50 cm | 30 s | 60 s | 120 s |
| Terang, siang hari, dalam ruangan | 13% | 25% | 28% | 87% | 85% | 84% |
| Remang, malam hari, dalam ruangan | 33% | 45% | 44% | 67% | 55% | 55% |
| Remang, malam hari, dalam ruangan dengan bantuan Cahaya tambahan | 21% | 38% | 36% | 79% | 73% | 73% |

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian proses pengolahan citra digital dan pengenalan objek digital yang berupa pelacakan pupil mata dengan menggunakan metode Haar-like features, Akurasi yang didapatkan dari sistem yaitu 87% dengan intensitas Cahaya terang dalam ruangan. Dan pada intensitas Cahaya remang dalam ruangan didapatkan persentase 67%.

V. SARAN

Ke depannya diharapkan dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan melakukan tahapan perubahan ke kanal warna HSV [6] sehingga pelacakan pupil mata akan menjadi lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Jurusan Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya dan Politeknik Akamigas Palembang, yang telah memberikan kesempatan dan dukungan yang sangat besar kepada para peneliti untuk dapat menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Timm. F., Barth. E., 2012, "Accurate Eye Centre Localisation by Means of Gradients", Lübeck, Germany.
- [2] Sinaurat. S, 2012. "Analisa Sistem Pengenalan Wajah berbentuk Citra Digital dengan Algoritma Principal Componen Analysis" Medan, Indonesia, 2012.
- [3] Kusumanto. RD, Pambudi. S. W., Tomponu. N, A., 2012. "Aplikasi Sensor Vision untuk Deteksi MultiFace dan Menghitung Jumlah Orang", Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (SEMATIK 2012), Semarang, Indonesia. ISBN 979 - 26 - 0255 - 0
- [4] Sepritahara. 2012. "Sistem Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan Metode Hidden Markov Model (HMM). Universitas Indonesia: Indonesia.
- [5] Kashyap, L. K., and Shantaiya, S., 2011, *Noise Removal of Facial Expression Images using Wiener Filter*, Disha Institute of Management and Technology, Raipur: India.
- [6] Pambudi, W., S., Salamah, I., Tomponu, A. N., 2011. "Deteksi dan Estimasi Jarak Objek Menggunakan Single Camera dengan Model Segmentasi HSV", Seminar Nasional Teknoin 2011, Universitas Islam Indonesia, Semarang, Indonesia.
- [7] Lienhart, Rainer and Jochen Maydt, 2002. "An extended set of haar-like features for rapid object detection". In: IEEE ICIP 2002, Vol.1, pp 900-903.
- [8] Viola, Paul and Michael Jones, 2001. "Rapid object detection using boosted cascade of simple features". In: Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.