

Pemilihan Playlist dengan Mengenali Ekspresi Wajah Pengguna menggunakan Neural Network Backpropagation

Peni Rahayu
Politeknik elektronika Negeri
Surabaya
rara_cemota@yahoo.com

Nana Ramadajnti
Politeknik elektronika Negeri
Surabaya
nana@eepis-its.edu

Setiawardhana
Politeknik elektronika Negeri
Surabaya
setia@eepis-its.edu

Abstrak

Proyek Akhir ini dibuat untuk mengenali ekspresi wajah sebagai indikator untuk menjalankan playlist music. Sistem pengenalan ekspresi wajah berasal dari data masukan seseorang saat itu yang diambil secara offline, dengan posisi terdekat dengan kamera, dimana posisi wajah tidak boleh miring. Prosesnya dengan pengambilan citra wajah secara offline yang dikenali dengan kombinasi warna, dan mengekstrak fitur penting dari wajah berdasarkan lokasi alis, mata dan bentuk mulut kemudian mengenali ekspresi wajah menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network Backpropagation*). Data keluaran dari pengenalan ekspresi wajah berupa indek yang secara otomatis akan diindikasikan untuk menjalankan musik, sehingga musik akan berubah mengikuti perubahan ekspresi wajah seseorang.

Keyword : *ekspresi wajah, neural network, backpropagation.*

1. Pendahuluan

Saat ini image processing berkembang pesat, dibuktikan dengan banyaknya aplikasi yang menggunakan pola gambar seperti pengenalan wajah, sidik jari, tanda tangan dan lain-lain. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan untuk melakukan pengembangan aplikasi pengenalan terhadap ekspresi wajah yang tampak dan di tampilkan dalam sebuah media musik yang merupakan penguangan dari emosi yang dikenali oleh aplikasi.

Selain itu, melalui pengenalan ekspresi ini diharapkan dapat membangkitkan musik yang sesuai dengan kondisi emosi yang nantinya dapat digunakan sebagai indikator yang merepresentasikan emosi seseorang pada saat tertentu. Sehingga dapat digunakan untuk membantu proses komunikasi seseorang dengan mengenali emosinya melalui musik yang diputar.

Aplikasi ini akan mengenali tiga macam ekspresi wajah yaitu normal, tertawa dan marah. Dimana ekspresi tersebut merupakan ekspresi umum yang sering dialami oleh manusia.

Sedangkan untuk pengambilan keputusan deteksi ekspresi wajah dari pengguna menjadi sebuah keputusan ekspresi tertentu, maka digunakan cabang ilmu artificial Intelligence yang dimana menggunakan teknik Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network).

Neural Network merupakan suatu model non-linier yang dimana dapat di training untuk memetakan suatu data historikan dan value data yang dihasilkan untuk yang akan datang dari suatu data time series. Dengan cara demikian ekstrak struktur hidden dan relasi yang dapat menentukan data yang akan diramalkan. Dalam hal ini, Neural Network dipilih karena dapat meningkatkan performa yang diberikan dengan adanya lebih banyak contoh. Selain itu, kita tidak perlu tahu banyak tentang fitur dari ekspresi wajah untuk membangun sistem. Sistem akan generalisasi fitur itu sendiri, yang diberikan cukup banyak contoh sebagai data training.

Data yang digunakan sebagai data historikal adalah data sample ekspresi (senang, marah dan normal) berupa image (citra berwarna). Data historikal ini dijadikan sebagai data training sedangkan data testing berdasarkan pengambilan gambar saat itu.

2. Pengenalan Wajah dan Fitur Wajah

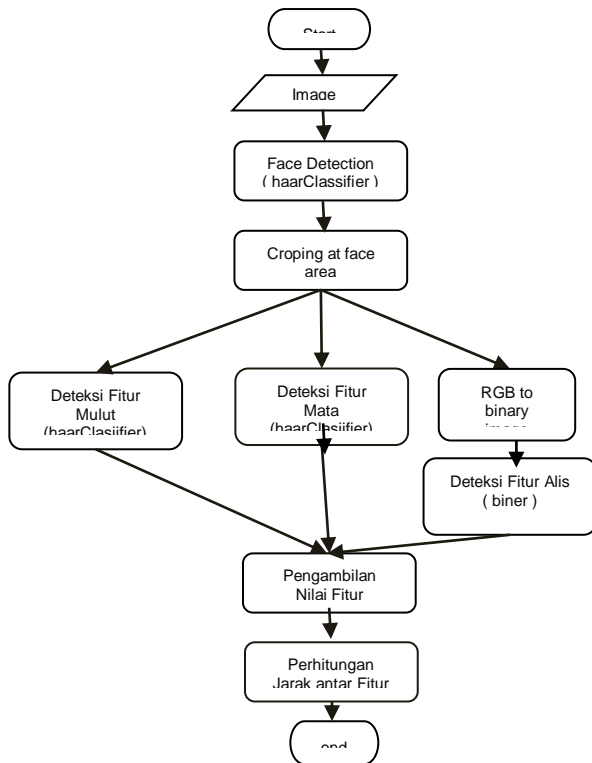
Mengacu pada makalah "*Automated Facial Expression Recognition System Using Neural Networks*" yang disusun oleh Jyh-Yeong Chang, yaitu mendeteksi ekspresi wajah dengan menghitung perbedaan nilai fitur dan jarak fitur, maka sistem ini dibangun agar mampu mengenali dan mengambil nilai – nilai fitur yang digunakan dalam deteksi wajah (menentukan lokasi fitur – fitur wajah), ekstraksi nilai – nilai fitur wajah, ada 3 fitur utama dari wajah yang dianggap mempengaruhi perubahan ekspresi wajah, yaitu:

- Fitur mulut
- Fitur mata
- Fitur alismata

Berdasarkan atas deteksi 3 fitur tersebut, dapat diambil 6 nilai fitur yang menyatakan pengaruh dari ekspresi wajah :

- Jarak alismata dengan mata
- Lebar mata
- Lebar mulut
- Jarak kedua alis mata
- Jarak kedua mata
- Jarak alismata dengan mulut

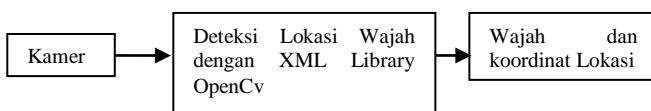
Secara umum kerja sistem untuk mendapatkan nilai fitur dapat dilihat pada Gambar 1 (Proses Pengambilan Nilai Fitur):



Gambar 1. Diagram Proses Pengambilan Nilai

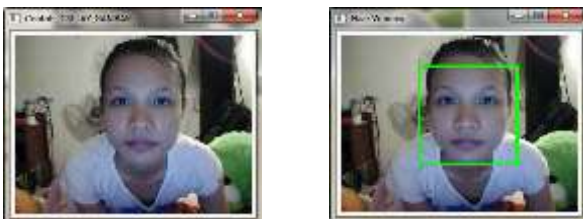
2.1 Sistem Deteksi Wajah

Untuk pendeteksian wajah ini menggunakan fungsi dari haarClassified sehingga perlu adanya training data untuk mendapatkan file xml data dari wajah, yang kemudian dilakukan deteksi wajah menggunakan xml yang menjadi library dari openCv. Hasil dari deteksi wajah berupa informasi koordinat lokasi yang dapat digunakan pada proses selanjutnya yaitu untuk resize dan menyimpan ke dalam file gambar baru yang akan digunakan untuk mendeteksi fitur – fitur pada wajah.



Gambar 2. Diagram Deteksi Wajah

Ketika lokasi wajah sudah dapat dikenali maka dilakukan pemotongan terhadap gambar pada lokasi wajah agar pencarian fitur dapat fokus pada area cropping wajah saja.



(a) (b)
Gambar 3. Deteksi Lokasi Wajah
(a) Sebelum deteksi, (b) Setelah Deteksi Wajah



Gambar 4. Hasil Pengambilan Wajah

2.2 Sistem Deteksi Fitur Wajah

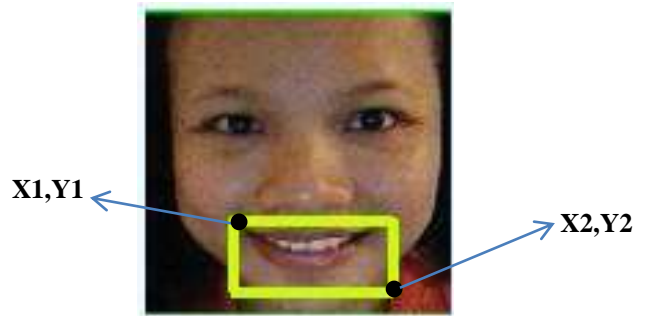
Setelah pengenalan lokasi wajah, dilakukan pencarian nilai fitur dari wajah dengan memanfaatkan fungsi haarClassified yang telah dibuat untuk deteksi fitur mulut dan mata, sedangkan untuk mendeteksi alis mata digunakan perubahan file gambar biner. Dari fitur yang didapatkan berupa *rectangular* posisi dari fitur tersebut, dapat diambil nilai koordinat dari titik tepinya dan dihitung nilai fiturnya berdasarkan titik koordinat tersebut. Dimana posisi koordinat terhitung dimulai dari sisi pojok kiri atas (perhatikan gambar 5).



Gambar 5. Sistem Koordinat

Dimana nilai koordinat yang diperoleh dari masing – masing fitur adalah sebagai berikut :

- Fitur mulut

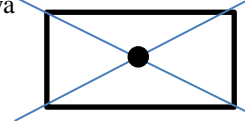


Gambar 6. Fitur Mulut

Sehingga dapat dihitung nilai fitur 3 yaitu lebar/tinggi mulut dengan perbedaan nilai ordinat pada sumbu y

$$f3 = Y2 - Y1$$

koordinat titik tengah mulut untuk menghitung nilai fitur lainnya

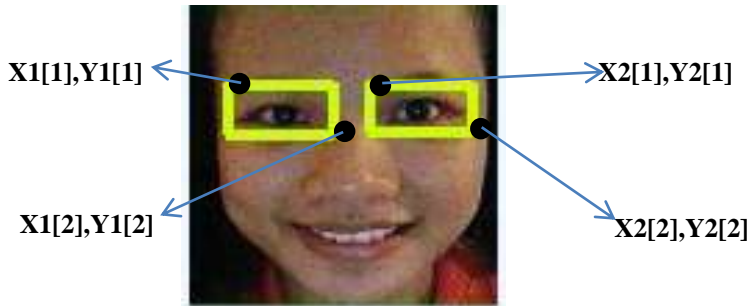


$$\text{titikTengah X} = ((X2 - X1) / 2) + X1$$

$$\text{titikTengah Y} = ((Y2 - Y1) / 2) + Y1$$

sehingga : koordinat centerMouth= titikTengah X , titikTengah Y

- Fitur Mata



Gambar 7. Fitur Mata

Pada fitur mata dikenali 2 buah rectangle yang menyatakan posisi dari mata kiri dan mata kanan, sehingga nilai koordinat nya disimpan dalam array (mataX1[], mataY1[], mataX2[], mataY2[]).

$$f2 = \frac{(mataY1[2] - mataY1[1]) + (mataY2[2] - mataY2[1])}{2}$$

Mencari titik tengah mata1 dan mata 2 untuk menghitung jarak antara kedua mata (nilai fitur 5)

$$\begin{aligned} \text{centermataX1} &= ((mataX1[2]-mataX1[1])/2)+mataX1[1] \\ \text{centermataY1} &= ((mataY1[2]-mataY1[1])/2)+mataY1[1] \\ \text{centermataX2} &= ((mataX2[2]-mataX2[1])/2)+mataX2[1] \\ \text{centermataY2} &= ((mataY2[2]-mataY2[1])/2)+mataY2[1] \end{aligned}$$

karena posisi titik tengah belum tentu dalam kesejajaran , maka perhitungan jarak mata menggunakan pytagoras.



$$f5 = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\begin{aligned} a &= |\text{centermataX2} - \text{centermataX1}| \\ b &= |\text{centermataY2} - \text{centermataY1}| \end{aligned}$$

mencari titik tengah kedua mata untuk menghitung jarak alismata dengan mata

$$\begin{aligned} \text{centermataX} &= ((\text{centermataX2} - \text{centermataX1})/2) + \text{centermataX1} \\ \text{centermataY} &= ((\text{centermataY2} - \text{centermataY1})/2) + \text{centermataY1} \end{aligned}$$

- Fitur Alis



Gambar 8. Fitur Alis

Penentuan fitur alis berdasarkan posisi dari fitur posisi mata , sehingga nilai fitur alis bergantung dari deteksi fitur mata. Namun untuk

fitur alis dilakukan proses tresholding gambar dan perubahan gambar menjadi gambar binary (hitam dan putih) , berdasarkan koordinat pixel lokasi alis yang didapat akan dicari nilai dari ordinat x terendah dan x tertinggi (menyatakan titik ujung alis) , yaitu alisX1[], alisY1[], alisX2[], alisY2[].

Menentukan nilai fitur pertama (f1) yaitu jarak alismata dengan mata, dengan menentukan nilai centralisX dan centralisY terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} \text{Centralisx1} &= ((\text{alisX1}[2]-\text{alisX1}[1])/2) + \text{alisX1}[1] \\ \text{Centralisy1} &= ((\text{alisY1}[2]-\text{alisY1}[1])/2) + \text{alisY1}[1] \\ \text{Centralisx2} &= ((\text{alisX2}[2]-\text{alisX2}[1])/2) + \text{alisX2}[1] \\ \text{Centralisy2} &= ((\text{alisY2}[2]-\text{alisY2}[1])/2) + \text{alisY2}[1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CentralisX} &= ((\text{centralisx2} - \text{centralisx1})/2) + \text{centralisx1} \\ \text{CentralisY} &= ((\text{centralisy2} - \text{centralisy1})/2) + \text{centralisy1} \end{aligned}$$

Menghitung fitur 1 yaitu lebar alis dengan mata : f1

$$\sqrt{(\text{Centralisx} - \text{centermataX})^2 + (\text{centralisy} - \text{centermatay})^2}$$

menghitung nilai fitur 4 yaitu jarak alismata : f4

$$\sqrt{(\text{Centralisx2} - \text{centralisx1})^2 + (\text{centralisy2} - \text{centralisy1})^2}$$

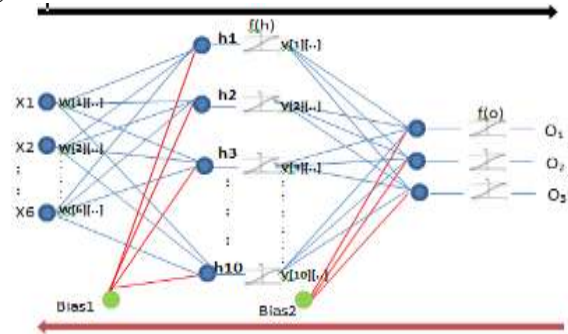
menghitung nilai fitur 6 yaitu jarak alismata dengan mulut : f6

$$\sqrt{(\text{titiktengahX} - \text{centralisX})^2 + (\text{titiktengahY} - \text{centralisY})^2}$$

3. Neural Network Backpropagation

3.1. Rancangan Neural Network Backpropagation untuk Pengenalan Ekspresi Wajah

Neural network digunakan untuk melakukan pengenalan terhadap ekspresi wajah melalui nilai – nilai fitur yang sudah diperoleh melalui kalkulasi sebelumnya , dengan teknik propagasai balik (Backpropagation) dengan layer input sebanyak 6 unit , neuron hidden layer sebanyak 9 unit dan layer output sebanyak 3 unit . Dimana terdapat 3 layer output untuk menampung data output yang berupa digitasi angka 0 dan 1 , untuk lebih jelas lihat pada gambar 9.



Gambar 9. Arsitektur Neural Network backpropagation

Berdasarkan arsitektur system pada gambar diatas , terdapat 6 layer input yaitu jarak alismata dengan titik pusat mata (F1) , lebar mata (F2) , lebar mulut (F3) , jarak kedua alismata (F4) , jarak kedua mata (F5) , jarak titik pusat kedua alismata dengan titik pusat mulut (F6) . Berikut merupakan contoh nilai dari pengambilan keenam fitur tersebut:

- F1= 10
- F2= 19
- F3= 25
- F4= 68
- F5= 59
- F6= 72.0277724214764

Sedangkan untuk layer output didapatkan 3 unit yang menjadi kombinasi dari 3 ekspresi wajah yang akan dikenali, yaitu :

- O1=0, O2=0, O3=1 untuk ekspresi wajah normal
- O1=0, O2=1, O3=0 untuk ekspresi wajah senang
- O1=1, O2=0, O3=0 untuk ekspresi wajah marah .

3.2. Perhitungan Neural Network backpropagation

Sesuai dengan gambar 9 bahwa pelatihan Neural Network Backpropagation terdiri atas dua proses utama yaitu proses maju "forward" dan backpropagation dari galatnya "backward". Untuk lebih jelasnya dapat dipelajari melalui langkah dibawah ini :

Langkah 0 : Melakukan inisialisasi terhadap nilai weight awal, yaitu weight layer input menuju hidden layer, weight hidden layer menuju output layer dan weight dari masing – masing bias (melakukan random nilai)

Langkah 1: Ketika syarat untuk keluar dari proses bernilai "false", maka lakukan proses langkah 2 s/d 9

Langkah 2 : Melakukan 2 pelatihan pada Neural Network, dengan melakukan langkah 3 s/d 8.

ForwardProses

Langkah 3 : masing – masing unit pada input (Xi, i=0...5) mendapatkan nilai input dari fitur yang dikenali kemudian sinyal fitur ini dikirimkan ke semua unit pada layer diatasnya (hidden layer) .

Langkah 4 : masing – masing unit pada hidden (hj, j=0...n) diperoleh dengan menjumlahkan sinyal input pembobotnya .

$$h_i = \left(\sum_{j=0, k=0}^{j=Neuron, k=input} x_k * w_{kj} \right) + wb1_i \quad (3.1)$$

Melakukan aktivasi terhadap nilai unit hidden masing – masing sebagai nilai output hidden :

$$h_i = f(h_i) \quad (3.2)$$

Kemudian sinyal ini (hi, i=0...n) dikirimkan ke layer atas lagi (layer output) untuk mendapatkan nilai keluaran dari sistem yang menyatakan rangkaian nilai ekspresi.

Langkah 5 : Masing – masing output unit diperoleh dengan menjumlahkan hasil kali dari nilai pembobot hidden layer menuju output layer.

$$O_i = \left(\sum_{j=0, k=0}^{i=output, k=neuron} h_k * v_{ki} \right) + wb2_i \quad (3.3)$$

Melakukan aktivasi terhadap sinyal output :

$$O_i = f(O_i) \quad (3.4)$$

Perhitungan Error Value

Langkah 6 : Pada tiap output unit (Oi, i=0...n) menerima pola yang bersesuaian dengan pola pelatihan maju (forward), menghitung nilai error yang terdeteksi pada layer output

$$e_i = (t_i - O_i) \quad (3.5)$$

Menghitung nilai batas weightnya untuk melakukan update terhadap nilai Vji

$$\Delta V_{ij} = \alpha * e_i * h_j, \quad (3.6)$$

Menghitung nilai batas bias pada layer output untuk melakukan update terhadap nilai b2i.

$$\Delta b_{2i} = \alpha * e_i, \quad (3.7)$$

Dimana :

i=0...jumlah output

j=0...jumlah neuron hidden

Mengirimkan nilai – nilai e_i pada layer dibawahnya, untuk mendapatkan nilai batas weight layer yang ada dibawahnya

Langkah 7 : pada masing – masing unit hidden (h_i, i=0...n) menjumlahkan delta input – inputnya dan mengalikannya dengan nilai hidden layer untuk mengkalkulasikan batas nilai error pada layer hidden.

$$eh_i = h_i * (1 - h_i) * \left(\sum_{j=0}^{j=jmlOutput} e_j * V_{ij} \right) \quad (3.8)$$

Menghitung nilai batas weightnya untuk melakukan update terhadap nilai Wji.

$$\Delta W_{ki} = \alpha * eh_i * x_k, \quad (3.9)$$

Menghitung nilai batas bias pada layer hidden untuk melakukan update terhadap nilai b_{1i}.

$$\Delta b_{1i} = \alpha * eh_i, \quad (3.10)$$

Dimana :

i=0...jumlah neuron hidden

j=0...jumlah output

k=0...jumlah input

update Weight dan bias

Langkah 8 : Tiap input unit (Xi, i=0...n) mengupdate bias dan weight menuju layer hidden

$$W_{ij}(\text{new}) = W_{ij}(\text{old}) + \Delta W_{ij} \quad (3.11)$$

$$b_{1j}(\text{new}) = b_{1j}(\text{old}) + \Delta b_{1j} \quad (3.12)$$

kemudian tiap hidden unit (hj, j=0...m) mengupdate bias dan weight menuju output layer

$$V_{jk}(\text{new}) = V_{jk}(\text{old}) + \Delta V_{jk} \quad (3.13)$$

$$b_{2k}(\text{new}) = b_{2k}(\text{old}) + \Delta b_{2k} \quad (3.14)$$

Langkah 9 : melakukan pengecekan untuk pemberhentian looping.

3.3 Penggabungan Indeks Deteksi Ekspresi untuk menjalankan Playlist

Dari hasil nilai fitur yang telah diperoleh, masuk kedalam fungsi neural network backpropagation. Didapatkan nilai output dari nilai fitur tersebut dengan proses forward termasuk dalam kategori ekspresi normal, senyum ataukah marah. Dimana nilai ekspresi tersebut disimpan dalam variabel indeks_ekspresi. data no indeks ekspresi :

001 ekspresi wajah normal

010 ekspresi wajah senang

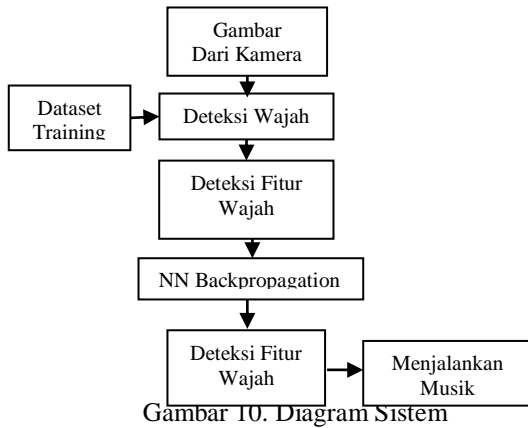
100 ekspresi wajah marah

Setelah indeks dikenali oleh sistem, maka secara auto sistem akan melakukan load terhadap playlist lagu

yang telah disimpan dengan sinkronisasi untuk masing – masing indeks ekspresi wajah tersebut.

3.4 Diagram Sistem Pengenalan Ekspresi Wajah

Sistem yang dijalankan adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Diagram Sistem

Pada Gambar 10 diagram yang dijalankan memanfaatkan penangkapan gambar pada kamera yang terjadi saat itu , dimana hasil gambar akan masuk kedalam proses deteksi wajah , dan deteksi nilai fitur yang masuk kedalam neural network backpropagation untuk mendapatkan hasil ekspresi wajah yang ditangkap oleh kamera . Setelah ekspresi wajah berhasil dikenali maka secara otomatis melalui indeks ekspresi tersebut sistem akan menjalankan music.

4. Hasil Pengujian

Pada pengujian pengambilan gambar dilakukan melalui load gambar yang sudah tersimpan dan juga melalui deteksi kamera secara langsung. Ketika menjalankan program , secara otomatis system akan melakukan training data dari neural network backpropagation sehingga saat system dijalankan system hanya menunggu masuknya gambar yang akan diolah. Data training diperoleh dari beberapa pengujian gambar ekspresi wajah beberapa orang , yaitu :

Tabel 2 Ekspresi wajah yang diambil

Nama	Wajah Normal	Ekspresi Senang	Ekspresi Marah
Ratih			
Mutia			
Andreas			
Redy			

Nama	Wajah Normal	Ekspresi Senang	Ekspresi Marah
Arifin			

Pada tabel 2 berupa data gambar – gambar wajah yang dicari nilai fiturnya untuk membedakan nilai fitur dari perbedaan ekspresi yang ada. Berdasarkan gambar tersebut beberapa ciri dari perbedaan ekspresi , yaitu :

- Marah : alismata dan mata posisi berdekatan, mata melebar , jarak alismata mendekat
- Senang : Tinggi mulut semakin lebar.

Tabel 3. Tabel Nilai Fitur berdasarkan Jenis Ekspresi

Fitur	tinggi alis	tinggi mata	tinggi mulut	jarak alis	jarak mata	jarak alis mulut
Ekspresi Marah						
Ratih	28	21	27	12	62	75.591
Mutia	23	43	27	53	61	61.400
Andre	21	37	24	45	38	63.198
Redy	19	18	26	32	10	56.080
Arifin	37	46	25	49	17	81.633
Ekspresi Senang						
Ratih	14	18	27	67	41	65.253
Mutia	26	56	26	51	47	67.742
Andre	13	16	27	53	43	67.364
Redy	22	43	26	49	20	
Arifin	0	14	27	0	14	0
Ekspresi Normal						
Ratih	13	19	24	62	54	65.115
Mutia	36	44	32	83	37	36.124
Andre	27	43	27	49	31	68.883
Redy	20	38	25	38	27	57.078
Arifin	25	37	5	3	36	45.793

Berdasarkan tabel 3 dapat kita lihat adanya tiga ekspresi berbeda yang diambil nilai fitunya ,dimana besanya nilai fitur yang diperoleh mengalami perbedaan nilai namun yang terlihat paling signifikan pengaruhnya adalah nilai dari fitur alis mata dengan mata. Sedangkan data dengan blok warna ungu merupakan nilai fitur yang tidak sesuai.

Dengan adanya data training berupa nilai fitur tersebut sistem dapat dijalankan karena adanya nilai perhitungan sebelumnya berdasarkan data training yang telah diolah dalam neural network backpropagation untuk mendapatkan nilai bobot terbaik dalam pengenalan ekspresi.

Proses pengenalan ekspresi wajah dapat dimulai dengan penekanan tombol CamOn untuk melakukan deteksi langsung secara online kamera, Take(Offline) untuk melakukan deteksi langsung secara offline

kamera , yaitu dengan pengambilan gambar langsung saat itu , dan CekDtc dengan melakukan load gambar yang telah tersimpan sehingga gambar yang digunakan bukan deteksi atau pengamnilan langsung saat itu.



Gambar 10. Pengenalan Ekspresi Wajah secara Online



Gambar 11. Pengenalan Ekspresi Wajah secara Offline



Gambar 12. User Interface musik player

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari proyek akhir ini adalah :

1. Pengambilan sebuah gambar diperlukan adanya kecermatan terhadap noise – noise yang muncul di sekitar object . Begitu pula dengan pencahayaan saat pengambilan gambar perlu diperhatikan sehingga diupayakan mendapatkan gambar yang bias dikenali dan diproses oleh system.
2. Ekspresi wajah yang dikenali ada 3 macam yaitu : ekspresi normal , ekspresi senang , dan ekspresi marah. Karena adanya kemiripan terhadap nilai fitur pada masing – masing ekspresi menjadikan sulit untuk dibedakan .
3. Pengujian system secara offline menggunakan Neural Network Backpropagation dalam proses learning mencapai nilai konvergen dengan nilai error terkecil menggunakan 10 unit neuron , dengan nilai learning rate yang tercapai 0.0625325 , dengan nilai momentum 0.6 , serta k_nol 200 dan dengan error sebesar 1,3 %.
4. Pada deteksi ekspresi wajah secara offline ketepatan deteksi ekspresi lebih baik

dibandingkan deteksi ekspresi wajah yang dilakukan secara online , offline sebesar 63,33% online 53,33%.

Saran untuk pengembangan proyek akhir ini adalah adanya fungsi yang dapat memperbaiki kualitas dari gambar sehingga dapat mengurangi noise yang terutama adalah pencahayaan yang merusak deteksi deteksi ekspresi wajah itu sendiri, sehingga tidak perlu melakukan setting ulang mengenai kualitas gambar dan deteksi ekspresi dapat dilakukna dalam segala kondisi pencahayaan baik itu pagi siang atau malam .

Referensi

- [1] Chang , Jyh-Yeong, Chen , Jia-Lin. “*Automated Facial Expression Recognition System Using Neural Networks*” , Department of Electrical and Control Engineering National Chiao Tung University Hsinchu: Taiwan 300, R.O.C., 2001.
- [2] ”*Backpropagation*”
<http://www.scribd.com/doc/25828298/Back-Propagation>, 15 Juli 2010 22:26 .
- [3] Mohamed A. Shahin, Mark B. Jaks, Holger R. Maier , “*State of the Art of Artificial Neural Networks in Geotechnical Engineering* “ , Australia: Universitas Adelaide, 2008.
- [4] Kusumadewi , Sri. “*Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Saraf Tiruan*”, Graha Ilmu, 2006
- [5] ”*OpenCv Library*”
<http://www.cs.iit.edu/~agam/cs512/lect-notes/opencv-intro/opencv-intro.html>, 25 Januari 2011 16:18
- [6] “*HaarTraining*”
<http://se.cs.ait.ac.th/cvwiki/opencv/tutorial:haartraining>, 25 januari 2011 23:46
- [7] Setiawardhana, “*Algoritma Backpropagation untuk Communication Chanel Equalizer dan Clustering* ”, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010
- [8] Riyanto Sigit, Setiawardhana, Dadet Pramadihanto ”*Pengenalan Ekspresi Wajah Secara Real Time Menggunakan JST*”, IES 2007
- [9] Fausett, Laurene, “*Fundamental Of Neural Network*” , Architectures Algorithms and applications.
- [10] “*Application of a Neural Network in Recognizing Facial Expression*”, Bandung : International Conference on Instrumentation , Communication and Information Technology, 2007.