

IDENTIFIKASI EMOSI BERDASARKAN ACTION UNIT MENGUNAKAN METODE BÉZIER CURVE

Puji Aswari, Nova Eka Diana

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas YARSI

Jl. Let. Jend. Suprpto, Cempaka Putih, Jakarta 10510

Email: aswari.puji@gmail.com; nova.diana@yarsi.ac.id

Abstrak -- Ekspresi wajah menjadi bahasa yang universal. Bahkan perubahan ekspresi wajah dapat membantu pengambilan keputusan. Pada tahun 1972, Paul Ekman mengklasifikasikan emosi dasar manusia ke dalam enam jenis: senang, sedih, terkejut, marah, takut, dan jijik. Kemudian Ekman dan Wallace Friesen mengembangkan sebuah alat untuk mengukur pergerakan pada wajah yang disebut Facial Action Coding System (FACS). FACS menentukan ekspresi wajah berdasarkan pergerakan otot wajah, yang diistilahkan Action Unit (AU). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui emosi tertarik yang dialami seseorang berdasarkan AU yang telah ditentukan oleh Paul Ekman dengan cara membandingkan dua buah citra, yaitu citra wajah tanpa ekspresi dan citra wajah berekspresi. Hasil penelitian ini memperoleh sebuah aplikasi yang mampu mengidentifikasi emosi tertarik dengan akurasi sebesar 80%, True Positive Rate 80%, dan True Negative Rate 80%. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat diketahui karakteristik action unit yang membentuk emosi tertarik, juga memberikan masukan bagi proses evaluasi belajar mengajar mata kuliah pemrograman.

Kata kunci: emosi, action unit, identifikasi emosi

Abstract -- Face expression is universal language. In fact, face expression can help decision making. In 1972, Paul Ekman classified basic human emotion into six: happy, sad, surprised, angry, afraid, and disgust. Then, Ekman and Wallace Friesen develop a tool to measure movement of facial muscles called Facial Action Coding System (FACS). It determines facial expression based on facial muscles movement, called Action Unit (AU). This research aims to find excited emotion based on AU which has determined by Paul Ekman, by comparing two facial images, neutral face and expression face. We crop those images so we had face-only images, get the curve using Bézier Curve, calculate the distance using Euclidean Distance, check the rules using Inference Rules, and sum the weight from every face features. From this study, we obtained an application that has 80% accuracy, 80% True Positive Rate, and 80% True Negative Rate. With this application, we expect to know the characteristics of excited emotion, and give advices for evaluation of teaching and learning process in programming courses.

Keywords: emotion, action unit, emotion identification

PENDAHULUAN

Menurut Hockenbury & Hockenbury, sebagaimana dikutip oleh Cherry (Cherry, 2015), emosi adalah kondisi psikologis yang kompleks yang melibatkan tiga komponen yang berbeda: pengalaman subjektif, respon fisiologis, dan perilaku atau respon ekspresif. Pengalaman subjektif adalah emosi yang dialami seseorang berkaitan tentang pengalaman atau keadaan tertentu. Para periset di bidang psikologi mempercayai bahwa setiap orang memiliki respon emosi yang berbeda terhadap suatu keadaan. Emosi tersebut dapat menjadi kompleks atau sukar didefinisikan. Respon fisiologis yang terjadi ketika emosi terbentuk atau berubah misalnya rasa mual atau tubuh mengeluarkan keringat dingin karena cemas, bahkan menangis karena bahagia. Sedangkan respon ekspresif yang terjadi ketika emosi terbentuk atau berubah dapat dilihat

dengan jelas melalui bahasa tubuh atau perubahan ekspresi wajah.

Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan mendeteksi emosi seseorang. Psikiater dapat menentukan pasien menderita kelainan jiwa melalui beberapa indikator. Salah satunya adalah melalui kecepatan perubahan emosi yang disertai dengan perubahan ekspresi wajah yang dilakukan oleh orang tersebut. Pihak kepolisian dapat mengetahui seorang tersangka sedang berbohong atau berkata jujur ketika wawancara dengan penyidik dengan melihat perubahan mimik wajah tersangka, sehingga dapat ditentukan tindakan yang tepat.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk terus menggali perkembangan emosi manusia. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Paul Ekman, psikolog Amerika, pada tahun 1972. Paul Ekman mengklasifikasikan emosi

dasar manusia ke dalam enam jenis: senang, sedih, terkejut, marah, takut, dan jijik. Kemudian Ekman dan Wallace Friesen mengembangkan sebuah alat untuk mengukur pergerakan pada wajah yang disebut *Facial Action Coding System* (FACS) (Tong *etc.*, 2007)..

FACS menjadi salah satu alat untuk mendeteksi ekspresi wajah manusia (Paul Ekman Group, 2015). Sistem ini memetakan pergerakan otot wajah ke dalam *Action Unit* (AU). AU terdiri dari 46 jenis. Beberapa diantaranya adalah kenaikan alis bagian dalam (AU1) dan kenaikan dagu (AU17). Pergerakan beberapa otot pada wajah dapat menghasilkan sebuah ekspresi dan beberapa ekspresi dapat menghasilkan sebuah emosi.

KAJIAN PUSTAKA

Action Unit

Action Unit adalah penentu terbentuknya sebuah ekspresi dalam *Facial Action Coding System* (FACS). Paul Ekman & Wallace Friesen menciptakan AU untuk memetakan pergerakan yang terjadi pada otot wajah. Total terdapat 46 AU dalam FACS (Robotics Institute Carnegie Mellon University, 2002).

Penentuan fitur wajah yang mempengaruhi perubahan ekspresi didasarkan pada citra digital 8 mahasiswa dengan emosi yang sama, yaitu emosi tertarik. Setiap mahasiswa diminta untuk berfoto lima kali dengan ekspresi tersebut. Berdasarkan pengamatan dari kumpulan citra 8 orang mahasiswa tersebut, dapat diketahui fitur-fitur wajah yang banyak berpengaruh terhadap emosi tertarik yaitu alis, mata, dan mulut (Tabel 1).

Tabel 1. Foto 8 Mahasiswa dengan Ekspresi Tertarik



Tabel 2. Total *Action Unit*

Nomor AU	FACS Name	Muscular Basis
0	Neutral Face	
1	Inner Brow Raiser	<i>frontalis (pars medialis)</i>
2	Outer Brow Raiser	<i>frontalis (pars lateralis)</i>
4	Brow Lowerer	<i>depressor glabellae, depressor supercillii, corrugator supercillii</i>
5	Upper Lid Raiser	<i>levator palpebrae superioris</i>
6	Cheek Raiser	<i>orbicularis oculi, pars orbitalis</i>
7	Lid Tightener	<i>orbicularis, pars palpebralis</i>
9	Nose Wrinkler	<i>levator labii superioris alaquae nasi</i>
10	Upper Lip Raiser	<i>levator labii superioris</i>
11	Lip Corner Puller	<i>zygomaticus Major</i>
12	Cheek Puffer	<i>levator anguli oris (a.k.a caninus)</i>
14	Dimpler	<i>buccinator</i>
15	Lip Corner Depressor	<i>depressor anguli oris (a.k.a triangularis)</i>
16	Lower Lip Depressor	<i>depressor labii inferioris</i>
17	Chin Raiser	<i>mentalis</i>
18	Lip Puckerer	<i>incisivii labii superioris and incisivii labii inferioris</i>
20	Lip Stretcher	<i>risorius with platysma</i>
22	Lip Funneler	<i>orbicularis oris</i>
23	Lip Tightener	<i>orbicularis oris</i>
24	Lip Pressor	<i>orbicularis oris</i>
25	Lips Part	<i>depressor labii inferioris masseter, relaxed</i>
26	Jaw Drop	<i>temporalis and internal pterygoid</i>
27	Mouth Stretch	<i>pterygoids, digastric</i>
28	Lip Suck	<i>orbicularis oris</i>
41	Lid droop	Relaxation of <i>levator palpebrae superioris</i>
42	Slit	<i>orbicularis oculi</i>
43	Eyes Closed	Relaxation of <i>levator palpebrae superioris, orbicularis oculi, pars palpebralis</i>
44	Squint	<i>orbicularis oculi, pars palpebralis</i>
45	Blink	Relaxation of <i>levator palpebrae superioris; orbicularis oculi, pars palpebralis</i>
46	Wink	Relaxation of <i>levator palpebrae superioris, orbicularis oculi pars palpebralis</i>
51	Head Turn Left	
52	Head Turn Right	
53	Head Up	
54	Head Down	
55	Head Tilt Left	
56	Head Tilt Right	
57	Head Forward	
58	Head Back	
61	Eyes Turn Left	
62	Eyes Turn Right	
63	Eyes Up	
64	Eyes Down	

Penentuan *action unit* yang mempengaruhi pembentukan ekspresi tertarik juga mengacu pada contoh ekspresi tertarik yang direpresentasikan oleh model pada situs <http://www.faceturn.com> seperti yang tampak pada Gambar 1. Situs yang dibuat oleh Diana McDowell, Jordan Finch, dan Brittany Oldroyd pada tahun 2011 telah menjadi salah satu acuan dalam penelitian ini. Sumber tersebut dipilih karena berisi beberapa contoh ekspresi wajah berikut penjelasannya mengenai otot wajah bagian apa saja yang berperan membentuk sebuah ekspresi. Pengguna dapat memilih ekspresi wajah yang diinginkan dan perbedaannya tampak jelas untuk setiap ekspresi yang ada.

Situs yang dibuat oleh Diana McDowell, Jordan Finch, dan Brittany Oldroyd pada tahun 2011 telah menjadi salah satu acuan dalam penelitian ini. Sumber tersebut dipilih karena berisi beberapa contoh ekspresi wajah berikut penjelasannya mengenai otot wajah bagian apa saja yang berperan membentuk sebuah ekspresi. Pengguna dapat memilih ekspresi wajah yang diinginkan dan perbedaannya tampak jelas untuk setiap ekspresi yang ada.



Gambar 1. Representasi Ekspresi Tertarik (McDowell, et al., 2011)

Situs tersebut menjelaskan karakteristik ekspresi tertarik, antara lain:

1. Mulut yang terbuka lebar
2. Mata yang membesar sampai ke ukuran maksimal
3. Kenaikan kedua alis mata.

Emosi yang menjadi keluaran dari aplikasi deteksi emosi ditentukan oleh aturan-aturan. Pergerakan yang dihasilkan oleh alis, mata, dan mulut dihitung dan diperiksa apakah sudah sesuai dengan aturan-aturan yang ditetapkan.

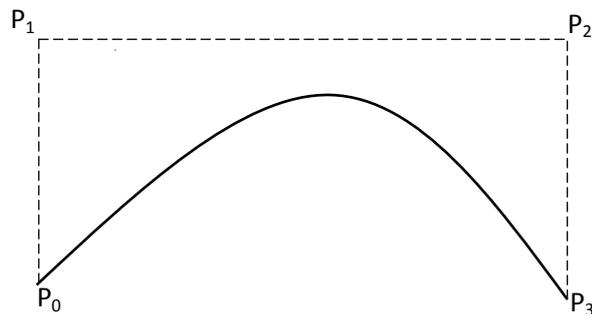
Tabel 3. Action Unit yang Berpengaruh

Emosi	Action Unit yang Berpengaruh		
	Nomor Action Unit	Fitur Wajah	Otot Wajah
Tertarik	1	Alis bagian dalam naik	<i>Frontalis, pars medialis</i>
	2	Alis bagian luar naik	<i>Frontalis, pars lateralis</i>
	5	Kelopak mata naik	<i>Levator palpebrae superioris</i>
	27	Mulut tertarik	<i>Pterygoids, Digastric</i>

AU 1 dan AU 2 dipilih karena perubahan tinggi dan lebar otot *pars medialis* dan *pars lateralis* berpengaruh terhadap gerakan alis mata, baik di pangkal (alis bagian dalam) maupun di ujung alis (alis bagian luar). AU 5 dipilih karena otot wajah yang direpresentasikan oleh *action unit* tersebut (*levator palpebrae superioris*) mempengaruhi kenaikan kelopak mata yang menyebabkan mata tampak membesar atau mengecil. Sedangkan AU 27 (*pterygoids, digastric*), yang ototnya terdapat pada rahang dan pipi, mempengaruhi terbukanya mulut.

Bézier Curve

Bézier Curve adalah sebuah teknik untuk menggambar garis lengkung pada citra dua dimensi. Teknik ini biasa digunakan dalam grafis komputer, animasi, dan pemodelan. *Bezier Curve* dipopulerkan oleh Pierre Bézier pada tahun 1960-an untuk pembuatan badan mobil Renault. Teknik ini mendefinisikan lengkungan pada empat titik: posisi awal dan posisi akhir lengkungan (*anchor*) di P_0 dan P_3 dan dua titik tengah yang terpisah (*handles*) di P_1 dan P_2 (dapat dilihat pada Gambar 2). P_1 dan P_2 dinamakan *control point* yang berguna untuk menentukan arah lengkungan (Buss, 2003).



Gambar 2. Empat Titik Bézier Curve

$$q(u) = B_0(u)p_0 + B_1(u)p_1 + B_2(u)p_2 + B_3(u)p_3 \quad (1)$$

Pada penelitian ini, implementasi *Bézier Curve* yang menggunakan *Application Programming Interface (API) Java Development*

Kit (JDK) 8 yang terdapat di dalam class *Path2D.Double*. Library yang dimiliki Java menyediakan *method* siap pakai untuk menggambar sebuah lengkungan menggunakan *method* `.moveTo(double x, double y)` untuk titik awal (titik P_0) dan `.curveTo(double x1, double y1, double x2, double y2, double x3, double y3)` untuk control point (titik P_1 dan P_2) dan titik akhirnya (titik P_3) seperti yang direpresentasikan pada Gambar 2. Keterangan parameter-parameternya diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Keterangan Parameter Method `.moveTo` dan `.curveTo`

Nama Method	Keterangan Parameter
<code>.moveTo(double x, double y)</code>	<code>double x</code> : titik P_0 sumbu x <code>double y</code> : titik P_0 sumbu y
<code>.curveTo(double x1, double y1, double x2, double y2, double x3, double y3)</code>	<code>double x1</code> : titik P_1 sumbu x <code>double y1</code> : titik P_1 sumbu y <code>double x2</code> : titik P_2 sumbu x <code>double y2</code> : titik P_2 sumbu y <code>double x3</code> : titik P_3 sumbu x <code>double y3</code> : titik P_3 sumbu y

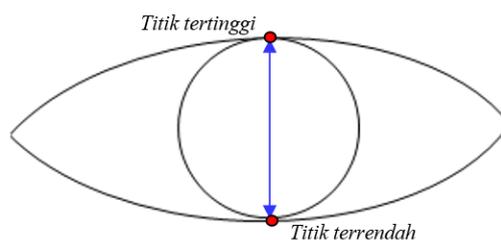
Koordinat alis, mata, dan mulut ditentukan secara manual untuk didapatkan titik awal, titik akhir, dan control point yang akan menentukan arah curve. Kemudian titik-titik tersebut dimasukkan ke dalam variabel yang menjadi parameter dari `method.moveTo(double x, double y)`, `.endTo(double x, double y)`, dan `.curveTo(double x1, double y1, double x2, double y2, double x3, double y3)`.

Jika titik awal alis mata kiri ditentukan di koordinat (55,88), titik akhir ditentukan di koordinat (146, 98) dan control point ditentukan di koordinat (81,62), maka penggunaan `method.moveTo` dan `.curveTo` adalah sebagai berikut:

```
Path2D.Double leftEB = new Path2D.Double();
leftEB.moveTo(55, 88);
leftEB.curveTo(81, 62, 81, 62, 146, 98);
```

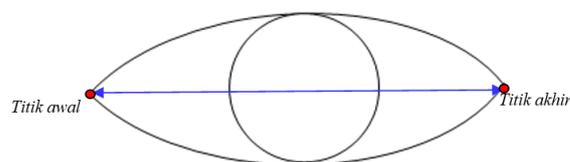
Selain digunakan untuk menggambar curve pada fitur-fitur wajah, Bézier Curve juga digunakan untuk mendapatkan jarak panjang (height) dan lebar (width) setiap fitur wajah.

Untuk mendapatkan nilai height, dilakukan pengambilan setiap koordinat yang dilalui oleh curve tersebut, kemudian dicari titik tertinggi dan titik terrendahnya. Gambaran penggunaannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Penggunaan Bézier Curve untuk Mencari Titik Tertinggi dan Titik Terendah dari Mata

Sedangkan untuk mendapatkan nilai width, ditentukan titik awal dan titik akhir dari curve, kemudian dihitung jarak dari keduanya. Gambaran penggunaannya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi Penggunaan Bézier Curve untuk Mencari Titik Awal dan Titik Akhir dari Mata

Euclidean Distance

Euclidean Distance adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk pengukuran jarak. Metode ini membandingkan dua koordinat dua dimensi yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) . Selain digunakan untuk mengukur dua dimensi, juga dapat digunakan untuk mengukur satu atau tiga dimensi. Dalam penelitian ini, digunakan pengukuran *Euclidean Distance* dua dimensi dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

d = jarak

x_1 = sumbu x dari koordinat pertama

y_1 = sumbu y dari koordinat pertama

x_2 = sumbu x dari koordinat kedua

y_2 = sumbu y dari koordinat kedua

Aturan Inferensi

Aturan Inferensi (*rule of inference*) adalah penalaran matematis yang digunakan untuk menentukan apakah suatu argumen logis dinyatakan benar atau salah. Aturan ini menghubungkan sekumpulan pernyataan (premis) sebagai langkah-langkah yang harus dibuktikan kebenarannya (konklusi). Proses atau prosedur dalam inferensi disebut argumen

(Baker, 2013).

Dari *action unit* yang telah ditentukan sebelumnya, ditentukan beberapa aturan (*rule*). *Rule* dibagi menjadi tiga bagian sesuai fitur wajah: *rule* untuk alis, *rule* untuk mata, dan *rule* untuk mulut.

Untuk menentukan citra pengujian termasuk citra berekspresi tertarik atau tidak, dilakukan pembobotan. Setiap perubahan fitur wajah, dihitung jaraknya, kemudian jarak fitur wajah dari dua citra tersebut dibandingkan sesuai aturan inferensi.

Pembobotan dilakukan untuk mempermudah penentuan ekspresi citra pengujian. Semakin mirip citra pengujian dengan standar ekspresi wajah tertarik, maka bobotnya semakin besar. Untuk alis, dikenakan bobot paling tinggi sebesar 0,2. Untuk mata dan mulut, bobot paling tinggi sebesar 0,4.. Aturan inferensinya dapat dilihat pada Tabel 5.

Pembobotan dilakukan untuk mempermudah penentuan ekspresi citra pengujian. Semakin mirip citra pengujian dengan standar ekspresi wajah tertarik, maka bobotnya semakin besar. Untuk alis, dikenakan bobot paling tinggi sebesar 0,2. Untuk mata dan mulut, bobot paling tinggi sebesar 0,4. Pemberian bobot untuk masing-masing fitur wajah berdasarkan pada lengkungan yang dibentuk ketika ekspresi wajah menunjukkan emosi tertarik. Karena alis hanya memiliki satu garis lengkung, maka diberi bobot 0,2. Karena mata dan mulut memiliki lengkung atas dan bawah, maka diberi bobot 0,4. Jika dijumlahkan semua bobotnya, akan didapat hasil 1 jika bentuk alis, mata, dan mulut sesuai dengan ekspresi tertarik yang tampak seperti pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 5. Aturan Inferensi

RULE ALIS MATA	IF ((eLeftEyebrowHeight > nLeftEyebrowHeight AND eLeftEyebrowWidth <= nLeftEyebrowWidth) OR (eRightEyebrowHeight > nRightEyebrowHeight AND eRightEyebrowWidth <= nRightEyebrowWidth)) THEN eyebrowWeight = 0,2
	IF ((eLeftEyebrowWidth <= nLeftEyebrowWidth AND eRightEyebrowWidth <= nRightEyebrowWidth) AND (eLeftEyebrowHeight < nLeftEyebrowHeight AND eRightEyebrowHeight < nRightEyebrowHeight)) THEN eyebrowWeight = 0,1
	IF ((eLeftEyebrowWidth <= nLeftEyebrowWidth) AND (eLeftEyebrowHeight < nLeftEyebrowHeight)) THEN eyebrowWeight = 0,1

	(eRightEyebrowWidth <= nRightEyebrowWidth)) THEN eyebrowWeight = 0,1
RULE MATA	IF (((eLeftEyeHeight > nLeftEyeHeight) OR (eRightEyeHeight > nRightEyeHeight) AND (eRightEyeWidth <= nRightEyeWidth) AND (eLeftEyeWidth <= nLeftEyeWidth)) THEN eyeWeight = 0,4
	IF ((eLeftEyeWidth > nLeftEyeWidth) AND eRightEyeWidth > nRightEyeWidth) AND (eLeftEyeHeight > nLeftEyeHeight AND eRightEyeHeight > nRightEyeHeight)) THEN eyeWeight = 0,3
	IF ((eLeftEyeWidth > nLeftEyeWidth) AND (eRightEyeWidth > nRightEyeWidth)) THEN eyeWeight = 0,2
RULE MULUT	IF (((eLeftEyeHeight > nLeftEyeHeight) OR (eRightEyeHeight > nRightEyeHeight)) AND (eRightEyeWidth > nRightEyeWidth) AND (eLeftEyeWidth > nLeftEyeWidth)) THEN eyeWeight = 0,1
	IF ((eMouthHeight > nMouthHeight) AND (eMouthWidth > nMouthWidth)) THEN eyeWeight = 0,4

Keterangan:

- eLeftEyebrowHeight = Jarak panjang alis kiri citra tertarik
- eLeftEyebrowWidth = Jarak lebar alis kiri citra tertarik
- nLeftEyebrowHeight = Jarak panjang alis kiri citra netral
- nLeftEyebrowWidth = Jarak lebar alis kiri citra netral
- eRightEyebrowHeight = Jarak panjang alis kanan citra tertarik

<i>eRightEyebrow Width</i>	= Jarak lebar alis kanan citra tertarik
<i>nRightEyebrowHeight</i>	= Jarak panjang alis kanan citra netral
<i>nRightEyebrow Width</i>	= Jarak lebar alis kanan citra netral
<i>eyebrowWeight</i>	= Bobot nilai fitur alis
<i>eLeftEyeHeight</i>	= Jarak panjang mata kiri citra tertarik
<i>eLeftEyeWidth</i>	= Jarak lebar mata kiri citra tertarik
<i>nLeftEyeHeight</i>	= Jarak panjang mata kiri citra netral
<i>nLeftEyeWeight</i>	= Jarak lebar mata kiri citra netral
<i>eRightEyeHeight</i>	= Jarak panjang mata kanan citra tertarik
<i>eRightEyeWidth</i>	= Jarak lebar mata kanan citra tertarik
<i>nRightEyeHeight</i>	= Jarak panjang mata kanan citra netral
<i>nRightEyeWidth</i>	= Jarak lebar mata kanan citra netral
<i>eyeWeight</i>	= Bobot nilai fitur mata
<i>eMouthHeight</i>	= Jarak panjang mulut citra tertarik
<i>eMouthWidth</i>	= Jarak lebar mulut citra tertarik
<i>nMouthHeight</i>	= Jarak panjang mulut citra netral
<i>nMouthWidth</i>	= Jarak lebar mulut citra netral
<i>mouthWeight</i>	= Bobot nilai fitur mulut

PENGUJIAN APLIKASI

Aplikasi diujikan terhadap 15 foto dari 5 orang. Setiap orang diminta untuk menampilkan wajah tanpa ekspresi, dengan ekspresi tertarik, dan dengan ekspresi bebas (selain ekspresi tertarik).

Proses pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan ambang batas antara 0 sampai 1. Untuk kasus ini, ambang batas minimal ditentukan sebesar 0,7 untuk ketentuan bobot emosi tertarik. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Percobaan Deteksi Emosi Tertarik

No.	Citra	Hasil
1	Tertarik	Tertarik
2	Tidak tertarik	Tertarik
3	Tertarik	Tidak tertarik
4	Tidak tertarik	Tidak tertarik
5	Tertarik	Tertarik
6	Tidak tertarik	Tidak tertarik
7	Tertarik	Tertarik
8	Tidak tertarik	Tidak tertarik
9	Tertarik	Tertarik
10	Tidak tertarik	Tidak tertarik

Digunakan data citra berekspresi tertarik, ekspresi lain dan netral untuk mengetahui apakah aplikasi dapat mengenali emosi tertarik dengan cara membandingkannya dengan ekspresi netral. Sehingga jika hasil percobaan memiliki bobot lebih dari sama dengan 0,7 maka dapat ditentukan bahwa hasil percobaan sudah sesuai. Sehingga jika hasil percobaan tersebut memiliki bobot kurang dari 0,7 maka dapat ditentukan bahwa hasil percobaan tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Pada hasil percobaan di atas, didapat prediksi menggunakan *Confusion Matrix*. *Confusion matrix* adalah tabel yang digunakan untuk menjelaskan performa model klasifikasi dari sekumpulan data tes yang diketahui nilai kebenarannya (Markham, 2014). *Confusion matrix* dapat membantu untuk mengetahui akurasi dan ketepatan prediksi. Tabel ini membandingkan data prediksi dengan data aktual setelah pengujian dilakukan.

Pengujian aplikasi dapat diukur berdasarkan hasil *accuracy*, *true positive rate* (TPR), dan *true negative rate* (TNR) yang dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3)$$

$$True \ Positive \ Rate = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$True \ Negative \ Rate = \frac{TN}{TN + FP} \quad (5)$$

True Positive (TP) adalah jumlah data positif yang diprediksi positif, *True Negative* (TN) adalah jumlah data negatif yang diprediksi negatif, *False Positive* (FP) adalah jumlah data negatif yang diprediksi positif, dan *False Negative* (FN) adalah jumlah data positif yang diprediksi negatif.

Berdasarkan hasil percobaan pada Tabel 5, maka didapat *accuracy*, TPR dan TNR seperti yang tampak pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Akurasi, True Positive Rate, dan True Negative Rate dari Aplikasi

<i>Accuracy</i>	<i>True Positive Rate</i>	<i>True Negative Rate</i>
80%	80%	80%

Akurasi aplikasi sebesar 80%, nilai TPR sebesar 80%, dan nilai TNR sebesar 80%. Hal tersebut berarti aplikasi ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi citra tidak tertarik dengan baik dan kemampuan untuk mendeteksi citra tertarik sebesar 80%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi ini dapat mengidentifikasi emosi tertarik dengan akurasi sebesar 80%, nilai TPR sebesar 80%, dan nilai TNR sebesar 80%. Hal tersebut berarti aplikasi ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi citra tidak tertarik dengan baik dan kemampuan untuk mendeteksi citra tertarik sebesar 80%.
2. Metode *Bézier Curve* dapat digunakan untuk mendapatkan kontur fitur wajah dan memudahkan pengguna untuk melihat kontur fitur wajah dengan jelas.
3. *Action unit* yang berpengaruh terhadap terbentuknya ekspresi wajah dengan emosi tertarik adalah alis mata, mata, dan mulut.

NOMENCLATURE

AU = Action Unit

TPR = True Positive Rate

TNR = True Negative Rate

TP = True Positive

TN = True Negative

FP = False Positive

FN = False Negative

REFERENSI

Baker, G., Causal inference, probability theory, and graphical insights. *Stat Med.* 2013; 32 (25): 4319-4330.

Buss, S. R.,. *3-D Computer Graphic: A Mathematical Introduction with OpenGL*. New York: Cambridge University Press. 2003.

Cherry, K.,. *About Education: What Are Emotions*. 2015. Diakses 12 Februari 2015. <http://psychology.about.com/od/emotion/f/what-are-emotions.htm>

Markham, K.,. *Simple Guide to Confusion Matrix Terminology*. 2014. Diakses 2 Desember 2015. <http://www.dataschool.io/simple-guide-to-confusion-matrix-terminology/>.

McDowell, D., Finch, J. & Oldroyd, B.,. *FaceTurn The 3D Face Expression Viewer*. 2011. Diakses 15 Agustus 2015. <http://www.faceturn.com/excited/index.php>

McDowell, D., Finch, J. & Oldroyd, B.,. *FaceTurn: The 3D Face Expression Viewer*. 2011. Diakses 16 Agustus 2015. <http://www.faceturn.com/index.php>

Paul Ekman Group,. *Are There Universal Facial Expressions?*. 2015. Diakses 2015 Mei 13. <http://www.paulekman.com/universal-facial-expressions/>

Paul Ekman Group,. *Facial Action Coding System*. 2015. Diakses Agustus 13 2015. <http://www.paulekman.com/product-category/facs/>

Robotics Institute Carnegie Mellon University,. *FACS - Facial Action Coding System*. 2002. Diakses 13 Agustus 2015. <http://www.cs.cmu.edu/~face/facs.htm>

Tong, Y., Liao, W. & Ji, Q.,. Facial Action Unit Recognition by Exploiting Their Dynamic and Semantic Relationship. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2007; 29 (10): 1-17.