

PENGENALAN WAJAH SECARA *REAL TIME* MENGGUNAKAN METODE CAMSHIFT, LAPALCIAN of GAUSSIAN DAN DISCRETE COSINE TRANSFORM TWO DIMENSIONAL (LoGDCT2D)

Sultoni¹⁾, Hary Soekotjo Dachlan²⁾, Panca Mudjirahardjo³⁾, Rahmadwati⁴⁾

Program Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl MT Haryono No. 167, Malang

Email : sulton@umsida.ac.id¹⁾, harrysd@ub.ac.id³⁾, panca@ub.ac.id⁴⁾, rahmad@ub.ac.id⁵⁾

ABSTRAK

Penelitian pengenalan wajah sudah mulai berkembang beberapa dekade terakhir dan sudah banyak diaplikasikan terutama untuk sistem keamanan. Banyak metode yang bisa digunakan dalam pengenalan wajah, salah satunya adalah pengenalan wajah secara real time dengan menggunakan metode Camshift, Laplacian of Gaussian dan Discrete Cosine Transform Two Dimensional (LoGDCT2D). Berdasarkan hasil uji coba terhadap 10 orang dimana tiap-tiap orang diambil 10 citra wajah sebagai data pelatihan dengan berbagai posisi dan pose, kemudian dibandingkan dengan 100 frame video orang yang bersangkutan, menghasilkan akurasi yang cukup baik apabila dibandingkan dengan metode DCT2D dan Gabor Wavlet. Berdasarkan penelitian terdahulu akurasi dari DCT2D adalah sekitar 85,40% dan Gabor Wavlet memiliki akurasi 79,31% sedangkan LoGDCT2D memiliki tingkat akurasi sebesar 93,91%. Dilihat dari waktu komputasi juga masih cukup baik, dimana rata – rata waktu komputasi dari LoGDCT2D adalah 2,14 detik ini mengindikasikan bahwa dengan adanya penambahan filtering menggunakan LoG dapat meningkatkan akurasi pengenalan dan dengan waktu komputasi yang tetap stabil.

Kata kunci: *Pengenalan Wajah, Camshift, LoG, DCT2D, LoGDCT2D.*

ABSTRACT

Recently the research about face recognition technology has been developed, and generally it has been applied for safety sistem. There are a lot of methods that can be used in face recognition. One of them is through Camshift, Laplacian of Gaussian and Discrete Cosine Transform Two Dimentional (LoGDCT2D). Based on the experimental result toward 10 people whose faces were taken as face pictures in various pose and position for training data and compared to their 100 frame videos, it shows good accuracy if it is compared to DCT2D and Gabor Wavelet. In the previous study, accuracy of DCT2D is about 85.40% and Gabor Wavelet's accuracy is 79.31%, while LoGDCT2D's accuracy is 93.91%. The average of computation time for LoGDCT2D is 2.14 second which indicates that the additional feature of filtering by using LoG can increase recognition accuracy and has stable computation time.

Keywords: *Image recognition, Camshift, LoG, DCT2D, LoGDCT2D.*

1. PENDAHULUAN

Penelitian pengenalan wajah sudah mulai berkembang dengan pesat dalam beberapa dekade terakhir baik pengenalan wajah dengan menggunakan citra diam ataupun dengan menggunakan citra bergerak (video)

Motion (gerak) dalam sebuah video adalah fitur atau ciri dari citra yang terbentuk dari respon citra terhadap faktor waktu. Citra-citra statis yang ditampilkan secara cepat akan terkesan bergerak atau seolah – oleh hidup. Setiap citra yang ada dalam suatu video disebut dengan *frame*. Video sendiri terdiri dari *frame-frame* bersifat statis yang ditampilkan berurutan menurut waktu. Penelitian ini akan mempelajari teknik-teknik pengenalan wajah yang didasarkan pada sebuah video. Proses pengenalan sendiri melalui beberapa tahap yaitu deteksi

wajah, *tracking* wajah, proses pemfilteran, ekstraksi fitur dan proses pengenalan. Hasil yang didapatkan dari pengenalan citra wajah manusia tersebut berupa analisa hasil pengenalan, jarak dan kecepatan proses pengenalan citra wajah yang tertangkap oleh video kamera yang mempunyai tingkat akurasi tertentu

Beberapa penelitian pengenalan wajah yang pernah dilakukan antara lain adalah Daniel [1] melakukan penelitian pengenalan wajah secara *real time* menggunakan *eigenfaces*, dalam penelitiannya ini dilakukan melalui beberapa proses antara lain *filtering* sebelum dilakukan pengenalan wajah, hasil *filtering* ini kemudian diambil nilai-nilai *eigen* dengan menggunakan teknik *Eigenfaces*, berdasarkan hasil uji coba menghasilkan nilai akurasi yang cukup baik. Dimana dalam penelitian ini menggunakan metode *Gaussian* untuk melakukan *filtering* yang bertujuan untuk mengaburkan dan memperlemah noise atau gangguan, akan tetapi operator ini akan menyebabkan pelebaran tepi obyek sehingga batas – batas obyek wajah akan terlihat kurang jelas karena terdapat riak pada tepi objek sehingga akan mengurangi keakuratan dalam melakukan pengenalan wajah, Shiqian dkk [2] melakukan penelitian pengenalan ekspresi wajah secara *real time* dengan menggunakan DCT2D dan *Neural network*, berdasarkan hasil uji coba menghasilkan akurasi yang cukup baik yaitu sekitar 89,18%, hasil ini masih bisa ditingkatkan dengan penambahan beberapa proses sebelum ekstraksi, dalam penelitian ini akan menambahkan proses *filtering* sebelum dilakukan ekstraksi menggunakan DCT2D dengan harapan dapat meningkatkan hasil pengenalan, dari segi waktu komputasi juga kurang efisien, karena *Neural network* akan selalu melakukan pembelajaran dari awal apabila ada data baru, sehingga semakin banyak data yang digunakan waktu komputasinya juga semakin lama. Mamat [3] melakukan penelitian deteksi wajah dan *tracking* wajah menggunakan *OpenCV*. Konsep penelitiannya adalah semua data hasil *capture* digunakan sebagai data masukan kemudian dilakukan deteksi tepi, data masukan akan dideteksi atau dicari area yang menyerupai wajah dengan membandingkan dengan citra wajah yang ada didalam *database* menggunakan metode Viola Jones, kemudian hasil deteksi ini digunakan untuk melakukan *tracking* wajah. Berdasarkan hasil penelitian menghasilkan deteksi wajah yang baik, namun dilihat dari data masukan perlu adanya metode lain, karena data masukan adalah semua data hasil *capture* sedangkan yang dibutuhkan hanya data citra wajah sehingga akan memerlukan kapasitas *memory* dan *storage* yang lebih besar juga akan memperlambat proses pengenalan. Resmana dkk [4] melakukan penelitian pengenalan wajah secara *real time* menggunakan *Gabor Wavelet*.

2. DASAR TEORI

Dasar teori dalam artikel ini hanya akan menguraikan tentang teori Citra, *preprocessing*, *camshift*, *Laplacian of Gaussian* dan *Discrete Cosine Transform 2 Dimension*.

a. Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu obyek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpan [5]

Sedangkan citra digital pada umumnya berbentuk empat persegi panjang dengan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai lebar x tinggi y [6]. Citra digital memiliki koordinat spasial, dengan tingkat kecerahan atau intensitas cahaya (skala keabu-abuan) yang memiliki numeric yang diskrit dipresentasikan dalam bentuk fungsi matematis $f(x,y)$ yang menyatakan intensitas cahaya pada titik (x,y) itu sendiri

b. Preprocessing

Preprocessing adalah tahap sebelum tahap inti yang bertujuan untuk mempermudah analisis berikutnya, dalam penelitian ini beberapa *preprocessing* yang dilakukan adalah *grayscale*, *resize* dan *cropping*.

c. Camshift

Deteksi dan penajakan (*tracking*) wajah dalam penelitian ini menggunakan metode *Camshift* yang merupakan singkatan dari *Continuously Adaptive Mean Shift* dan hasil pengembangan dari algoritma *Mean Shift* yang dilakukan secara terus menerus untuk melakukan adaptasi

atau penyesuaian terhadap distribusi probabilitas warna yang selalu berubah tiap pergantian *frame* dari *video sequence*.

Langkah – langkah dari algoritma *mean shift* adalah sebagai berikut [7]:

- Langkah 1 : tentukan ukuran *search window*
- Langkah 2 : tentukan lokasi awal *search window*
- Langkah 3 : hitung daerah *mean* dalam *search window*
- Langkah 4 : posisikan *search window* ke tengah daerah *mean* seperti dihitung pada langkah 3
- Langkah 5 : ulangi langkah 3 dan 4 hingga konvergen (atau hingga pergeseran daerah *mean* kurang dari *threshold* / batas yang ditentukan)

Sedangkan langkah-langkah algoritma *Camshift* adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 : tentukan ukuran awal *search window*
- Langkah 2 : tentukan lokasi awal dari *search window*
- Langkah 3 : tentukan daerah kalkulasi (*calculation region*) pada bagian tengah *search window* dengan ukuran lebih besar dari *search window*
- Langkah 4 : *frame* citra video dikonversi ke dalam sistem warna HSV (*hue, saturation, value*) kemudian langkah selanjutnya adalah membuat histogram citra untuk mengetahui distribusi probabilitas warna.
- Langkah 5 : lakukan algoritma *mean shift* seperti diatas (satu atau banyak iterasi) dengan *input* berupa ukuran dan lokasi *search window* serta citra distribusi probabilitas warna dan simpan *zeroth moment*
- Langkah 6 : set nilai x,y,z yang diperoleh dari langkah 5
- Langkah 7 : nilai x dan y dipakai untuk menentukan titik tengah *search window*, sedangkan $(2 \times \text{area}^{1/2})$ untuk menentukan ukuran *search window*
- Langkah 8 : ulangi langkah 3 untuk setiap pergantian *frame* citra video.

Pada algoritma *meanshift*, untuk citra berdistribusi probabilitas warna, daerah *mean* (*centroid*) didalam *search window* bisa dicari dengan persamaan:

Zeroth moment bisa dicari dengan persamaan :

$$M00 = \sum_{xy} I(x,y) \dots\dots\dots (1)$$

First moment untuk x dan y bisa dicari dengan persamaan

$$M01 = \sum_{xy} I(x) \dots\dots\dots (2)$$

$$M10 = \sum_{xy} I(y) \dots\dots\dots (3)$$

Maka lokasi *mean* dalam *search window* (*centroid*) adalah

$$X_c = M10/M00 \dots\dots\dots (4)$$

$$Y_c = M01/M00 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana $I(x,y)$ adalah nilai warna *pixel* di posisi (x,y) pada citra dan x,y berada dalam *search window* dan $M10$ adalah *first moment* untuk x, $M01$ adalah *first moment* untuk y sedangkan $M00$ adalah *zeroth moment*.

Sedangkan untuk algoritma *Mean shift*, untuk citra berdistribusi probabilitas warna, daerah *mean* (*centroid*) didalam *search window* bisa dicari dengan persamaan [8]:

$$M20 = \sum_x \sum_y x^2 \times I(x,y) \dots\dots\dots (6)$$

$$M02 = \sum_x \sum_y y^2 \times I(x,y) \dots\dots\dots (7)$$

$$M11 = \sum_x \sum_y x \times y \times I(x,y) \dots\dots\dots (8)$$

Orientasi utama dari sumbu x,y dan skala distribusi adalah hal yang menentukan dalam penemuan *search windows* memiliki hasil pengukuran yang sama dengan pengukuran dari probabilitas distribusi gambar 2D. Orientasi dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\theta = \frac{\arctan \left(\frac{2 \times \frac{M11}{M00} - x_c \times y_c}{\left(\frac{M20}{M00} - x_c^2 \right) - \left(\frac{M02}{M00} - y_c^2 \right)} \right)}{2} \dots\dots\dots (9)$$

Yang pertama, nilai *eigenvalue* (panjang dan lebar dari distribusi probabilitas warna) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{M_{20}}{M_{00}} - xc^2 \dots\dots\dots(10)$$

$$b = \frac{M_{11}}{M_{00}} - xc \times yc \dots\dots\dots(11)$$

$$c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - yc^2 \dots\dots\dots(12)$$

Untuk mencari nilai pusat distribusi warna antara panjang dan lebar dari *search windows* dapat menggunakan rumus sebagai berikut;

$$l = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \dots\dots\dots(13)$$

$$w = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \dots\dots\dots(14)$$

d. *Laplacian of Gaussian*

Operator *Laplacian of Gaussian* sering kali ditulis dengan menggunakan simbol LOG yang merupakan gabungan dari dua proses yaitu [9] :

- Pengaburan tepi obyek menggunakan filter *Gaussian*
- Penguatan tepi obyek menggunakan *laplacian*

Sehingga secara proses, LOG lebih efisien dibandingkan menggunakan proses pengaburan menggunakan filter *Gaussian* dan penguatan tepi obyek menggunakan *laplacian*, karena LoG dapat menggantikan 2 proses tersebut hanya dengan menggunakan satu proses menggunakan matrik *konvolusi Laplacian of Gaussian* .

Operator *Laplacian of Gaussian* diperoleh dari konvolusi sebagai berikut:

$$\nabla^2 g(x, y) = \frac{\partial^2 g(x, y, \sigma)}{\partial x^2} U_x + \frac{\partial^2 g(x, y, \sigma)}{\partial y^2} U_y \dots\dots\dots(15)$$

$$= \frac{\partial \nabla g(x, y, \sigma)}{\partial x} U_x + \frac{\partial \nabla g(x, y, \sigma)}{\partial y} U_y \dots\dots\dots(16)$$

$$= \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1 \right) \frac{e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}}{\sigma^2} + \left(\frac{y^2}{\sigma^2} - 1 \right) \frac{e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}}{\sigma^2} \dots\dots\dots(17)$$

$$= \frac{1}{\sigma^2} \left(\frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} - 2 \right) e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(18)$$

e. *Discrete Cosine Transform 2 Dimensi*

DCT-2D merupakan pengembangan dari DCT-1D [10,11] bentuk persamaan dari *discrete cosine transform* dua dimensi adalah sebagai berikut:

$$c(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} a(u) a(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \cos \left[\frac{\pi(2x+1)u}{2N} \right] \cos \left[\frac{\pi(2y+1)v}{2M} \right] \dots\dots\dots(19)$$

Dimana $u = 0, 1, 2, \dots, N-1$ dan $v = 0, 1, 2, \dots, M-1$

Invers DCT2D dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$f(x, y) = \frac{2}{\sqrt{MN}} a(u) a(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} c(u, v) \cos \left[\frac{\pi(2x+1)u}{2N} \right] \cos \left[\frac{\pi(2y+1)v}{2M} \right] \dots\dots\dots(20)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu cara menyelesaikan permasalahan mulai dari awal sampai akhir penelitian, sehingga didapatkan gambaran penelitian yang lebih relevan.

a. Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan terdiri dari dua jenis data antara lain adalah sebagai berikut :

a) Data Sekunder

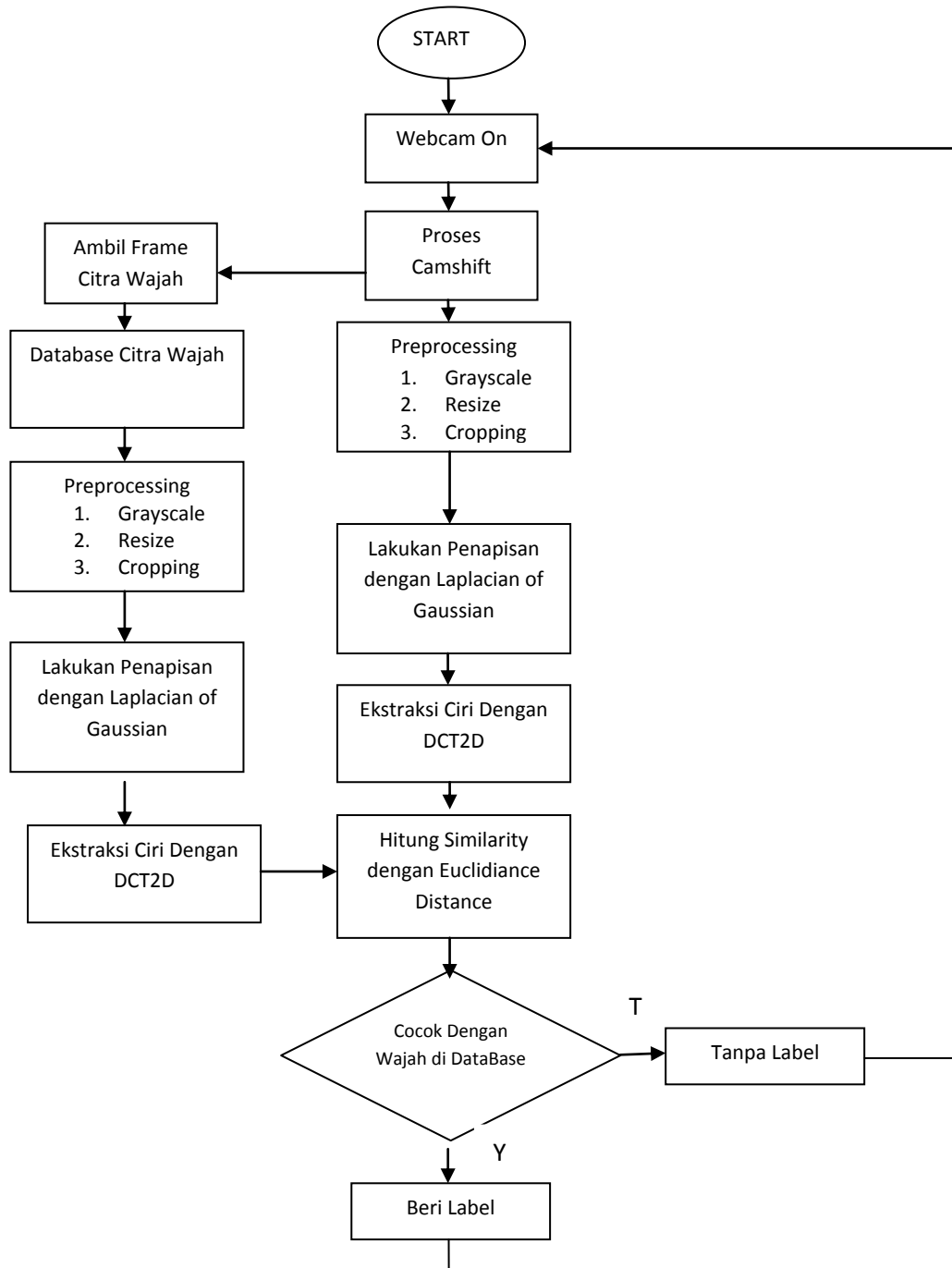
Data sekunder adalah data yang didapatkan dari sumber-sumber yang tidak langsung antara lain bersumber dari buku, jurnal, artikel, makalah maupun internet.

b) Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung dari lapangan antara lain adalah data hasil *capture* citra wajah, data hasil pengenalan oleh sistem, maupun hasil wawancara dengan responden maupun pakar

b. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah sebuah konsep yang dibuat dalam sebuah grafik atau bagan sehingga memudahkan dalam memahami penelitian yang akan dilakukan. Berikut kerangka penelitian terkait dengan pengenalan wajah secara *real time* menggunakan *Camshift*, *Laplacian of Gaussian* dan *Discrete Cosine Transform Two Dimensional* (LoGDCT2D)



Gambar 1. Kerangka Penelitian

c. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif yaitu mendeskripsikan atau menerangkan hasil dari proses pelatihan dan uji coba berdasarkan

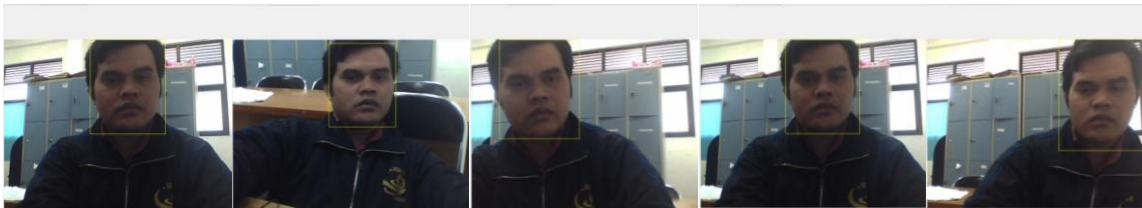
sistem yang sudah dibangun. Deskripsi ini didasarkan atas hasil pengukuran sistem baik sistem ini mengenali setiap *frame* citra wajah seseorang maupun tidak mengenali. Dan juga ditinjau dari segi waktu komputasinya kemudian apa ada perbedaan dengan penelitian yang sejenis pada tahun-tahun sebelumnya, apabila ada perbedaan dari segi apanya. Apakah dari segi akurasi pengenalannya atau dari waktu komputasinya. Sehingga kita dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari metode yang digunakan untuk pengenalan.

4. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian terhadap deteksi dan penajakan wajah serta pengujian pengenalan wajah dilakukan dalam empat jenis pengujian yaitu pengujian pengenalan wajah pada jarak 50 cm, pengujian pengenalan wajah pada jarak 100 cm, pengujian pada jarak 200 cm dan pengujian menggunakan aksesoris.

a. Pengujian *Camshift*

Hasil deteksi dan penajakan sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 1 di bawah merupakan hasil deteksi berdasarkan warna yang menyerupai warna kulit manusia yang dituangkan ke dalam algoritma *camshift*. Kemudian yang dibatasi oleh garis kuning adalah hasil pengukuran menggunakan *boundary box*. Hasil dari deteksi wajah ini adalah sebagai dasar untuk melakukan penajakan (*tracking*) wajah, dalam melakukan *tracking* wajah algoritma *Camshift* didasarkan pada warna kulit wajah, karena warna kulit wajah menyediakan banyak kontras antara wajah dan latar belakang dan tidak berubah apabila wajah berputar atau bergerak. Berikut gambar hasil *detect* dan *tracking* wajah



Gambar 2. Deteksi dan *Tracking* Wajah dengan *Camshift*

b. Pengujian pengenalan citra wajah

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ada beberapa ketentuan yaitu citra wajah adalah citra wajah orang Indonesia yang berjumlah 10 orang dan tiap-tiap orang diambil 10 citra wajah dengan berbagai pose sebagai data pelatihan, hasilnya kemudian dibandingkan dengan 100 *frame* video dari orang yang bersangkutan. Berdasarkan hasil uji coba didapatkan hasil pada tabel 1.

Berdasarkan hasil pengenalan wajah sesuai dengan tabel 1, maka dapat dilakukan analisa bahwa semakin jauh jarak antara kamera dengan obyek maka semakin kecil hasil akurasi pengenalannya, ini dikarenakan semakin jauh obyek dengan titik fokus kamera semakin kecil *pixel* dari citra sehingga apabila dilakukan *resizing* menjadi 200 x 200 *pixel*, maka citra akan menjadi blur atau pecah yang akibatnya akan berpengaruh terhadap penurunan hasil pengenalan.

Namun berdasarkan hasil uji coba dengan jarak terjauh adalah 200 cm, dapat dikatakan bahwa metode LoG DCT2D memiliki akurasi cukup baik yaitu mencapai rata-rata tingkat akurasi pengenalan sebesar 93,91% dari empat jenis pengujian yang menunjukkan bahwa ada pengaruh positif dari proses *filtering* menggunakan *Laplacian of Gaussian* dalam pengenalan wajah bila dibandingkan dengan tanpa *filtering* sebelumnya, hal ini ditunjukkan oleh perbandingan dengan penelitian sebelumnya sebagaimana ditampilkan pada tabel 2.

Table 1. Pengujian pengenalan wajah

No	Nama	Hasil pengenalan pada jarak 50 cm		Hasil pengenalan pada jarak 100 cm		Hasil Pengenalan pada jarak 200 cm		Hasil pengenalan dengan menggunakan aksesoris	
		Kenali	Tidak	Kenali	Tidak	Kenali	Tidak	Kenali	Tidak
1	Orang 1	95	5	93	7	90	10	94	6
2	Orang 2	94	6	96	4	93	7	93	7
3	Orang 3	96	4	93	7	93	7	97	3
4	Orang 4	97	3	98	2	94	6	97	3
5	Orang 5	98	2	97	3	86	14	94	4
6	Orang 6	99	1	92	8	90	10	99	1
7	Orang 7	92	8	90	10	90	10	92	8
8	Orang 8	98	2	92	8	92	8	98	2
9	Orang 9	98	2	91	9	91	9	96	4
10	Orang 10	97	3	98	2	92	8	97	3
Jumlah		964	36	940	60	911	89	957	43
Akurasi		96,27%		93,62%		90,23%		95,51%	

Table 2. Perbandingan tingkat pengenalan hasil penelitian

No	Judul Penelitian	Metode	Tingkat Pengenalan
1	Ekstraksi Satu Fitur Tanpa Overlap Berbasis DCT2D Untuk pengenalan Citra Wajah [12]	DCT2D	86,40%
2	Pengenalan Wajah Secara <i>Real time</i> Menggunakan Metode <i>Camshift</i> , <i>Laplacian of Gaussian</i> dan <i>Discrete Cosine Transform Two Dimensional</i> (LoGDCT2D) [13]	LoGDCT2D	93,91%
3	Pelacakan dan Pengenalan Wajah Menggunakan <i>Webcam</i> dan <i>Metode Gabor Filter</i> . [4]	Gabor Filter	79,31%

Selain memiliki tingkat pengenalan yang cukup baik, penelitian pengenalan secara *real time* juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah sensitif terhadap *noise*. Dimana dari hasil pengujian, apabila pencahayaan kurang stabil misalnya terlalu terang ataupun terlalu gelap, maka akan berpengaruh terhadap tingkat pengenalan, begitu juga pergerakan obyek, apabila pergerakan obyek terlalu cepat, maka tidak akan dikenali, sehingga dalam penelitian ini obyek bergerak secara landai atau *slow motion*. Kemudian yang berikutnya adalah dari jenis kamera atau *webcam*, apabila kamera atau webcam “gonta-ganti” maka akan berpengaruh terhadap tingkat pengenalan begitu juga terhadap waktu komputasi, karena setiap kamera / *webcam* memiliki kecepatan yang berbeda – beda.

Dari sisi waktu komputasi metode *Laplacian of Gaussian* dan *Discrete Cosine Transform Two Dimensional* (LoGDCT2D) juga menunjukkan waktu komputasi yang cukup cepat, hal ini ditunjukkan dari hasil pengujian sebagaimana terlihat pada tabel di bawah.

Table 3. Perbandingan Waktu Komputasi

No	Metode	Jumlah Data Pelatihan				
		1	2	3	4	5
1	Hexagonal + DCT + MLP*) [14]	0,63 s	1,27 s	1,89 s	2,53 s	3,15 s
No	Metode	Jumlah data pelatihan				
		5	7	9	10	Rerata
1	LoGDCT2D	1,32 s	2,04 s	2,51 s	2,67 s	2,14 s

Berdasarkan data yang ada pada tabel 3 diatas, maka dapat kita simpulkan bahwa metode LoGDCT2D memiliki waktu komputasi yang cukup baik. Dimana dengan jumlah data pelatihan yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan metode Hexagonal + DCT + MLP, waktu komputasinya tidak jauh berbeda, ini dapat diartikan apabila jumlah datanya sama, maka metode LoGDCT2D memiliki waktu komputasi yang lebih cepat

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian pengenalan wajah secara langsung menggunakan *camshift*, *laplacian of Gaussian* dan *discrete cosine transform two dimensional* adalah sebagai berikut:

1. Dari segi deteksi dan *tracking* wajah, sistem sudah bisa melakukan dengan cukup baik, walaupun masih ada beberapa kekurangan yang dimiliki metode *Camshift* yaitu tidak bisa melakukan deteksi dan *tracking*, apabila gerakan obyek terlalu cepat juga tidak bisa membedakan antara warna kulit dan bukan kulit apabila memiliki warna yang sama.
2. Hasil pengujian pengenalan wajah dengan menggunakan *Laplacian of Gaussian* dan *Discrete Cosine Transform Two Dimensional* (LOGDCT2D) memiliki tingkat pengenalan lebih baik apabila dibandingkan dengan *Discrete Cosine Transform Two Dimensional* (DCT2D).
3. Dengan adanya penambahan *Laplacian Of Gaussian* sebelum dilakukan ekstraksi menggunakan DCT2D dapat meningkatkan tingkat akurasi pengenalan wajah, karena LoG dapat memperjelas garis dan batas-batas dari wajah.
4. Dari segi waktu komputasi, dengan adanya penambahan *Laplacian of Gaussian* tidak mengurangi waktu komputasi apabila dibandingkan tidak menggunakan *Laplacian of Gaussian*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Georgescu Daniel, "A real-Time Face Recognition Sistem Using *Eigenfaces*", Journal of mobile, Embbeded and Distributed Sistem. Vol.III.No.4.2011
- [2] Wu Shiqian, et.al, "High Speed Face recognition Based on Discrete Cosine Transform and RBF *Neural networks*", IEEE Transaction On *Neural networks*, Vol.16 No.13. May 2005
- [3] Kalas S Mamat, "Real time Face Detection And *Tracking* Using OpenCV", International Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence, Volume-2, Issue-1, May-2014
- [4] Lim Resmana dan Pantouw Y O R. "Pelacakan dan Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam dan Metode Gabor Filter", Makalah. Universitas Kristen Petra Surabaya
- [5] Sutoyo T, Mulyanto E, Suhartono V Nurhayati O D, dan Wijanarto. "**Teori Pengolahan Citra Digital**", Andi, Yogyakarta. 2009
- [6] Dimas W.W., "Perhitungan Jumlah dan Jenis Kendaraan Menggunakan Metode *Fuzzy C-means* dan segmentasi Deteksi Tepi Canny", Malang, 2013
- [7] G. Bradski and T. Ogiuchi, and M Higashikubo, "Visual *Tracking* Algorithm Using *Pixel-Pair Feature*", International Confrence on Pattern Recognition, No 4, pp. 1808 – 1811. 2010
- [8] Jammoussi Y A and Salhi Afef. "Object *Tracking* Using Camshift, *Meanshift* and Kalman ilter". International Journal of Vol. 6 No. 4, pp. 598 – 603. 2012
- [9] Purnomo, M.H., dan Muntasa, A., 2010. *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- [10] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2002.
- [11] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, *Digital Image Processing Using Matlab*
- [12] Muntasa Arif, Hariadi M, dan Purnomo M H. "Ekstraksi Satu Fitur Koofesien Tanpa Overlap Berbasis Two Dimensional Discrete Cosine Transform Untuk Pengenalan Wajah". Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi - Vol.7. Nomor 3 Hal 157 – 165
- [13] Sultoni, Dachlan H S, Mudjirahardjo M. "Sistem Pengenalan Wajah Secara *Real time* Menggunakan Metode Camshift, LoG dan DCT2D (LoGDCT2D)", Tesis, Universitas Brawijaya Malang, 2016.
- [14] Azam M, Anjum M A, Javed M Y. "*Discrete Cosine Transform (DCT) Based Face Recognition in Hexagonal Image s*". NUST, Pakistan, 2010