

Pemanfaatan Metode *Template Matching* untuk *Face Tracking* secara *Real Time* di Ruang Tertutup

Efraim Anggriyono¹, Iwan Setyawan², Ivanna K. Timotius³

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer,
Universitas Kristen Satya Wacana,
Email: ¹efraimanggriyono@gmail.com, ²iwan.setyawan@ieee.org, ³ivanna.timotius@ieee.org

Ringkasan

Perekaman video biasanya dilakukan secara manual oleh seorang juru kamera. Juru kamera harus berkonsentrasi dengan objek yang direkam agar tidak ketinggalan sedetik *moment* pun yang bisa membuat buyar kesan suatu liputan selain itu dibutuhkannya tenaga yang lebih dari seorang juru kamera dalam melakukan proses perekaman video. Dalam makalah ini, penulis mengulas tentang sistem perekaman video otomatis. Sistem ini dibentuk berdasarkan pengenalan wajah manusia yang diinginkan. Pengenalan wajah manusia dilakukan dengan metode *template matching*. Sistem perekaman video otomatis ini diuji dengan 32 subyek pada variasi pencayahaan pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu menghasilkan akurasi program (A_p) sebesar 79.95% dan akurasi rotator (A_R) sebesar 80.73%.

Kata kunci : *Template matching, face detection, face tracking*

1. Pendahuluan

Video merupakan rangkaian banyak *frame* (gambar) yang di dalamnya berisi tahap demi tahap dari suatu gerakan yang diputar dengan kecepatan tertentu [1]. Dalam melakukan perekaman video biasanya dilakukan secara manual oleh seorang juru kamera. Juru kamera secara teknis melakukan perekaman visual dengan kamera mekanik ataupun elektronik dan melakukan pengarahan secara manual terhadap pergerakan dari objek yang direkam [2]. Salah satu yang sering menjadi masalah seorang juru kamera adalah perpindahan kamera baik pergerakan menyapu atau perpindahan mengikuti gerak objek. Dalam hal ini juru kamera harus berkonsentrasi dengan objek agar tidak ketinggalan sedetik *moment* pun yang bisa membuat buyar kesan suatu liputan. Masalah lain yang dihadapi yaitu dibutuhkannya tenaga yang lebih dari seorang juru kamera dalam melakukan proses perekaman tersebut.

Melalui tulisan ini akan dibuat sebuah sistem yang dapat digunakan untuk proses perekaman video secara otomatis. Sistem ini dibentuk berdasarkan pengenalan wajah manusia yang diinginkan. Pengenalan wajah manusia dalam tulisan ini dilakukan dengan metode *template matching*. Dalam makalah ini terdiri dari beberapa bagian yang akan dibahas. Bagian pertama akan membahas metode *template matching*, bagian kedua akan membahas perancangan sistem, bagian ketiga membahas percobaan dan hasil, dan bagian terakhir yaitu kesimpulan.

2. Template Matching

Template matching merupakan salah satu teknik pengolahan citra digital untuk menemukan suatu bagian pada citra yang memiliki kemiripan dengan citra *template* (acuan) [3]. Kemiripan antara *template* dan citra uji ditentukan oleh nilai korelasi.

Nilai *Threshold* (α) adalah nilai ambang batas yang digunakan untuk batas kemiripan antara citra uji dan *template* yang dikehendaki. Nilai korelasi dapat dituliskan dalam Persamaan (1) [4].

$$C_{ij} = \frac{\sum_u \sum_v [T_{(u,v)} - \bar{T}] [I_{(i+u,j+v)} - \bar{I}_t]}{\sqrt{\sum_u \sum_v [T_{(u,v)} - \bar{T}]^2 \sum_u \sum_v [I_{(i+u,j+v)} - \bar{I}_t]^2}} \quad (1)$$

dimana,

C_{ij} = nilai normalisasi korelasi di koordinat i, j

$T_{u,v}$ = *template* dengan ukuran $u \times v$

\bar{T} = rata-rata *template*

$I_{m,n}$ = citra uji dengan ukuran $m \times n$

\bar{I}_t = rata-rata citra yang ditutupi *template*

Jika nilai $C_{ij} \geq \alpha$ maka pada posisi tersebut terdeteksi bagian yang dianggap sesuai dengan *template*. Dan sebaliknya jika $C_{ij} < \alpha$ maka pada posisi tersebut tidak terdeteksi bagian apapun pada citra uji.

3. Perancangan Sistem

Gambaran sistem perekaman video otomatis di Gereja GPDI Mentio dapat dilihat pada Gambar 1.



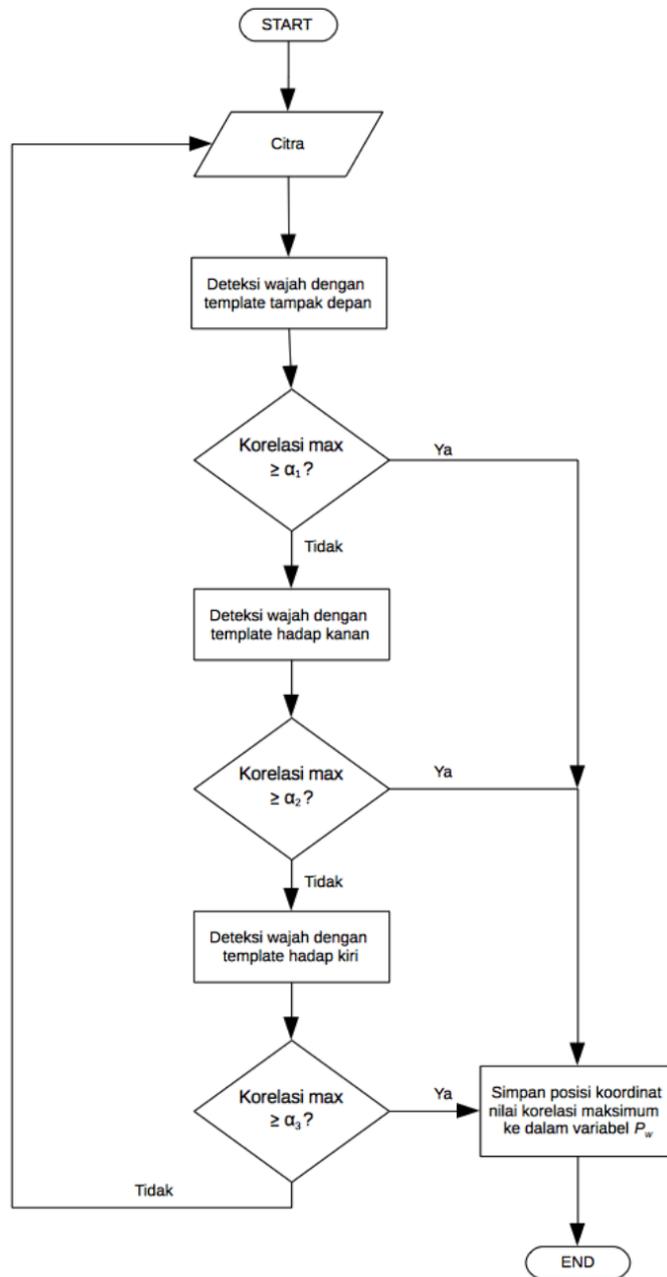
Gambar 1. Sistem perekaman video otomatis di Gereja GPDI Mentio

Berikut cara kerja alat pada sistem :

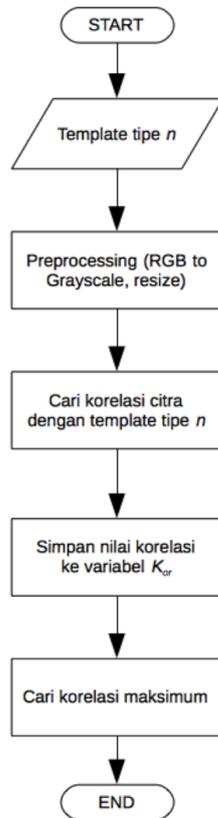
1. *Handycam* diletakkan pada kedudukan rotator dengan posisi *handycam* berjarak 2.7 meter dari objek dengan ketinggian 1.68 meter menggunakan *tripod*.
2. Menghubungkan *handycam* dengan *USB Easy Video Capture 1-channel* yang selanjutnya dihubungkan ke *USB Port* komputer.

3. Menghubungkan rotator ke *USB Port* komputer.

Diagram alir proses *template matching* dapat dilihat pada Gambar 2. Diagram alir proses pendeteksian wajah tampak depan, tampak kiri dan tampak kanan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram alir proses *template matching* pada sistem



Gambar 3. Diagram alir proses pendeteksian wajah menggunakan template. Disini jika $n=1$ digunakan template tampak depan, jika $n=2$ digunakan template tampak kiri, dan jika $n=3$ digunakan template tampak kanan

Cara kerja rotator disajikan dalam bentuk *pseudo-code* sebagai berikut:

```

1: Rotator() {
2:   Pa=264;
3:   end = 0;
4:   while(end != 1){
5:       Pw=ProsesTemplateMatching(); //Letak wajah (sumbu x)
6:       delta = abs(Pw-Pa); //nilai mutlak Pw-Pa
7:       Pa = Pw;
8:       switch(delta){
9:           case delta >= 0 & delta <=50:
10:              S = 30;
11:           case delta >= 51 & delta <=101:
12:              S = 33;
13:           case delta >= 102 & delta <=152:
14:              S = 36;
15:           case delta >= 153 & delta <=203:
16:              S = 39;
17:           case delta >= 204 & delta <=254:
18:              S = 42;
19:           case delta >= 255 & delta <=305:
20:              S = 45;

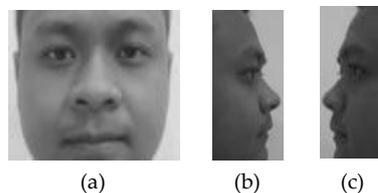
```

```

21:         case delta >= 306 & delta <=356:
22:             S = 48;
23:         case delta > 356
24:         }
25:         if (Pw >= 1 & Pw <= 214){
26:             RotatorGerakKiri(); //Rotator berputar ke kiri
27:         }
28:         elseif (Pw >=314 & Pw <=526){
29:             RotatorGerakKanan(); //Rotator berputar ke kanan
30:         }
31:         else {
32:             end = 1;
33:         }
34:     }
35: return;
32: }
    
```

4. Percobaan dan Hasil

Proses pendeteksian wajah untuk *template matching* pada sistem ini menggunakan tiga buah *template*. *Template 1* mempresentasikan wajah tampak depan, *template 2* mempresentasikan wajah hadap kanan, dan *template 3* mempresentasikan wajah hadap kiri. contoh *template* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 4. Contoh *template* pada subyek Oka. (a) *Template 1* dengan ukuran 75×85 piksel, (b) *Template 2* dengan ukuran 75×37 piksel, dan (c) *Template 3* dengan ukuran 75×37 piksel

Pada eksperimen ini menggunakan parameter diantaranya citra uji berukuran 351×527 piksel, *template 1* berukuran 75×85 piksel, *template 2* dan *template 3* berukuran 75×37 piksel, nilai α_1 sebesar 0.42, nilai α_2 dan nilai α_3 sebesar 0.62.

Untuk menilai sistem perekaman video otomatis ini digunakan metode perhitungan akurasi [5].

4.1. Akurasi program (A_p)

Perhitungan akurasi program *template matching* ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$A_p = \frac{\#Hit+\#CR}{\#Hit+\#MD+\#CR+\#FA} \quad (2)$$

dimana,

$\#Hit$ = jumlah citra wajah yang dikenali benar saat citra uji dan *template* berisi subyek yang sama (wajah berada dalam kotak deteksi)

#MD = *Miss Detection*, jumlah citra wajah yang tidak dikenali dengan benar saat citra uji dan *template* berisi subyek yang sama (tidak ada kotak deteksi dalam citra keluaran)

#FA = *False Alarm*, jumlah citra wajah dan bukan wajah yang dikenali benar saat citra uji dan *template* berisi subyek yang sama (wajah tidak berada dalam kotak deteksi) atau jumlah citra wajah dan bukan wajah yang dikenali benar saat citra uji dan *template* berisi subyek yang berbeda

#CR = *Correct Rejection* jumlah citra wajah yang tidak dikenali dengan benar saat citra uji dan *template* berisi subyek yang berbeda (tidak ada kotak deteksi dalam citra keluaran)

4.2. Akurasi Rotator (A_R)

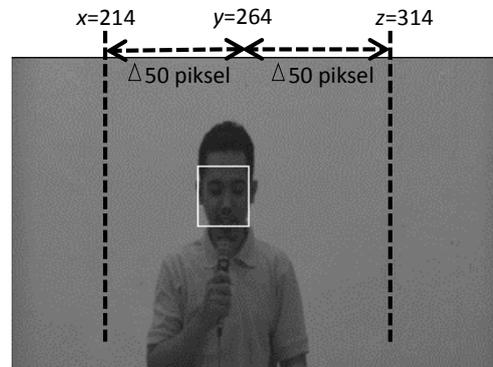
Perhitungan akurasi *rotator* dilakukan saat *rotator* bergerak. *Rotator* yang seharusnya tidak bergerak, tidak dimasukkan ke dalam V dan Q . Batas interval (garis putus-putus) dalam perhitungan akurasi *rotator* dapat dilihat pada Gambar 5. Akurasi *rotator* ditunjukkan pada Persaman (3).

$$A_R = \frac{V}{V+Q} \quad (3)$$

dimana,

V = jumlah frame yang ada pergerakan *rotator* dengan kotak deteksi *template matching* berada dalam interval antara x dan z .

Q = jumlah frame yang ada pergerakan *rotator* dengan kotak deteksi *template matching* berada di luar interval antara x dan z .



Gambar 5. Batas interval perhitungan akurasi *rotator*

4.3. Pengujian dengan Variasi Pencahayaan

Sistem perekaman video otomatis ini diuji dengan menggunakan 32 subyek dengan masing-masing subyek dilakukan perekaman video pada variasi pencahayaan sebagai berikut :

- Pengujian saat pagi hari (06.00-11.00 WIB)
- Pengujian saat siang hari (11.01-15.00 WIB)
- Pengujian saat sore hari (15.01-18.00 WIB)
- Pengujian saat malam hari (18.00 WIB ke atas)

Hasil pengujian pada variasi pencahayaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian A_p dan A_R

Tempat Pengujian	Nama Subyek	Variasi pencahayaan							
		pagi hari		siang hari		sore hari		malam hari	
		A_p	A_R	A_p	A_R	A_p	A_R	A_p	A_R
GPDI Smirna Mento	Abed	90%	93%	92%	92%	94%	92%	96%	95%
	Ester	73%	81%	75%	93%	80%	83%	85%	85%
	Danang	94%	94%	94%	93%	80%	73%	85%	85%
	Nia	72%	83%	71%	90%	79%	73%	80%	90%
	Rika	73%	89%	85%	89%	87%	89%	92%	90%
	Vina	83%	83%	75%	80%	81%	84%	89%	90%
	Lita	74%	85%	71%	90%	77%	91%	75%	89%
	Mami	89%	78%	84%	87%	79%	77%	89%	91%
	Joko	71%	78%	73%	77%	80%	81%	78%	67%
	Luki	89%	90%	89%	90%	79%	75%	83%	92%
	Erna	83%	90%	75%	78%	85%	83%	86%	89%
	Oka	81%	79%	74%	76%	77%	79%	84%	83%
	Efra	76%	80%	77%	75%	79%	81%	83%	85%
Yanti	71%	81%	77%	77%	78%	80%	84%	85%	
CX-1	Roy	74%	73%	80%	80%	80%	78%	84%	86%
	Duta	77%	74%	76%	75%	78%	86%	81%	76%
	Kristian	77%	76%	79%	74%	78%	80%	77%	82%
	Antony	80%	78%	78%	71%	78%	75%	80%	78%
	Vires	77%	71%	76%	74%	78%	80%	78%	77%
	Deny	76%	75%	75%	75%	79%	82%	85%	86%
	Henry	78%	74%	81%	77%	78%	85%	80%	80%
	Jeffryson	78%	75%	75%	68%	77%	76%	86%	83%
	Dinda	77%	72%	81%	75%	81%	84%	82%	78%
	Dira	78%	75%	73%	74%	77%	78%	77%	83%
	Icha	79%	75%	80%	78%	76%	80%	80%	76%
	Kevin	78%	77%	74%	73%	78%	82%	82%	85%
	Richard	80%	79%	75%	69%	80%	82%	84%	82%
	Timoti	78%	76%	79%	77%	77%	74%	81%	79%
	Dian	78%	73%	79%	81%	80%	78%	80%	81%
	Wawan	79%	80%	81%	82%	80%	80%	80%	79%
Boby	81%	72%	78%	75%	81%	87%	81%	78%	
Wenny	78%	77%	80%	78%	81%	80%	81%	82%	
Rata-rata		78.81%	79.25%	78.50%	79.47%	79.75%	80.88%	82.75%	83.34%

Berdasarkan hasil pengujian, pencahayaan pada malam hari memberikan performa terbaik dengan menghasilkan rata-rata A_p sebesar 82.75% dan rata-rata A_R sebesar 83.34%. Perhitungan A_p dapat dilihat pada Persamaan 2. Perhitungan A_R dapat dilihat pada Persamaan 3. Pada pengujian ini, pencahayaan pada malam hari menggunakan

tambahan lampu untuk penerangan ruangan. Dari hasil pengujian yang didapatkan, pencahayaan pada malam hari lebih beraturan dari pada pencahayaan pagi, siang dan sore hari. Hal ini disebabkan karena pada pagi hari, siang hari dan sore hari, menggunakan pencahayaan yang bersumber dari sinar matahari. Sinar matahari masuk ke dalam ruangan melalui celah-celah jendela yang tidak beraturan sehingga menyebabkan kesalahan pendeteksian (wajah tidak berada dalam kotak deteksi).

4.4. Pengujian dengan Variasi Posisi Wajah Subyek

Pengujian pada sub bab ini dilakukan dengan memvariasikan posisi wajah subyek dengan kriteria sebagai berikut :

- a. Subyek dengan wajah menghadap ke depan dan tanpa subyek pengganggu.
- b. Subyek dengan wajah menghadap ke depan dan ada subyek pengganggu.
- c. Subyek dengan wajah menghadap ke samping (kanan atau kiri) dan tanpa subyek pengganggu.
- d. Subyek dengan wajah menghadap ke samping (kanan atau kiri) dan ada subyek pengganggu.

Hasil pengujian dengan variasi posisi wajah subyek dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel ini memaparkan hasil pengujian dengan memvariasikan posisi wajah subyek. Rata-rata Ap dan AR pada pengujian dengan variasi posisi wajah subyek tampak depan tanpa pengganggu lebih baik dengan menghasilkan rata-rata nilai Ap sebesar 83.48% dan rata-rata nilai AR sebesar 81.55%. Pendeteksian pada wajah tampak depan memiliki lebih banyak fitur dibandingkan dengan pendeteksian pada wajah tampak samping. Fitur-fitur yang dibutuhkan dalam pendeteksian wajah tampak depan seperti mata, mulut, hidung, telinga selain itu juga terdapat fitur dari background itu sendiri sedangkan fitur-fitur yang dibutuhkan pada pendeteksian wajah tampak samping hanya membutuhkan bentuk wajah hadap kanan dan hadap kiri saja tanpa harus menyertakan dagu dan bagian kepala. Sehingga pada pendeteksian wajah tampak depan memiliki performa terbaik dibandingkan dengan pendeteksian wajah tampak samping.

4.5. Waktu Komputasi Pengolahan Citra pada Perangkat Lunak

Sistem perekaman video otomatis ini dirancang, direalisasikan, dan diuji menggunakan komputer dengan spesifikasi *hardware* sebagai berikut :

Processor: Intel (R) core (TM) i3-3110M

Memory : 2048 MB

VGA : Intel HD Graphics 4000

OS : Windows 8 Enterprise 32-bit

Sistem perekaman video otomatis ini akan meng-*capture frame* setiap 24 detik sekali. Waktu pengambilan *frame* ini didapatkan dari waktu komputasi yang dibutuhkan untuk mengolah tiga *template* (*template* dengan wajah tampak depan, *template* dengan wajah hadap samping kanan, dan *template* dengan wajah hadap samping kiri). Dimana untuk mengolah satu *template* dibutuhkan waktu sebesar 8 detik. Sistem pada *Graphical User Interface* akan membutuhkan waktu peng-*capturan frame* sebesar 37 detik. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem perekaman video otomatis ini tidak dapat berjalan secara *real time*. Hal ini dikarenakan kecepatan subyek saat bergerak melebihi kemampuan sistem dalam melakukan proses pendeteksian sehingga mengakibatkan subyek yang direkam hilang dari *frame* kamera.

Tabel 2. Hasil pengujian A_p dan A_R

Tempat Pengujian	Nama Subyek	Variasi posisi wajah subyek							
		Tampak depan tanpa pengganggu		Tampak depan dengan pengganggu		Tampak samping tanpa pengganggu		Tampak samping dengan pengganggu	
		A_p	A_R	A_p	A_R	A_p	A_R	A_p	A_R
GPDI Smirna Mento	Abed	95%	96%	97%	97%	87%	89%	93%	90%
	Ester	94%	89%	90%	91%	64%	84%	65%	78%
	Danang	92%	82%	93%	91%	85%	84%	83%	88%
	Nia	81%	82%	75%	84%	74%	88%	72%	83%
	Rika	94%	97%	95%	98%	75%	79%	73%	83%
	Vina	90%	91%	85%	82%	77%	84%	76%	80%
	Lita	80%	87%	72%	91%	76%	86%	69%	91%
	Mami	91%	91%	91%	94%	79%	67%	81%	80%
	Joko	77%	78%	76%	77%	73%	75%	69%	72%
	Luki	92%	93%	91%	95%	77%	79%	80%	80%
	Erna	89%	88%	81%	90%	78%	81%	81%	82%
	Oka	79%	77%	81%	80%	78%	80%	78%	80%
	Efra	79%	80%	82%	80%	78%	81%	76%	80%
Yanti	78%	80%	78%	81%	78%	84%	76%	77%	
CX-1	Roy	81%	80%	81%	79%	82%	85%	74%	74%
	Duta	78%	73%	75%	79%	80%	81%	79%	78%
	Kristian	80%	73%	78%	79%	77%	80%	76%	79%
	Antony	82%	74%	77%	73%	78%	73%	79%	82%
	Vires	83%	81%	76%	75%	79%	72%	71%	75%
	Deny	81%	80%	72%	75%	80%	85%	82%	78%
	Henry	80%	78%	81%	80%	80%	79%	76%	79%
	Jeffryson	81%	77%	81%	72%	79%	80%	75%	73%
	Dinda	84%	79%	75%	73%	81%	82%	81%	76%
	Dira	80%	79%	73%	82%	78%	75%	74%	75%
	Icha	78%	76%	78%	76%	85%	81%	74%	75%
	Kevin	84%	84%	81%	84%	77%	80%	70%	68%
	Richard	76%	74%	81%	79%	82%	80%	83%	81%
	Timoti	79%	74%	76%	68%	84%	86%	76%	78%
	Dian	84%	81%	78%	75%	79%	81%	76%	75%
Wawan	83%	80%	77%	75%	82%	82%	78%	72%	
Boby	83%	80%	83%	79%	75%	81%	80%	78%	
Wenny	83%	80%	76%	77%	83%	81%	78%	78%	
Rata-rata		83.48%	81.55%	80.81%	81.46%	78.74%	80.66%	76.70%	78.57%

5. Kesimpulan

Berdasarkan realisasi perancangan dan hasil pengujian perangkat sistem perekaman video otomatis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses pendeteksian wajah tampak depan dibutuhkan fitur-fitur dari wajah seperti mata, mulut, hidung, telinga selain itu juga dibutuhkan fitur dari *background* itu sendiri sedangkan proses pendeteksian wajah tampak samping hanya dibutuhkan fitur dari bentuk wajah hadap kanan dan hadap kiri saja tanpa harus menyertakan dagu dan bagian kepala.
2. Pencahayaan ruangan mempengaruhi kinerja sistem perekaman video otomatis. Pada pengujian yang telah dilakukan, pencahayaan waktu malam hari

(menggunakan lampu) memiliki performa lebih baik dibandingkan pencahayaan saat pagi hari, siang hari dan sore hari. Hal ini dikarenakan pencahayaan pada malam hari lebih beraturan dari pada pencahayaan pagi, siang dan sore hari . Pada pengujian pagi hari, siang hari dan sore hari, menggunakan pencahayaan yang bersumber dari sinar matahari. Sinar matahari masuk ke dalam ruangan melalui celah-celah jendela yang tidak beraturan sehingga menyebabkan kesalahan pendeteksian (wajah tidak berada dalam kotak deteksi).

3. Pengolahan citra untuk satu *template* pada perangkat lunak sistem perekaman video otomatis ini membutuhkan waktu komputasi sebesar 8 detik. Hal ini menyebabkan sistem tidak dapat berjalan secara *real time* karena kecepatan subyek saat bergerak melebihi kemampuan sistem dalam melakukan proses pendeteksian sehingga mengakibatkan subyek yang direkam hilang dari *frame* kamera.
4. Sistem perekaman video otomatis ini diuji dengan 32 subyek dan menghasilkan rata-rata akurasi program (A_p) sebesar 79.95% dan rata-rata akurasi rotator (A_R) sebesar 80.73%.

6. Daftar Pustaka

- [1], "Video," [online], <http://dictionary.reference.com/browse/video>, diakses tanggal 3 Juli 2014.
- [2] Education Portal, "Cameraman," [online], http://education-portal.com/articles/Job_Description_of_a_Movie_or_Film_Cameraman.html, diakses tanggal 3 Juli 2014.
- [3], "Template Matching," [online], <http://home.sandiego.edu/~taylor/patrec.html>, diakses tanggal 14 Maret 2014.
- [4] R. C. Gonzales and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd edition, Prentice Hall, 2010.
- [5] I.K. Timotius, *Dasar-Dasar Pengenalan Pola*, Widya Sari Salatiga, 2012.