

SEGMENTASI CITRA WAJAH DENGAN IMPLEMENTASI ADAPTIF *THRESHOLD* – *INTEGRAL IMAGE*

Maryam Ummul Habibah¹, Muchamad Kurniawan^{*2}

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: ¹maryamhabibah86@gmail.com, ²muchamad.kurniawan@itats.ac.id

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 04 Agustus 2020, diterima untuk diterbitkan: 18 Oktober 2021)

Abstrak

Segmentasi wajah merupakan bagian penting dalam pengolahan citra digital untuk mengetahui objek wajah dalam citra sebelum dilakukan pendeteksian ekspresi wajah. Adaptif *Threshold* – *Integral Image* adalah salah satu teknik segmentasi berbasis *pixel-based*, yaitu *local thresholding*. Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan objek wajah manusia dan *background* -nya. Citra wajah yang akan digunakan nanti citra di dalam ruangan (*indoor*) dan di luar ruangan (*outdoor*) dengan resolusi gambar 300x400 piksel. Pada penelitian ini juga mencari nilai parameter *S* (*kernel*) dan *T* (*threshold*) yang terbaik dengan melakukan 16 kali percobaan. Dan didapatkan hasil terbaik, yaitu citra di dalam ruangan (*indoor*) nilai $S=1/2$ dan $T=50$, serta citra di luar ruangan (*outdoor*) nilai $S=1/30$ dan $T=30$. Segmentasi citra wajah dengan menggunakan metode Adaptif *Threshold* – *Integral Image* robust (kuat) terhadap intensitas cahaya tinggi dan rendah dengan mengatur nilai parameter *S* (*kernel*) dan *T* (*Threshold*) maka metode ini mampu memisahkan objek wajah dan *background* -nya. Dari hasil uji coba *threshold* menggunakan metode Adaptif *Threshold* – *Integral Image* terhadap citra di dalam ruangan (*indoor*) dan di luar ruangan (*outdoor*) menghasilkan *thresholding* yang baik dengan mempertimbangkan nilai parameter *S* (*kernel*) dan *T* (*threshold*) memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu citra di dalam ruangan (*indoor*) sebesar 96.72%, dan citra di luar ruangan (*outdoor*) sebesar 93.59%.

Kata kunci: Wajah, Segmentasi Citra, *Threshold*, *Integral Image*, Adaptif *Threshold* – *Integral Image*

FACE IMAGE SEGMENTATION WITH IMPLEMENTATION OF ADAPTIVE *THRESHOLD* – *INTEGRAL IMAGE*

Abstract

Face segmentation is an important in digital image processing to find out the object's face in the image before detecting facial expressions. Adaptive *Threshold* - *Integral Image* is a pixel-based segmentation technique, which is local thresholding. This study is intended to split the object of a human face and its background. Face images that will be used later in indoor and outdoor with an image resolution of 300x400 pixels. This study also searched for the best *S* (*kernel*) and *T* (*threshold*) parameter values by performing 16 experiments. And the best results are obtained, name the image in the room (*indoor*) the value of $S = 1/2$ and $T = 50$, and the image outside the room (*outdoor*) the value of $S = 1/30$ and $T = 30$. Face image segmentation using the Adaptive *Threshold* - *Integral Image* robust method of high and low light intensity by setting the *S* (*kernel*) and *T* (*Threshold*) parameter values, this method is able to split the face object and its background. From the results of the threshold trial using the Adaptive *Threshold* - *Integral Image* method for indoor and outdoor images produces a good thresholding by considering the values of the *S* (*kernel*) and *T* (*threshold*) parameters to give results with a high degree of accuracy, that is indoor images of 96.72%, and outdoor images of 93.59%.

Keywords: Face, Image Segmentation, *Threshold*, *Integral Image*, Adaptive *Threshold* – *Integral Image*

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari manusia bersosialisasi secara verbal dan non- verbal. Ekspresi wajah salah satu cara berinteraksi secara bahasa non-verbal yang sering digunakan manusia. Biasanya setiap orang akan mengenal dengan tepat apakah ekspresi wajah menunjukkan emosi marah, sedih, senang, dan takut

(Prawitaslri, 2016). Pada hal ini ekspresi wajah dapat digunakan dalam menyampaikan informasi yang natural untuk mengungkapkan emosi manusia. Identifikasi emosi melalui ekspresi wajah pada zaman sekarang dilakukan secara digital.

Perkembangan dari teknologi komputer membuat pengambilan keputusan menjadi lebih mudah dan cepat.

Didalam segmentasi memungkinkan sebuah komputer mampu untuk mengambil keputusan yang tepat. Pada proses pengenalan ekspresi wajah manusia terdapat proses segmentasi. Segmentasi merupakan proses dari *pre-processing* sebelum dilakukan pengenalan ekspresi wajah manusia dengan memanfaatkan segmentasi untuk pemisahan objek dengan *background*-nya. Salah satu faktor penting dalam pendeteksian wajah tergantung dari pemrosesan awal sebuah citra terutama proses Segmentasi (Nugroho, Kurniawan and Saidatin, 2019). Hasil dari segmentasi nantinya akan digunakan dalam proses selanjutnya dalam pengenalan ekspresi wajah manusia. Untuk itu hasil segmentasi harus akurat. Apabila tidak akan terjadi kesalahan dalam proses selanjutnya.

Segmentasi memiliki banyak teknik salah satunya adalah *pixel-based* yang terdapat *thresholding* dari teknik segmentasi. *Thresholding* adalah proses pemisahan piksel-piksel yang mengubah citra berderajat keabuan menjadi citra biner. Terdapat macam-macam *thresholding* salah satunya adalah adaptif *threshold*. Namun dalam adaptif *thresholding* ini tidak memiliki akurasi yang baik terhadap intensitas pencahayaan tinggi. Contoh dari penggunaannya adalah dalam penelitian yang dilakukan oleh (Wellner, 1993) dengan tema adaptif *thresholding* menggunakan gambar digital.

Integral Image untuk Adaptif *Threshold* diteliti oleh Bradley and Roth (2007) dan Peuwunuan, Woraratpanya and Pasupa (2016). Pada penelitian tersebut dikenalkan metode *Integral Image* untuk Adaptif *Threshold* yang memiliki tingkat akurasi gambar yang hampir sempurna. Metode tersebut perpanjangan dari metode wellner yang memberikan representasi yang lebih baik dari piksel sekitarnya dengan mengorbankan suatu iterasi tambahan melalui gambar. Akan tetapi metode tersebut berfokus pada penerapan dokumen.

Ditinjau dari penelitian diatas, *Integral Image* untuk Adaptif *Threshold* dapat mempercepat proses komputasi. Pada perhitungan menggunakan metode *Integral Image* untuk Adaptif *Threshold* hanya menghitung rata-rata dengan 4 piksel sudut *window*. Akan tetapi tanpa menggunakan *integral image* harus memproses seluruh piksel dalam *window*.

Dibandingkan dengan menggunakan metode ambang batas adaptif yang menghitung rata-rata dengan melihat piksel terakhir yang terlihat atau dengan menghitung keseluruhan piksel tetangga. Oleh karena itu penelitian dilakukan di lingkungan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS) ini adalah mengimpelementasikan *Integral Image* untuk Adaptif *Threshold* yang nantinya metode tersebut untuk memecahkan masalah pada *segmentasi* pada gambar wajah manusia dengan harapan menghasilkan akurasi yang tinggi.

Penerapan dalam metode ini nantinya pada gambar wajah manusia yang di foto sendiri oleh peneliti dimana terdapat dua kondisi yaitu, didalam ruangan dan diluar ruangan. Hasil akhir yang diharapkan adalah dapat memisahkan objek wajah manusia dan *background*-nya untuk mempermudah proses pengenalan ekspresi wajah

manusia dengan menggunakan metode *Integral Image* untuk Adaptif *Threshold*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Preprocessing

Sebelum melakukan tahap segmentasi citra wajah dilakukan proses *preprocessing*, yaitu proses *grayscale*. *Grayscale* adalah matrik data yang nilai-nilainya mewakili intensitas setiap piksel berkisaran antara 0 sampai dengan 255 (Pulung Nurtantio Andono, T.Sutojo, 2017). Dapat dilihat pada persamaan (1) dan persamaan (2) berikut:

$$GRAY_{image} = W_r * R + W_g * G + W_b * B \quad (1)$$

$$W_r + W_g + W_b = 1 \quad (2)$$

2.2 Integral Image

Gambar *integral* (*integral image*) dikenal sebagai tabel area penjumlahan, yaitu alat yang dapat digunakan setiap kali kita memiliki fungsi piksel bilangan real $I(x, y)$ dengan menghitung diatas wilayah gambar persegi panjang (Bradley and Roth, 2007). *Integral Image* adalah sebuah citra yang nilai tiap pikselnya merupakan penjumlahan dari nilai piksel kiri atas hingga kanan bawah (Al-Aidid and Pamungkas, 2018). Menurut Putri *et al.* (2019) untuk memudahkan proses perhitungan nilai dari setiap fitur *Haar* pada setiap lokasi gambar digunakan teknik yang disebut citra integral. Secara umum *integral* mempunyai makna menambahkan bobot, bobot merupakan nilai-nilai piksel yang akan ditambahkan ke citra asli (Sandy, 2015). Nilai *integral* dari setiap piksel merupakan jumlah dari semua piksel sebelah atasnya dan sebelah kirinya. Keseluruhan gambar dapat diintegrasikan dengan operasi bilangan bulat per piksel (Sandy, 2015). Dengan menggunakan persamaan (3) berikut:

$$S(x, y) = i(x, y) + S(x - 1, y) + S(x, y - 1) + S(x - 1, y - 1) \quad (3)$$

Menghitung gambar *integral* adalah dengan mengisi setiap kolom pada *summed* area tabel. Dimana posisi *summed* area tabel dalam gambar integral dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Summed Area Tabel

$S(x - 1, y - 1)$	$S(x, y - 1)$
$S(x - 1, y)$	$i(x, y)$

Setelah sepenuhnya menghitung gambar *integral*, klasifikasi piksel dilakukan proses selanjutnya yaitu mencari rata-rata *integral image* dengan persamaan (4) sebagai berikut:

ket :

$$R_s = S(x_2, y_2) - S(x_1, y_2) - S(x_2, y_1) + S(x_1, y_1) \quad (4)$$

Pada persamaan (5) dan (6) digunakan untuk menentukan x_1, x_2, y_1, y_2 terlebih dahulu sebelum menghitung rata-rata gambar *integral*.

$$x_1, x_2 = x \pm S/2 \quad (5)$$

$$y_1, y_2 = y \pm S/2 \quad (6)$$

Setelah mendapatkan hasil dari x_1, x_2, y_1, y_2 selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai piksel dalam R dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = (x_2 - x_1) \times (y_2 - y_1) \quad (7)$$

2.3 Adaptif Threshold – Integral Image

Setelah menghitung rata-rata proses terakhir yaitu, melakukan perbandingan adaptif thresholding integral image dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$i(x, y) \times C \leq R_s \times \left(1 - \frac{T}{100}\right) \quad (8)$$

Dimana, nilai citra *grayscale* di kali dengan nilai piksel dalam R dibandingkan dengan hasil rata-rata menggunakan gambar *integral* dikali dengan ambang batas adaptif. Hasil dari perbandingan tersebut jika nilai piksel *grayscale* lebih kecil dari nilai rata-rata maka bernilai 0 (nol) atau berwarna hitam dan sebaliknya, jika nilai piksel *grayscale* lebih besar dari nilai rata-rata maka bernilai 1 (satu) atau berwarna putih.

3. RANCANGAN SISTEM

Adapun rancangan keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1. merupakan desain alur dari keseluruhan sistem. Dimulai dari *input* citra wajah manusia. Proses tersebut terdiri dari atas *pre-processing*, proses *integral image* dan segmentasi yang nantinya menghasilkan *output* yang berupa hasil *threshold* hitam putih pada citra wajah manusia.

3.1 Proses Integral Image

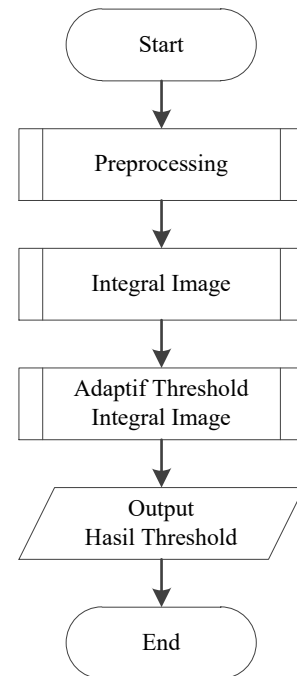
Pada tahap ini adalah proses *integral image* yang sebelumnya telah dilakukan proses *grayscale* *flowchat* alur *integral image* dapat dilihat pada Gambar 2.

Sehingga dari proses *grayscale* didapatkan hasil *summed area* tabel pada Tabel 2.

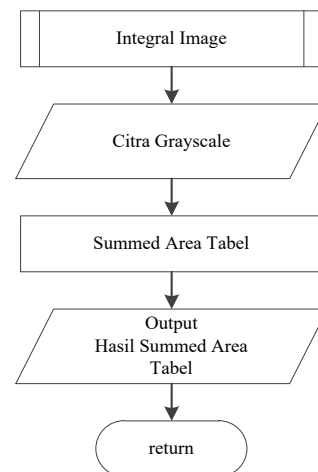
Tabel 2. Hasil *Summed Area* Tabel

<i>Grayscale</i>					<i>Summed Area Table</i>				
23	6	10	16	20	23	29	39	55	75
10	26	23	12	40	33	65	98	126	186
34	53	2	34	53	67	152	187	249	362
45	16	43	72	80	112	213	291	425	618
61	80	93	65	120	172	354	525	724	1037

Matriks diatas ini nantinya dijadikan sebagai acuan proses mencari rata-rata jumlah piksel area menggunakan *integral image*.



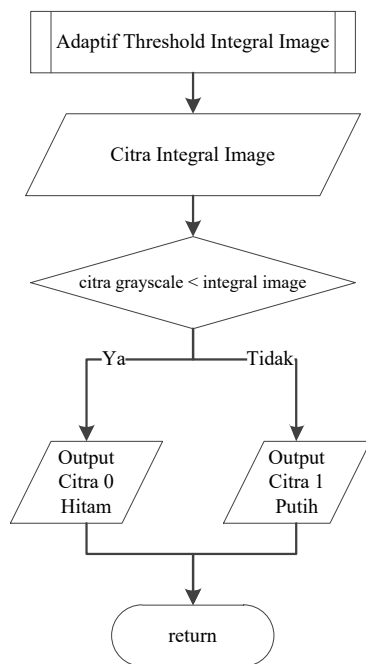
Gambar 1. Flowchart Alur Perancangan Sistem



Gambar 2. Flowchart Alur *Integral Image*

3.2 Proses Adaptif Threshold – Integral Image

Proses tahap akhir adalah melakukan perbandingan citra *grayscale* dengan citra *integral image*, seperti yang dijelaskan pada flowchat alur adaptif *threshold – integral image* pada Gambar 3. sebagai berikut:



Gambar 3. Flowchart Alur Adaptif Threshold – Integral Image

Hasil dari perbandingan dengan nilai *grayscale* dengan nilai rata-rata *integral image* dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Thresholding

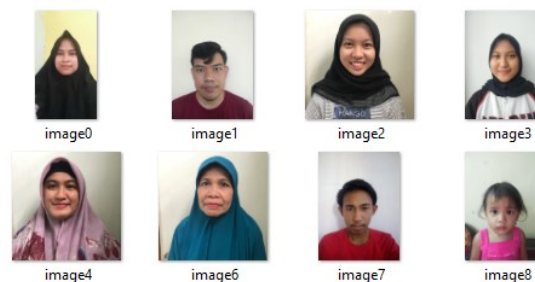
	1	1	0	
	1	0	1	
	0	1	1	

Tabel 3. merupakan hasil perbandingan antara citra grayscale dengan citra *integral* menggunakan adaptif *thresholding – integral image* yang berubah dengan nilai citra biner 0 (no) dan 1 (satu), yaitu 0 (no) adalah hitam dan 1 (satu) adalah putih.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa gambar wajah manusia yang didapatkan dari pengambilan gambar mahasiswa Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Gambar diambil menggunakan kamera *handphone* OPPO A3S dengan jarak pengambilan sekitar 30 cm. Gambar yang diambil sebanyak 40 citra wajah mahasiswa yaitu 20 citra *indoor* dan 20 citra *outdoor*. Pada Gambar 4. adalah beberapa citra yang telah diambil:



Gambar 4. Data Citra Asli

Beberapa hasil proses *cropping* yang telah dilakukan pada Gambar 5.



Citra Asli Indoor

Citra Asli Outdoor

Gambar 5. Data Citra Hasil Cropping

4.2 Implementasi Adaptif Threshold – Integral Image

Tahap pertama proses *grayscale*, hasil dari implementasi proses *grayscale* dari citra yang telah di *cropping* menggunakan tools *Adobe Photoshop CS5* pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Citra RGB dan Citra Grayscale

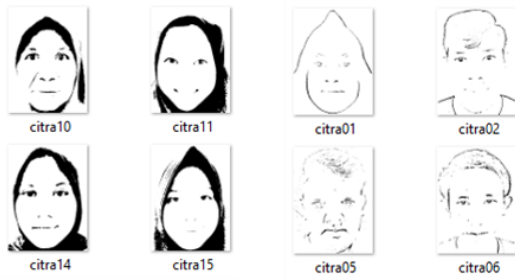
Tahap kedua implementasi proses *integral image* setelah dilakukan proses *grayscale* pada Gambar 7.

```

array([[ 232,    464,    697, ..., 69279,   69509,   69739],
       [  464,    928,   1394, ..., 138530,  138990,  139450],
       [  696,   1392,   2091, ..., 207786,  208476,  209166],
       ...,
       [91469, 182022, 272199, ..., 15228792, 15299002, 15369428],
       [91534, 182148, 272385, ..., 15240346, 15310598, 15381067],
       [91596, 182271, 272573, ..., 15252045, 15322340, 15392852]])
  
```

Gambar 7. Hasil Array Integral Image

Tahap terakhir merupakan hasil implementasi proses adaptif *threshold – integral image* pada Gambar 8.



Threshold Indoor *Threshold Outdoor*
Gambar 8. Hasil Adaptif Threshold – Integral Image

4.3 Pengujian Parameter Indoor

Dalam pengujian citra *indoor* terdapat uji coba parameter yang berbeda-beda tiap citra. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil terbaik dari parameter yang berbeda-beda yang nantinya hasil yang terbaik akan digunakan untuk acuan data *testing*. Pada Gambar 9. contoh salah satu gambar yang akan diuji coba.



Gambar 9. Hasil Contoh Uji Parameter Indoor

Salah satu contoh citra *indoor* diatas adalah citra RGB dan citra *Ground Truth* dengan parameter yang berbeda akan digunakan untuk uji coba parameter -nya, dapat dilihat hasil dari uji coba parameter pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Coba Parameter Citra Indoor

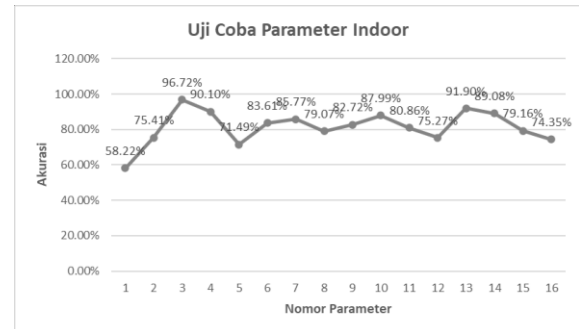
No	Parameter	Akurasi
1	S = 1/2 , T = 15	58.22%
2	S = 1/2 , T = 30	75.41%
3	S = 1/2 , T = 50	96.72%
4	S = 1/2 , T = 60	90.10%
5	S = 1/8 , T = 15	71.49%
6	S = 1/8 , T = 30	83.61%
7	S = 1/8 , T = 50	85.77%
8	S = 1/8 , T = 60	79.07%
9	S = 1/16 , T = 15	82.72%
10	S = 1/16 , T = 30	87.99%
11	S = 1/16 , T = 50	80.86%
12	S = 1/16 , T = 60	75.27%
13	S = 1/30 , T = 15	91.90%
14	S = 1/30 , T = 30	89.08%
15	S = 1/30 , T = 50	79.16%
16	S = 1/30 , T = 60	74.35%

Setelah dilakukan akurasi dengan parameter yang berbeda maka didapatkan hasil citra *indoor* terbaik dari parameter yang nilai akurasinya paling tinggi.



Gambar 10. Hasil Terbaik Uji Parameter Indoor

Pada Gambar 10. adalah hasil terbaik uji parameter citra *indoor* dari citra hasil terbaik terdapat pada parameter berbeda. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa nilai S=1/2 dan T=50 memiliki nilai *Threshold* yang terbaik yaitu dengan akurasi 96.72%. Untuk lebih detailnya maka nilai yang dihasilkan *threshold* dengan parameter yang berbeda pada citra *indoor* akan ditampilkan dalam grafik pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Terbaik Uji Parameter Indoor

4.4 Pengujian Parameter Outdoor

Dalam pengujian citra *outdoor* terdapat uji coba parameter yang berbeda-beda tiap citra. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil terbaik dari parameter yang berbeda-beda yang nantinya hasil yang terbaik akan digunakan untuk acuan data *testing*. Pada Gambar 12. contoh salah satu gambar yang akan diuji coba.



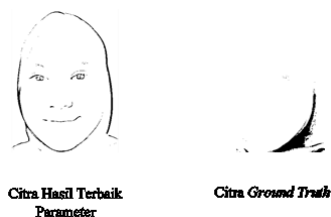
Gambar 12. Hasil Terbaik Uji Parameter Outdoor

Salah satu contoh citra *outdoor* diatas adalah citra RGB dan citra *Ground Truth* dengan parameter yang berbeda akan digunakan untuk uji coba parameter -nya, dapat dilihat hasil dari uji coba parameter pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Coba Parameter Citra Outdoor

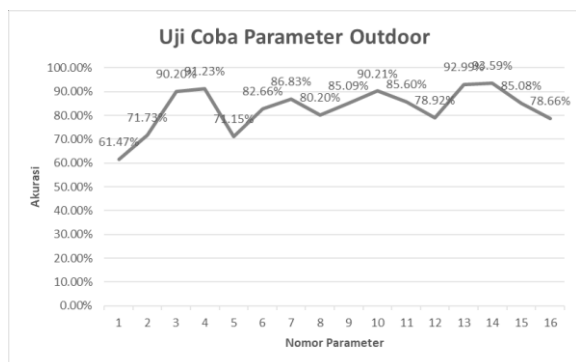
No	Parameter	Akurasi
1	S = 1/2 , T = 15	61.47%
2	S = 1/2 , T = 30	71.73%
3	S = 1/2 , T = 50	90.20%
4	S = 1/2 , T = 60	91.23%
5	S = 1/8 , T = 15	71.15%
6	S = 1/8 , T = 30	82.66%
7	S = 1/8 , T = 50	86.83%
8	S = 1/8 , T = 60	80.20%
9	S = 1/16 , T = 15	85.09%
10	S = 1/16 , T = 30	90.21%
11	S = 1/16 , T = 50	85.60%
12	S = 1/16 , T = 60	78.92%
13	S = 1/30 , T = 15	92.99%
14	S = 1/30 , T = 30	93.59%
15	S = 1/30 , T = 50	85.08%
16	S = 1/30 , T = 60	78.66%

Setelah dilakukan akurasi dengan parameter yang berbeda maka didapatkan hasil citra *outdoor* terbaik dari parameter yang nilai akurasinya paling tinggi.



Gambar 13. Hasil Terbaik Uji Parameter *Outdoor*

Pada Gambar 13. adalah hasil terbaik uji parameter citra *outdoor* dari citra hasil terbaik terdapat pada parameter berbeda. Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai $S=1/30$ dan $T=30$ memiliki nilai *Threshold* yang terbaik yaitu dengan akurasi 93.59%. Untuk lebih detailnya maka nilai yang dihasilkan *threshold* dengan parameter yang berbeda pada citra *outdoor* akan ditampilkan dalam grafik pada Gambar 14.

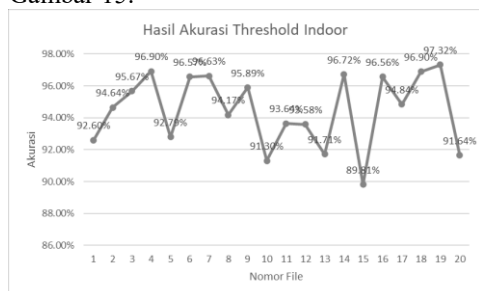


Gambar 14. Hasil Terbaik Uji Parameter *Outdoor*

4.5 Uji Coba Citra *Indoor*

Dalam tahap ini akan dilakukan proses citra perbandingan adaptif *threshold – integral image*. Citra yang akan digunakan adalah citra *ground truth* dibandingkan dengan citra adaptif *threshold*. Pada Tabel 6. adalah hasil akurasi dari 20 sampel citra yang diambil di dalam ruangan (*indoor*).

Dari Tabel 6. dapat dilihat bahwa nilai akurasi pada sampel citra di dalam ruangan (*indoor*) mencapai nilai rata-rata datas 90%. Untuk lebih detailnya maka nilai akurasi yang dihasilkan dari perbandingan citra *ground truth* dengan adaptif *threshold* dapat dilihat grafik pada Gambar 15.

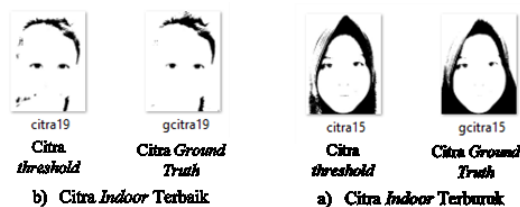


Gambar 15. Grafik Akurasi Uji *Threshold* Citra *Indoor*

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai akurasi citra terbaik adalah citra19 dengan nilai akurasi 97.32% dan nilai akurasi citra terburuk adalah citra15 dengan nilai akurasi 89.81% maka citra hasil program dengan *ground truth* -nya akan ditampilkan pada Gambar 16.

Tabel 6. Hasil Pengujian Akurasi Citra *Indoor*

No	Nama File	Parameter	Ukuran File	Akurasi
1	citra01.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	37.4 KB 300 x 400 Piksel	92.60%
2	citra02.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	34.0 KB 300 x 400 Piksel	94.64%
3	citra03.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	29.1 KB 300 x 400 Piksel	95.67%
4	citra04.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	37.5 KB 300 x 400 Piksel	96.90%
5	citra05.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	32.3 KB 300 x 400 Piksel	92.79%
6	citra06.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	32.6 KB 300 x 400 Piksel	96.57%
7	citra07.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	34.4 KB 300 x 400 Piksel	96.63%
8	citra08.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	34.5 KB 300 x 400 Piksel	94.17%
9	citra09.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	34.6 KB 300 x 400 Piksel	95.89%
10	citra10.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	36.4 KB 300 x 400 Piksel	91.30%
11	citra11.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	31.5 KB 300 x 400 Piksel	93.64%
12	citra12.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	34.5 KB 300 x 400 Piksel	93.58%
13	citra13.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	37.3 KB 300 x 400 Piksel	91.71%
14	citra14.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	30.7 KB 300 x 400 Piksel	96.72%
15	citra15.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	30.1 KB 300 x 400 Piksel	89.81%
16	citra16.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	28.8 KB 300 x 400 Piksel	96.56%
17	citra17.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	37.8 KB 300 x 400 Piksel	94.84%
18	citra18.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	29.0 KB 300 x 400 Piksel	96.90%
19	citra19.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	33.3 KB 300 x 400 Piksel	97.32%
20	citra20.jpg	$S = 1/2$ $T = 50$	31.2 KB 300 x 400 Piksel	91.64%



Gambar 16. Hasil Citra *Indoor* Terbaik dan Terburuk

4.6 Uji Coba Citra *Outdoor*

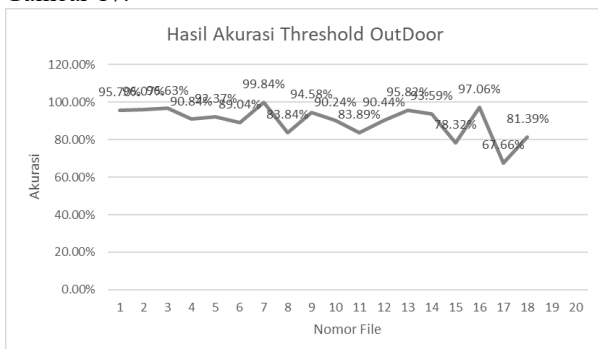
Dalam tahap ini akan dilakukan proses citra perbandingan adaptif *threshold – integral image*. Citra yang akan digunakan adalah citra *ground truth* dibandingkan dengan citra adaptif *threshold*. Pada Tabel

6. adalah hasil akurasi dari 20 sampel citra yang diambil di dalam ruangan (*indoor*).

Tabel 7. Hasil Pengujian Akurasi Citra *Outdoor*

No	Nama File	Parameter	Ukuran File	Akurasi
1	citra01.jpg	S = 1/30 T = 30	30.4 KB	95.70%
2	citra02.jpg	S = 1/30 T = 30	35.0 KB	96.07%
3	citra03.jpg	S = 1/30 T = 30	34.1 KB	96.63%
4	citra04.jpg	S = 1/30 T = 30	42.6 KB	90.84%
5	citra05.jpg	S = 1/30 T = 30	44.9 KB	92.37%
6	citra06.jpg	S = 1/30 T = 30	38.4 KB	99.30%
7	citra07.jpg	S = 1/30 T = 30	33.8 KB	99.84%
8	citra08.jpg	S = 1/30 T = 30	41.1 KB	83.84%
9	citra09.jpg	S = 1/30 T = 30	40.1 KB	94.58%
10	citra10.jpg	S = 1/30 T = 30	37.0 KB	90.24%
11	citra11.jpg	S = 1/30 T = 30	35.7 KB	83.89%
12	citra12.jpg	S = 1/30 T = 30	38.7 KB	90.44%
13	citra13.jpg	S = 1/30 T = 30	40.7 KB	95.82%
14	citra14.jpg	S = 1/30 T = 30	32.0 KB	93.59%
15	citra15.jpg	S = 1/30 T = 30	34.8 KB	78.32%
16	citra16.jpg	S = 1/30 T = 30	37.0 KB	97.06%
17	citra17.jpg	S = 1/30 T = 30	32.5 KB	67.66%
18	citra18.jpg	S = 1/30 T = 30	32.0 KB	81.39%
19	citra19.jpg	S = 1/30 T = 30	36.8 KB	99.26%
20	citra20.jpg	S = 1/30 T = 30	36.0 KB	90.78%

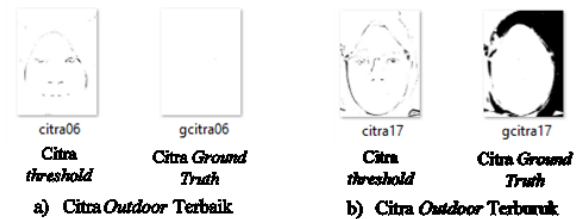
Dari Tabel 7. dapat dilihat bahwa nilai akurasi pada sampel citra di luar ruangan (*outdoor*) mencapai nilai rata-rata diatas 89%. Untuk lebih detailnya maka nilai akurasi yang dihasilkan dari perbandingan citra *ground truth* dengan adaptif *threshold* dapat diliha grafik pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Akurasi Uji *Threshold* Citra *Outdoor*

Dari grafik diatas dapat nilai akurasi citra terbaik jatuh pada citra06 dengan nilai akurasi 99.30% dan nilai

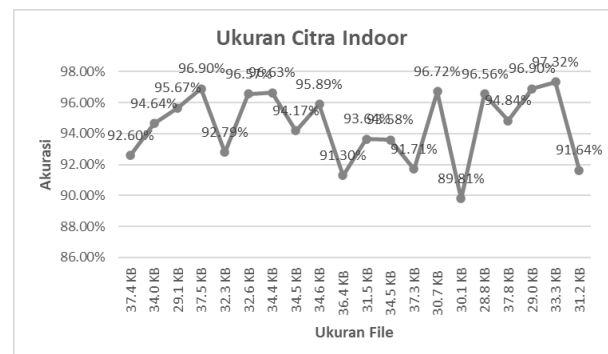
akurasi citra terburuk jatuh pada citra17 dengan nilai akurasi 67.66% maka citra hasil program dengan *ground truth* -nya akan ditampilkan pada Gambar 18.



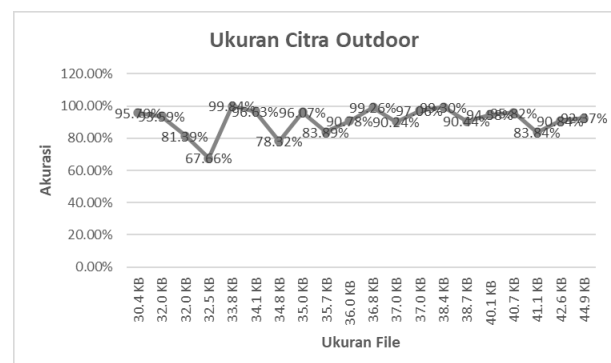
Gambar 18. Hasil Citra *Outdoor* Terbaik dan Terburuk

4.7 Analisa Ukuran Citra *Indoor* dan *Outdoor*

Pada uji coba terhadap citra sampel *indoor* dan *outdoor* dengan ukuran *file* yang berbeda tidak ada pengaruh yang signifikan dalam ukuran *file* dengan hasil *threshold* akan tetapi apabila ukuran *file* citra besar maka dalam proses uji coba program maka akan lama dalam proses *thresholding*. Dengan ini semakin kecil ukuran *file* citra akan cepat dalam proses uji coba program *thresholding* lebih jelasnya akan ditampilkan grafik citra *indoor* pada Gambar 19 dan grafik citra *outdoor* pada Gambar 20.



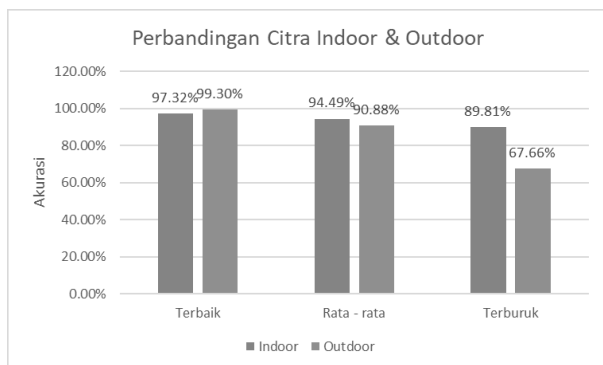
Gambar 19. Hasil Ukuran *File* Citra *Indoor*



Gambar 20. Hasil Ukuran *File* Citra *Outdoor*

4.8 Analisa Citra *Indoor* dan *Outdoor*

Pada uji coba citra tersebut menghasilkan nilai citra terbaik, terburuk dan rata-rata akurasi. Gambar 21 akan menampilkan grafik citra sampel *indoor* dan *outdoor* terbaik, terburuk, dan rata-rata akurasi.



Gambar 21. Grafik Hasil Citra Indoor dan Outdoor

Dengan ini nilai terbaik *indoor* akurasi sebesar 97.32% dan nilai terbaik *outdoor* akurasi sebesar 99.30%, kemudian nilai terburuk *indoor* akurasi sebesar 89.81% dan nilai terburuk *outdoor* akurasi sebesar 67.66%. Maka nilai rata-rata yang didapat citra *indoor* adalah 94.49% dan nilai rata-rata yang didapat citra *outdoor* adalah 90.88%.

Setelah dilakukan banyak macam uji coba dan hasil dari citra *threshold* dan citra *ground truth* yang menggunakan tools *Adobe Photoshop CS5* menghasilkan citra yang lebih baik adalah citra yang menggunakan adaptif *threshold – integral image*. Apabila *thresholding* menggunakan tools *Adobe Photoshop CS5* Citra yang di *threshold* -kan terdapat bagian yang hilang, dan sebaliknya menggunakan adaptif *threshold – integral image* citra yang di *threshold* -kan struktur wajahnya masih berbentuk wajah. Tabel 8. menunjukkan hasil perbandingan citra.

Tabel 8. Hasil Perbandingan Citra

No	Citra Ground Truth	Citra Adaptif Threshold
1		
2		
3		

No	Citra Ground Truth	Citra Adaptif Threshold
4		
5		
6		
7		

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil uji coba yang telah dilakukan dalam aplikasi maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pengujian parameter *S (kernel)* dan *T (threshold)* dengan masing-masing parameter dilakukan 16 kali percobaan menghasilkan parameter terbaik yaitu, citra di dalam ruangan (*indoor*) dengan $S=1/2$ dan $T=50$, serta citra di luar ruangan (*outdoor*) dengan $S=1/30$ dan $T=30$.
2. Segmentasi citra wajah dengan menggunakan metode *Adaptif Threshold – Integral Image robust* (kuat) terhadap intensitas pencahayaan tinggi dan rendah dengan mengatur nilai parameter *S (kernel)* dan *T (Threshold)* maka metode ini mampu memisahkan objek wajah dan *background* -nya.
3. Hasil pengujian *threshold* menggunakan metode *Adaptif Threshold – Integral Image* terhadap citra *indoor* dan *outdoor* dengan total dataset 40 citra yang terdiri dari 20 citra *indoor* dan 20 citra *outdoor* menghasilkan *thresholding* yang baik dibandingkan dengan menggunakan tool *Adobe*

Photoshop CS5, dengan mempertimbangkan nilai parameter *S (kernel)* dan *T (threshold)* memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi yaitu, citra di dalam ruangan (*indoor*) sebesar 96.72%, dan citra di luar ruangan (*outdoor*) sebesar 93.59%.

5.2 Saran

Dari hasil implementasi aplikasi dan analisa yang dilakukan, dapat diberikan saran sebagai perbaikan dan pengembangan dalam penelitian ini:

1. Dapat dilakukan pengembangan dan perbaikan sistem ini dengan menambahkan beberapa metode baru dalam tahapan *preprocessing* agar metode segmentasi Adaptif *Threshold – Integral Image* dapat melakukan segmentasi dengan hasil yang lebih baik.
2. Menggunakan dataset dari video secara *real-time*.
3. Membandingkan hasil pengujian metode segmentasi Adaptif *Threshold – Integral Image* dengan metode segmentasi yang lainnya.
4. Aplikasi dapat dikembangkan lebih lanjut, hingga mencapai pendeteksian ekspresi wajah manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- AL-AIDID, S. and PAMUNGKAS, D., 2018. Sistem Pengenalan Wajah dengan Algoritma Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram. *Jurnal Rekayasa Elektrika*. 14(1), pp. 62–67. doi: 10.17529/jre.v14i1.9799.
- BRADLEY, D. and ROTH, G., 2007. Adaptive Thresholding using the Integral Image. *Journal of Graphics Tools*, 12(2), pp. 13–21. doi: 10.1080/2151237x.2007.10129236.
- NUGROHO, H., KURNIAWAN, M. and SAIDATIN, N., 2019. Deteksi Wajah dan Mata dengan Menggunakan Metode Fitur Haar- Like pada Kamera WebCam, pp. 261–266.
- PEUWNUAN, K., WORARATPANYA, K. and PASUPA, K., 2016. Modified adaptive thresholding using integral image, 2016 13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering, JCSSE 2016, pp. 2–6. doi: 10.1109/JCSSE.2016.7748917.
- PRAWITASLLRI, J. E., 2016. Mengenal Emosi Melalui Komunikasi Nonverbal, *Buletin Psikologi*, 3(1), pp. 27–43. doi: 10.22146/bpsi.13384.
- PULUNG NURTANTIO ANDONO, T. S. M., 2017. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI (Anggota IKAPI). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=zUJRDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>.
- PUTRI, R. E. *et al.*, 2019. Jurnal Sustainable : Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Sistem Deteksi Wajah Pada Camera Real Time dengan menggunakan Metode Viola - Jones', 08(01).
- SANDY., 2015. Deteksi Wajah, *Jurnal Deteksi Wajah*, pp. 1–13.
- WELLNER, P. D., 1993. Adaptive thresholding for the DigitalDesk, Xerox, EPC1993-110, pp. 1–19. Available at: <http://xrce.fr/index.php/content/download/16283/117540/file/EPC-1993-110.pdf>.

Halaman ini sengaja dikosongkan