

Pengenalan Alfabet Bahasa Isyarat Amerika Menggunakan *Edge Oriented Histogram* dan *Image Matching*

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v4i1.747>

Ivan Fareza^{#1}, Rusdie Busdin^{#2}, Muhammad Ezar Al Rivan^{#3}, Hafiz Irsyad^{#4}

[#]Teknik Informatika, STMIK Global Informatika MDP
Jalan Rajawali No.14, Palembang

¹fusongzheng@mhs.mdp.ac.id

²rusdie@mhs.mdp.ac.id

³meedzhar@mdp.ac.id

⁴hafizirsyad@mdp.ac.id

Abstract — Sign Language is a way to communicate to people with disabilities. American Sign Language (ASL) is one among other sign languages. Sign language image would be extracted using Edge Oriented Histogram (EOH). In Content-Based Image Retrieval, a feature from query image will be compared to database image to find out the best matching method so three matching methods will be used. The matching methods are Earth Mover Distance, Hausdorff Distance, and Sum of Absolute Difference. The smallest distance shows the strong similarity between query image and database image. The Sum of Absolute Difference is outperformed of other in case the most of relevant image can be retrieved. The order of methods to recognize alphabet (from the best one) is Sum of Absolute Difference following by Earth Mover Distance and Hausdorff Distance. Hausdorff Distance has smallest running time using 4 bin features. Earth Mover Distance has smallest running time using 6 bin features. Sum of Absolute Difference has smallest running time using 9 bin features, so the method can be recommended to recognize ASL.

Keywords— American Sign Language (ASL), Earth Mover Distance(EMD), Edge Oriented Histogram(EOH), Hausdorff Distance, Sum of Absolute Difference (SAD)

I. PENDAHULUAN

Manusia diciptakan dengan segala kelebihan dan kekurangan dimana terdapat beberapa orang yang memiliki keterbatasan untuk berkomunikasi. Cara lain yang dilakukan untuk berkomunikasi yaitu dengan bahasa isyarat tangan. Penggunaan bahasa isyarat ini dapat menimbulkan masalah lain yaitu ketika orang belum pernah mengetahui ataupun belajar bahasa isyarat tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, maka diperlukanlah suatu sistem yang dapat mengenali huruf-huruf dari bahasa isyarat tangan tersebut, sehingga sistem ini dapat membantu mempelajari komunikasi dengan

bahasa isyarat tangan, salah satunya adalah *American sign language* (ASL).

ASL diciptakan oleh Thomas Hopkins Gallaudet dan Laurent Clerc. Pada tahun 1817 Gallaudet membangun sekolah berlokasi di Hartford, Connecticut dan Clerc sebagai guru bahasa isyarat pertama di Amerika. Pada awalnya ASL digunakan sebagai bahasa isyarat untuk berkomunikasi dengan sesama tunarungu di lingkungan sekolah [1]. Perkembangan ASL membuat bahasa isyarat ini menjadi landasan bahasa isyarat di beberapa negara.

Data dari alfabet ASL diperlukan untuk proses pengenalan huruf A sampai Y kecuali J dan Z. Huruf J dan Z tidak digunakan karena bersifat dinamis, yaitu dalam pengenalan huruf J dan Z membutuhkan pergerakan dari jari sedangkan yang dikenali adalah berupa citra. Pada ASL pergerakan jari merupakan bagian yang tidak bisa dihindari dari gestur tangan [2]. Pada pengenalan alfabet yang digunakan citra sedangkan huruf J dan Z tidak memungkinkan menggunakan citra karena membutuhkan pergerakan tangan. Citra yang akan digunakan harus dilakukan proses ekstraksi ciri, tetapi sebelum dilakukan proses ekstraksi tersebut, citra yang akan digunakan harus dilakukan tahapan yang disebut *pre-processing* terlebih dahulu.

Salah satu metode yang digunakan untuk ekstraksi ciri yaitu metode *edge oriented histogram* (EOH). EOH merupakan proses ekstraksi ciri dari citra dengan menghitung nilai keabuan dari citra dan direpresentasikan dalam bentuk histogram. Penerapan EOH untuk mengekstraksi ciri dari citra memiliki tingkat akurasi yang mencapai 86% [3]. Pada penelitian [4] yang menggunakan EOH tingkat akurasi mencapai 87.82%.

Dalam *content based image retrieval* (CBIR), proses selanjutnya setelah ekstraksi ciri adalah melakukan proses pencocokan citra atau *image matching*. Metode *image*

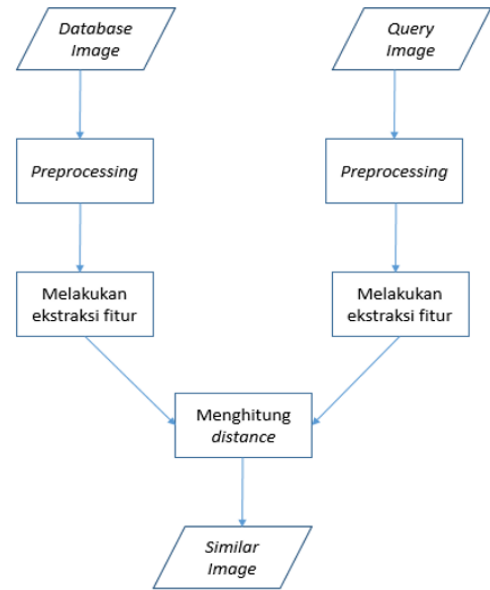
matching adalah metode mencari kemiripan dari dua atau lebih citra yang akan dibandingkan. Untuk membandingkan citra dari *database* dengan *query image* dapat menggunakan beberapa perhitungan *distance*, dimana *distance* terkecil menandakan kemiripan yang paling dekat antara *query image* dengan citra dari *database* [5]. Pada penelitian [6] menunjukkan bahwa *hausdorff distance* memberikan hasil pencocokan dengan akurasi yang didapat mencapai 98%. Penelitian [5] menguji beberapa perhitungan *distance* yang menunjukkan bahwa *sum of absolute difference* memiliki waktu komputasi untuk proses pencocokan citra yang cukup singkat dibandingkan dengan metode yang lain yaitu hanya 0.0190 menit. Penelitian [7] dilakukan dengan menggunakan beberapa perhitungan *distance*, dimana *earth mover distance* memberikan hasil yang cukup memuaskan dengan berhasil mencocokkan 1325 citra dari 1574 data yang digunakan, serta waktu eksekusi yang diperlukan hanya 5.8580 detik.

Perkembangan penelitian mengenai *Sign Language* juga dilakukan oleh [8]. Pada penelitian tersebut *Sign Language* digunakan yaitu *American Sign Language* dan *Indian Sign Language*. Penelitian [9] menggunakan *Arabic Sign Language*. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk melakukan translasi *Arabic Sign Language* ke abjad dalam bahasa Arab. Implementasi dilakukan pada perangkat *mobile*. Penelitian mengenai perkembangan *Sign Language* di Filipina dilakukan oleh L. Martinez and E. Cabalfin [10]. Pada penelitian tersebut dijelaskan perkembangan *Sign Language* menjadi tren dalam dua dekade.

Pada penelitian sebelumnya [3], [4] yang telah dijelaskan, metode EOH untuk ekstraksi fitur pada citra alfabet ASL berdasarkan gestur tangan statis menghasilkan akurasi yang baik yaitu mencapai 86% dan 88%. *Image Matching* merupakan algoritma yang mudah digunakan karena komputasi yang sederhana hanya membandingkan satu per satu dari vektor fitur [11]. Pada penelitian [8] metode yang digunakan untuk mengenali ASL diantaranya *Hidden Markov Model (HMM)*, *Particle Filtering*, *Haar like Technique*, *Neural Network* dan *Multiclass Support Vector Machine (SVM)*. Sementara itu, penggunaan algoritma *Image Matching* untuk mengenali alfabet ASL dengan menggunakan fitur EOH belum menjadi bagian pada penelitian terdahulu, maka penelitian ini penting untuk dilakukan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Image Matching* dan ekstraksi fitur EOH untuk pengenalan alfabet ASL berdasarkan gestur tangan statis, dan untuk menghitung *distance* digunakan metode *Earth Mover Distance (EMD)*, *Hausdorff Distance (HD)* dan *Sum of Absolute Difference (SAD)*.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diajukan untuk pengenalan ASL berdasarkan gestur tangan statis terdiri dari 5 tahapan, yaitu menyiapkan dataset ASL, pre-processing, ekstraksi fitur, menghitung *distance*, pengenalan ASL. Alur kerja *Image Matching* yang diajukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja *Image Matching*.

A. Dataset

Dataset ASL dari Github [12] digunakan pada penelitian ini. Dataset ini terdiri dari 240 citra RGB, masing-masing berukuran 320x240 *pixel*. Dataset ini terdiri dari 24 kelas dari alfabet ASL (A-Y) kecuali J dan Z karena bersifat dinamis dan setiap kelas terdiri dari 10 citra, dimana *database* dan *query image* diambil dari dataset ini.

B. Pre-processing

Dataset Citra ASL untuk *database* dan *query* masih berupa citra RGB. Pada tahap ini, citra yang semula berukuran 320x240 *pixel* akan di potong untuk mengambil bagian tangan saja sehingga berukuran 101x101 *pixel*. Proses pemotongan citra dilakukan untuk mengurangi bagian yang tidak diperlukan agar hasil yang didapat lebih baik. Citra yang telah dipotong selanjutnya akan diubah menjadi citra *grayscale*, dimana intensitas dari *gray level* berentang dari 0-255. Citra yang telah diubah menjadi citra *grayscale* kemudian akan dilakukan proses deteksi tepi menggunakan metode *Sobel* [13].

1) *Cropping* : Pada tahap *cropping* citra akan dipotong menjadi 101 x 101 piksel. Proses bertujuan agar lebih fokus pada telapak tangan.



Gambar 2. Proses *cropping* yang memotong citra yang besar (kiri) menjadi 101x101 piksel

2) *Grayscale* : Pada proses *grayscale*, citra RGB akan diubah terlebih dahulu ke citra *grayscale*. Proses *grayscale* diperlukan untuk mempermudah proses ekstraksi



Gambar 3. Citra RGB (kiri) yang diubah menjadi citra grayscale

C. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan langkah yang penting dalam *Image Processing*. Setelah menemukan tepi dari citra ASL menggunakan metode Sobel *Edge Detection*, fitur EOH dari *database image* diekstrak dan disimpan sebagai *database* fitur yang nantinya akan dilakukan perhitungan *distance* dengan fitur dari *query image*. Algoritma dari EOH dapat dilihat dibawah.

Persamaan (1) dan (2) digunakan untuk mendapatkan tepi dari citra, dimana $Sobel_x$ dan $Sobel_y$ merupakan filter dari Sobel dapat dilihat pada Gambar 2 [14].

$$G_x(x, y) = Sobel_x \times I(x, y) \quad (1)$$

$$G_y(x, y) = Sobel_y \times I(x, y) \quad (2)$$

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

Gambar 4. $Sobel_x$ dan $Sobel_y$.

Persamaan (3) dan (4) untuk mendapatkan nilai *gradient magnitude* dan *gradient direction*, dimana $G_x(x,y)$ merupakan nilai dari citra yang difilter dengan $Sobel_x$ dan $G_y(x,y)$ merupakan nilai dari citra yang difilter dengan $Sobel_y$, dan didapatkan nilai *gradient magnitude* $G(x,y)$ dan *gradient direction* $\theta(x,y)$.

$$G(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2} \quad (3)$$

$$\theta(x, y) = \arctan\left(\frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)}\right) \quad (4)$$

Persamaan (5) untuk membagi Edges kedalam K bin.

$$\psi_k(x, y) = \begin{cases} G(x, y) & \text{if } \theta(x, y) \in bin_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Pada penelitian ini, K yang digunakan adalah 4,6, dan 9 bin. Visualisasi fitur *Sobel* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Citra grayscale diproses menggunakan metode sobel

D. Menghitung Distance

Fitur dari *database* yang telah disimpan dihitung *distance*-nya dengan fitur dari *query image*. Metode perhitungan *distance* yang digunakan pada penelitian ini ada 3 yaitu, *Earth Mover Distance*, *Hausdorff Distance*, dan *Sum of Absolute Difference*.

1) *Earth Mover Distance(EMD)*: Merupakan *cross bin distance* yang diperkenalkan pada tahun 1998. EMD menghitung berapa banyak kerja yang dibutuhkan untuk memindahkan satu histogram ke histogram yang lain, yang dapat digunakan untuk menghitung masalah jarak transportasi dengan histogram sebagai *supply* dan histogram lainnya sebagai *demand*. *Optimal flow (f)* meminimalisir total *cost* [12] ditunjukkan pada Persamaan (6).

$$Total\ cost = \sum_i \sum_j c_{ij} f_{ij} \quad (6)$$

Dimana c_{ij} merupakan *basic ground distance* antar histogram, sedangkan f_{ij} merupakan bobot minimum. Persamaan untuk menghitung EMD dapat dilihat pada persamaan (7).

$$EMD(a, b) = \frac{\sum_i \sum_j c_{ij} f_{ij}}{\sum_i \sum_j f_{ij}} \quad (7)$$

2) *Hausdorff Distance (HD)*: Digunakan untuk mengukur kemiripan antara 2 set titik dari ruang matriks yang sama. Keunggulan dari metode ini adalah tidak dibutuhkan hubungan antar titik [15]. Perhitungan untuk *Hausdorff Distance* dapat dilihat pada persamaan (8) dan (9).

$$H(S, T) = \max(h, (S, T), h(T, S)) \quad (8)$$

Dimana

$$h(S, T) = \max_{f \in S} \min_{g \in T} |f - g| \quad (9)$$

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\} \text{ and } T = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$$

3) *Sum of Absolute Difference (SAD)*: merupakan metode perhitungan *distance* yang sangat *Straight forward* dalam CBIR untuk mendapatkan kemiripan. Total selisih dari dua *feature vector* yang telah di absolutkan akan dihitung [5], yang dapat dilihat pada persamaan (10).

$$\Delta d = \sum_{i=1}^n (|Q_i - D_i|) \quad (10)$$

Dimana n adalah banyak fitur, $i = 1, 2, \dots, n$. dua citra yang sama akan menghasilkan nilai $\Delta d = 0$ dan nilai terkecil pada Δd menunjukkan citra yang relevan dengan citra *query*.

E. Pengenalan ASL

Setelah dilakukan perhitungan *distance*, ASL akan dikenali dengan cara melihat nilai *distance*, dimana semakin kecil nilai *distance* menandakan kemiripan yang kuat antara *database image* dan *query image*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian algoritma *Image Matching* dengan metode ekstraksi fitur EOH dalam pengenalan ASL berbasis *gesture tangan statis* dilakukan dengan 1 citra per abjad A-Y

dengan total 24 citra. Hasil pengujian dilihat dari *top 10*, *top 5* dan *top 3*. Rata-rata waktu ekstraksi ciri EOH yaitu 0,0093 sekon.

A. Hasil Pengujian *Top 10* untuk metode EMD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode EMD dapat dilihat pada Tabel I. Tabel I menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 10 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 9 citra. Huruf yang dikenali yaitu F dan Y.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN TOP 10 UNTUK METODE EMD

Citra	EMD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	3 citra	4 citra	4 citra
B	3 citra	3 citra	3 citra
C	8 citra	4 citra	6 citra
D	5 citra	5 citra	5 citra
E	4 citra	5 citra	4 citra
F	9 citra	9 citra	8 citra
G	8 citra	9 citra	9 citra
H	5 citra	4 citra	3 citra
I	3 citra	2 citra	2 citra
K	3 citra	3 citra	3 citra
L	3 citra	4 citra	5 citra
M	5 citra	5 citra	5 citra
N	6 citra	6 citra	6 citra
O	5 citra	5 citra	5 citra
P	4 citra	4 citra	4 citra
Q	2 citra	5 citra	6 citra
R	5 citra	5 citra	5 citra
S	8 citra	8 citra	8 citra
T	7 citra	5 citra	6 citra
U	5 citra	5 citra	5 citra
V	6 citra	7 citra	8 citra
W	3 citra	4 citra	3 citra
X	7 citra	7 citra	8 citra
Y	8 citra	9 citra	9 citra

B. Hasil Pengujian *Top 10* untuk metode HD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode HD dapat dilihat pada Tabel II. Tabel II menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 10 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 8 citra. Huruf yang dikenali yaitu F, G dan S.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN TOP 10 UNTUK METODE HD

Citra	HD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	5 citra	6 citra	3 citra
B	2 citra	3 citra	3 citra
C	5 citra	3 citra	5 citra
D	5 citra	5 citra	5 citra
E	4 citra	4 citra	4 citra
F	7 citra	8 citra	7 citra
G	8 citra	7 citra	7 citra
H	3 citra	3 citra	3 citra

I	3 citra	3 citra	2 citra
K	2 citra	3 citra	2 citra
L	3 citra	3 citra	3 citra
M	5 citra	5 citra	4 citra
N	5 citra	5 citra	5 citra
O	5 citra	4 citra	4 citra
P	5 citra	5 citra	5 citra
Q	6 citra	4 citra	4 citra
R	2 citra	4 citra	2 citra
S	8 citra	8 citra	6 citra
T	4 citra	6 citra	5 citra
U	4 citra	3 citra	3 citra
V	7 citra	6 citra	5 citra
W	3 citra	3 citra	3 citra
X	7 citra	6 citra	6 citra
Y	6 citra	3 citra	4 citra

C. Hasil Pengujian *Top 10* untuk metode SAD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode SAD dapat dilihat pada Tabel III. Tabel III menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 10 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 10 citra. Huruf yang dikenali yaitu G.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN TOP 10 UNTUK METODE SAD

Citra	SAD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	4 citra	6 citra	9 citra
B	4 citra	4 citra	4 citra
C	3 citra	3 citra	3 citra
D	8 citra	5 citra	5 citra
E	5 citra	5 citra	5 citra
F	5 citra	5 citra	4 citra
G	10 citra	10 citra	10 citra
H	9 citra	9 citra	9 citra
I	5 citra	5 citra	5 citra
K	4 citra	4 citra	3 citra
L	3 citra	2 citra	3 citra
M	9 citra	8 citra	8 citra
N	5 citra	5 citra	5 citra
O	5 citra	5 citra	5 citra
P	5 citra	5 citra	5 citra
Q	5 citra	5 citra	5 citra
R	2 citra	5 citra	4 citra
S	5 citra	5 citra	5 citra
T	8 citra	8 citra	8 citra
U	6 citra	5 citra	5 citra
V	5 citra	5 citra	5 citra
W	5 citra	7 citra	8 citra
X	3 citra	3 citra	3 citra
Y	7 citra	7 citra	8 citra

D. Hasil Pengujian *Top 5* untuk metode EMD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode EMD dapat dilihat pada Tabel IV. Tabel IV menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 5 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 5 citra. Huruf yang dikenali yaitu C, D, F, G, M, O, S, T, V, X dan Y.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN TOP 5 UNTUK METODE EMD

Citra	EMD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	3 citra	3 citra	3 citra
B	2 citra	3 citra	3 citra
C	5 citra	3 citra	3 citra
D	4 citra	5 citra	5 citra
E	3 citra	4 citra	4 citra
F	5 citra	5 citra	5 citra
G	5 citra	5 citra	5 citra
H	4 citra	3 citra	3 citra
I	2 citra	1 citra	2 citra
K	2 citra	2 citra	2 citra
L	3 citra	4 citra	2 citra
M	5 citra	4 citra	5 citra
N	4 citra	4 citra	4 citra
O	4 citra	5 citra	5 citra
P	2 citra	2 citra	3 citra
Q	2 citra	3 citra	4 citra
R	3 citra	3 citra	3 citra
S	5 citra	5 citra	5 citra
T	5 citra	5 citra	5 citra
U	4 citra	4 citra	4 citra
V	4 citra	5 citra	4 citra
W	3 citra	3 citra	3 citra
X	5 citra	5 citra	5 citra
Y	4 citra	5 citra	5 citra

E. Hasil Pengujian Top 5 untuk metode HD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode EMD dapat dilihat pada Tabel V. Tabel V menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 5 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 5 citra. Huruf yang dikenali yaitu D, F, G, S, V dan X.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN TOP 5 UNTUK METODE HD

Citra	HD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	3 citra	3 citra	3 citra
B	2 citra	3 citra	3 citra
C	2 citra	3 citra	4 citra
D	3 citra	5 citra	5 citra
E	3 citra	4 citra	4 citra
F	5 citra	5 citra	5 citra
G	5 citra	4 citra	5 citra
H	3 citra	3 citra	3 citra
I	3 citra	2 citra	1 citra
K	2 citra	3 citra	3 citra
L	3 citra	2 citra	1 citra
M	4 citra	4 citra	3 citra
N	4 citra	4 citra	4 citra
O	4 citra	3 citra	4 citra
P	2 citra	2 citra	2 citra
Q	4 citra	3 citra	2 citra
R	1 citra	4 citra	1 citra
S	5 citra	5 citra	5 citra
T	3 citra	3 citra	4 citra

U	3 citra	3 citra	3 citra
V	3 citra	5 citra	4 citra
W	3 citra	3 citra	2 citra
X	5 citra	3 citra	5 citra
Y	4 citra	3 citra	3 citra

F. Hasil Pengujian Top 5 untuk metode SAD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode SAD dapat dilihat pada Tabel VI. Tabel VI menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 5 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 5 citra. Huruf yang dikenali yaitu D, F, G, S, V dan X.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN TOP 5 UNTUK METODE SAD

Citra	SAD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	3 citra	3 citra	3 citra
B	2 citra	3 citra	3 citra
C	2 citra	3 citra	4 citra
D	3 citra	5 citra	5 citra
E	3 citra	4 citra	4 citra
F	5 citra	5 citra	5 citra
G	5 citra	4 citra	5 citra
H	3 citra	3 citra	3 citra
I	3 citra	2 citra	1 citra
K	2 citra	3 citra	3 citra
L	3 citra	2 citra	1 citra
M	4 citra	4 citra	3 citra
N	4 citra	4 citra	4 citra
O	4 citra	3 citra	4 citra
P	2 citra	2 citra	2 citra
Q	4 citra	3 citra	2 citra
R	1 citra	4 citra	1 citra
S	5 citra	5 citra	5 citra
T	3 citra	3 citra	4 citra
U	3 citra	3 citra	3 citra
V	3 citra	5 citra	4 citra
W	3 citra	3 citra	2 citra
X	5 citra	3 citra	5 citra
Y	4 citra	3 citra	3 citra

G. Hasil Pengujian Top 3 untuk metode EMD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode EMD dapat dilihat pada Tabel VII. Tabel VII menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 3 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 3 citra. Hampir semua huruf dapat dikenali, huruf yang tidak dikenali yaitu A, B, I, K, dan R.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN TOP 3 UNTUK METODE EMD

Citra	EMD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	2 citra	2 citra	2 citra
B	2 citra	2 citra	2 citra
C	3 citra	3 citra	3 citra
D	3 citra	3 citra	3 citra
E	3 citra	3 citra	2 citra

F	3 citra	3 citra	3 citra
G	3 citra	3 citra	3 citra
H	3 citra	3 citra	3 citra
I	2 citra	1 citra	2 citra
K	1 citra	1 citra	1 citra
L	3 citra	2 citra	2 citra
M	3 citra	3 citra	3 citra
N	3 citra	3 citra	3 citra
O	3 citra	3 citra	3 citra
P	2 citra	2 citra	3 citra
Q	2 citra	2 citra	3 citra
R	1 citra	1 citra	1 citra
S	3 citra	3 citra	3 citra
T	3 citra	3 citra	3 citra
U	3 citra	3 citra	3 citra
V	3 citra	3 citra	3 citra
W	3 citra	3 citra	3 citra
X	3 citra	3 citra	3 citra
Y	3 citra	3 citra	3 citra

H. Hasil Pengujian Top 3 untuk metode HD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode HD dapat dilihat pada Tabel VIII. Tabel VIII menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 3 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 3 citra. Hampir semua huruf dapat dikenali, huruf yang tidak dikenali yaitu B, C, H, I, J, K, L, P, R dan W.

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN TOP 3 UNTUK METODE HD

Citra	HD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	3 citra	3 citra	3 citra
B	1 citra	2 citra	2 citra
C	1 citra	1 citra	2 citra
D	3 citra	3 citra	3 citra
E	3 citra	3 citra	3 citra
F	3 citra	3 citra	3 citra
G	3 citra	2 citra	3 citra
H	2 citra	3 citra	2 citra
I	2 citra	1 citra	1 citra
K	1 citra	2 citra	2 citra
L	2 citra	2 citra	1 citra
M	3 citra	3 citra	1 citra
N	3 citra	3 citra	3 citra
O	3 citra	2 citra	1 citra
P	2 citra	2 citra	2 citra
Q	3 citra	2 citra	2 citra
R	1 citra	2 citra	1 citra
S	3 citra	3 citra	3 citra
T	3 citra	3 citra	3 citra
U	2 citra	3 citra	3 citra
V	2 citra	3 citra	3 citra
W	2 citra	2 citra	1 citra
X	3 citra	3 citra	3 citra
Y	3 citra	2 citra	2 citra

I. Hasil Pengujian Top 3 untuk metode SAD

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap metode SAD dapat dilihat pada Tabel IX. Tabel IX menampilkan banyak citra huruf yang dikenali terhadap 3 citra teratas. Citra yang paling banyak dikenali yaitu 3 citra. Hampir semua huruf dapat dikenali, huruf yang tidak dikenali yaitu K dan R.

TABEL IX
HASIL PENGUJIAN TOP 3 UNTUK METODE SAD

Citra	SAD		
	4 bin	6 bin	9 bin
A	3 citra	3 citra	3 citra
B	2 citra	3 citra	3 citra
C	3 citra	3 citra	3 citra
D	3 citra	3 citra	3 citra
E	3 citra	3 citra	3 citra
F	3 citra	3 citra	3 citra
G	3 citra	3 citra	3 citra
H	3 citra	3 citra	3 citra
I	1 citra	1 citra	3 citra
K	2 citra	2 citra	2 citra
L	3 citra	3 citra	3 citra
M	3 citra	3 citra	3 citra
N	3 citra	3 citra	3 citra
O	3 citra	3 citra	3 citra
P	2 citra	2 citra	2 citra
Q	2 citra	2 citra	3 citra
R	1 citra	1 citra	1 citra
S	3 citra	3 citra	3 citra
T	3 citra	3 citra	3 citra
U	3 citra	3 citra	3 citra
V	3 citra	3 citra	3 citra
W	3 citra	3 citra	3 citra
X	3 citra	3 citra	3 citra
Y	3 citra	3 citra	3 citra

J. Precision dan Recall untuk Top 10 metode EMD

Tabel X menunjukkan precision dan recall untuk mengetahui performa dari EMD. Metode EMD menghasilkan precision tertinggi sebesar 0,9 yang artinya metode EMD mampu mengenali 9 citra dari 10 citra yang dihasilkan sedangkan recall tertinggi 0,9 yang artinya metode EMD dapat mengenali 9 citra dari 10 citra yang disimpan pada database.

TABEL X
PRECISION DAN RECALL UNTUK TOP 10 METODE EMD

Citra	EMD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
B	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
C	0,8	0,8	0,4	0,4	0,6	0,6
D	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
E	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4
F	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
G	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
H	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3

I	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
K	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
L	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
M	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
N	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
O	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
P	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Q	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,6
R	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
S	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
T	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6
U	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
V	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
W	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
X	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
Y	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9

K. Precision dan Recall untuk Top 10 metode HD

Tabel XI menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari HD. Metode HD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 0,8 yang artinya metode HD mampu mengenali 8 citra dari 10 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 0,8 yang artinya metode HD dapat mengenali 8 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XI
PRECISION DAN RECALL TOP 10 METODE HD

Citra	HD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,5	0,5	0,6	0,6	0,3	0,3
B	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
C	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5
D	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
E	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
F	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
G	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
H	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
I	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
K	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
L	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
M	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
N	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
O	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
P	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Q	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
R	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2
S	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
T	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5
U	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
V	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
W	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
X	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Y	0,6	0,6	0,3	0,3	0,4	0,4

L. Precision dan Recall untuk Top 10 metode SAD

Tabel XII menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari SAD. Metode SAD menghasilkan

precision tertinggi sebesar 1 yang artinya metode SAD mampu mengenali 10 citra dari 10 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 1 yang artinya metode HD dapat mengenali 10 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XII
PRECISION DAN RECALL TOP 10 METODE SAD

Citra	SA					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,4	0,4	0,6	0,6	0,9	0,9
B	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
C	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
D	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
E	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
G	1	1	1	1	1	1
H	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
I	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
K	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
L	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
M	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
N	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
O	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
P	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Q	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
R	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0,4
S	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
T	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
U	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
V	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
W	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8
X	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Y	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8

M. Precision dan Recall untuk Top 5 metode EMD

Tabel XIII menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari EMD. Metode EMD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 1 yang artinya metode EMD mampu mengenali 5 citra dari 5 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 0,5 yang artinya metode HD dapat mengenali 5 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XIII
PRECISION DAN RECALL TOP 5 METODE EMD

Citra	EMD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
B	0,40	0,20	0,60	0,30	0,60	0,30
C	1,00	0,50	0,60	0,30	0,60	0,30
D	0,80	0,40	1,00	0,50	1,00	0,50
E	0,60	0,30	0,80	0,40	0,80	0,40
F	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
G	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
H	0,80	0,40	0,60	0,30	0,60	0,30
I	0,40	0,20	0,20	0,10	0,40	0,20

K	0,40	0,20	0,40	0,20	0,40	0,20
L	0,60	0,30	0,80	0,40	0,40	0,20
M	1,00	0,50	0,80	0,40	1,00	0,50
N	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40
O	0,80	0,40	1,00	0,50	1,00	0,50
P	0,40	0,20	0,40	0,20	0,60	0,30
Q	0,40	0,20	0,60	0,30	0,80	0,40
R	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
S	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
T	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
U	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40
V	0,80	0,40	1,00	0,50	0,80	0,40
W	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
X	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
Y	0,80	0,40	1,00	0,50	1,00	0,50

N. Precision dan Recall untuk Top 5 metode HD

Tabel XIV menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari HD. Metode HD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 1 yang artinya metode HD mampu mengenali 5 citra dari 5 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 0,5 yang artinya metode HD dapat mengenali 5 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XIV
PRECISION DAN RECALL TOP 5 METODE HD

Citra	HD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
B	0,40	0,20	0,60	0,30	0,60	0,30
C	0,40	0,20	0,60	0,30	0,80	0,40
D	0,60	0,30	1,00	0,50	1,00	0,50
E	0,60	0,30	0,80	0,40	0,80	0,40
F	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
G	1,00	0,50	0,80	0,40	1,00	0,50
H	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
I	0,60	0,30	0,40	0,20	0,20	0,10
K	0,40	0,20	0,60	0,30	0,60	0,30
L	0,60	0,30	0,40	0,20	0,20	0,10
M	0,80	0,40	0,80	0,40	0,60	0,30
N	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40
O	0,80	0,40	0,60	0,30	0,80	0,40
P	0,40	0,20	0,40	0,20	0,40	0,20
Q	0,80	0,40	0,60	0,30	0,40	0,20
R	0,20	0,10	0,80	0,40	0,20	0,10
S	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
T	0,60	0,30	0,60	0,30	0,80	0,40
U	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
V	0,60	0,30	1,00	0,50	0,80	0,40
W	0,60	0,30	0,60	0,30	0,40	0,20
X	1,00	0,50	0,60	0,30	1,00	0,50
Y	0,80	0,40	0,60	0,30	0,60	0,30

O. Precision dan Recall untuk Top 5 metode SAD

Tabel XV menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari SAD. Metode SAD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 1 yang artinya metode SAD

mampu mengenali 5 citra dari 5 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 0,5 yang artinya metode SAD dapat mengenali 5 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XV
PRECISION DAN RECALL TOP 5 METODE SAD

Citra	HD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
B	0,40	0,20	0,60	0,30	0,60	0,30
C	0,40	0,20	0,60	0,30	0,80	0,40
D	0,60	0,30	1,00	0,50	1,00	0,50
E	0,60	0,30	0,80	0,40	0,80	0,40
F	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
G	1,00	0,50	0,80	0,40	1,00	0,50
H	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
I	0,60	0,30	0,40	0,20	0,20	0,10
K	0,40	0,20	0,60	0,30	0,60	0,30
L	0,60	0,30	0,40	0,20	0,20	0,10
M	0,80	0,40	0,80	0,40	0,60	0,30
N	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40
O	0,80	0,40	0,60	0,30	0,80	0,40
P	0,40	0,20	0,40	0,20	0,40	0,20
Q	0,80	0,40	0,60	0,30	0,40	0,20
R	0,20	0,10	0,80	0,40	0,20	0,10
S	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50
T	0,60	0,30	0,60	0,30	0,80	0,40
U	0,60	0,30	0,60	0,30	0,60	0,30
V	0,60	0,30	1,00	0,50	0,80	0,40
W	0,60	0,30	0,60	0,30	0,40	0,20
X	1,00	0,50	0,60	0,30	1,00	0,50
Y	0,80	0,40	0,60	0,30	0,60	0,30

P. Precision dan Recall untuk Top 3 metode EMD

Tabel XVI menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari EMD. Metode EMD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 1 yang artinya metode SAD mampu mengenali 3 citra dari 3 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 0,3 yang artinya metode SAD dapat mengenali 3 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XVI
PRECISION DAN RECALL TOP 3 METODE EMD

Citra	EMD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	0,67	0,20	0,67	0,20	0,67	0,20
B	0,67	0,20	0,67	0,20	0,67	0,20
C	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
D	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
E	1,00	0,30	1,00	0,30	0,67	0,20
F	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
G	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
H	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
I	0,67	0,20	0,33	0,10	0,67	0,20
K	0,33	0,10	0,33	0,10	0,33	0,10

L	1,00	0,30	0,67	0,20	0,67	0,20
M	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
N	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
O	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
P	0,67	0,20	0,67	0,20	1,00	0,30
Q	0,67	0,20	0,67	0,20	1,00	0,30
R	0,33	0,10	0,33	0,10	0,33	0,10
S	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
T	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
U	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
V	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
W	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
X	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
Y	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30

Q. Precision dan Recall untuk Top 3 metode HD

Tabel XVII menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari HD. Metode HD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 1 yang artinya metode HD mampu mengenali 3 citra dari 3 citra yang dihasilkan sedangkan *recall* tertinggi 0,3 yang artinya metode HD dapat mengenali 3 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XVII
PRECISION DAN RECALL TOP 3 METODE HD

Citra	HD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
B	0,33	0,10	0,67	0,20	0,67	0,20
C	0,33	0,10	0,33	0,10	0,67	0,20
D	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
E	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
F	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
G	1,00	0,30	0,67	0,20	1,00	0,30
H	0,67	0,20	1,00	0,30	0,67	0,20
I	0,67	0,20	0,33	0,10	0,33	0,10
K	0,33	0,10	0,67	0,20	0,67	0,20
L	0,67	0,20	0,67	0,20	0,33	0,10
M	1,00	0,30	1,00	0,30	0,33	0,10
N	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
O	1,00	0,30	0,67	0,20	0,33	0,10
P	0,67	0,20	0,67	0,20	0,67	0,20
Q	1,00	0,30	0,67	0,20	0,67	0,20
R	0,33	0,10	0,67	0,20	0,33	0,10
S	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
T	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
U	0,67	0,20	1,00	0,30	1,00	0,30
V	0,67	0,20	1,00	0,30	1,00	0,30
W	0,67	0,20	0,67	0,20	0,33	0,10
X	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
Y	1,00	0,30	0,67	0,20	0,67	0,20

R. Precision dan Recall untuk Top 3 metode SAD

Tabel XVIII menunjukkan *precision* dan *recall* untuk mengetahui performa dari SAD. Metode SAD menghasilkan *precision* tertinggi sebesar 1 yang artinya metode SAD mampu mengenali 3 citra dari 3 citra yang dihasilkan

sedangkan *recall* tertinggi 0,3 yang artinya metode SAD dapat mengenali 3 citra dari 10 citra yang disimpan pada *database*.

TABEL XVIII
PRECISION DAN RECALL TOP 3 METODE SAD

Citra	HD					
	4 bin		6 bin		9 bin	
	P	R	P	R	P	R
A	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
B	0,67	0,20	1,00	0,30	1,00	0,30
C	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
D	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
E	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
F	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
G	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
H	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
I	0,33	0,10	0,33	0,10	1,00	0,30
K	0,67	0,20	0,67	0,20	0,67	0,20
L	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
M	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
N	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
O	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
P	0,67	0,20	0,67	0,20	0,67	0,20
Q	0,67	0,20	0,67	0,20	1,00	0,30
R	0,33	0,10	0,33	0,10	0,33	0,10
S	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
T	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
U	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
V	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
W	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
X	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30
Y	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30

S. Perbandingan Matching Time untuk fitur 4 bin

Tabel XIX menunjukkan rata-rata *matching time* untuk fitur 4 bin dalam satuan sekon dan standar deviasi.

TABEL XIX
RATA-RATA MATCHING TIME TERHADAP FITUR 4 BIN

	EMD	HD	SAD
Rata-Rata	0,015941667	0,013116667	0,013254167
Standar Deviasi	0,000411351	0,000467804	0,004362785

T. Perbandingan Matching Time untuk fitur 6 bin

Tabel XX menunjukkan rata-rata *matching time* untuk fitur 6 bin dalam satuan sekon dan standar deviasi.

TABEL XX
RATA-RATA MATCHING TIME TERHADAP FITUR 6 BIN

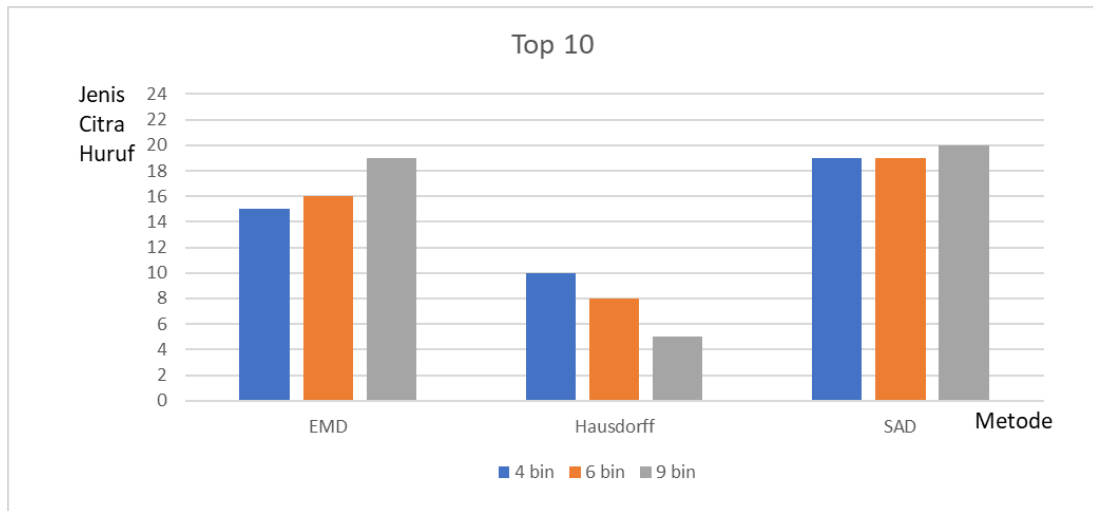
	EMD	HD	SAD
Rata-Rata	0,014116667	0,019941667	0,0148
Standar Deviasi	0,004092482	0,001337719	0,0031

U. Perbandingan Matching Time untuk fitur 9 bin

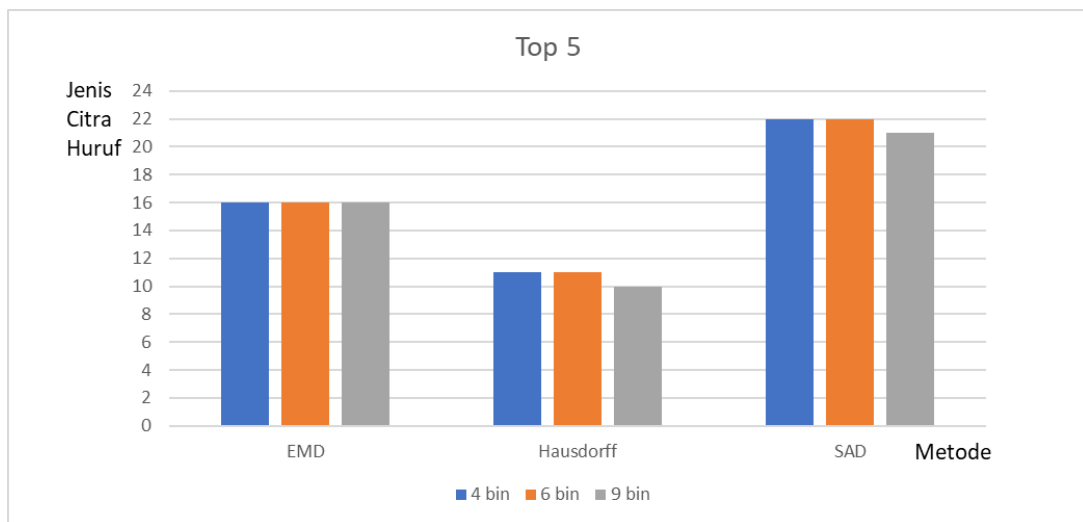
Tabel XXI menunjukkan rata-rata *matching time* untuk fitur 9 bin dalam satuan sekon dan standar deviasi.

TABEL XXI
RATA-RATA MATCHING TIME TERHADAP FITUR 9 BIN

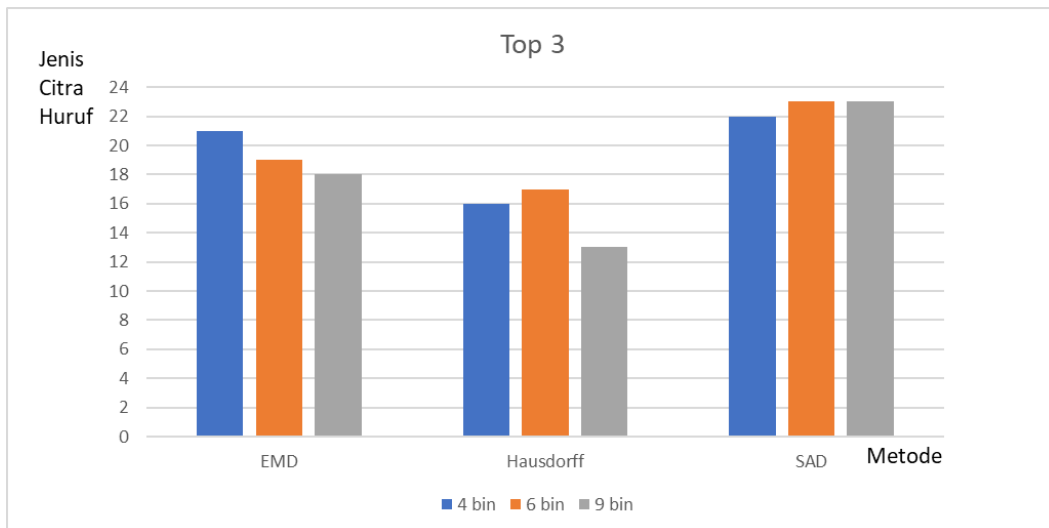
	EMD	HD	SAD
Rata-Rata	0,016758333	0,030179167	0,014491667
Standar Deviasi	0,010130664	0,001566769	0,003187601



Gambar 6. Perbandingan Banyak Jenis Huruf yang Dapat Dikenali untuk Top 10



Gambar 7. Perbandingan Banyak Jenis Huruf yang Dapat Dikenali untuk Top 5



Gambar 8. Perbandingan Banyak Jenis Huruf yang Dapat Dikenali untuk Top 3

Jenis huruf yang dapat dikenali adalah jenis huruf yang mencapai nilai *precision* 1. *Precision* bernilai 1 berarti semua citra huruf dapat dikenali pada *Top 10*, *Top 5* atau *Top 3*. Pada Gambar 6, metode yang dapat mengenali huruf terbanyak yaitu SAD dengan fitur 9 *bin* yaitu sebanyak 20 huruf. Pada Gambar 7, metode yang mengenali huruf paling banyak yaitu SAD dengan fitur 6 *bin* yaitu sebanyak 22 huruf. Lalu pada Gambar 8, metode yang paling banyak mengenali huruf yaitu SAD dengan fitur 6 *bin* dan 9 *bin* yaitu sebanyak 23 huruf.

IV. KESIMPULAN

Metode *Image Matching* menggunakan *Sum of Absolute Difference* memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lain. Metode yang terbaik dalam mengenali jenis huruf yaitu *Sum of Absolute Difference*, kemudian *Earth Mover Distance* lalu terakhir *Hausdorff Distance*. *Running time* masing-masing metode bervariasi tergantung dengan banyak fitur. Metode yang memiliki *running time* paling singkat untuk fitur 4 *bin* yaitu *Hausdorff Distance*. *Running time* paling singkat untuk fitur 6 *bin* yaitu *Earth Mover Distance* sedangkan untuk fitur 9 *bin* yaitu *Sum of Absolute Difference*. Dengan mempertimbangkan banyak huruf yang dikenali, fitur 9 *bin* dan metode *Sum of Absolute Difference* menjadi pilihan dalam pengenalan *American Sign Language*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elissa Rosen, "History of ASL," 2005. [Online]. Available: iml.jou.ufl.edu/projects/fall05/rosen/history.html.
- [2] M. Nachamai, "Alphabet Recognition of American Sign Language : a Hand Gesture Recognition Approach Using Sift Algorithm," *Int. J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 105–115, 2013.
- [3] I. K. Timotius and I. Setyawan, "Using edge orientation histograms in face-based gender classification," *2014 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2014 - Proc.*, no. November, pp. 93–98, 2014.
- [4] J. R. Pansare, K. S. Rampurkar, P. L. Mahamane, R. J. Baravkar, and S. V. Lanjewar, "Real-Time Static Devnagri Sign Language Translation using Histogram," *Int. J. Adv. Res. Comput. Eng. Technol.* Vol. 2, Issue 4, April 2013, vol. 2, no. 4, pp. 2–6, 2013.
- [5] F. Malik and B. Baharudin, "Analysis of distance metrics in content-based image retrieval using statistical quantized histogram texture features in the DCT domain," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 25, no. 2, pp. 207–218, 2013.
- [6] N. S. Sreekanth, N. K. Narayanan, and C. Bangalore, "Static Hand Gesture Recognition using Mon-vision Based Techniques," *Int. J. Innov. Comput. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 33–41, 2017.
- [7] V. Vaithyanathan, K. Divya Lakshmi, K. Joseph Abraham Sundar, M. Ifjaz Ahmed, V. Sangeetha, and R. Sivagami, "Evaluation of Distance Functions for the Comparison of Gradient Orientation Histograms," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 35, pp. 1–5, 2015.
- [8] N. K. Gilorkar and M. M. Ingle, "A Review on Feature Extraction for Indian and American Sign Language," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 314–318, 2014.
- [9] S. Halawani, "Arabic Sign Language Translation System On Mobile Devices," *IJCSNS Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.*, vol. 8, no. 1, pp. 251–256, 2008.
- [10] L. B. Martinez and E. P. G. Cabalfin, "Sign Language and Computing in a Developing Country : A Research Roadmap for the Next Two Decades in the Philippines 2 . Overview of Current Trends in Automatic Analysis of Sign Language and," *22nd Pacific Asia Conf. Lang. Inf. Comput.*, pp. 438–444, 2008.
- [11] M.-P. Dubuisson and A. K. Jain, "A modified Hausdorff distance for object matching," in *Proceedings of 12th International Conference on Pattern Recognition*, 1994, vol. 1, no. 1, pp. 566–568.
- [12] Sreehari, "Sign Language and Static-Gesture Recognition using scikit-learn." 2017.
- [13] R. Fisher, S. Perkins, A. Walker, and E. Wolfart, "Sobel Edge Detector," 2000. [Online]. Available: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/sobel.htm>.
- [14] K. Levi and Y. Weiss, "Learning object detection from a small number of examples: the importance of good features," in *Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2004. CVPR 2004.*, 2004, vol. 2, pp. 53–60.
- [15] N. Singh, S. Pawar, and Y. Kumar, "Efficient Face Detection Method using Modified Hausdorff Distance Method with C4.5 Classifier and Canny Edge Detection," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 123, no. 10, pp. 38–44, 2015.