



Prosiding Annual Research Seminar 2019
Computer Science and ICT

ISBN : 978-979-587-846-9
Vol.5 No.1

Kajian Nilai MAE Berdasarkan Hasil Ekstraksi Ciri Invarian Momen

1st Samsuryadi
Program Studi Magister Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
samsuryadi@unsri.ac.id

3rd Desty Rodiah
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
destyrodiah@gmail.com

2nd Muhammad Ihsan Jambak
Program Studi Manajemen Informatika
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
jambak@unsri.ac.id

4th Muhammad Ali Buchari
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
m.ali.buchari@gmail.com

Abstract. The determination of accurate feature extraction methods could be measured based on the mean absolute error (MAE) value. The smaller MAE value obtained from a feature extraction method means that the feature extraction method is accurate (optimal). This study uses three feature extraction methods, namely: geometrical moment invariants (GMI), united moment invariants (UMI) and Zernike moment invariants (ZMI) to extract features from handwriting images. The results of this study indicate that the GMI method provides the lowest error value or produces the best handwriting image characteristics.

Keywords: *Handwriting Image, Mean Absolute Error, Geometrical Moment Invariants, United Moment Invariants, Zernike Moment Invariants.*

Abstrak. Penentuan metode ekstraksi ciri yang akurat dapat diukur berdasarkan nilai *mean absolute error (MAE)*. Semakin kecil nilai MAE yang diperoleh dari suatu metode ekstraksi ciri berarti menunjukkan metode ekstraksi ciri tersebut semakin akurat (optimal). Penelitian ini menggunakan tiga metode ekstraksi ciri, yaitu: *geometrical moment invariants (GMI)*, *united moment invariants (UMI)* dan *Zernike moment invariants (ZMI)* untuk mengekstraksi ciri dari citra kata tulisan tangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode GMI memberikan nilai galat terendah atau menghasilkan ciri citra tulisan tangan terbaik.

Kata Kunci: *Citra Tulisan Tangan, Mean Absolute Error, Geometrical Moment Invariants, United Moment Invariants, Zernike Moment Invariants.*

I. PENDAHULUAN

Dokumen tulisan tangan dapat dianalisis secara manual oleh pakar analisis tulisan tangan (grafologis) yang mengamati keunikan karakteristik ciri-ciri dari pembuatnya, namun proses ini dilakukan oleh grafologis memerlukan waktu yang lama. Untuk mengatasi hal tersebut, beberapa peneliti telah mengembangkan metode dan dibuat peranti atau aplikasi komputernya untuk menggantikan pekerjaan grafologis dalam menganalisis dokumen tulisan tangan [1, 2, 3].

Kepemilikan suatu dokumen (kata) dapat dilakukan melalui ciri-ciri yang dibangkitkan dari citra tulisan tangan, karena setiap orang memiliki ciri tulisan tangan yang berbeda-beda. Perbedaan ciri citra tulisan tangan tersebut dapat dijadikan perantara untuk mengenali pembuat suatu dokumen. Ciri-ciri pada citra tulisan tangan dapat dibangkitkan dengan metode ekstraksi ciri, seperti *geometrical moment invariants (GMI)*, *united moment invariants (UMI)* dan *Zernike moment invariants (ZMI)*. Setiap metode ekstraksi ciri memiliki karakteristik atau aturan tertentu untuk membangkitkan ciri-ciri dari citra dokumen tulisan tangan tersebut. Berdasarkan kenyataan tersebut, penelitian ini melakukan analisis terhadap ciri-ciri yang dihasilkan dari tiga metode ekstraksi ciri terhadap citra tulisan tangan menggunakan pendekatan nilai *mean absolute error (MAE)*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode GMI memberikan nilai galat terendah atau menghasilkan ciri citra tulisan tangan yang terbaik.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data tulisan tangan dikumpulkan secara langsung (data primer) dan data sekunder yang diperoleh dari data set standar yang banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya dan tersedia di internet.

Data Primer

Data primer merupakan data tulisan tangan yang diambil secara langsung dari sumber data atau responden. Pengumpulan data primer ini menggunakan tahapan sebagai berikut.

- membuat formulir dengan kertas ukuran A4.
- menggunakan pena dengan warna hitam yang sama untuk setiap penulis.
- tulisan kata dibuat berbeda-beda sesuai kehendak *volunteer*.
- Setiap responden (*volunteer*) diminta membuat tulisan tangan pada sepuluh lembar kertas dengan setiap lembar kertas dibuat sebanyak 10 tulisan tangan yang berbeda-beda.
- Data yang terkumpul dilakukan pemindaian per halaman dari setiap penulis, dan hasilnya disimpan dengan nama berkas (label) tertentu.

Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini menggunakan citra kata dokumen tulisan tangan yang diunduh dari situs IAM database [4]. Contoh kata "been" yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Contoh kata "been" yang dibuat oleh 3 penulis

Penu- lis	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5
1					
2					
3					

Validasi Data

Setelah data terkumpul, dilakukan pemilahan data untuk menentukan kelayakan data yang diperoleh sebagai sampel atau dihilangkan. Validasi ini dilakukan untuk menentukan kesesuaian penulisan kata dengan form yang ditentukan, dan memastikan tulisan yang dibuat oleh responden telah memenuhi terhadap standar yang ditetapkan.

Analisis Data

Data tulisan tangan dianalisis untuk menentukan kelayakan data tersebut sebelum digunakan pada proses selanjutnya. Setiap metode ekstraksi ciri menghasilkan banyak ciri yang berbeda-beda, yaitu GMI menghasilkan 7 ciri, UMI 8 ciri dan ZMI 6 ciri. Banyak ciri ini tidak menjadi pembeda data citra, karena pembeda data citra adalah nilai unik setiap ciri yang dihasilkan oleh metode ekstraksi ciri tersebut.

Ekstraksi Ciri

Penelitian ini menggunakan tiga buah metode ekstraksi ciri, yaitu *geometrical moment invariants* (GMI), *united moment invariants* (UMI) dan *Zernike moment invariants* (ZMI). Secara lebih rinci pembahasan ketiga metode ekstraksi ciri tersebut disajikan pada subbagian berikut ini.

2.21 Geometrical moment invariants (GMI)

Pertimbangan menggunakan GMI sebagai berikut:

- GMI memiliki tujuh ciri yang tidak berubah nilai terhadap translasi, skala, *mirroring* dan rotasi [5] dan
- GMI adalah fungsi khusus dari gambar saat digunakan sebagai karakteristik [6]

Tahapan perhitungan menggunakan GMI untuk mendapatkan 7 (tujuh) ciri diuraikan sebagai berikut [7]:

- membaca data citra masukan dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah,
- mengubah gambar menjadi *threshold* untuk mengekstraksi area proses target,
- menghitung nilai citra, mpq dengan Persamaan (1).

$$m_{pq} = \sum x \sum y x^p y^q f(x, y) \quad (1)$$

- menghitung intensitas momen (\bar{x}, \bar{y}) dengan Persamaan (2).

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ dan } \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (2)$$

- menghitung momen sentral, μ_{pq} dengan Persamaan (3).

$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p \cdot (y - \bar{y})^q \cdot f(x, y) \quad (3)$$

- menormalisasikan momen, η_{pq} untuk digunakan dalam skala citra dengan Persamaan (4).

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\frac{p+q+2}{2}}}, \gamma = \frac{p+q+2}{2}, p, q = 2, 3, \dots \quad (4)$$

- menghitung 7 nilai momen, ϕ_1 ke ϕ_7 terhadap terjemahan dari skala dan rotasi (invarian) dengan Persamaan (5).

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} & (5a) \\ \varphi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 & (5b) \\ \varphi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (\eta_{03} - \eta_{21})^2 & (5c) \\ \varphi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2 & (5d) \\ \varphi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) \cdot \{(\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})\} + (\eta_{03}) \cdot \{3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2\} & (5e) \\ \varphi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02}) \cdot \{(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2\} + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12}) \cdot (\eta_{21} + \eta_{03}) & (5f) \\ \varphi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) \cdot \{(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2\} + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03}) \cdot \{3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2\} & (5g) \end{aligned}$$

2.2.2 United Moment Invariants (UMI)

United moment invariants (UMI) digagas oleh [8] untuk mengatasi kelemahan metode GMI, yang cocok kondisi diskrit dan dapat juga diterapkan pada daerah (region) dan batas (boundary) suatu citra (image). Yinan [8] menormalkan pusat momen berdasarkan Persamaan (4) (6) dan (7).

$$\eta'_{pq} = \rho^{(p+q)} \eta_{pq} = \frac{\rho^{p+q}}{(\mu_{00})^{\frac{(p+q+2)}{2}}} \mu_{pq}, \quad (6)$$

$$\eta''_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^{(p+q+1)}}, \quad (7)$$

Persamaan (4), (6) dan (7) memuat faktor μ_{pq} . Faktor tersebut dapat dihindari pengaruhnya dari bentuk μ_{00} dan ρ , sehingga Persamaan UMI dapat diperoleh sebanyak 8 Persamaan seperti dinyatakan pada Persamaan (8).

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \frac{\sqrt{\phi_2}}{\phi_1}, & \theta_2 &= \frac{\phi_6}{\phi_1 \phi_4}, \\ \theta_3 &= \frac{\sqrt{\phi_5}}{\phi_4}, & \theta_4 &= \frac{\phi_5}{\phi_3 \phi_4}, \\ \theta_5 &= \frac{\phi_1 \phi_6}{\phi_2 \phi_3}, & \theta_6 &= \frac{((\phi_1 + \sqrt{\phi_2}) \phi_3)}{\phi_6}, \\ \theta_7 &= \frac{\phi_1 \phi_5}{\phi_3 \phi_6}, & \theta_8 &= \frac{(\phi_3 + \phi_4)}{\sqrt{\phi_5}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Dengan $\phi_1 - \phi_6$ berasal dari metode GMI.

2.2.3 Zernike Moment Invariants (ZMI)

Momen Zernike menggunakan fungsi ortogonal. Momen ini memiliki kemampuan lebih baik untuk citra yang memiliki sedikit derau walaupun perhitungannya rumit. Momen Zernike adalah seperangkat bidang unit ortogonal. Momen Zernike memiliki 6 (enam) ciri seperti diperlihatkan pada Persamaan (9).

$$\begin{aligned} ZM_1 &= \frac{3}{\pi} [2(\eta_{20} + \eta_{02} - 1)] \\ ZM_2 &= \frac{9}{\pi^2} [(\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2] \\ ZM_3 &= \frac{16}{\pi^2} [(\eta_{03} - 3\eta_{21})^2 + (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2] \\ ZM_4 &= \frac{144}{\pi^2} [(\eta_{03} - 3\eta_{21})^2 + (\eta_{30} + \eta_{12})^2] \\ ZM_5 &= \frac{13824}{\pi^4} \left\{ (\eta_{03} - \eta_{21})(\eta_{03} + \eta_{21}) \left[(\eta_{03} + \eta_{21})^2 - 3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 \right] - \left[(\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) \left[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{03} + \eta_{21})^2 \right] \right] \right\} \\ ZM_6 &= \frac{864}{\pi^2} \left\{ (\eta_{02} - \eta_{20}) \left[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{03} + \eta_{21})^2 \right] + 4\eta_{11}(\eta_{03} + \eta_{21})(\eta_{30} + \eta_{12}) \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

ZMI cocok untuk gambar yang di rotasi dengan skala yang sama namun tidak cocok untuk penskalaan yang tidak sama.

2.3 Mean Average Error (MAE)

Perhitungan MAE berdasarkan pada Persamaan (10) digunakan untuk menentukan galat terkecil terhadap varian kata tulisan tangan berikut ini.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - r_i|, \quad (10)$$

Dimana n adalah jumlah citra, x_i adalah citra kini (the current image), dan r_i adalah citra acuan (the reference image) dalam hal ini citra pertama menjadi citra acuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN


3.1 Ekstraksi Ciri Citra Kata Tulisan Tangan

Penelitian ini menggunakan tiga metode ekstraksi ciri invarian momen untuk membangkitkan ciri-ciri dari suatu citra kata tulisan tangan. Ketiga metode momen tersebut dibahas sebagai berikut.

3.1.1 Geometrical Moment Invariants (GMI)

Setiap kata pada citra dokumen tulisan tangan dilakukan ekstraksi ciri dengan GMI yang menghasilkan ciri sebanyak 7 buah. Contoh ekstraksi ciri menggunakan GMI seperti Tabel 3.1.


Tabel 3.1: Contoh hasil ekstraksi ciri dengan GMI

Gambar	Ciri 1	Ciri 2	Ciri 3	Ciri 4	Ciri 5	Ciri 6	Ciri 7
	0,477	0,620	0,620	0,609	0,913	0,633	0,799
	9885	6175	6175	2457	1213	4453	6305
	4729	5533	5533	6155	8154	7976	7290
	0926	6960	6963	2321	1523	3142	1217

3.1.2 United Moment Invariants (UMI)

Metode UMI berasal dari pengembangan metode GMI. Setiap kata pada citra dokumen tulisan tangan dilakukan ekstraksi ciri dengan UMI yang menghasilkan ciri sebanyak 8 buah, seperti Tabel 3.2.


Tabel 3.2 : Contoh hasil ekstraksi ciri dengan UMI

Gambar	Ciri 1	Ciri 2	Ciri 3	Ciri 4	Ciri 5	Ciri 6
	0.46553 081800 4867	0.3469 85892 35541	0.408 66373 37513	0.08499 790502 4273	1.0145 273464 62876	0.759 67834 28737

3.1.3 Zernike Moment Invariants (ZMI)

ZMI dapat membangkitkan ciri setiap kata pada citra dokumen tulisan tangan sebanyak 6 (enam) buah ciri. Contoh ekstraksi ciri menggunakan ZMI ditampilkan pada Tabel 3.3 berikut ini

Tabel 3.3 : Contoh hasil ekstraksi ciri dari ZMI

Gambar	Ciri 1	Ciri 2	Ciri 3	Ciri 4	Ciri 5	Ciri 6	Ciri 7	Ciri 8
	0,32 2825 5224 9068	0,50 2188 1655 0175	0,15 2685 0707 8160	0,31 6741 9353 4776	0,15 4834 6732 6425	0,00 0956 0849 7763	0,81 8930 1008 4951	0,45 9438 1828 9887

3.2 Analisis Nilai MAE Berdasarkan Hasil Variasi Metode Ekstraksi Ciri

Analisis nilai Mean Average Error (MAE) dilakukan untuk melihat sejauh mana kinerja metode ekstraksi ciri mampu menampilkan pencirian (fitur) secara tepat. Analisis hasil ciri-ciri dari metode ekstraksi ciri GMI, UMI dan ZMI terhadap citra tulisan tangan diukur berdasarkan nilai MAE. Penentuan metode pembangkitan ciri yang optimal (terbaik) dibahas seperti berikut ini.

3.2.1 Analisis Nilai MAE Menggunakan Hasil Ekstraksi Ciri GMI Terhadap Citra yang

Nilai MAE ditentukan dari ciri citra yang pertama sebagai ciri acuan (sebagai pembandingan) dengan ciri citra yang kedua sampai dengan kedua puluh dibangkitkan dengan metode GMI seperti diperlihatkan pada Tabel 3.4. Rerata nilai MAE untuk kata yang adalah 0,000679.

Tabel 3.4 Nilai MAE terhadap hasil ekstraksi ciri GMI untuk Citra yang

Citra yang	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇	MAE
1	0,547 006	0,873 569	1,085 540	1,135 503	1,393 434	1,208 918	1,399 301	0
2	0,541 326	0,861 996	1,081 343	1,125 448	1,400 416	1,218 175	1,402 203	0,007 235
3	0,532 159	0,851 241	1,059 925	1,102 873	1,378 031	1,198 453	1,374 664	0,020 846
4	0,549 592	0,876 366	1,097 550	1,110 123	1,396 933	1,217 773	1,395 870	0,008 366
5	0,548 654	0,872 334	1,104 770	1,112 379	1,403 929	1,220 259	1,398 558	0,009 688
6	0,539 009	0,859 789	1,088 242	1,110 523	1,415 522	1,213 720	1,388 660	0,012 427
7	0,534 485	0,854 406	1,076 610	1,083 859	1,381 767	1,200 370	1,412 640	0,017 973

8	0,548 938	0,867 406	1,087 988	1,108 081	1,402 573	1,226 455	1,391 871	0,010 296
9	0,546 252	0,875 162	1,100 511	1,133 139	1,400 176	1,213 063	1,407 272	0,005 506
10	0,537 833	0,860 681	1,075 964	1,108 924	1,389 149	1,209 995	1,387 065	0,010 831
11	0,539 318	0,866 160	1,127 850	1,108 440	1,399 759	1,206 183	1,400 441	0,013 525
12	0,546 086	0,860 475	1,092 092	1,109 957	1,415 365	1,224 467	1,409 857	0,013 450
13	0,562 178	0,883 327	1,129 091	1,137 475	1,425 688	1,238 386	1,429 348	0,023 175
14	0,516 269	0,833 996	1,080 110	1,090 161	1,379 528	1,207 246	1,378 430	0,022 504
15	0,535 099	0,857 650	1,057 303	1,107 408	1,375 460	1,196 236	1,378 130	0,019 426
16	0,539 071	0,857 368	1,098 662	1,164 256	1,408 340	1,216 795	1,414 951	0,014 921
17	0,540 929	0,869 327	1,098 084	1,137 241	1,393 574	1,204 949	1,390 992	0,005 288
18	0,534 090	0,848 349	1,062 528	1,080 846	1,373 637	1,203 723	1,377 156	0,023 277
19	0,535 157	0,856 161	1,083 998	1,125 028	1,390 920	1,201 564	1,389 212	0,008 747
20	0,552 237	0,876 249	1,106 361	1,141 062	1,408 522	1,223 469	1,408 646	0,010 468

3.2.2 Analisis Nilai MAE Berdasarkan Hasil Ekstraksi Ciri UMI untuk Citra yang

Sebanyak 8 (delapan) Ciri dari citra yang dihasilkan oleh UMI dan perhitungan MAEnya ditunjukkan pada Tabel 3.5. Rerata nilai MAE pada contoh ini adalah 0,019465.

Tabel 3.5 Nilai MAE berdasarkan hasil ekstraksi ciri UMI untuk citra yang

Citra yang	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇	f ₈	MAE
1	0,50 8714	0,2 297 15	0,0 458 14	0,2 153 30	1,1 234 41	0,7 319 81	0,4 450 44	0,1 977 55	0
2	0,53 2711	0,5 403 51	0,1 224 70	0,0 893 87	0,6 806 25	0,2 596 08	0,4 509 64	0,2 632 64	0,2 176 93
3	0,65 6727	0,9 142 81	0,7 614 89	0,7 495 73	1,1 725 78	0,6 023 64	0,1 647 08	0,0 795 44	0,3 799 71
4	0,49 6944	1,4 954 75	1,2 395 52	1,6 100 69	0,3 674 48	0,0 094 29	0,1 145 94	0,3 154 46	0,8 275 28
5	0,53 0084	1,4 800 17	1,4 850 26	2,1 631 67	0,3 870 36	0,0 307 57	0,6 831 50	0,6 151 85	0,9 645 55
6	0,61 8026	0,6 003 80	0,8 898 41	0,9 544 01	1,4 609 54	0,9 366 91	0,3 540 21	0,0 040 41	0,4 128 63
7	0,63 7883	0,2 964 14	0,1 915 53	0,2 860 70	1,0 763 88	0,5 284 82	0,0 103 45	0,1 607 00	0,1 620 94
8	0,54 0017	0,7 637 33	0,5 378 50	0,6 033 86	0,7 886 14	0,3 586 45	0,1 603 47	0,0 606 09	0,3 679 17

9	0,51 5407	0,1 348 18	0,0 826 95	0,4 824 04	0,2 482 01	0,1 515 26	0,3 475 86	0,1 708 35	0,2 836 60
10	0,59 9696	0,9 636 10	1,3 818 98	1,4 373 32	1,5 622 45	1,0 599 33	0,4 737 22	0,0 354 23	0,6 201 04
11	0,63 5621	0,6 937 29	0,7 755 02	1,1 158 04	1,0 127 13	0,4 674 94	0,4 220 76	0,2 044 98	0,3 751 44
12	0,51 7922	1,1 360 89	0,0 536 75	0,7 852 53	0,5 776 59	0,1 748 29	1,9 213 42	0,8 143 42	0,6 698 83
13	0,49 0266	0,7 056 22	0,0 550 01	0,3 256 21	0,1 607 13	0,5 292 89	0,3 800 01	0,1 906 92	0,2 644 80
14	0,86 1415	0,5 730 40	0,2 042 44	0,2 009 74	1,3 573 04	0,5 518 75	0,3 720 67	0,2 128 21	0,1 958 32
15	0,65 7671	1,2 184 18	0,9 655 34	0,9 441 68	1,0 838 24	0,5 124 96	0,2 742 50	0,0 639 66	0,4 785 58
16	0,60 4760	0,1 949 23	0,3 900 88	0,2 436 59	0,8 679 27	0,3 595 38	0,0 487 36	0,5 009 22	0,2 615 54
17	0,60 1081	0,1 651 61	0,1 260 13	0,5 515 68	1,0 677 80	0,5 638 05	0,7 167 28	0,0 505 75	0,1 737 23
18	0,67 0243	0,3 441 32	0,1 585 09	0,1 444 53	1,1 689 20	0,5 827 80	0,1 996 79	0,2 373 19	0,1 341 61
19	0,64 3629	0,5 921 63	0,4 751 12	0,6 198 14	1,0 255 05	0,4 707 85	0,0 276 51	0,0 218 15	0,3 262 30
20	0,51 9242	0,2 354 37	0,0 368 38	0,3 578 73	0,3 714 96	0,0 329 60	0,1 224 35	0,1 736 26	0,2 807 82

5	0,03 2769	0,99 5255	0,57 8881	1,55 7376	2,79 5425	1,08 3499	0,1242 129
6	0,14 0626	0,77 4744	0,76 3977	0,98 6036	2,14 2891	1,35 2365	0,2373 667
7	0,16 8222	0,72 5277	0,96 7377	1,94 3664	3,93 0762	1,54 5824	0,3761 674
8	0,06 5921	0,84 8331	1,07 4862	1,56 4920	3,12 5763	1,00 1976	0,1936 410
9	2,91 E-04	1,14 9003	0,11 1705	1,42 4536	0,87 2969	1,09 3724	0,4309 578
10	0,11 0809	0,84 6796	0,89 7215	1,52 3989	3,44 8082	1,34 9193	0,1835 845
11	0,12 9608	0,89 0538	0,09 3292	1,55 8492	2,65 1232	1,61 1865	0,2607 976
12	0,06 3290	0,78 2322	0,13 0094	1,67 6102	2,27 0335	1,16 7822	0,3030 321
13	9,88 E-05	1,02 9015	0,14 5503	1,50 8163	2,12 2350	0,76 8968	0,3110 813
14	0,44 1147	0,47 9479	0,36 8621	0,94 4779	3,72 4484	1,28 8788	0,4018 094
15	0,17 5027	0,76 1782	1,38 3691	1,45 6641	3,51 0811	1,94 1289	0,3583 254
16	0,13 9814	0,73 4497	0,51 7731	1,31 7734	2,45 8558	1,23 6126	0,1833 028
17	0,08 7389	0,97 6774	0,54 7579	1,21 8723	3,23 3049	1,57 6313	0,1864 001
18	0,24 3691	0,55 9272	1,51 0842	2,10 3041	4,64 5228	1,82 3442	0,6527 960
19	0,16 8230	0,74 3627	1,05 4000	1,39 2646	3,37 0777	1,73 1083	0,2536 727
20	0,01 9910	1,02 9101	3,47 E-04	1,25 0962	0,73 9882	1,04 4400	0,4804 526

Berdasarkan nilai MAE dari ketiga metode ekstraksi ciri diperoleh nilai rerata MAE seperti Tabel 3.7.

Tabel 3.7: Rerata nilai MAE berdasarkan ciri citra yang dengan GMI, UMI dan ZMI

Rerata	GMI	UMI	ZMI
Nilai MAE	0,000679	0,019465	0,014881

Rerata nilai MAE terkecil menunjukkan metode ekstraksi ciri menghasilkan variasi nilai ciri yang optimal. Tabel 3.7 menunjukkan bahwa metode ekstraksi ciri GMI merupakan ekstraksi ideal untuk dipakai mengekstraksi ciri kata dalam Bahasa Indonesia dan Inggris.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Rerata Nilai MAE pada intra-class menghasilkan nilai terkecil pada metode ekstraksi ciri GMI berarti variasi ciri pada GMI memberikan hasil yang terbaik.
- 2) Pemakaian data primer dan sekunder perlu dikaji lebih lanjut untuk melihat pengaruh variasi data pada identifikasi kepemilikan tulisan tangan.

3.2.3 Analisis Nilai MAE Berdasarkan Hasil Ekstraksi Ciri ZMI untuk Citra yang

Hasil ekstraksi ciri dari setiap citra yang dengan ZMI diperoleh masing-masing sebanyak 6 (enam) ciri. Selanjutnya penentuan nilai MAE didasarkan pada 6 ciri citra yang pertama sebagai acuan untuk perhitungan dengan ciri citra yang kedua sampai kedua puluh dengan hasil disajikan seperti Tabel 3.6. Rerata nilai MAE menggunakan ekstraksi ciri ZMI adalah 0,014881.

Tabel 3.6 Nilai MAE berdasarkan hasil ekstraksi ciri ZMI untuk citra yang

Citra yang	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	MAE
1	0,00 1467	1,10 6743	0,83 6490	1,33 7772	2,84 2549	1,28 5863	0
2	0,04 9423	0,90 8024	0,24 6872	1,43 7312	2,59 5455	0,94 2745	0,2180 066
3	0,19 4734	0,68 2015	1,37 1571	0,91 0960	3,36 5962	1,79 6415	0,3734 076
4	0,01 1022	1,14 1018	0,55 2585	1,53 9757	2,89 5510	0,98 7681	0,1258 376

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) dan pimpinan Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bantuan dana penelitian ini melalui Hibah Kompetitif Universitas Sriwijaya.

REFERENSI

- [1] Srihari, S.N., Huang, C., Srinivasan H. and Shah, V.A. (2006). Biometric and Forensic Aspects of Digital Document Processing. In Chaudhuri, B. B. (Ed.) *Digital Document Processing* (379-405), Springer-Verlag.
- [2] Bensefia, A., Paquet, T. and Heutte, L. (2005b). Handwritten Document Analysis for Automatic Writer Recognition, *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 5 (2), 72-86.
- [3] Pervouchine, V., Leedham, G. and Melikhov, K. (2005). Handwritten Character Skeletonisation for Forensic Document Analysis, *Proceedings of the 2005 ACM Symposium on Applied Computing*, March 13–17, Santa Fe, New Mexico, USA.
- [4] Marti, U.-V. and Bunke, H. (2002). The IAM-database: an English Sentence Database for Off-line Handwriting Recognition, *International Journal Document Analysis and Recognition*, 5, 39-46.
- [5] Srihari, S.N., Huang, C., Srinivasan H. and Shah, V.A. (2006). Biometric and Forensic Aspects of Digital Document Processing. In Chaudhuri, B. B. (Ed.) *Digital Document Processing* (379-405), Springer-Verlag.
- [6] Negnevitsky, M. (2002). *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent System*. Pearson Education.
- [7] Epsilon, A. dan Samsuryadi. 2014. Penggunaan self-organizing maps untuk mengenali telinga seseorang. *Journal of Research on Computer Science and Applications*, Vol.3 No. 2, pp. 19-25, ISSN: 2301-8488.
- [8] Yinan, S., L. Weijun and W. Yuechao (2003). United Moment Invariants for Shape Discrimination, *IEEE International Conference on Robotics, Intelligenece Systems and Signal Processing*, 88-93.