



Verifikasi Tanda Tangan Asli Atau Palsu Berdasarkan Sifat Keacakan (Entropi)

Jaenal Arifin¹, Muhammad Zidny Naf'an²

¹Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi ST3 Telkom Purwokerto

²Program Studi S1 Informatika ST3 Telkom Purwokerto

^{1,2}Jl. D.I Panjaitan no.128 Purwokerto

Email korespondensi : Jaetoga@st3telkom.ac.id

Dikirim 18 November 2016, Direvisi 25 Februari 2017, Diterima 27 Februari 2017

Abstrak - Tanda tangan merupakan penanda atau identitas yang ada pada suatu dokumen. Tanda tangan mempunyai peranan penting dalam memverifikasi dan melegalisasi dokumen. Tujuan dari penelitian ini menerapkan teknik pengolahan citra pada tanda tangan dan mengidentifikasi pola citra tanda tangan berdasarkan nilai entropi dan waktu perhitungan nilai entropi. Tahapan penelitian meliputi pengambilan data responden berupa tanda tangan citra analog, berikutnya akusisi citra tanda tangan digital dengan cara memindai tanda tangan tersebut, tahap selanjutnya mengkonversi citra tangan tangan digital dari *true color* menjadi *binary*. Tahap akhir melakukan perhitungan nilai entropi dan mencatat waktu perhitungan nilai entropi dengan menggunakan *software matlab* dan dilihat sebaran nilai entropi dari masing - masing citra tanda tangan. Sebaran nilai entropi pada tanda tangan asli mempunyai error 3,31% dari total responden (30 responden). Nilai *error* ini merupakan nilai entropi yang keluar dari kelompoknya. Waktu perhitungan nilai entropi pada tanda tangan palsu jika coretan atau piksel pada citra lebih besar dari citra tanda tangan asli maka waktu perhitungan nilai entropinya lebih lama dibandingkan dengan citra tanda tangan asli.

Kata kunci - Tanda Tangan, Konversi citra digital, Nilai Entropi.

Abstract - Signature is a token or an identity that exists on a document. Signature has an important role in the verification and legalization of a document. The purpose of this research is to apply image processing technique on signatures and to classify their patterns based on entropy values and time calculation entropy value. Stages of this research include the retrieval of respondent data in the form of signature's analog images, followed by the acquisition of digital signature images by way of scanning them and the next stage is to convert digital signature images from true color to binary. The last stage is to calculate entropy values and time calculation entropy value by using Matlab software and entropy value distribution of every signature is then reviewed. Distribution of entropy values in the original signature has an error of 3.31% out of the total respondents (30 respondents). This error value is the value of entropy that falls outside of the group. If the strokes or pixels on a forged signature are larger than those of original one then the computation time to process the forged signature will be longer than it took to process the original one.

Keywords - Signature, Conversion of Digital Images, Entropy Values.

I. PENDAHULUAN

Pada perkembangan teknologi yang cukup pesat ini keamanan menjadi kebutuhan manusia yang tidak bisa dilepaskan. Baik keamanan untuk dirinya sendiri maupun keamanan hal-hal yang berkaitan dengan dirinya, seperti dokumen-dokumen legal dan penting. Salah satu bentuk sistem keamanan tersebut adalah dengan menerapkan sistem pengenalan identitas. Salah

satu tanda identitas adalah menggunakan sistem biometrika. Terdapat dua jenis biometrika yaitu biometrika fisik dan perilaku. Salah satu bentuk biometrika perilaku adalah tanda tangan [1].

Sistem biometrika dapat melakukan dua tugas, yaitu verifikasi dan identifikasi. Verifikasi tanda tangan berarti memeriksa apakah tanda tangan tersebut adalah milik orang yang sudah terdaftar atau tidak,

serta memeriksa apakah tanda tangan tersebut asli atau palsu [2]. Sedangkan identifikasi merupakan tanda identitas diri atau penetapan identitas seseorang. Dalam hal ini identifikasinya menggunakan tanda tangan [3]. Tanda tangan merupakan sesuatu yang lazim untuk menunjukkan identifikasi atau tanda identitas diri seseorang. Tanda tangan juga merupakan tanda pengesahan dari suatu berkas dokumen.

Definisi tanda tangan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah tanda nama yang dituliskan secara khas dengan tangan oleh orang itu sendiri [3]. Dalam definisi lain tanda tangan merupakan salah satu media yang digunakan sebagai media identitas pada seseorang untuk keperluan verifikasi dan legalisasi terhadap suatu informasi. Tanda tangan mempunyai peranan penting dalam memverifikasi dan melegalisasi suatu dokumen. Dokumen-dokumen yang membutuhkan tanda tangan biasanya berupa Memorandum of Understanding (MoU), surat pernyataan, surat pengantar secara resmi, profil pribadi dan dokumen-dokumen yang berkaitan erat dengan legalitas secara hukum. Terkait dengan legalitas tanda tangan dalam ranah hukum pembuktian acara perdata pemuatan suatu tanda tangan dijadikan sebagai suatu persyaratan mutlak agar surat tersebut dapat dijadikan sebagai alat bukti. Dalam arti lain pengakuan tanda tangan dalam ranah hukum bahwa suatu akta baru dapat dikatakan sebagai akta otentik jika suatu tulisan itu memang sengaja dibuat untuk dijadikan bukti tentang suatu peristiwa yang ditandatangani [4]. Sebagian tanda tangan dapat dibaca dan sebagian lain tidak terbaca. Tanda tangan adalah jenis objek tulisan tangan yang artistik [5]. Sebagai media yang penting untuk menunjukkan keabsahan suatu informasi tertulis, maka perlu dilakukan pengecekan atau verifikasi terhadap tanda tangan tersebut, apakah tanda tangan tersebut benar-benar ditulis oleh orang yang bersangkutan, atau tanda tangan tersebut dipalsukan oleh orang lain. Terkadang hasil tanda tangan palsu secara visual sangat mirip dengan tanda tangan asli. Oleh karena itu diperlukan mekanisme untuk melakukan verifikasi terhadap suatu tanda tangan.

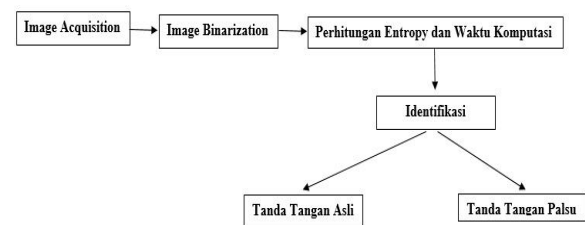
Salah satu bentuk verifikasi tanda tangan tersebut dapat dilakukan secara otomatis menggunakan komputer. Tanda tangan yang ditulis oleh seseorang terlebih dahulu dilakukan konversi menjadi bentuk digital melalui pemindaian (*scanning*). Selanjutnya citra digital tersebut sebagai input terhadap suatu sistem verifikasi tanda tangan. Diharapkan dengan bantuan sistem terkomputerisasi ini dapat melakukan verifikasi terhadap tanda tangan sehingga didapatkan informasi apakah tanda tangan tersebut asli atau palsu. Pada saat ini sudah banyak penelitian terkait verifikasi keabsahan tanda tangan. Berbagai macam fitur atau ciri telah banyak digunakan pada penelitian tersebut seperti moment invariant [5]. Rakhmanullah [6] melakukan penelitian untuk melakukan pengenalan pola tanda tangan manual dan tanda tangan digital. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu pemindaian

menjadi citra digital dan disimpan dalam file berformat BMP (bitmap), kemudian citra digital masuk pada pra-pemrosesan (konversi menjadi citra keabuan, konversi menjadi citra biner, penipisan garis pada citra, dan pemotongan citra). Citra hasil pra-pemrosesan akan di-*scaling* sehingga didapatkan citra dengan ukuran 20x20 piksel. Nilai fitur yang digunakan pada penelitian ini adalah pengkodean karakter dengan sistem pengenalan menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan *learning vector quantization* (LVQ). Tingkat akurasi jaringan syaraf tiruan LVQ dalam mengenali tanda tangan adalah sebesar 74% untuk tanda tangan manual dengan nilai maksimal *epoch* 1000, nilai learning rate 0,01-0,09 dan nilai target *error* adalah 0,01.

Salah satu nilai yang dapat digunakan sebagai fitur atau ciri suatu citra adalah nilai entropi. Nilai entropi suatu citra akan menunjukkan heterogenitas citra dilihat dari nilai-nilai piksel yang menyusun citra [7].

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 Blok Diagram Sistem.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Blok diagram pada penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi beberapa bagian, *Image Acquisition*, langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu mengumpulkan data berupa tanda tangan dari sebagian dosen dan karyawan ST3 Telkom. Jumlah responden pada penelitian ini sebanyak 30 orang. Masing-masing responden melakukan tanda tangan sebanyak 30 kali, dan responden lain akan meniru tanda tangan orang lain sebanyak 5 kali. Kemudian data-data tersebut digunakan sebagai data penelitian identifikasi tanda tangan asli atau palsu berdasarkan nilai entropi dan waktu perhitungan nilai entropinya. Selanjutnya evaluasi dilakukan setelah data tersebut dijalankan pada *software* matlab, kemudian dianalisis hasil *running* program matlab tersebut sehingga didapatkan nilai entropi dan waktu perhitungan nilai entropinya pada masing-masing citra tanda tangan asli atau palsu. Tahapan penelitian yang dilakukan pada proses identifikasi tanda tangan asli atau palsu adalah sebagai berikut.

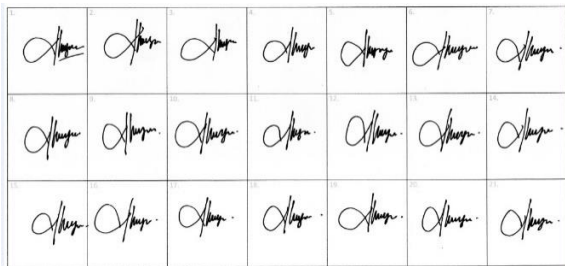
A. Image Acquisition/Akuisisi Citra Tanda Tangan

Berdasarkan cara mendapatkan citra (akuisisi citra), verifikasi tanda tangan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu: *online signature verification* dan *offline signature verification* [8]. Pada penelitian ini,

digunakan *offline signature verification*, dimana citra tanda tangan didapatkan dari hasil pemindaian.

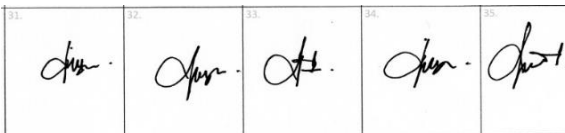
Pada tahap ini dilakukan pemindaian terhadap kertas tanda tangan sehingga didapatkan citra digital dari tanda tangan. Pemindaian dilakukan dengan menggunakan mesin pemindai (*scanner*) dengan kedalaman 600 dpi dengan 24-bit warna. Kemudian tiap-tiap kotak tanda tangan tersebut dipotong (*cropping*) menjadi potongan kecil yang berukuran 200x200 piksel. Sehingga untuk tiap responden didapatkan 30 citra untuk tanda tangan asli dan 5 citra untuk tanda tangan palsu. Citra hasil pemindaian adalah citra *true color* yang berformat TIFF.

Pada Gambar 2 ditunjukkan *sample data* penelitian salah satu responden tanda tangan asli.



Gambar 2. Sample Data Tanda Tangan Asli

Pada Gambar 3 ditunjukkan *sample data* penelitian salah satu responden tanda tangan palsu



Gambar 3. Sample Data Tanda Tangan Palsu

B. Image Binarization/Konversi Citra

Setelah citra *true color* tanda tangan didapatkan, selanjutnya adalah melakukan konversi citra tersebut menjadi citra keabuan (*grayscale*), kemudian mengkonversi citra keabuan tersebut menjadi citra biner dengan menggunakan Algoritma *Otsu's Thresholding* [9] [10]. MATLAB menyediakan fungsi untuk dapat mendapatkan nilai *thresholding* dari algoritma *Otsu's Thresholding* yaitu dengan menggunakan fungsi *graythresh* (I). Fungsi tersebut akan menghitung nilai *global thresholding* berdasarkan Algoritma *Otsu's Thresholding*. Selanjutnya nilai batas ambang tersebut akan menjadi input untuk fungsi *im2bw()*, fungsi ini akan mengkonversi citra *grayscale* menjadi citra biner [11].

Contoh penggunaan kedua fungsi tersebut adalah sebagai berikut.

```
I = imread('coins.png');
level = graythresh(I);
BW = im2bw(I,level);
imshow(BW)
```

C. Perhitungan nilai entropy

Rumus entropi digunakan untuk memperoleh nilai entropi dari masing-masing citra. Nilai entropi ini yang

digunakan sebagai nilai ciri (*feature*) sebagai input pada proses klasifikasi. Didalam pengolahan citra, nilai entropi dapat digunakan untuk mengukur seberapa kecilnya bits yang diperlukan untuk merepresentasikan informasi dalam suatu citra. Nilai entropi suatu citra didapatkan dengan menggunakan rumus berikut.

$$H = - \sum_{k=0}^{L-1} p_r(r_k) \log_2 p_r(r_k) \quad (1)$$

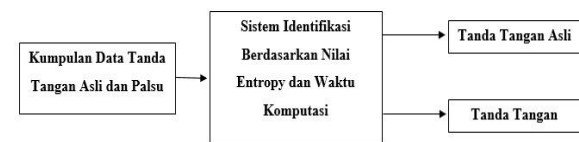
Dengan k menunjukkan nilai intensitas dalam citra dari 0 hingga $L-1$. Sedangkan L adalah banyaknya nilai intensitas, dan $p_r(r_k)$ menunjukkan nilai probabilitas kemunculan nilai intensitas k pada citra yang didapatkan dari rumus.

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad (2)$$

Dengan n_k adalah jumlah kemunculan nilai intensitas k pada seluruh piksel, M adalah jumlah baris citra, dan N adalah jumlah kolom citra [7].

D. Identifikasi Tanda Tangan Asli dan Palsu

Gambaran penelitian identifikasi tanda tangan asli dan palsu adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Identifikasi Penelitian Tanda tangan Asli dan Palsu

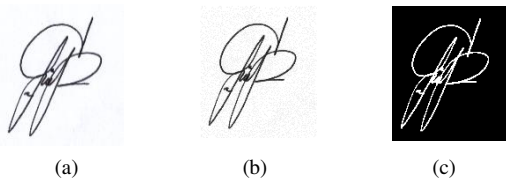
Tahap identifikasi ini didapatkan setelah mengumpulkan data tanda tangan asli dan palsu. Tanda tangan tersebut diolah yang sebelumnya citra tanda tangan analog diubah menjadi citra tanda tangan digital. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai entropi dengan menggunakan *software* matlab. Waktu perhitungan nilai entropi juga dicatat saat menjalankan program pada *software* matlab. Sifat keacakan atau entropi sangat berkaitan erat dengan nilai informasi suatu citra. Oleh karena itu identifikasi tanda tangan asli atau palsu dapat dilakukan dengan berbasis pada informasi yang diperoleh berdasarkan sifat keacakan ini. Parameter untuk menyatakan sifat keacakan isyarat dapat dituangkan dalam entropi [12][13].

Dengan didapatkan sebaran nilai entropi pada masing – masing data citra tanda tangan asli dan palsu, selanjutnya dapat dilihat ciri atau kumpulan tanda tangan asli dan palsu. Kumpulan atau pembangkitan ciri merupakan cara menghitung variabel baru yang dalam satu atau cara lain berasal dari nilai-nilai yang tersimpan dari *array* citra, $I(m, n)$. Tujuannya adalah untuk menemukan ciri yang menunjukkan sifat kumpulan informasi yang tinggi, dari sudut pandang keterpisahan kelas. Pembangkitan ciri suatu citra digital dapat berdasarkan sifat keacakan suatu citra.

III. HASIL PENELITIAN

Berikut hasil penelitian yang telah dilakukan.

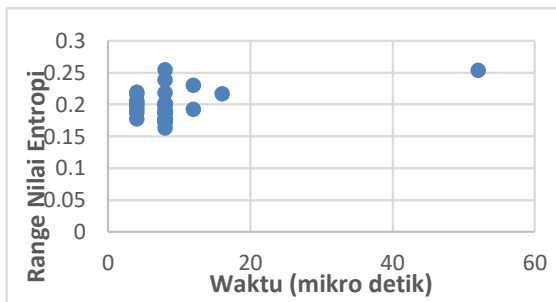
A. Konversi Citra Tangan Tangan



Gambar 5. (a) Citra Tanda Tangan True Color, (b) Citra Tanda Tangan Grayscale, (c) Citra Tanda Tangan Biner

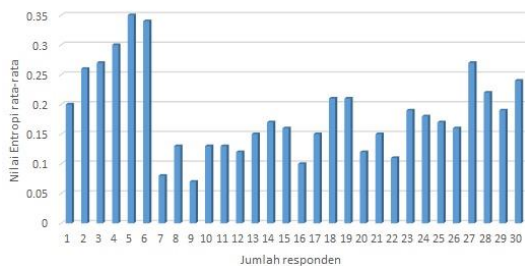
B. Sebaran Nilai Entropi Pada Tanda Tangan Asli

Pada Gambar 6 ditunjukkan sebaran nilai entropi dari 30 responden. Sebaran nilai entropi ini memiliki jarak 0 sampai dengan 0,3. Pada Gambar 6 sebaran nilai entropi ini nilai yang muncul pada range nilai 0,2 sampai dengan 0,5. Sedangkan pada saat melakukan perhitungan nilai entropi waktunya berada pada range 0 sampai dengan 60 mikrodetik.



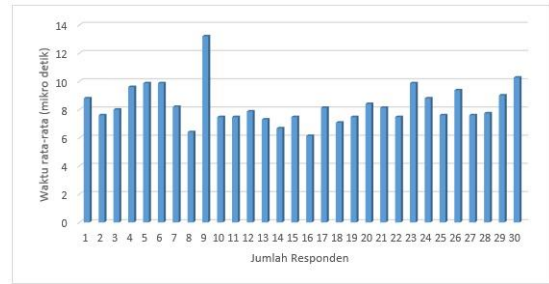
Gambar 6. Sebaran Nilai Entropi Tanda Tangan Asli

Pada Gambar 7 ditunjukkan nilai entropi rata-rata pada tanda tangan asli dengan jumlah responden sebanyak 30 responden. Nilai entropi rata-rata tanda tangan asli dari 30 responden mempunyai nilai range 0 sampai 0,35.



Gambar 7. Nilai Entropi Rata-Rata Tanda Tangan Asli

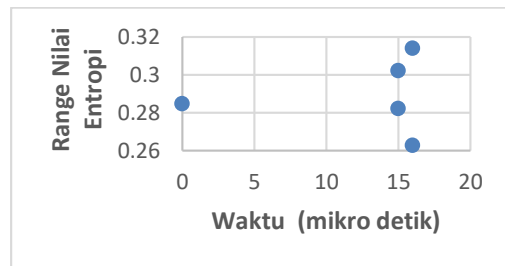
Pada Gambar 8 ditunjukkan waktu perhitungan nilai entropi rata-rata tanda tangan asli dari 30 responden. Waktu rata-rata dari 30 responden mempunyai range 0 sampai dengan 14 mikrodetik untuk menjalankan perhitungan nilai entropi.



Gambar 8. Waktu Perhitungan Nilai Entropi Rata-Rata Tanda Tangan Asli

C. Sebaran Nilai Entropy Pada Tanda Tangan Palsu

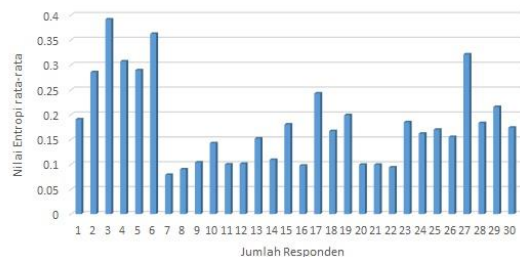
Pada Gambar 9 ditunjukkan sebaran nilai entropy tanda tangan palsu dengan jumlah responden sebanyak 5 responden. Dari 5 responden yang ada, setiap responden melakukan tanda tangan palsu dengan berbagai variasi yang ada pada tanda tangan asli.



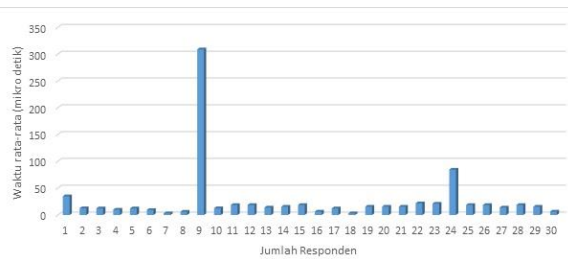
Gambar 9. Sebaran Nilai Entropi Tanda Tangan Palsu

Pada Gambar 10 ditunjukkan nilai entropi rata-rata tanda tangan palsu dari 30 responden. Nilai entropi rata-rata tanda tangan palsu dari 30 responden mempunyai range 0 sampai dengan 0,4. Nilai entropi rata-rata pada tanda tangan palsu ini mempunyai nilai yang bervariasi. Pada responden 7 dan 8 menunjukkan nilai entropi rata-rata yang rendah. Sedangkan pada responden 3 dan 6 mempunyai nilai entropi rata-rata yang tertinggi diantara 30 responden yang ada.

Pada Gambar 11 ditunjukkan waktu perhitungan entropi rata-rata pada tanda tangan palsu dengan responden sebanyak 30. Waktu perhitungan entropi rata-rata dari 30 responden mempunyai range 0 sampai dengan 150 mikrodetik. Pada responden 9 mempunyai waktu perhitungan entropi rata-rata yang tinggi dibanding 29 responden lainnya



Gambar 10. Nilai Entropi Rata-Rata Tanda Tangan Palsu



Gambar 11. Waktu Perhitungan Entropi Rata-Rata Tanda Tangan Palsu.

IV. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini tahap awal dilakukan pengolahan citra tanda tangan. Pengolahan citra tersebut dengan mengkonversi citra tanda tangan, mulai dari mengkonversi citra tanda tangan yang bersifat *true color*, diubah ke citra tanda tangan *grayscale* dan tahap akhir citra tanda tangan tersebut diubah ke *binary*. Pada tahap penghitungan nilai entropi dilakukan dengan menggunakan software matlab, caranya dengan memasukkan program/intruksi ke matlab kemudian dijalankan. Berdasarkan sebaran nilai entropi didapatkan nilai – nilai entropi yang mewakili nilai citra tanda tangan masing-masing koresponden. Nilai entropi berada pada range 0 sampai dengan 1.

Pada saat mendapatkan nilai entropi, dicatat juga waktu perhitungan nilai entropi. Untuk menghitung nilai entropi pada *software* matlab digunakan waktu dalam skala mikro detik. Pada sebaran nilai entropi pada tanda tangan asli orang pertama berada pada range nilai 0,2 s.d 0,5 dengan lama penghitungan nilai entropi 0 s.d 51 mikro detik. Pada sebaran nilai entropi secara keseluruhan dari 30 responden mencerminkan bahwa sebaran nilai entropi ini, ada 29 responden mengumpul menjadi satu (dalam satu kelas) dan 1 responden nilai entropinya terpisah. Pada nilai entropi rata-rata tanda tangan asli dari semua responden (30 responden) mempunyai nilai yang bervariasi. Nilai entropi terendah pada kisaran 0.1 dan nilai entropi tertinggi 0.35. Waktu rata-rata pada saat sistem identifikasi dijalankan dari 30 responden yang ada mempunyai durasi waktu yang berbeda. Durasi waktu terendah dari hasil komputasi saat melakukan perhitungan entropi adalah 6,4 mikro detik. Dan durasi waktu tertinggi saat melakukan perhitungan entropi adalah 10,26 mikro detik.

Pada sebaran nilai entropi pada tanda tangan palsu orang pertama berada pada range nilai 0,26 s.d 0,31 dengan lama perhitungan nilai entropi 0 s.d 16 mikro detik. Jika dibandingkan dari nilai entropi tanda tangan asli dan nilai entropi pada tanda tangan palsu didapatkan hasil yang berkebalikan. Dimana nilai entropi pada tanda tangan palsu lebih cenderung berkelompok pada sebelah kanan dan nilai entropi pada tanda tangan asli cenderung berkelompok pada sebelah kiri. Walaupun ada 1 (satu) nilai entropi tanda tangan asli yang ada di sebelah kanan. Ini artinya sebaran nilai entropi pada tanda tangan asli memiliki

error 3,31% dari total keseluruhan (30 responden). Nilai entropi rata-rata pada tanda tangan palsu dari 30 responden menunjukkan bahwa nilai tersebut bervariasi. Nilai entropi terendah pada kisaran 0,1 dan nilai entropi tertinggi 0,39. Waktu perhitungan nilai entropi rata-rata pada tanda tangan palsu dari 30 responden memiliki 28 responden yang relatif lebih cepat pada saat menjalankan perhitungan nilai entropi. Jika dibandingkan antara waktu perhitungan nilai entropi rata-rata tanda tangan asli dan waktu perhitungan nilai entropi rata-rata tanda tangan palsu dari semua responden (30 responden) menunjukkan bahwa waktu perhitungan nilai entropi pada tanda tangan asli lebih cepat. Ini menunjukkan bahwa dalam waktu perhitungan nilai entropi pada tanda tangan palsu jika coretan atau pikselnya lebih besar dari citra tanda tangan asli maka komputasinya akan relatif lama dibandingkan dengan citra tanda tangan asli. Pada data penelitian ini citra tanda tangan palsu dibuat dengan coretan lebih banyak dibanding citra tanda tangan asli. Artinya jika data citra tanda tangan palsu dibuat lebih pendek coretannya dibanding tanda tangan asli, maka waktu perhitungan nilai entropi juga akan berbeda hasilnya.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Sebaran nilai entropi tanda tangan asli menunjukkan bahwa 29 responden nilai entropinya mengumpul menjadi satu (dalam satu kelas) dan 1 responden nilai entropinya terpisah. Sebaran nilai entropi pada tanda tangan asli mempunyai *error* 3,31% dari total responden (30 responden). Nilai *error* 3,31% ini merupakan nilai entropi yang keluar kelompoknya atau kelasnya. Waktu perhitungan nilai entropi pada tanda tangan palsu jika coretan atau piksel pada citra lebih besar dari citra tanda tangan asli maka waktu perhitungan nilai entropinya relatif lebih lama dibandingkan dengan citra tanda tangan asli.

B. Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lain, misalnya menggunakan metode *Artificial Neural Network*, dengan harapan dapat memperbaiki kekurangan yang ada. Data penelitian untuk tanda tangan palsu dapat ditambahkan, sehingga tingkat klasifikasi untuk membedakan tanda tangan asli bisa lebih baik. Penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lain atau penggabungan beberapa metode.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ST3 Telkom Purwokerto yang telah mendukung penuh dan memberikan dana penelitian sehingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Kurnianto, I. Soesanti, H. A. Nugroho, J. Grafika, Y. Indonesia, and G. Y. Indonesia, "Deteksi Iris Berdasarkan Metode Black Hole dan Circle Curve Fitting," *J. Infotel*, vol. 5, no. 2, pp. 10–16, 2013.
- [2] and L. S. O. L. G. Hafemann, R. Sabourin, "Offline Handwritten Signature Verification - Literature Review," *CoRR*, vol. abs/1, pp. 1–18, 2015.
- [3] [Http://kbbi.web.id/tanda%20tangan](http://kbbi.web.id/tanda%20tangan), "Tanda Tangan," 2016. [Online]. Available: <http://kbbi.web.id/tanda tangan>.
- [4] S. Mertokusumo, *Hukum Acara Perdata Indonesia*. Yogyakarta: Liberty, 1998.
- [5] Z. D. C. OZ, F. Ercal, "Signature Recognition and Verification with ANN," in *in Third International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, 2003.
- [6] A. Rakhmanullah, "Autentifikasi Pengenalan Pola Tanda Tangan Manual Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan LVQ (Learning Vector Quantization) dan Tanda Tangan Digital Menggunakan Algoritma RSA (Riset Shamir Adleman)," 2010.
- [7] R. C. G. and R. E. Woods, *Digital Image Processing, 3rd Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.
- [8] A. Sanmorino and S. Yazid, "A survey for handwritten signature verification," in *Proceeding of 2012 International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering, URKE 2012*, 2012, pp. 54–57.
- [9] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 9, no 1, pp. 62–66, 1979.
- [10] N. A. Arifin Jaenal., "Identifikasi dan Klasifikasi Pola Sinyal EKG Berdasarkan Sifat Keacakan (Entropy)," in *The 5th Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, 2013, pp. 1–202.
- [11] Mathworks, "Algoritma Otsu's Thresholding," 2016. [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/images/ref/graythres h.html>.
- [12] R. M. Gray, *Entropy and Information Theory*. Stanford, USA: Springer New York, 2013.
- [13] I. Susanti, "Hand Out Teknik Klasifikasi dan Pengenalan Pola: Klasifikasi Pengenalan Pola Berdasarkan Sifat Keacakan," Yogyakarta, 2012.