

## Identifikasi Tanda Tangan Online Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Bentuk Global dan Lokal

Cahyawati Diah Kusumarini<sup>1</sup>, Fitrianiingsih<sup>1,\*</sup>, Betty Suswati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Sistem Informasi, Universitas Gunadarma, Depok, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Industri, Informatika, Universitas Gunadarma, Depok, Indonesia

Email: <sup>1</sup>cahyawati@staff.gunadarma.ac.id, <sup>2,\*</sup>fitrianiingsih@staff.gunadarma.ac.id, <sup>3</sup>betty\_s@staff.gunadarma.ac.id

Email Penulis Korespondensi: fitrianiingsih@staff.gunadarma.ac.id

**Abstrak**—Tanda tangan online telah menjadi salah satu bagian dari biometrik yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi seseorang, karena setiap orang memiliki tanda tangan yang berbeda dan setiap tanda tangan memiliki karakteristik fisiologi yang unik. Per-masalahan utama dalam identifikasi tanda tangan online adalah adanya inkonsistensi bentuk tanda tangan seseorang saat menuliskan tanda tangan di atas permukaan. Diperlukan analisis khusus tentang ciri-ciri utama yang bisa digunakan untuk mengantisipasi inkonsistensi tersebut sehingga tanda tangan seseorang dapat teridentifikasi secara tepat. Penelitian ini bertujuan mendapatkan fitur yang dapat digunakan untuk memudahkan proses identifikasi pemilik tanda tangan. Penelitian ini menggunakan metode berdasarkan fitur bentuk global dan fitur bentuk lokal. Fitur bentuk global digunakan untuk menjarang kandidat tanda tangan yang teridentifikasi memiliki bentuk global yang sama atau similar. Setelah itu, fitur bentuk lokal digunakan untuk mengukur similaritas bentuk detil dari setiap kandidat tanda tangan tersebut. Uji coba dilakukan menggunakan data primer berjumlah 60 tanda tangan yang dikumpulkan dari 12 responden. Setiap responden memberikan lima tanda tangan yang dibagi menjadi, tiga tanda tangan sebagai data latih dan dua tanda tangan sebagai data uji. Hasil uji coba terhadap metode dan algoritma yang diusulkan menunjukkan tingkat akurasi identifikasi sebesar 96.67%. Hal ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi dari fitur bentuk global dan fitur bentuk lokal dapat digunakan untuk pengembangan sistem biometrik pengenalan tanda tangan online.

**Kata Kunci:** Arah Segmen; Fitur Bentuk Global; Fitur Bentuk Lokal; Identifikasi; Jumlah Segmen; Tanda Tangan Online

**Abstract**—Online signatures have become one part of biometrics that is widely used to identify a person, because each person has a different signature and each signature has unique physiological characteristics. The main problem in identifying online signatures is the inconsistency in the form of a person's signature when writing a signature on a surface. Special analysis is needed regarding the main characteristics that can be used to anticipate these inconsistencies so that a person's signature can be identified correctly. This research aims to obtain features that can be used to facilitate the process of identifying signature owners. This research uses a method based on global shape features and local shape features. Global shape features are used to capture signature candidates identified as having the same or similar global form. After that, local shape features are used to measure the detailed shape similarity of each signature candidate. The trial was carried out using primary data totaling 60 signatures collected from 12 respondents. Each respondent provides five signatures which are divided into three signatures as training data and two signatures as test data. The test results of the proposed method and algorithm show an identification accuracy rate of 96.67%. This shows that the extraction method from global shape features and local shape features can be used for the development of an online biometric signature recognition system.

**Keywords:** Online Signatures; Global Form Features; Local Form Features; Identification; Number of Segments; Segment Direction

### 1. PENDAHULUAN

Biometrik dapat didefinisikan sebagai ciri-ciri biologis manusia yang dapat digunakan untuk mengenali seseorang (rekognisi). Sistem pengenalan biometrik biasanya dikembangkan untuk dua tujuan utama, yaitu identifikasi dan verifikasi. Sebuah sistem biometrik dapat dibuat berdasarkan ciri-ciri fisik atau tingkah laku seseorang. Sistem biometrik yang didasarkan pada ciri-ciri fisik yang meliputi wajah, sidik jari dan iris adalah unik untuk setiap orang dan stabil untuk jangka waktu tertentu, sehingga ciri-ciri ini cukup akurat dan dapat diandalkan untuk tujuan identifikasi setiap individu. Sebaliknya, ciri-ciri tingkah laku seperti suara, gaya berjalan, dan tandatangan dapat saja berubah dalam jangka waktu tertentu dan dapat ditiru dengan canggih oleh para pemalsu [1].

Tanda tangan merupakan salah satu teknik keamanan tertua untuk mengidentifikasi seseorang, karena setiap orang memiliki tanda tangan yang berbeda dan setiap tanda tangan memiliki karakteristik bentuk dan cara penulisannya pun berbeda. Ada dua pendekatan analisis biometrik tanda tangan, yaitu pendekatan online dan offline. Pendekatan offline, dikenal sebagai pendekatan statis, menggunakan data tanda tangan berupa image. Tanda tangan, yang telah ditorehkan diatas sebuah kertas, diakuisi menggunakan kamera atau scanner sehingga dihasilkan citra tanda tangan. Sebaliknya, pada pendekatan online, dikenal sebagai pendekatan dinamik, tanda tangan diakuisisi menggunakan alat digital seperti tablet dan touch pad [1]. Tanda tangan yang ditorehkan pada permukaan tablet direkam langsung oleh komputer. Data setiap titik pada permukaan tablet yang dilalui oleh goresan pena tanda tangan yang direkam adalah koordinat posisi, tekanan dan kemiringan. Data ini dapat memberikan informasi bentuk global dan bentuk lokal serta informasi tentang bagaimana tanda tangan itu terbentuk mulai dari awal hingga akhir penulisan.

Suatu sistem identifikasi biometric tanda tangan online yang efektif, harus didukung oleh fitur bentuk tanda tangan yang bersifat unik atau fitur yang dapat membedakan tanda tangan setiap individu. Sistem ini akan membandingkan dan mengidentifikasi setiap tanda tangan query berdasarkan kesamaan/kemiripan fiturnya

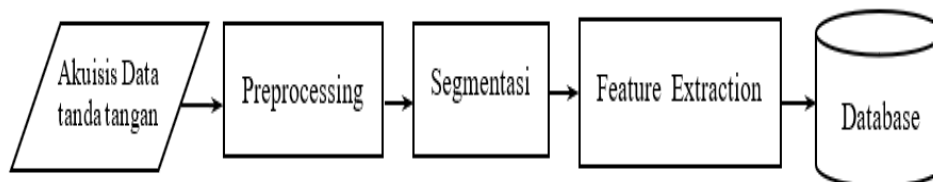
terhadap fitur tanda tangan yang telah terdaftar dalam basis data, sehingga dapat menjawab pertanyaan: "Siapa pemilik tanda tangan tersebut" [2]. Teknik ekstraksi fitur secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu ekstraksi fitur bentuk global dan bentuk lokal. Pada ekstraksi fitur bentuk global, olah data dilakukan pada keseluruhan data matriks yang ada, sedang ekstraksi fitur bentuk lokal merupakan sesuatu yang menggambarkan karakteristik penulisan secara detil. Sebagian besar sistem pengenalan tanda tangan yang ada memiliki lima tahap utama yaitu: akuisisi data, pre-processing, ekstraksi fitur, identifikasi dan evaluasi kinerja [3]. Tahap ekstraksi fitur merupakan tahap yang sangat penting dan paling menentukan keberhasilan keseluruhan identifikasi tanda tangan [4]. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan fitur yang tepat dan metode ekstraksi fitur yang baik adalah menjadi kunci utama yang menentukan performance dari sistem biometric tanda tangan.

Iranmanesh pada penelitiannya menggunakan fitur tanda tangan berupa jumlah pen-up, pen-down dan tekanan pena pada setiap titik [1]. Performance metode identifikasi tanda tangan yang diusulkannya memiliki akurasi 93.1 %. Data dikumpulkan dari 200 pembuat tanda tangan dan 8000 tanda tangan yang terdiri dari tanda tangan asli dan palsu. Akurasi hasil yang didapat ini dikarenakan Iranmanesh tidak melakukan proses normalisasi, sehingga tidak independen terhadap perubahan ukuran atau efek zooming. Nagbhidkar melakukan penelitian verifikasi tanda tangan menggunakan data posisi pena (posisi x dan y) dari titik-titik yang membentuk tanda tangan [5]. Dari data posisi pena dihitung fitur sudut pergerakan pena dan untuk mengurangi variabilitas posisi pena dan sudut posisi pena, dilakukan proses normalisasi dan resampling. Selain itu Nagbhidkar menggunakan fitur low frequency sub-band signal (aproksimasi Discrete Wavelet Transform) parameter posisi pena dan parameter sudut pergerakan pena. Tingkat keberhasilan sistem pengenalan tanda tangan online ini adalah sebesar 95% [5]. Impedovo dalam penelitiannya mengusulkan penggunaan fitur-fitur yang menggambarkan detil dinamika tanda tangan dan fitur-fitur parameter konvensional seperti jumlah stroke dan pergeseran/perpindahan tempat [6]. Penelitian mengenai identifikasi tanda tangan online menggunakan vector quantization dan dynamic time warping [7]. Saleem dan Kovari (2021) dalam penelitiannya juga mengusulkan sistem verifikasi tanda tangan online berdasarkan frekuensi pengambilan sampel yang bergantung pada penanta tangan [8]. Ciri tanda tangan online yang digunakan adalah fitur bentuk lokal, dimana tanda tangan dibagi menjadi bagian-bagian. Selanjutnya, masing-masing bagian dari tanda tangan tersebut dihitung fitur kecepatan lokal, percepatan lokal, tekanan dan posisi lokal. Kemudian pada proses verifikasi, pencocokan tanda tangan dapat dilakukan dengan hanya menggunakan domain yang paling stabil yang mewakili setiap segmen tanda tangan. Metode ini menghasilkan tingkat akurasi verifikasi tanda tangan online sebesar 80%. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tanda tangan online dengan menggunakan ekstraksi fitur bentuk global dan ekstraksi fitur bentuk lokal. Namun, bila kita mengacu pada bagaimana mata manusia menganalisis dan membedakan bentuk antara dua tanda tangan, dimana fitur yang menjadi acuan adalah tidak saja berupa fitur bentuk global, tetapi juga fitur bentuk local atau bentuk detil. Untuk itu paper ini mengusulkan dua hal : pertama adalah penentuan fitur global dan fitur local apa saja yang dapat lebih tepat membedakan tanda tangan setiap individu, dan kedua adalah metode ekstraksi fitur-fitur tersebut.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian seperti terlihat pada Gambar 1 terdiri dari akuisisi data tanda tangan, preprocessing, segmentasi dan ekstraksi fitur (feature extraction) yang dilakukan ekstraksi fitur bentuk global dan ekstraksi bentuk local yang hasilnya dimasukan ke dalam basis data untuk mengidentifikasi tanda tangan.



**Gambar 1.** Skema Umum Metode Ekstraksi Fitur Global dan Fitur Local Tanda Tangan Online

### 2.2 Akuisisi Data

Jenis dan spesifikasi tablet digitizer yang digunakan adalah Wacom Tablet Digitizer model Cintiq 12 WX (model DTZ-1200W) dengan data read 136 point per seconds. Tablet digitizer terhubung ke komputer sebagai alat yang digunakan untuk proses akuisisi data. Ada 12 responden yang terlibat dalam proses ini. Setiap responden menuliskan lima kali tanda tangan diatas tablet digitizer dan terekam langsung oleh komputer. Setiap titik tanda tangan yang ditorehkan diatas tablet akan direkam data posisinya sesuai dengan posisi titi koordinat(x,y) display tablet, data pressure (tekanan pena), dan milli (kemiringan pena). Gambar 2 memperlihatkan contoh tanda tangan yang terekam. Gambar 2-a adalah dua tanda tangan dari orang yang sama dan gambar 2-b merupakan tanda tangan dari dua orang yang berbeda. Pada gambar pertama, bentuk tanda tangannya terlihat cukup kompleks dan terdapat inkonsistensi bentuk antara keduanya.



Gambar 2. Contoh tandatangan online (a) dari orang yang sama dan (b) dari dua orang yang berbeda

### 2.3 Pre-processing

Permukaan tablet digitizer yang licin menjadi salah satu kendala dalam proses akuisisi data tanda tangan. Hal ini dapat mengakibatkan inkonsistensi bentuk tanda tangan seseorang dan menimbulkan noise. Untuk itu tahap preprocessing menjadi penting untuk dilakukan sebelum proses analisis fitur tanda tangan. Tahap ini diawali oleh proses smoothing untuk menghilangkan atau meminimalkan noise. Sejumlah smoothing filter : finite impulse response filters (FIR) dan infinite impulse response filters (IIR) telah dikembangkan untuk memfilter noise yang ada pada data signal dan citra [9], [10], [11] dan [11]. Proses smoothing pada penelitian ini menggunakan smoothing filter IIR Madenda [12]. Secara matematis, filter ini diberikan pada persamaan (1), dimana filter ini tidak saja mengandung parameter pengatur efek noise  $\alpha$ , tetapi juga memiliki parameter pengatur efek blur  $\beta$ . Filter ini bekerja secara optimal pada nilai parameter  $\alpha = 0.50$  dan  $\beta = 0.75$ . Bentuk implementasi digital dari filter ini diberikan pada persamaan (2). Pemfilteran terhadap signal/kurva tanda tangan  $x(n)$  dilakukan secara bersamaan pada dua arah yang berlawanan  $y^+(n)$  (dari kiri ke kanan) dan  $y^-(n)$  (dari kanan ke kiri). Variabel  $n$  menyatakan posisi titik data tanda tangan yang sedang dianalisis.

$$h(x) = K_2 e^{-\alpha|x|} (1 - \frac{1}{2} \cos(\alpha\beta|x|) + \frac{1}{2\beta} \sin(\alpha\beta|x|)) \tag{1}$$

$$y^+(n) = a_0 x(n) + a_1 x(n-1) + a_2 x(n-2) - b_1 y^+(n-1) - b_2 y^+(n-2) - b_3 y^+(n-3) \tag{2}$$

$$y^-(n) = a_3 x(n+1) + a_4 x(n+2) + a_5 x(n+3) - b_1 y^-(n+1) - b_2 y^-(n+2) - b_3 y^-(n+3) \tag{3}$$

$$y(n) = y^+(n) - y^-(n) \tag{4}$$

Dimana

$$K_2 = \frac{1 + (1 + 2 \cos(\alpha\beta))(e^{-2\alpha} - e^{-\alpha}) - e^{-3\alpha}}{0.5 + 1.5 \cdot 2 \cos(\alpha\beta)(e^{-\alpha} - e^{-2\alpha}) + \frac{1}{\beta} \sin(\alpha\beta)(e^{-\alpha} - e^{-2\alpha}) + 0.5 e^{-3\alpha}} \tag{5}$$

$$a_0 = 0.5 K_2, a_1 = K_2 e^{-\alpha} (0.5 - 1.5 \cos(\alpha\beta) + \frac{0.5}{\beta} \sin(\alpha\beta)), a_2 = K_2 e^{-2\alpha} (1 - 0.5 \cos(\alpha\beta) - \frac{0.5}{\beta} \sin(\alpha\beta)),$$

$$a_3 = K_2 e^{-\alpha} (1 - 0.5 \cos(\alpha\beta) + \frac{0.5}{\beta} \sin(\alpha\beta)), a_4 = K_2 e^{-2\alpha} (0.5 - 1.5 \cos(\alpha\beta) - \frac{0.5}{\beta} \sin(\alpha\beta)), a_5 =$$

$$0.5 K_2 e^{-3\alpha}$$

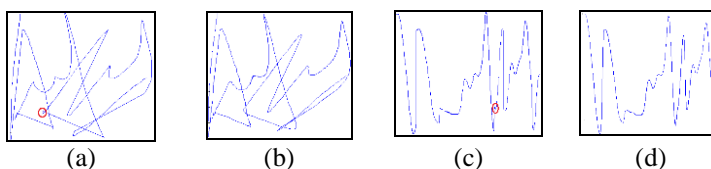
$$b_1 = e^{-\alpha} (1 + 2 \cos(\alpha\beta)), b_2 = e^{-2\alpha} (1 + 2 \cos(\alpha\beta)), b_3 = -e^{-3\alpha} \tag{6}$$

Gambar 3 memperlihatkan tahapan prapemrosesan yang dilakukan pada penelitian ini dalam hal ini adalah proses smoothing. Dari data input berupa posisi titik-titik tanda tangan pada koordinat X, Y, kemudian dilakukan penghilangan noise menggunakan filter IIR.



Gambar 3. Tahapan Proses Pra-pemrosesan

Gambar 4 memperlihatkan contoh hasil smoothing filter pada dua tanda tangan. Gambar 3-a dan 3-c merupakan input tanda tangan dan gambar 3-b dan 3-d adalah hasil smoothing filter. Tampak pada dua hasil ini bahwa noise sudah dapat diminimalkan (misalnya pada bagian tanda tangan yang diberi lingkaran merah).

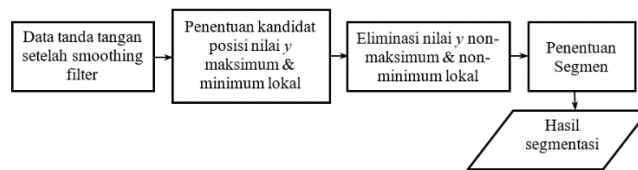


Gambar 4. (a) dan (c) adalah tanda tangan Original (b) dan (d) hasil proses smoothing filter ( $\beta = 0.75$  dan  $\alpha = 0.5$ )

**2.4 Segmentasi**

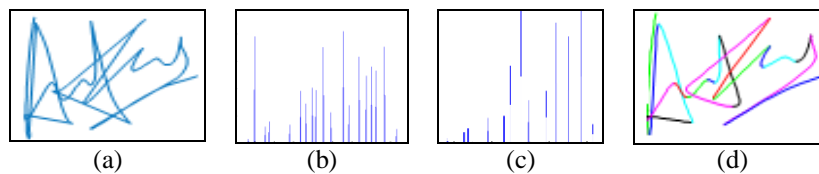
Proses segmentasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah membagi tanda tangan menjadi beberapa bagian, sehingga dapat lebih memudahkan proses analisis dan ekstraksi fitur bentuk tanda tangan. Hal yang menjadi pertanyaan adalah mengacu pada informasi apa dan bagaimana melakukan segmentasi terhadap tanda tangan tersebut ? Bila kita mengamati pergerakan tangan setiap individu saat membubuhkan tanda tangan, maka kita melihat umumnya pergerakan itu ke atas dan ke bawah sambil mengarah maju ke depan dan kadang-kadang kembali kebelakang kemudian ke depan lagi. Disamping itu, ada individu yang membubuhkan tanda tangan dari awal hingga akhir secara kontinue tanpa jeda, dan ada pula yang melakukannya dengan satu atau beberapa kali jeda (tidak secara kontinue). Peristiwa adanya jeda ini disebut sebagai stroke.

Dalam [12] [16] menggunakan informasi pergerakan tangan ini sebagai dasar untuk melakukan segmentasi tulisan tangan online. Perubahan koordinat y dari satu titik ke titik berikutnya menjadi indikator pergerakan naik atau turun sedang pergerakan koordinat x memberi informasi pergerakan ke depan atau ke belakang. Perubahan koordinat y dari titik terendah (nilai minimal) ke titik tertinggi (nilai maksimal) diasumsikan sebagai dua titik batas segmentasi, demikian pula sebaliknya perubahan koordinat y dari titik-titik tertinggi (nilai maksimal) ke terendah (nilai minimal) menjadi dua titik batas segmentasi. Hal ini bermakna bahwa semua titik pembentuk tanda tangan yang berada diantara dua titik batas tersebut merupakan bagian dari segmen yang sama. Gambar 5 menunjukkan skema algoritma segmentasi yang terdiri dari tiga proses yaitu : pertama adalah penentuan kandidat posisi titik berupa nilai y maksimum dan minimum lokal, kedua adalah eliminasi titik-titik y non-maksimum & non-minimum lokal [17].



**Gambar 5.** Skema Tahapan Proses Segmentasi Tanda Tangan Online

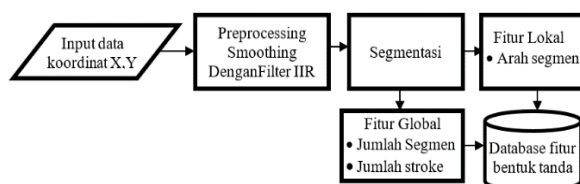
Gambar 5 memperlihatkan satu contoh hasil proses segmentasi tanda tangan. Gambar 5-a adalah tanda tangan hasil filtering sebagai input proses segmentasi. Gambar 5-b menunjukkan kandidat posisi titik-titik segmentasi sepanjang koordinat x dimana tinggi garis pada titik tersebut menunjukkan nilai maksimum dan minimum koordinat y. Gambar 5-c merupakan hasil eliminasi titik-titik yang diidentifikasi bukan sebagai nilai maksimum dan minimum koordinat y yang sebenarnya (non-maksimum&non-minimum lokal).Mengacu pada titik-titik ini lah, segmentasi tanda tangan dilakukan dan hasilnya terlihat pada gambar 5-d. Pada contoh tanda tangan ini diperoleh 19 segmen, dimana setiap segmen ditandai dengan warna yang berbeda. Jumlah stroke dan jumlah segmen yang terbentuk dapat dijadikan sebagai fitur global dari setiap tanda tangan tersebut.



**Gambar 6.** Hasil Proses Segmentasi (a) Input tanda tangan (b) Hasil proses penentuan posisi nilai maksimum & minimum lokal koordinat y (c) Hasil eliminasi non-maksimum & non-minimum lokal dan (d) Hasil segmentasi.

**2.5 Ekstraksi Fitur (Feature Extraction)**

Tahap berikutnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur adalah proses pengambilan ciri-ciri atau karakteristik suatu objek untuk membedakan dengan objek yang satu dengan yang objek lainnya [18]. Setiap tanda tangan pasti mempunyai ciri-ciri yang berbeda dengan tanda tangan lainnya. Ciri ini dijadikan paramater untuk membandingkan ciri yang sama pada objek yang berbeda. Pada tahap ini dilakukan analisis karakteristik/fitur tanda tangan secara global dan analisis karakteristik tanda tangan secara lokal. Tahapan ekstraksi fitur digambarkan pada gambar 6.

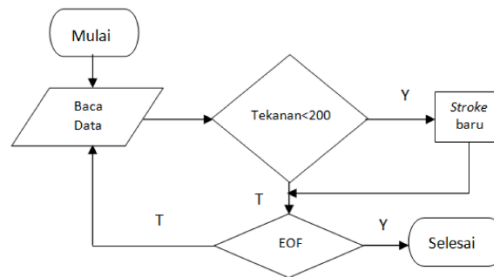


**Gambar 7.** Proses Ekstraksi Fitur

Ekstraksi ciri memainkan peran yang sangat penting dalam identifikasi tanda tangan online. Dalam tahap ekstraksi ciri, diambil beberapa fitur diskriminan yang akan digunakan untuk membedakan tanda tangan asli dan palsu. Keberhasilan tingkat pengenalan sangat tergantung pada pemilihan fitur-fitur yang ada pada sebuah tanda tangan.

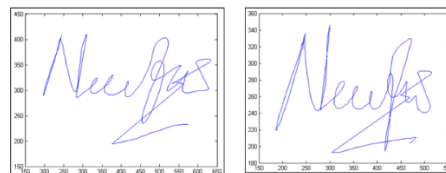
**2.5.1 Ekstraksi Fitur Bentuk (Global Feature Extraction)**

Pada analisis fitur global, olah data dilakukan pada keseluruhan data matriks yang ada. Analisis fitur global adalah proses untuk menentukan besarnya jumlah stroke dan jumlah segmen tanda tangan yang utuh (tidak tersegmen). Stroke tanda tangan merupakan gerakan tangan manusia dalam menulis mulai dari pena diletakkan sampai pena diangkat. Jumlah stroke dihitung dari berapa kali seseorang meletakkan dan mengangkat pena dalam sekali goresan penulisan tanda tangan. Pada penelitian ini, nilai stroke dilihat dari informasi nilai tekanan yang terekam saat seseorang menuliskan tanda tangan diatas tablet digitizer. Nilai tekanan yang menandai sebuah stroke dimulai atau diakhiri adalah pada tekanan lebih kecil dari 200. Jadi jika terdapat informasi nilai tekanan lebih kecil dari 200 artinya ada perubahan stroke.



**Gambar 8.** Flowchart Penentuan Stroke Suatu Tanda Tangan

Jumlah segmen dalam sebuah tanda tangan dihitung dari perubahan nilai koordinat y dari maksimum ke minimum atau dari minimum ke maksimum sepanjang stroke pada tanda tangan, yang sudah melalui proses eliminasi titik-titik yang diidentifikasi bukan sebagai nilai maksimum dan minimum koordinat y yang sebenarnya (non-maksimum dan non-minimum lokal).

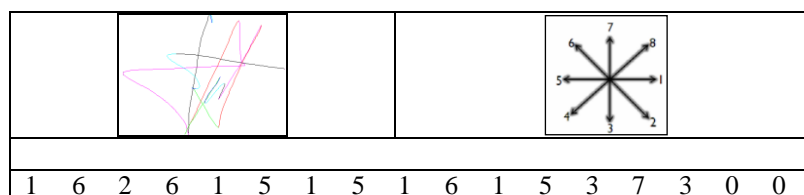


**Gambar 9.** Dua Tangan dari Responden yang Sama dan Letaknya pada Sumbu x dan y

**2.5.2 Ekstraksi Fitur Bentuk Lokal (Local Feature Extraction)**

Selain analisis karakteristik global, penentuan ciri juga dapat dilakukan dengan melakukan analisis karakteristik lokal yang dilakukan secara lokal pada setiap segemen yang terbentuk dari hasil proses segmentasi. Fitur lokal merupakan sesuatu yang menggambarkan karakteristik penulisan setiap segmen, salah satunya adalah arah segmen.

Untuk mengenali pola dari tanda tangan, dibutuhkan adanya ciri-ciri khusus. Ciri yang bagus adalah ciri yang memiliki daya pembeda yang tinggi, sehingga pengelompokan pola berdasarkan ciri yang dimiliki dapat menghasilkan keakuratan yang tinggi. Chain code adalah metode yang melakukan penelusuran sinyal tanda tangan dengan panduan arah mata angin [14].



**Gambar 10.** (a) Tanda tangan seorang responden dengan 17 jumlah segmen (b) Acuan arah mata angin (c) Arah penelusuran awal (d) Hasil chain code tanda tangan responden

Setiap tanda tangan yang sudah di segmen, selanjutnya diproses untuk mendapat arah mata angin dari setiap segmen. Panjang urutan chain-code untuk setiap tanda tangan berbeda, tergantung dari berapa jumlah segmen pada tanda tangan tersebut. Nilai chain code akan berkisar antara 1 sampai 8, tergantung pada arah mata angin dari setiap segmen tanda tangan. Algoritma yang melibatkan meliputi Learning Vector Quantization, deteksi tepi Sobel, dan ekstraksi fitur Local Binary Pattern untuk mengidentifikasi tanda tangan. Hasil penelitian

menunjukkan, jumlah data citra, iterasi, dan learning rate mempengaruhi akurasi dan waktu proses identifikasi. Dari percobaan yang dilakukan pada parameter yang berbeda-beda, akurasi yang didapat adalah 68% [13]

**2.6 Identifikasi Pemilik Tanda Tangan**

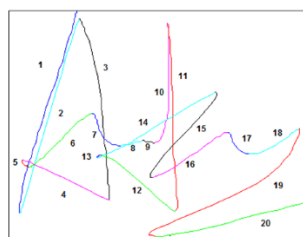
Proses identifikasi tanda tangan adalah proses mengenali pemilik tanda tangan. Proses ini akan mencari kesamaan fitur dari input tanda tangan kueri terhadap fitur tanda tangan yang tersimpan di basis data dengan mengetahui jumlah segmen dari tanda tangan input [19] [20]. Tanda tangan di basis data yang memiliki jumlah segmen yang memiliki jarak tertentu dengan jumlah segmen tanda tangan yang dicari saja yang dinyatakan memiliki kemiripan dan dijadikan sebagai kandidat tanda tangan untuk proses selanjutnya. Pseudocode dari tahapan mencari kesamaan fitur jumlah segmen antara tanda tangan yang dicari dengan tanda tangan di basis data adalah sebagai berikut:

1. Untuk x = 1 sampai end of data.jumlah\_segmen  
 Jika (data\_tes.jumlah\_segmen <= data.jumlah\_segmen)  
 a = a+1;  
 idx\_nb[a] = x;  
 Akhir jika  
 Akhir x
2. Jika (a = 0)  
 label\_hasil\_tes = 'tidak teridentifikasi'  
 index\_hasil\_tes = 0  
 jika tidak proses mencari kesamaan nilai arah segmen

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Ekstraksi Fitur Bentuk Global**

Pada proses segmentasi tanda tangan online, setiap segmen yang dihasilkan selalu berada pada dua titik ayunan gerakan tanda tangan dari atas ke bawah (turun) atau dari bawah ke atas (naik). Hal ini ditandai oleh perubahan naik turunnya nilai koordinat Y sepanjang goresan tanda tangan. Perubahan naik turunnya nilai koordinat Y yaitu perubahan nilai koordinat Y dari maksimum ke minimum atau dari minimum ke maksimum. Segmen-segmen yang terbentuk mengikuti kaidah tersebut ditampilkan dengan perubahan warna yang dimulai dari penulisan awal tanda tangan sampai akhir dari tanda tangan. Hasil segmentasi tanda tangan online dapat dilihat pada contoh Gambar 10 dengan memiliki 20 segmen, terdiri dari: warna biru (1,7,13,17), warna cyan (2,8,14,18), warna hitam (3,9,15), warna magenta (4,10,16), warna merah (5,11,19) dan warna hijau (6,12,20).



**Gambar 11.** Hasil Segmentasi

Dari data koordinat setiap titik dan tekanan pada setiap titik tersebut disepanjang penulisan sebuah tanda tangan, diperoleh beberapa ciri atau karakteristik dari tanda tangan. Fitur tanda tangan dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok fitur global dan kelompok fitur local. Tabel 1 menampilkan data hasil ekstraksi fitur global dari 60 tandatangan sampel dari 12 orang penulis.

**Tabel 1.** Hasil ekstraksi ciri global tanda tangan online dari 12 orang responden

	JUMLAH STROKE					JUMLAH SEGMENT				
	Data-1	Data-2	Data-3	Data-4	Data-5	Data-1	Data-2	Data-3	Data-4	Data-5
R1	5	6	3	3	4	20	16	18	18	21
R2	5	4	4	3	5	27	25	24	26	26
R3	6	6	6	6	6	21	20	20	21	18
R4	3	7	4	6	4	23	23	23	21	23
R5	4	2	3	3	4	17	12	17	12	13
R6	6	5	5	5	3	35	35	31	33	29
R7	2	4	2	3	3	19	20	20	17	18
R8	2	2	3	2	2	16	13	13	17	17
R9	6	4	4	5	6	16	15	17	15	17
R10	2	2	2	2	2	36	31	31	29	31

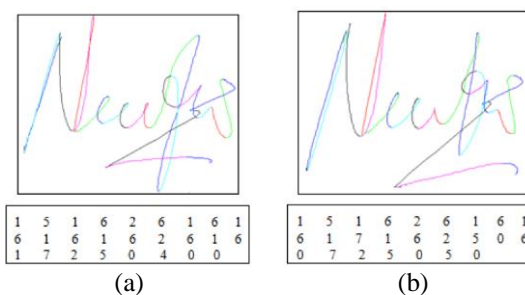
	JUMLAH STROKE					JUMLAH SEGMENT				
	Data-1	Data-2	Data-3	Data-4	Data-5	Data-1	Data-2	Data-3	Data-4	Data-5
R11	6	6	7	6	5	21	21	21	21	21
R12	2	3	2	2	2	13	14	15	15	13

Angka-angka di atas menunjukkan nilai-nilai fitur global untuk seorang responden. Dari tabel 1 di atas, terlihat bahwa seorang penulis mempunyai jumlah stroke dengan kisaran yang hampir sama dalam menulis tanda tangan, seperti responden 7 (R7) yang mempunyai jumlah stroke berkisar antara 2 sampai 4 dan responden 9 (R9) yang mempunyai jumlah stroke antara 4 sampai 6. Nilai-nilai fitur jumlah stroke tersebut sekaligus menunjukkan bahwa antara seseorang dengan orang lainnya mempunyai perbedaan. Begitu juga untuk fitur jumlah segmen yang mempunyai kisaran nilai tertentu untuk seseorang seperti responden 7 (R7) yang mempunyai jumlah segmen antara 17 sampai 20 dan responden 9 (R9) yang mempunyai jumlah segmen antara 15 sampai 17. Dari contoh tersebut terlihat nilai-nilai fitur jumlah segmen untuk setiap orangnya juga mempunyai kisaran nilai yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa ditinjau dari nilai-nilai yang ada pada karakteristik kedua fitur tersebut yaitu jumlah stroke dan jumlah segmen, maka fitur-fitur tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi pemilik sebuah tanda tangan. Adanya perbedaan nilai pada fitur jumlah stroke dan jumlah segmen, sangat dipengaruhi licinnya permukaan alat yang digunakan untuk akuisisi data pada saat pengambilan data dengan cara menuliskan tanda tangan diatas tablet digitizer.

Dari hasil ekstraksi fitur global tersebut akan dilihat lebih ciri lebih detail dari tanda tangan seseorang, karena itu diperlukan ekstraksi fitur lokal. Proses ekstraksi fitur global, salah satunya menghasilkan nilai jumlah segmen dari setiap tanda tangan. Dari nilai jumlah segmen ini kemudian didapat fitur lokal tanda tangan yaitu arah dari setiap segmen tanda tangan.

### 3.2 Hasil Ekstraksi Fitur Bentuk Lokal

Kode rantai yang didapat pada penelitian ini adalah konversi arah kurva hasil segmentasi ke dalam kode rantai. Panjang urutan chain code untuk setiap tanda tangan berbeda, tergantung dari berapa jumlah segmen pada tanda tangan tersebut. Nilai chain code akan berkisar antara 0 sampai 7, tergantung pada arah mata angin dari setiap segmen tanda tangan. Setelah proses konversi kode rantai, data kode rantai ini disimpan sebagai informasi arah pada basis data. Gambar 12 adalah hasil segmentasi dan kode untuk 11- (a) tanda tangan ke-4 responden ke-2 (R2.4) dengan jumlah segmen 26, dan gambar 11- (b) tanda tangan ke-2 responden ke-2 (R2.2) dengan 25 jumlah segmen.



**Gambar 12.** Hasil segmentasi dan kode rantai (a) Tanda tangan ke-4 responden 2 (R2.4) dengan 26 jumlah segmen (b) Tanda tangan ke-2 responden 2 (R2.2) dengan 25 jumlah segmen

Tabel 2 menunjukkan ekstraksi ciri lokal tanda tangan online, terlihat bahwa jumlah segmen dari seorang responden mempunyai nilai yang hampir sama. Hal ini artinya fitur jumlah segment dapat digunakan untuk mengidentifikasi seseorang. Contoh responden 1 (R1) mempunyai jumlah segmen antara 15-18, responden 3 (R3) mempunyai jumlah segmen berkisar antara 11-15. Ketidaksamaan jumlah segmen dari seorang responden disebabkan karena permukaan tablet untuk menulis tanda tangan yang licin. Sedangkan arah kurva seseorang cenderung sama, seperti responden 1 (R1) selalu mempunyai arah penulisan kurva pertama tanda tangan ke arah kanan, sedangkan responden 5 (R5) arah penulisan stroke pertama selalu mengarah ke kiri. Sedangkan untuk fitur kecepatan dan jumlah stroke terlihat nilai yang hampir sama, sehingga dua fitur ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanda tangan seseorang.

**Tabel 2.** Hasil Ekstraksi Ciri Lokal Tanda Tangan Online dari 3 Orang Responden

		Arah Segmen														
Responden ke-1					Responden ke-2					Responden ke-3						
R1-1	R1-2	R1-3	R1-4	R1-5	R2-1	R2-2	R2-3	R2-4	R2-5	R3-1	R3-2	R3-3	R3-4	R3-5		
1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	2	2	1	5	2		
6	6	5	6	6	6	2	5	5	5	6	6	6	2	6 2		
1	1	1	1	1	2	7	1	1	1	2	2	2	6	6 2		

Arah Segmen															
Responden ke-1					Responden ke-2					Responden ke-3					
R1-1	R1-2	R1-3	R1-4	R1-5	R2-1	R2-2	R2-3	R2-4	R2-5	R3-1	R3-2	R3-3	R3-4	R3-5	
6	7	6	7	6	6	2	6	6	6	6	6	6	2	6	2
0	2	2	2	0	2	6	2	2	2	2	2	2	6	6	
6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	6	2	3	
2	2	2	1	2	1	6	1	1	1	2	2	2	6	7	
6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	6	2	6	6
2	1	2	1	2	1	6	1	1	1	2	3	2	6	1	
6	6	6	7	6	6	1	6	6	6	7	0	0	2	7	
1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	2	0	2	7	2	
7	6	7	6	7	0	1	6	6	7	7	7	6	2	6	
1	1	1	3	1	1	6	1	1	1	2	2	2	6	2	
0	5	6	6	3	6	2	6	6	6	7	7	7	2	6	
1	3	1	1	0	2	6	2	2	2	2	2	2	7		
5	6	5	5	1	6	1	6	6	5	4	5	4	3		
0		2	3	5	1	5	1	1	0	2	2	2	4		
0		6	6	0	5	1	6	6	6	6	6	6	2		
3				0	1	6	1	1	0	2	2	2	6		
6				2	6	2	7	7	7	6	6	6	2		
				6	1	5	2	2	2	2			4		
					5	0	5	5	5						
					0	5	0	0	0						
					5	0	5	4	5						
					0	7		0	0						
					0			0	7						
					0										

**3.3 Hasil Identifikasi Pemilik Tanda Tangan**

Tahap awal dari tahap identifikasi adalah menguji jumlah segmen data kueri dengan jumlah segmen semua data di basis data, jika terdapat data tanda tangan di basis data yang jarak jumlah segmennya lebih kecil sama dengan dua maka data tanda tangan tersebut dimasukkan sebagai kandidat. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian semua data terhadap jumlah segmen. Hasil Pengujian membagi total jumlah benar sebanyak 52 dengan total seluruh data sebanyak 60 menghasilkan akurasi sebesar 86.7%

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Ekstraksi Fitur Jumlah Segmen

Responden	Jumlah Data	Teridentifikasi Benar
Responden ke-1	5	3
Responden ke-2	5	5
Responden ke-3	5	4
Responden ke-4	5	5
Responden ke-5	5	5
Responden ke-6	5	5
Responden ke-7	5	4
Responden ke-8	5	3
Responden ke-9	5	5
Responden ke-10	5	4
Responden ke-11	5	4
Responden ke-12	5	5

Setelah itu, arah segmen dari data kueri tanda tangan diuji dengan arah segmen kandidat tanda tangan yang didapat dari proses sebelumnya. Untuk mendapatkan pemilik tanda tangan dari data kueri maka dihitung jarak terdekat dari arah segmen data tanda tangan kueri terhadap arah segmen data tanda tangan kandidat. Penghitungan jarak dilakukan dengan jarak Manhattan. Semakin kecil jarak antara data kueri dengan data kandidat, artinya tanda tangan kueri mempunyai kemiripan yang tinggi dengan tanda tangan kandidat. Jarak terkecil dari tanda tangan kueri dengan tanda tangan kandidat diambil sebagai pemilik tanda tangan. Tabel 4 menunjukkan hasil identifikasi pemilik tanda tangan berdasarkan fitur yang digunakan.

**Tabel 4.** Hasil Identifikasi Tanda Tangan Online berdasarkan Jumlah Segmen dan Arah Segment

Responden	Jumlah Data	Teridentifikasi Benar
Responden ke-1	2	1
Responden ke-2	3	3
Responden ke-3	3	3
Responden ke-4	2	2

Responden	Jumlah Data	Teridentifikasi Benar
Responden ke-5	3	3
Responden ke-6	3	3
Responden ke-7	3	3
Responden ke-8	2	2
Responden ke-9	3	3
Responden ke-10	2	2
Responden ke-11	2	2
Responden ke-12	2	2

Pengujian identifikasi pemilik tanda tangan menggunakan fitur bentuk global dan bentuk lokal terhadap 30 data tanda tangan menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi. Dari 30 data yang kueri yang diuji, hanya satu data tanda tangan yang tidak teridentifikasi pemiliknya atau salah mengidentifikasi pemiliknya, sehingga orang yang bersangkutan harus melakukan kembali memasukkan tanda tangan kueri. Jika dilihat satu data yang salah mengidentifikasi pemiliknya ini mempunyai jarak yang sangat jauh yaitu tanda tangan ke-4 dari responden ke-1 (R1.4) dikenali sebagai tanda tangan ke-5 dari responden ke-9 (R9.5) dengan jarak Manhattan 206. Pengujian identifikasi terhadap fitur global dan lokal yaitu jumlah segmen dan arah segmen, menghasilkan tingkat akurasi sebesar 96.67%.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan fitur-fitur yang paling tepat yang dapat digunakan untuk dijadikan sebagai ciri dari tanda tangan seseorang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitur-fitur yang diusulkan dapat mengidentifikasi pemilik tanda tangan dengan benar adalah fitur jumlah stroke, jumlah segmen dan arah segmen. Fitur-fitur ini untuk tanda tangan orang yang sama mempunyai nilai-nilai hampir sama dan mempunyai nilai yang berbeda untuk tanda tangan orang lain, sehingga dapat digunakan sebagai ciri dari tanda tangan seseorang untuk menentukan pemilik tanda tangan. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur yang diekstraksi agar nilai keakuratan sistem meningkat, yaitu dengan menambahkan fitur jumlah titik potong secara keseluruhan pada analisis karakteristik global dan fitur jumlah titik potong setiap segmen pada analisis karakteristik lokal karena bisa saja terjadi jumlah titik potong pada tanda tangan satu orang dengan orang lainnya sama secara global tapi titik potong tersebut terletak pada segmen yang berbeda. Fungsi dari proses ini adalah untuk mencari lebih detil ciri atau karakteristik dari tanda tangan seseorang, untuk membedakan tanda tangan seseorang dengan orang lain.

#### REFERENCES

- [1] V. Iranmanesh, S. M. S. Ahmad, W. A. W. Adnan, S. Yussof, O. A. Arigbabu, and F. L. Malallah, "Online Handwritten Signature Verification Using Neural Network Classifier Based on Principal Component Analysis," *Sci. World J.*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/381469.
- [2] T. Fotak, M. Bača, and P. Koruga, "Handwritten Signature Identification Using Basic Concepts of Graph Theory," *WSEAS Trans. Signal Process.*, vol. 7, no. 4, pp. 145–157, 2011.
- [3] R. Jana, R. Saha, and D. Datta, "Offline Signature Verification using Euclidian Distance," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 707–710, 2014, [Online]. Available: <http://www.ijcsit.com/docs/Volume5/vol5issue01/ijcsit20140501153.pdf>
- [4] S. Pal, U. Pal, and M. Blumenstein, "Signature-Based Biometric Authentication," *Comput. Intell. Digit. Forensics Forensic Investig. Appl.*, 2014, doi: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05885-6\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05885-6_13).
- [5] K. P. Nagbhidkar and P. V. Bagdi, "Online Signature Verification on Smart Phone Using Discrete Wavelet Transforms," *IORD J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2015.
- [6] D. Impedovo and G. Pirlo, "Automatic signature verification: The state of the art," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 38, no. 5, pp. 609–635, 2008, doi: 10.1109/TSMCC.2008.923866.
- [7] M. Faundez-Zanuy, M. Diaz, and M. A. Ferrer, "Online Signature Recognition: A Biologically Inspired Feature Vector Splitting Approach," *Cognit. Comput.*, 2023, doi: 10.1007/s12559-023-10205-9.
- [8] M. Saleem and B. Kovari, "Online signature verification using signature down-sampling and signer-dependent sampling frequency," *Neural Comput. Appl.*, vol. 0123456789, 2021, doi: 10.1007/s00521-021-06536-z.
- [9] S. Castan, J. Zhao, and J. Shen, "Optimal Filter for Edge Detection Methods and Results," *Comput. Vis. - ECCV 90 First Eur. Conf. Comput. Vision. Antibes, Fr. April 23-27, 1990. Proc.*, pp. 13–17, 1990, doi: 10.1007/BFb0014845.
- [10] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, no. Desember, 1986, doi: 10.1109/TPAMI.1986.4767851.
- [11] R. Deriche, "Using Canny's Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector," *Int. J. Comput. Vis.*, pp. 167–187, 1987.
- [12] S. Madenda, R. Missaoui, M. Paindavoine, and J. Vaillancourt, "An Enhanced Detector of Blurred and Noisy Edges," *Signal Process. Image Enhanc. Multimed. Process. Springer, Boston, MA*, pp. 127–140, 2014, doi: 10.1007/978-0-387-72500-0.
- [13] E. Y. Hidayat and M. F. Radiffananda, "Pengenalan Tanda Tangan Menggunakan Learning Vector Quantization dan Ekstraksi Fitur Local Binary Pattern," *CogITo Smart J.*, vol. 5, no. 2, pp. 123–136, 2019, doi:

10.31154/cogito.v5i2.180.123-136.

- [14] P. Gouton, Hayet Laggoune, R. K. Kouassi, and Michel Paidavoine, "Ridge-line optimal detector", *Optical Engineering*, vol. 39, no. 6, pp. 1602-1611, 2000.
- [15] Widodo, Suryarini. "Segmentation Handwriting Character On-line Using Characteristics Changes of Coordinate Y Value", Disertasion, Gunadarma University. 2009.
- [16] Munggaran, Lulu Chairani. "Development of Handwriting Recognition and Evaluation Algorithms to Measure Child's Writing Skills", Disertasion, Gunadarma University. 2009.
- [17] Acharya Tinku, Ray Ajoy K. "Image Processing, Principle and Application". New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2005.
- [18] Bahlmann, Claus. "Advanced Sequence Classification Techniques Applied to Online Handwriting Recognition". Dissertasion. University of Freiburg, Germany. 2004.
- [19] Shamsuddin, M. & Mohamed, A. (2008), 'Online signature slant feature identification algorithm', *WSEAS Transactions on Computer Research* 3, 121-130. S
- [20] B.C. Octariadi and Y. Brianorman, "Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation", *Jurnal Teknoinfo*, Vol 14 No. 1, pp. 15-21 , 2020.