

# Sistem Verifikasi Tanda Tangan Digital Menggunakan Metoda *Principal Component Analysis*

Torkis Nasution

Program Studi Teknik Informatika STMIK-AMIK Riau  
torkisnasution@stmik-amik-riau.ac.id

## Abstrak

Tanda tangan adalah suatu informasi elektronik yang dilekatkan, terasosiasi atau terkait dengan informasi elektronik lainnya, digunakan sebagai alat verifikasi. Tanda tangan digunakan untuk mengenali identitas seseorang, sebagai upaya pencegahan tindakan melawan hukum. Agar mencapai tujuannya sebagai alat verifikasi, tanda tangan elektronik harus terikat pada informasi elektronik lainnya yang merupakan substansi dari dokumen elektronik itu sendiri. Tanda tangan elektronik juga memerlukan sistem yang dapat dipertanggung-jawabkan baik keamanan maupun informasi elektronik yang terkait. Sistem keamanan, dapat mengetahui perubahan tanda tangan elektronik maupun informasi elektronik setelah penanda-tanganan. Sistem keamanan juga harus memiliki cara tertentu untuk mengidentifikasi siapa penandatanganan agar dapat menentukan hak dan kewajiban subyektif. Sistem ini harus memiliki teknik tertentu untuk menunjukkan bahwa penanda tangan telah memberikan persetujuannya terhadap informasi elektronik yang terkait. Diperlukan suatu metoda untuk dapat memastikan suatu tanda tangan digital dibuat oleh orang yang berhak. Penelitian ini akan melakukan verifikasi atas tanda tangan digital dengan metode *Principal Components Analysis (PCA)* yang menjadi karakteristik dalam tanda tangan bagi setiap orang. Sistem dibagi menjadi tiga bagian, yaitu input data, Training, dan verifikasi. Dengan menggunakan metode ini, sistem dapat memberikan tingkat keamanan yang cukup tinggi. Sistem pengenalan tanda tangan secara digital dapat dijadikan sebagai sistem verifikasi yang akurat. Penelitian ini menghasilkan prototype, masih harus dikembangkan lagi untuk memberikan hasil yang lebih baik dan menyediakan kemudahan bagi user sehingga dapat di aplikasikan.

**Kata Kunci:** PCA, Identifikasi, Tandatangan, Digital.

## 1. Pendahuluan

Suatu dokumen hukum dimaksudkan sebagai alat bukti perihal terjadinya suatu peristiwa hukum. Dalam

bentuk yang klasik dokumen harus asli (*original*), tertulis tangan (*in writing*), dan bertanda tangan (*signed*). Namun dalam dunia yang serba elektronis seperti sekarang, bagaimana mungkin sistem hukum mampu bertahan pada tujuannya. Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi global, telah membuat *traffic* informasi dalam bentuk elektronik menjadi menu utama *gigantic network*, sebuah jaringan tunggal raksasa tanpa penguasa mutlak. Dalam *cyberspace* lalu lintas informasi itu kelihatannya hanya sebetuk imajinasi, tapi sesungguhnya dalam nyata, informasi-informasi itu mampu memenangkan dasar-dasar orang zaman sekarang untuk membuat keputusan. Pada tahun 2008 pemerintah telah mengundang Undang-undang Nomor 11 Tahun 2008 Tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) yang bercita-cita membawa revolusi besar bagi perkembangan hukum nasional, khususnya dalam hukum pembuktian. Menurut UU ITE, autentikasi hak dan kewajiban dalam sebuah dokumen elektronik dapat dilakukan dengan tanda tangan elektronik (*digital signature*). Sebagai alat bukti suatu peristiwa hukum, tanda tangan memiliki setidaknya dua fungsi [1] : (1) sebagai identitas diri pendanda tangan dan (2) sebagai tanda persetujuan hak dan kewajiban yang tercantum di dalamnya. Seperti tanda tangan manuskrip, tanda tangan elektronik juga harus meliputi kedua fungsi tersebut.

Meningkatnya kebutuhan manusia akan *privacy* (keamanan rahasia pribadi), membuat informasi yang bersifat pribadi menjadi komoditas yang sangat berharga. Perlindungan informasi yang dibutuhkan membuat dilakukannya begitu banyak penelitian dalam bidang ilmu komputer, khususnya aplikasi sistem otentikasi untuk mengenali identitas seseorang. Pengenalan pola pada tanda tangan memiliki kelebihan dibandingkan sistem otentikasi lainnya. Kelebihannya adalah orang tidak perlu repot untuk mempersiapkan data-data seperti foto. Tidak sedikit orang yang merasa keberatan dengan sistem otentikasi yang melibatkan anggota tubuh, seperti retina, sidik jari, telapak tangan yang memasukkan data ke dalam database. Data-data berupa tanda tangan yang dimiliki orang dapat diperoleh dengan mudah. Hampir semua orang mempunyai tanda tangan yang sangat

variatif. Seseorang tidak mungkin mencuri tanda tangan milik orang lain. Selain itu, seseorang tidak mungkin melupakan tanda tangan miliknya [5], kecuali pada kasus hilang ingatan. Berdasarkan hal di atas, maka memilih untuk membahas pengenalan tanda tangan. Pada hal-hal yang penting, seperti transaksi keuangan, dokumen resmi, peranan tanda tangan menjadi sangat vital. Akibatnya semakin banyak tindakan kriminal yang dilakukan oleh orang yang ahli memalsukan tanda tangan. Penelitian ini dapat membedakan pola tanda tangan asli dengan tanda tangan tiruan, biasanya sulit dikenali, sehingga dapat meningkatkan kualitas keamanan dan mencegah upaya tindakan melawan hukum.

Metode pengenalan yang dapat digunakan pada sistem verifikasi tanda tangan beragam dan bervariasi. Antara lain [5] *Surroundedness Feature, SVM, Adaptively Weighted DP Matching, Gradient Features*. Pengenalan pola-pola yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah teknik *Principal Components Analysis (PCA)*. PCA adalah perhitungan dari informasi matriks yang diperoleh dari citra untuk memperoleh karakteristik dari citra tersebut. Kelebihan dari metode PCA adalah dapat memberikan tingkat akurasi yang tinggi melalui karakteristik yang melekat pada proses pembuatan tandatangan, disamping itu tidak memerlukan waktu yang lama dalam pelaksanaan *Training*.

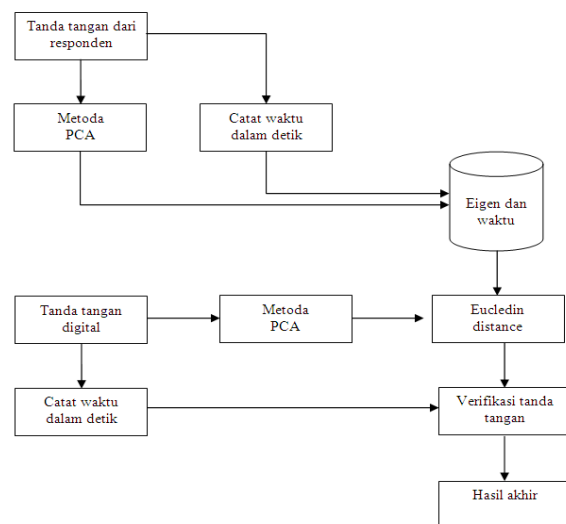
## 2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif, yaitu suatu bentuk penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia. Fenomena itu bisa berupa bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan, dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena lainnya [6]. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu, misalnya kondisi atau hubungan yang ada, pendapat yang berkembang, proses yang sedang berlangsung, akibat atau efek yang terjadi, atau tentang kecenderungan yang tengah berlangsung. Fenomena disajikan secara apa adanya hasil penelitiannya diuraikan secara jelas dan gamblang tanpa manipulasi oleh karena itu penelitian ini tidak adanya suatu hipotesis tetapi adalah pertanyaan penelitian. Analisis deskriptif dapat menggunakan analisis distribusi frekuensi yaitu menyimpulkan berdasarkan hasil rata-rata. Hasil penelitian deskriptif sering digunakan, atau dilanjutkan dengan melakukan penelitian analitik. Jenis penelitian yang termasuk dalam kategori deskriptif adalah terapan. Setiap penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan ilmiah dengan suatu tujuan praktis. Berarti hasilnya diharapkan segera dapat

dipakai untuk keperluan praktis. Misalnya penelitian untuk menunjang kegiatan pembangunan yang sedang berjalan, penelitian untuk melandasi kebijakan pengambilan keputusan atau administrator. Dilihat dari segi tujuannya, penelitian terapan berkepentingan dengan penemuan-penemuan yang berkenaan dengan aplikasi dan sesuatu konsep-konsep teoritis tertentu.

## 3. Prosedur Penelitian

Tanda tangan yang diperoleh dari pengumpulan data telah lakukan kalkulasi PCA dan waktu yang digunakan disimpan dalam datas. Selanjutnya, pada saat melakukan tanda tangan kembali akan dilakukan kalkulasi PCA dan waktu yang digunakan kemudian melakukan analisa melalui *eucledian Distance* untuk diperoleh hasil verifikasi



Gambar 1. Prosedur Penelitian

## 4. Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan adanya masalah dalam verifikasi tanda tangan digital, selanjutnya mencari literatur dalam bentuk literatur review, di ikuti dengan analisa kerja metoda terhadap masalah yang di utarakan. Untuk memperoleh sistem yang sesuai dengan tujuan penelitian, dilakukan rancangan selanjutnya melakukan input data dan *Training*. Dari data yang dimiliki dalam *Training*, sudah siap digunakan untuk melakukan verifikasi terhadap tanda tangan yang akan digunakan untuk memverifikasi keabsahana dokumen. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi empat bagian pokok [6], yaitu:

1. Metode Studi Kepustakaan, peneliti memperoleh metode berupa artikel yang mendukung penyusunan makalah dan program dari perpustakaan, internet, maupun sumber yang lain. Mempelajari

dan memahami materi-materi yang berhubungan dengan topik penelitian ini.

2. Analisa sistem, memaparkan cara kerja sistem, dengan menjelaskan secara runut cara kerja sistem.
3. Merancang sistem, merancang bentuk kerja masing-masing tahapan yang dimaksudkan dalam analisa sistem

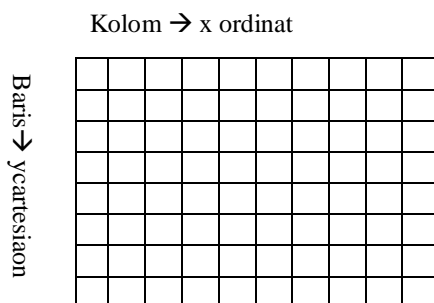
## 5. Komputer Vision

Komputer Vision adalah aplikasi metode-metode komputer untuk mengenali sekumpulan citra atau sekumpulan data multidimensi pada umumnya. Kata mengenali di artikan bahwa informasi yang spesifik di ekstraksi dari data citra untuk kegunaan tertentu. Komputer Vision juga merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali obyek di amati atau di observasi. Komputer vision juga merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali obyek yang diamati atau diobservasi. Komputer vision adalah kombinasi antara pengolahan citra dan pengenalan pola, bentuk aplikasi dari komputer vision [2] adalah :

- a. Pengenalan objek pada citra digital
- b. Penelusuran jejak
- c. Interpretasi pola
- d. Optik pengenalan pola

## 6. Citra Digital

Citra digital merupakan citra yang berbentuk array dua dimensi yang terdiri dari blok-blok kecil yang disebut piksel. Piksel merupakan elemen penyusun warna terkecil yang menyusun suatu citra. Citra dibentuk dari kota-kotak persegi yang teratur sehingga jarak horizontal dan vertikal antara piksel adalah sama pada seluruh bagian citra. Setiap piksel diwakili oleh bilangan bulat (integer) untuk menunjukkan lokasinya dalam bidang citra. Sebuah bilangan bulat juga digunakan untuk menunjukkan cahaya atau keadaan terang atau gelap piksel tersebut.



Gambar 2. Deskripsi Piksel dalam citra digital

di representasikan ke dalam matrik berukuran n x m menjadi :

$$i = \begin{bmatrix} i(1,1) & i(1,2) & i(1,M) \\ i(2,1) & i(2,2) & i(2,M) \\ i(N,1) & i(N,2) & i(N,M) \end{bmatrix}$$

Untuk menunjukkan lokasi piksel, koordinat (x,y) berfungsi untuk menunjukkan posisi sudut kiri atas pada citra, indeks x bergerak ke kanan dan indeks y bergerak ke bawah. Koordinat (x-1,y-1) digunakan untuk menunjukkan posisi kanan bawah dalam citra berukuran m x n piksel. Untuk menunjukkan tingkat pencahayaan suatu piksel, digunakan bilangan bulat yang besarnya 8 bit (1 byte) untuk setiap piksel, dengan lebar selang antara 0 – 255, di mana 0 untuk warna hitam, 255 untuk warna putih dan tingkat keabuan ditandai dengan nilai 0 - 255. Berdasarkan sifat dari nilai terkuantisasinya, citra digital dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Citra biner, yaitu citra digital pada setiap piksel-nya hanya memiliki dua kemungkinan nilai biner, yaitu 0 dan 1.
2. Citra *crayscale*, yaitu citra yang setiap piksel merupakan kesatuan tunggal, yaitu informasi intensitas. Citra jenis ini terbentuk hanya dari warna abu-abu pada tingkatan yang berbeda-beda, mulai dari warna hitam pada tingkat intensitas terendah hingga warna putih pada tingkat intensitas tertinggi. Citra ini disebut juga citra hitam putih atau citra monokromatik.

Citra warna, adalah citra digital yang setiap pikselnya mengandung informasi warna. Informasi warna ini biasanya dibentuk dari paling sedikit 3 sampel (saluran warna). Saluran warna yang umum dipakai dalam komputer adalah Red-Green-Blue (RGB), tetapi dalam konteks lain sering juga digunakan warna lain seperti Cyan-Magenta-Yellow-Black.

## 7. Metoda Principal Component Analysys

Principal Component Analysis merupakan metode matematika linier untuk merepresentasikan sebuah obyek, mengekstrak ciri-ciri sebuah obyek dan mereduksi dimensi dari obyek tersebut dengan cara men-transformasi-kan sejumlah variabel korelasi ke jumlah lebih sedikit. Metoda ini digunakan untuk menghasilkan *vector eigen*, yang merupakan *vector* karakteristik dari suatu obyek. Mempresentasikan sebuah obyek adalah mengubah intensitas piksel pada sebuah citra menjadi bentuk yang lebih sederhana, yaitu berupa sekumpulan vektor yang dinamakan Principal Component, mampu mengekstrak ciri-ciri sebuah obyek, tidak membutuhkan input berupa

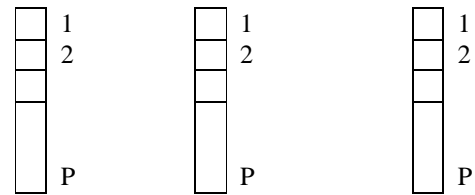
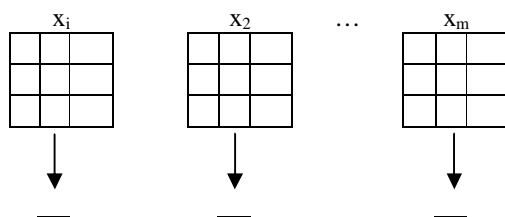
defenisi ciri-ciri sebuah obyek, tetapi mampu mengidentifikasi sendiri ciri-ciri dari sebuah obyek.

Suatu citra (Edward J. Potter, President, PSI Fraud Solutions, 2002) dapat disusun kembali oleh total bobot dari kumpulan karakteristik fitur-fitur, maka sebuah cara efisien untuk mempelajari dan mengenali sebuah citra adalah dengan membentuk karakteristik fitur-fitur dan mengenali citra tersebut dengan membandingkan bobot fitur yang dibutuhkan untuk menyusun kembali citra tersebut membandingkan bobot fitur yang dibutuhkan untuk menyusun kembali citra tersebut dengan seluruh bobot-bobot dari citra yang ada pada basis data. Tujuan penerapan metoda adalah :

1. Merekaduksi dimensi dari suatu obyek sehingga ukuran obyek aka lebih ringkas
2. Mampu mengambil karakteristik yang paling penting dari obyek yang diolah, biasanya disebut *feature extraction*. Jika dimensi lebih kecil dan informasi yang terkandung lebih penting (berupa vektor karakteristik, maka obyek tersebut akan lebih spesifik dibandingkan dengan obyek yang belum diolah sebelumnya. Hal ini tentunya akan mempermudah pemerosesan obyek lebih lanjut.

PCA menggunakan intentsitas piksel citra dalam mempresentasikan citra. Teknik matematika yang digunakan adalah eigen analysis yang menggunakan nilai eigen dan *vector eigen* dalam perhitungan. PCA merupakan teknik bersifat *shape-free*, tidak terlalu memperhatikan bentuk dari sebuah citra melainkan dari perhitungan mencari intentsitas nilai pikse. Hasilnya adalah obyek baru dengan bentuk PCA. Teknik matematika yang digunakan dalam metoda ini disebut analisis eigen, untuk memperoleh nilai eigen dan vektor eigen dari sebuah matriks persegi simentris dengan jumlah dari perkalian. Vektor eigen berhubungan dengan nilai eigen terbesar mempunyai array yang sama seperti principal component yang pertama. Vektor eigen berhubungan dengan nilai eigen terbesar kedua menentukan arah dari principal componen kedua. Jumlah dari nilai eigen dengan pembacaan dari matrik persegi dan jumlah maksimal dari vektor eigen sama dengan jumlah baris (atau kolom) dari matrik ini. Langkah-langkah perhitungan dalam pelatihan PCA adalah sebagai berikut:

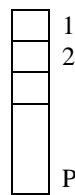
1. Menyiapkan data, pada langkah ini, citra-citra ( $x_i$ ) harus disiapkan terlebih dahulu sebelumnya untuk pemerosesan.



2. Mengurangi citra dengan rata-rata (mean)

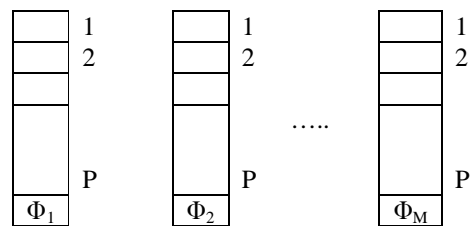
$$\psi_x = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M x_n$$

Adalah rerata seluruh citra  $x_i$



$$\phi = x_i - \psi_x$$

Diperoleh :



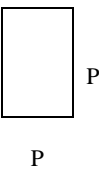
3. Menghitung kovarian matriks

$$C_X = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \phi_n \phi_n^T$$

$$\phi_1 * \phi_1^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ P \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \begin{matrix} P \\ P \\ P \end{matrix}$$

$$\phi_2 * \phi_2^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ P \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \begin{matrix} P \\ P \\ P \end{matrix}$$

$$\phi_n * \phi_n^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ P \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \begin{matrix} P \\ P \\ P \end{matrix}$$

peroleh matrik kovarian  $C_x$   $\frac{1}{m} x$  

4. Menghitung *eigen vector* dan *eigen value* dari kovarian matriks, pada langkah ini, *eigen vector*  $U_i$  yang diperoleh bersesuaian dengan *eigen value*  $\gamma_i$ . Dari matrik kovarian  $C_x$  diperoleh sekumpulan *eigen vector* dan bersesuaian dengan *eigen value*-nya. Anggap  $A$  adalah sebuah matrik yang barisnya dibentuk dari *eigen vector*, dengan urutan baris pertama dari matriks  $A$  merupakan *eigen vector* yang mempunyai *eigen value* tertinggi, dan baris terakhir dari matriks  $A$  merupakan *eigen vector* yang mempunyai *eigen value* terendah.

$$y = A(x - \Psi_x)$$

$$\Psi_y = 0$$

$$C_y = AC_x A^T$$

ekspresi pada  $y = A(x - \Psi_x)$  diatas disebut Principal Components Transform. Matriks  $A$  pada ekspresi diatas merupakan sebuah matrik tranformasi untuk mengubah vektor  $x$  yang saling tergantung (dependent) menjadi suatu vektor  $y$  yang tidak saling tergantung (independent), maka rata-rata dari vektor  $y$  adalah 0.

Data yang digunakan pada Karhunen Loeve Tranform (KLT) merupakan data yang saling ketergantungan. Oleh karena itu, perhigungan PCA digunakan agar untuk menghilangkan korelasi antara data. Dengan tidak adanya korelasi antara data, maka pengurangan salah satu koefisien dari KLT tidak akan berpengaruh pada proses selanjutnya. Selain itu tujuan dari KLT tidak akan berpengaruh pada proses selanjutnya. Selain itu tujuan dari KLT ini adalah untuk mendapatkan *eigen vector* yang bersesuaian dengan *eigen value*-nya. Lebih lanjut dilihat dari asal matrik  $A$  dibentuk, maka  $C_y$  merupakan sebuah matrik diagonal yang element disepanjang diagonal utamanya adalah *eigen value* dari  $C_x$ . Dibawah ini penjelasannya untuk mencari nilai eigen : suatu persamaan  $A=0$  hanya mempunyai penyelesaian nol (trivial) di mana  $\det(A)=0$ . Supaya nilai  $\gamma$  yang dihasilkan merupakan nilai eigen, maka harus dicari penyelesaian tak nol (nol trivial) dari persamaan diatas, jika dah hanya jika:

$$\det(\gamma I - A) = 0$$

Jika  $A$  adalah suatu matrik  $n \times n$ , maka persamaan berikut ini adalah persamaan karakter dari  $A$ :

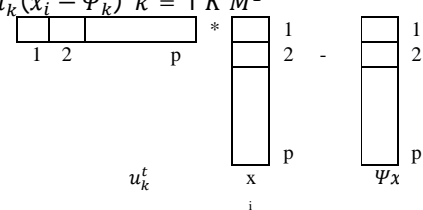
$$\det(\gamma I - A) = \gamma^n c_1 \gamma^{n-1} + \dots + c_n$$

Karena  $\det(\gamma I - A) = 0$ , maka :

$$\gamma^n + c_1 \gamma^{n-1} + \dots + c_n = 0$$

Persamaan diatas disebut sebagai polinom karakteristik dari  $A$ , yang mempunyai paling banyak  $n$  penyelesaian yang berbeda, sehingga suatu matri  $n \times n$  mempunyai paling banyak  $n$  nilai eigen yang berbeda dan  $n$  vektor eigen yang berbeda.

- Memilih komponen penting (principal component), dari  $M$  *eigen vector*  $U_i$  yang dihasilkan hanya  $M'$  yang akan dipilih berdasarkan *eigen value* tertinggi. Makin tinggi nilai *eigen value*, makin banyak karakteristik fitur dari citra yang dideskripsikan oleh *eigen vector* tersebut. Sebaliknya *eigen vector* dengan *eigen value* yang rendah diabaikan, karena hanya mewakili sebagian kecil saja dari karakteristik fitur dari citra. Setelah  $M'$  *eigen vector*  $U_i$  ditentukan, maka fase pelatihan pada algoritma PCA selesai
- Bentuk feature vector  $\Omega_i^t$  setiap citra pada basis data

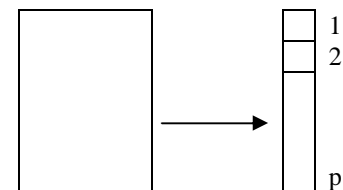
$$\omega_k = u_k^T (x_i - \Psi_k) \quad k = 1 \dots K \quad M^1$$


$$\Omega_i^T = [\omega_1 \omega_2 \dots \omega_M]$$

Citra 1:  $\Omega_1 = [\wedge \wedge \wedge]$   
 Citra 2:  $\Omega_2 = [\wedge \wedge \wedge]$   
 ...  
 Citra m:  $\Omega_m = [\wedge \wedge \wedge]$

Langkah-langkah perhitungan dalam pelatihan PCA adalah sebagai berikut :

- Citra baru distranformasikan ke alam komponen PCA, hasil bobot-bobot citra baru membuat vektor bobot  $\Omega_{new}^T$ , citra yang akan di uji adalah

$$x_{new}$$


$$\omega_k = u_k^T (x_i - \Psi_k) \quad k = 1 \dots K \quad M^1$$

$$\omega_k = \begin{matrix} \boxed{\phantom{0}} & \boxed{\phantom{0}} & \dots & \boxed{\phantom{0}} \\ 1 & 2 & & p \end{matrix} * \begin{matrix} \boxed{\phantom{0}} & 1 \\ \boxed{\phantom{0}} & 2 \\ \vdots & \vdots \\ \boxed{\phantom{0}} & p \end{matrix} - \begin{matrix} \boxed{\phantom{0}} & 1 \\ \boxed{\phantom{0}} & 2 \\ \vdots & \vdots \\ \boxed{\phantom{0}} & p \end{matrix}$$

$u_k^t$                        $x$                        $\psi_x$

$i$      $i$

$$\Omega_i^T = [\omega_1 \omega_2 \dots \omega_M]$$

b. Menghitung jarak antara dua vektor bobot  $\Omega_{new}^T$  dan  $\Omega_i^T$  dengan menggunakan persamaan euclidean distance. Klasifikasi dilakukan dengan membandingkan *feature vector* citra input dengan *feature vector* citra pada basis data serta membandingkan citra pada basis data hasil rekonstruksi dengan citra input. Perbandingan ini didasarkan pada jarak euclidean antara kedua vektor tersebut. Jarak euclidean antara kedua vektor mendeskripsikan sebuah penekanan akan adanya kesamaan antara citra  $i$  dan citra  $j$ . perhitungan jarak euclidean ini dapat menggunakan sebuah nilai *threshold*  $\theta$  yang merupakan jarak maksimum yang dapat di toleransi. Apabila jarak euclidean antara bobot citra input dengan bobot citra pada basis data melebihi nilai *threshold*  $\theta$  dan gambar yang diuji tidak dikenali sebagai citra yang sama, maka dapat di asumsikan bahwa citra input tersebut tidak dikenali. Sebaliknya jika jarak euclidean bobot citra input dengan bobot citra pada basis data lebih kecil atau sama dengan nilai *threshold*  $\theta$  dan citra yang di uji dikenali sebagai citra yang sama, maka diasumsikan input tersebut dikenali. Persamaan untuk menghitung jarak euclidean antara vektor  $x_i$  dan  $x_j$  dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

$$d(x_i, y_j) = \sqrt{\sum_{r=1}^n (a_r(x_i) - a_r(x_j))^2}$$

Dimana  $x$  dideskripsikan oleh *feature vector* :

$$x = [a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x)]$$

Perhitungan jarak euclidean pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$\epsilon_k = \sqrt{\sum_{r=1}^n (a_r(\Omega_{new}) - a_r(\Omega_i))^2}$$

Dimana

$\Omega_{new}$  adalah *feature vector* citra baru;

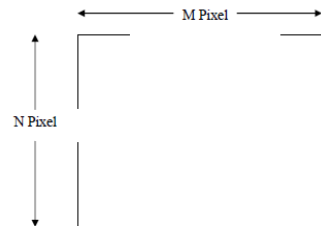
$\Omega_i$  adalah *feature vector* citra pada basis data;

Sedangkan persamaan untuk menghitung nilai *threshold*  $\theta$  adalah sebagai berikut:

$$\theta = \frac{1}{2} \max_{j,k} \{|\Omega_i - \Omega_k|\}; j, k = 1, \dots, n$$

Dimana  $n$  adalah jumlah citra yang digunakan pada pembelajaran

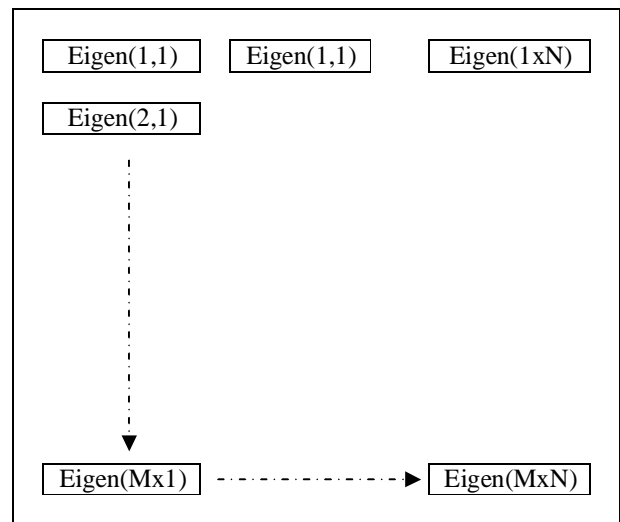
Tampilan *eigenvalue* dan *eigenvector* pada tablet digitizer terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 4. Ukuran dari citra tanda tangan

	Eigen (1)	
	Eigen (2)	
	⋮	
	▼	
	Eigen (MxN)	

Gambar 5. *eigen vector* yang dihasilkan dari citra



Gambar 6. *eigen value* yang dihasilkan dari citra

### 8. Verifikasi Tanda Tangan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ekenel (2005), diambil kesimpulan bahwa metoda PCA memiliki *recognition rate* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode DCT, hasilnya adalah :

**Tabel 1. Tabel hasil perbandingan metode PCA dan DCT pada penelitian Ekenel**

Metode	PCA	DCT
Yale database	75.6%	74.4%
CMU-PIE database	57.1%	44.1%

Tanda tangan tertulis dari seseorang pada umumnya digunakan untuk mengotentikasi sebuah identitas seseorang atau suatu dokumen penting. Pada umumnya pemeriksaan tanda tangan dilakukan secara visual. Seseorang akan membandingkan penampilan dua buah tanda tangan dan akan menerima tanda tangan tersebut bila ternyata bentuk tanda tangan tersebut ternyata sama dengan tanda tangan otentik yang disimpan sebelumnya. Pada kenyataannya situasi dunia nyata, proses verifikasi tanda tangan sebenarnya tidak terjadi sama sekali. Sebagai solusi, mengotomatisasi proses verifikasi tanda tangan ini akan meningkatkan kualitas dan menutup celah perbuatan curang. Verifikasi tanda tangan secara otomatis dapat dibagi menjadi dua bagian :

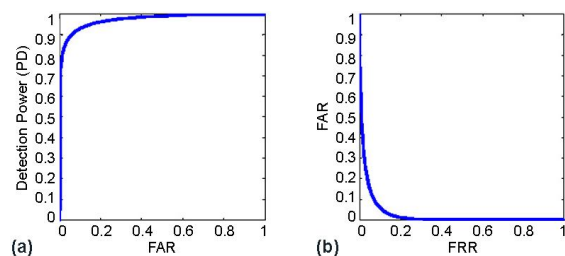
1. *Off-line signature verification* (verifikasi tanda tangan secara *off-line*)
2. *On-line signature verification* (verifikasi tanda tangan secara *off-line*)

Pada verifikasi tanda tangan secara *off-line*, tanda tangan yang tersedia pada sebuah dokumen di-*scan* sehingga bisa mendapatkan representasi secara digital dari citra tanda tangan tersebut. Menggunakan metoda *off-line*, tanda tangan sulit untuk diambil, hanya dengan menggunakan alat khusus dengan menggunakan *scanner*, dan dokumen tidak diperlukan dalam bentuk elektronik. Sementara, langkah preprocessing sebelum mengambil informasi yang ada pada tanda tangan lebih sulit. Hal yang penting adalah bahwa pada verifikasi tanda tangan secara *off-line* tidak dapat di ambil informasi yang sifatnya temporal, yaitu arah gerakan dan waktu dari tanda tangan pada saat ditulis, sehingga semua informasi yang diambil hanya berdasarkan gambar saja. Akibatnya tanda tangan akan mudah di palsukan oleh seseorang sekalipun bukan ahli dalam bidang pemalsuan. Proses verifikasi tanda tangan secara *on-line*, menangkap dynamic dari sebuah tanda tangan ditambah bentuknya, sehingga bukan hanya membandingkan bentuknya saja sehingga lebih sulit untuk dipalsukan (*forge*). Proses secara *on-line* ini mengharuskan signer untuk hadir pada saat tanda tangan.

### 8.1. Evaluasi Performa

Berdasarkan pendapat Edward J. Potter (2002), *performance evaluation* merupakan bagian yang paling penting dari sistem dan pada umumnya para peneliti

menggunakan himpunan tanda tangan asli (*set of genuine signature*) dan percobaan pemalsuan tanda tangan (*forgery attempts*) yang dikumpulkan oleh mereka ataupun oleh orang lain untuk diuji kedalam sistem. Mengevaluasi sistem verifikasi memerlukan adanya analisis dua macam *error*. Presentase ditolaknya tanda tangan asli yang dimasukkan dalam knowledge string dan tanda tangan asli (*test signature*) dari pengguna yang otentik disebut sebagai *False Rejection Rate* (FRR), sedangkan presentasae diterimanya tanda tangan palsu (*forgeries*) disebut sebagai *False Acceptance Rate* (FAR). Jika sistem diharapkan memberikan sistem keamanan yang tinggi, maka *False Acceptance Rate* haruslah sangat rendah dan akan sangat berpotensi mengganggu kenyamanan pengguna. Sebaliknya jika sistem memberikan tingkat keamanan yang biasa saja, maka *False Acceptance Rate* tinggi masih dapat diterima. Hubungan antara *False Acceptance Rate* dengan *False Rejection Rate* dapat dilihat pada kurva yang dinamakan *error tradeoff curve* pada gambar 2.7 pada gambar kurva tersebut sumbu x menunjukkan presentase *False Rejection Rate* dan pada sumbu y menunjukkan presentase *False Acceptance Rate*



**Gambar 8. Error tradeoff curve**

1. *False Acceptance Rate*, adalah presentase tingkat penerimaan salah tanda tangan. Evaluasi peroforma pada FAR tergantung pada dua tipe pengujian, yaitu
  - a. *zero-effort signature*, menurut McCabe (1997), disebut juga random forgery, adalah sewaktu tanda tangan asli dari pengguna lain digunakan sebagai pemalsuan, atau pda saat sang pemalsu tidak mengetahui tanda tangan aslinya sama sekali dan hanya diberikan nama dari yang akan dipalsukan atau hanya diminta untuk membuat sembarangan tanda tangan tanpa mengetahui bentuknya sama sekali.
  - b. *skilled forgery signature*, adalah apablila tanda tangan yang dihasilkan berasal dari pemalsu tanda tangan, dimana orang tersebut memiliki referensi bentuk tanda tangan aslinya untuk dipalsukan. Nilai FAR diperoleh dari rata-rata hasil penjumlahan presentase *zero-effort* yang diterima dan presentase *skilled forgery* yang diterima.

2. *False Rejection Rate*, adalah presentase tingkat penolakan tanda tangan yang berasal dari penandatanganan yang otentik. Evaluasi performa pada FRR juga terdiri dari dua tipe pengujian yaitu:
  - a. *Original signautre* atau *Reference signature* adalah presentase penolakan tanda tangan yang berasal dari data referensi tanda tangan itu sendiri yang sebelumnya digunakan untuk diambil *feature*-nya yang nilainya telah disimpan dalam knowledge storate. Pada uji evaluasi ini seharusnya orginial signature ini selalau menghasilkan nilai nol persen, yaitu tidak ada penolakan sama sekali.
  - b. *Test signature* adalah presentase penolakan tanda tangan yang dilkakukan oleh pemilik tanda tangan yang otentik, tetapi data tanda tangan ini tidak terdapat di dalam knowledge storage sehingga nilainya tidak ada di dalam referensi tanda tangan. Nilai FRR diperoleh dari rata-rata hasil penjumlahan presentase original signature yang ditolak dan presentase test signature yang ditolak.

3. *Error System dan Accuracy*, adalah perhitungan error sistem pada sistem verifikasi tanda tangan yang dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Error System} = (25\% * \text{original signature FRR}) + (25\% * \text{test signature FRR}) + (25\% * \text{zero effort signature FRR}) + (25\% * \text{skilled forgery signature FRR})$$

Perhitungan tingkat akurasi pada sistem verifikasi tanda tangan adalah sebagai berikut :

$$\text{Accuracy} = 100\% - \{(50\% * \text{FAR}) + (50\% * \text{FRR})\}$$

atau

$$\text{Accuracy} = 100\% - \text{Error System}$$






### 8.2. Penggunaan Verifikasi *On-line*

Verifikasi tanda tangan terdiri dari dua macam, yaitu verifikasi secara *off-line* dan *on-line*. Verifikasi secara *off-line* dilakukan dengan memperoleh referensi citra tanda tangan yang terdapat pada sebuah kertas dan citra tersebut dimasukkan ke dalam komputer untuk keperluan *Training* maupun verifikasi. Sedangkan verifikasi secara *on-line* dilakukan dengan membubuhkan tanda tangan di atas sebuah papan digital (*digitizer*) dan data referensi tanda tangan disimpan dalam storage maupun langsung dipakai untuk proses verifikasi. Pada penelitian ini, dilakukan proses verifikasi tanda tangan secara *on-line*, karena verifikasi secara *on-line* memiliki kelebihan-kelebihan sebagai berikut:

1. Verifikasi secara *on-line* dapat mengambil informasi waktu saat pembubuhan tanda tangan. Informasi waktu memegang peranan penting dalam proses verifikasi tanda tangan. Dengan adanya informasi waktu, tingkat keamanan sistem akan lebih tinggi. Hal ini dikarenakan seorang pemalsu tanda tangan dapat memalsukan bentuk dari tanda tangan, tetapi akan mengalami kesulitan untuk memalsukan waktu yang diperlukan untuk pembubuhan tanda tangan.
2. Verifikasi secara *on-line* dapat mendeteksi penekanan dan pengangkatan pen. Informasi waktu yang diperoleh akan menjadi lebih berguna bila digabungkan dengan pendeteksian penekanan dan pengangkatan pen. Informasi waktu akan dipisahkan sesuai dengan penekanan dan pengangkatan pen. Dalam hal ini, verifikasi bahkan dapat mengenali urutan tanda tangan. Sebuah tanda tangan dapat dipalsukan, tetapi untuk memalsukan urutan tanda tangan akan menjadi sangat sulit.

### 8.3. Analisa Pemakaian *Time Stroke*

Verifikasi tanda tangan secara *on-line* memiliki kelebihan yaitu memperoleh informasi waktu. Dengan adanya informasi waktu , dapat diperoleh informasi total waktu yang dibutuhkan untuk mebubuhkan tanda tangan. Tetapi penggunaan informasi total waktu tidak akan cukup mendeskripsikan tanda tangan tersebut, karena akan banyak orang yang memiliki informasi total waktu tersebut. Oleh karena itu, informasi waktu ini dipisahkan kembali berdasarkan setiap penekanan dan pengangkatan pen. Setiap penekanan dan pengangkatan pen disebut sebagai satu *time stroke*. *Time stroke* yang diperoleh dari setiap tanda tangan menunjukkan karakteristik dari tanda tangan tersebut. Jumlah *time stroke* yang dimiliki setiap tanda tangan berbeda-beda. Beberapa tanda tangan hanya memiliki satu *time stroke* saja, tetapi umumnya sebuah tanda tangan memiliki jumlah *time stroke* lebih dari satu. Dilihat dari 25 orang yang melakukan tanda tangan, jumlah maksimal *time stroke* yang diperoleh dari setiap tanda tangan adalah lima buah. Jika sistem menggunakan jumlah *time stroke* yang digunakan terlalu banyak, maka *time stroke* yang kelebihan tidak akan terpakai dan kinerja sistem akan menjadi tidak efektif. Oleh karena itu, sistem melakukan verifikasi dengan menggunakan lima buah *time stroke* sesuai dengan hasil yang diperoleh saat melakukan pengumpulan data tanda tangan seperti yang terlihat pada lampiran data waktu tanda tangan.

				
T1	T2	T3	T4	T5

Gambar 9. Pembubuhan Tanda Tangan



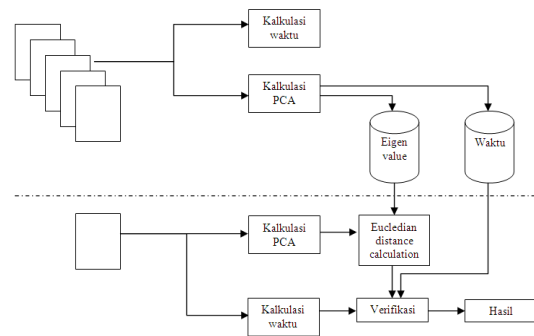
### 8.4. Analisis Penggunaan Metode PCA

Tujuan dibuatnya sistem verifikasi ialah untuk memberikan keamanan bagi para pemilik tanda tangan. Sistem verifikasi yang baik diharapkan dapat memberikan tingkat akurasi yang relatif tinggi. Selain itu, sistem verifikasi juga dapat memberikan fleksibilitas yang tinggi sehingga pengguna tidak merasa kesulitan untuk dapat menggunakan sistem. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka memilih untuk menggunakan metode PCA. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki metode PCA antara lain:

1. PCA dapat menyimpan karakteristik dari citra sehingga PCA tidak perlu melakukan rotasi, translasi, dan penyekalaan untuk melakukan verifikasi tanda tangan yang mengalami perbedaan posisi letak, perputaran, kemiringan, dan perbedaan ukuran tanda tangan. PCA bahkan mampu untuk mengidentifikasi ciri-ciri dari sebuah obyek, dan mereduksi dimensi dari obyek tersebut dengan cara mengtransformasikan sejumlah variable korelasi ke jumlah yang lebih sedikit.
2. PCA memiliki tingkat verifikasi yang relatif lebih tinggi dibandingkan metode lain. PCA membandingkan fitur dari sebuah tanda tangan, sedangkan DCT hanya membandingkan bobot saja tanpa fitur. Dengan tingkat verifikasi yang lebih tinggi, maka PCA dapat mengurangi jumlah penolakan tanda tangan yang otentik dan meningkatkan tingkat akurasi sistem.

### 8.5. Arsitektur Sistem

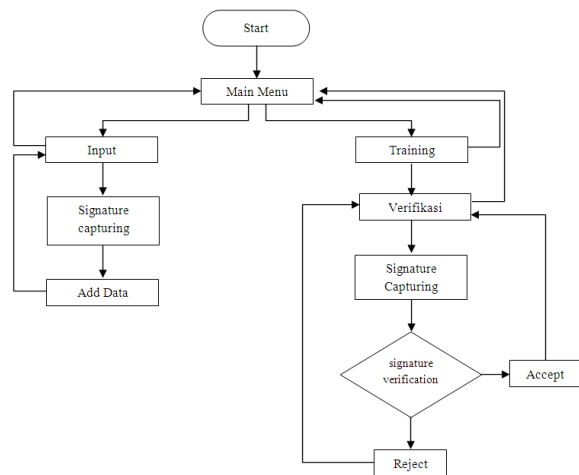
Sistem terdiri dari dua bagian, diawali dengan merekam tanda tangan secara digital, aspek yang menjadi perhatian adalah arah garis, waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing garis dan keseluruhan, tekanan pen, jumlah pen di angkat, juga nama dan pengkodean. Data tanda tangan tersebut di rekam dalam bentuk database pada *storage*. Selanjutnya menguji tanda tangan dari pengguna yang telah di rekam sebelumnya. Diberi kesempatan untuk membubuhkan tanda tangan secara digital untuk kemudian di cocokkan dengan data yang ada pada *storage*. Tanda tangan digital untuk orang yang sama tidak selalu di terima dalam keadaan sama dengan data tandan tangan digital, hal ini terjadi pada kondisi psikologi pengguna mempengaruhi dalam membubuhkan tanda tangan. Aspek psikologi tidak di masukkan dalam algoritma pemrograman.



Gambar 10. Arsitektur Sistem

## 9. Tampilan Layar

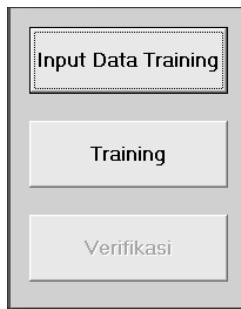
Interaksi antara pengguna dengan sistem dilakukan melalui suatu interface dengan memanfaatkan device mouse, keyboard, *touchscreen* atau media lain yang berfungsi sebagai piranti input. Pengguna akhir haruslah menjadi perhatian, karena mereka yang akan menggunakan. Tampilan layar dibuat sebaik mungkin untuk mengakomodasi kenyamanan pengguna. Namun demikian, program yang berbasis pada proses tidak menekankan pada aspek *human interface*, biasanya pengguna berasal dari kalangan yang sudah mapan dalam pemahaman teknologi.



Gambar 11. Diagram Alir Sistem

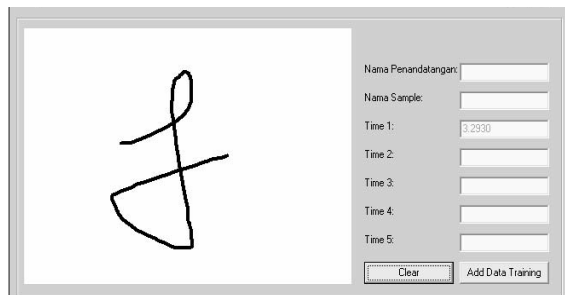
### 9.1. Tampilan Layar Main Menu

Secara umum, layar utama pada sistem ini adalah *main menu*. Tampilan layar (*user interface*) beserta cara kerja program secara ringkas akan dijabarkan melalui gambar-gambar di bawah ini :



Gambar 12. Tampilan Layar Main Menu

Layar input data, tombol “*Input Data Training*” digunakan untuk menampilkan modul *input data*. Untuk menggunakan modul *Training* disediakan tombol “*Training*”. Tombol “*Verification*” disediakan untuk menampilkan modul *verification*. Pada layar input data, terdapat sebuah *paintbox* berukuran 384 X 288 piksel yang berfungsi sebagai tempat untuk membubuhkan tanda tangan. Ketika pen ditekan pada *digitizer*, maka akan tergambar persis pada *paintbox*. Bila terjadi kesalahan dalam membubuhkan tanda tangan, *user* dapat membersihkan layar dengan menekan tombol “*clear*”.



Gambar 13. Layar Input Data

Untuk pemberian identitas, disediakan kolom-kolom yang masing-masing menampung nama *user* dan nama *sample*. Setelah menyelesaikan proses tanda tangan, *user* dapat menambahkan data *image* dan *time* ke dalam database dengan menekan tombol “*Add Data*”.

Pada bagian bawah, terdapat database untuk menampung seluruh data *user*. Tombol “*<<*” disediakan untuk menunjuk data pertama dari database. Tombol “*<*” disediakan untuk menunjuk data sebelumnya dari data yang sedang ditunjuk. Tombol “*>*” disediakan untuk menunjuk data berikutnya dari data yang sedang ditunjuk. Tombol “*>>*” digunakan untuk menunjuk data terakhir dari database. Untuk menghapus data yang sedang ditunjuk, disediakan tombol “*Remove*”. Sedangkan tombol “*Remove All*” digunakan untuk menghapus seluruh data. Tombol “*Main Menu*” berfungsi untuk kembali ke modul *main menu*.

## 9.2. Layar Training

Pada modul *Training*, tombol “*Mulai Training*” disediakan untuk memulai proses perhitungan *PCA*. Tombol “*Main Menu*” berfungsi untuk kembali ke modul *main menu*.



Gambar 14. Tampilan Layar Training

## 9.3. Tampilan Layar Verification

Pada modul *verification*, tombol-tombol seperti “*Clear*”, “*Main Menu*” memiliki fungsi yang sama seperti tombol yang bernama sama pada modul input data. *Paintbox* bagian atas berfungsi untuk menerima input dari *user*. Kolom toleransi merupakan nilai toleransi perbedaan yang diberikan antara rentang waktu tanda tangan yang diambil dengan rentang waktu tanda tangan yang ada pada database. Sedangkan kolom ketelitian merupakan nilai toleransi *euclidian distance* dalam bentuk persen yang masih dapat diterima.

## 10. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di tarik dari pembahasan ii adalah :

1. Sistem verifikasi tanda tangan secara *on-line* dengan menggunakan metode *PCA* dapat memberikan tingkat akurasi lebih baik dari tanda tangan secara *off line*.
2. Besaran toleransi *jarak euclidian* yang dipakai untuk sistem verifikasi tanda tangan memberikan tingkat akurasi terbaik ialah 70%.
3. Semakin sedikit batas toleransi dalam pembuatan tanda tangan akan semakin baik.

## 11. Saran

Untuk mengembangkan lebih lanjut dari penelitian ini, di sarankan :

1. Sistem verifikasi tanda tangan dengan metode *PCA* yang dapat membaca arah gerakan pen, dan gerakan mouse.
2. Pengembangan sistem menjadi aplikasi yang dapat digunakan pada transaksi, otentikasi, dan absensi mahasiswa.



**Referensi**

- [1] ....., Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2008 Tentang Informasi Transaksi Elektronik, \_\_\_\_\_
- [2] Anil K. Jain, Friederike D. Griess, Scott D. Connell, **On-line signature verification**, The Journal of Pattern Recognition Society, 2002
- [3] Donato Impedovo, **Giuseppe Piro, Automatic Signature Verification: The State of the Art, Member IEEE, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 38, NO. 5, SEPTEMBER 2008**
- [4] Edward J. Potter, President, PSI Fraud Solutions, **Customer Authentication: The Evolution of Signature Verification in Financial Institutions**, Journal of Economic Crime Management Summer 2002, Volume 1, Issue 1
- [5] Srikanta Pal, Michael Blumenstein, Umapada Pal **Non-English and Non-Latin Signature Verification Systems: A Survey**, Proceedings of the 1st International Workshop on Automated Forensic Handwriting Analysis (AFHA) 2011.
- [6] Nana Syaodih Sukmadinata, 2007, Metode Penelitian Pendidikan, Bandung, Remaja Rosdakarya