

PENGENALAN CITRA GARIS TELAPAK TANGAN DENGAN METODE *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* DAN *MAHALANOBIS DISTANCE*

Samuel R. E. Djampi¹, Silvester Tena², Amin Ajaib Maggang³

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui Kupang
Email : samdj08@gmail.com

²Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui Kupang
Email : siltena@staf.undana.ac.id

³Studi Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui Kupang
Email : amin_maggang@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Pengenalan citra garis telapak tangan bertujuan untuk mengenali identitas seseorang melalui kemiripan citra garis telapak tangan. Proses pengenalan citra ini dilakukan dalam dua tahapan yaitu, tahap ekstraksi fitur dan tahap pengenalan citra.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja keluarga wavelet dalam melakukan ekstraksi fitur. Jenis keluarga wavelet yang digunakan adalah *WaveletHaar*, *Daubechies* dan *Symlet*. Selanjutnya metode *Mahalanobis Distance* di gunakan untuk pengenalan citra garis telapak tangan. Nilai ambang juga digunakan untuk mencegah agar aplikasi tidak mengenali citra di luar *database*. Data sampel yang digunakan sebanyak 150 citra garis telapak tangan kiri dari 30 responden, dimana setiap responden diwakili 5 sampel telapak tangan. 60 citra uji yang digunakan dalam pengujian juga ditambahkan *noisesalt & pepper* dan *Gaussian* dengan nilai *density* bervariasi.

Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi yang dibangun mampu menghasilkan tingkat keberhasilan pengenalan mencapai 93,3% dari 60 citra uji. *Wavelet symlet 8* dengan level dekomposisi ke-4 menunjukkan performansi terbaik karena mampu menghasilkan vektor fitur minimum dan tetap mempertahankan tingkat keberhasilan pengenalan sebesar 93,33%. Pada pengujian dengan penambahan *noiseSalt & Pepper*, tingkat keberhasilan yang dihasilkan *symlet 8* adalah 93.33% pada nilai *density* 0.01 dan cenderung menurun hingga 6.67% pada nilai *density* 0.5. Sedangkan pengujian dengan penambahan *noiseGaussian*, tingkat keberhasilan mencapai 91.67% pada nilai *mean&varian* 0.01 dan cenderung menurun pada nilai *mean&varian* yakni 3.33%.

Kata Kunci: Citra Telapak Tangan, DWT, Mahalanobis Distance, Noise

Author : Samuel R. E. Djampi, Silvester Tena, Amin Ajaib Maggang

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pengolahan citra digital memberikan pengaruh signifikan terhadap bidang pengenalan objek sebuah citra. Identitas seseorang dapat diidentifikasi berdasarkan ciri tubuh yang terdapat dalam citra. Sistem pengenalan ciri tubuh atau sistem biometrika yang berkembang saat ini memiliki metode autentifikasi yaitu dengan mengenali orang dari ciri fisiknya dan berbagai aspek manusia seperti fisiologi dan perilaku.

Salah satu bagian fisik manusia yang memiliki ciri khas adalah garis telapak tangan. Garis telapak tangan memiliki sifat khas karena bentuk garis telapak tangan berbeda pada setiap orang. Oleh karena itu garis telapak tangan dapat digunakan untuk mengenali diri seseorang. Fitur citra garis telapak tangan memiliki nilai yang dapat dijadikan acuan untuk membandingkan antara satu citra dengan citra lainnya. Garis telapak tangan dapat dikenali melalui pengenalan citra garisnya melalui beberapa tahapan pengenalan, yakni tahap pre-pengolahan, ekstraksi fitur dan pencocokan citra uji dengan citra latih.

Beberapa metode yang dipakai dalam pengenalan citra garis telapak tangan. Seperti metode transformasi *wavelet* dan metode pencocokan jarak *mahalanobis*. Transformasi *wavelet* digunakan untuk ekstraksi fitur dalam domain frekuensi. Sedangkan *Mahalanobis Distance* digunakan untuk mengenali citra telapak tangan dengan mengukur kecocokan citra latih dan uji. Keunggulan metode transformasi *wavelet* yaitu dapat dilakukan dengan sempurna dan waktu yang bersifat linear. Sedangkan kelebihan metode *Mahalanobis Distance* dari metode lainnya adalah bahwa metode ini menggunakan pendekatan teori statistik seperti rata-rata, standar deviasi dan peluang yang memungkinkan metode ini untuk mengukur kemiripan dua objek dengan jumlah data yang berbeda.

Penelitian sebelumnya terkait pengenalan citra telapak tangan sebagai studi kasus telah dilakukan oleh Nurul Renaningtias (2015) dengan menggunakan metode transformasi *wavelet* dan *Mahalanobis Distance* dimana aplikasi

yang dibangun dapat mengenali telapak tangan. Namun penelitian diatas hanya menggunakan jenis keluarga *wavelet Daubechies*. Dalam tugas akhir ini, peneliti akan membuat aplikasi pengenalan citra telapak tangan menggunakan beberapa jenis keluarga *wavelet* untuk membuat aplikasi pengenalan citra telapak tangan. Selain itu pengujian juga dilakukan dengan penambahan *variable noise* pada citra.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk menerapkan metode *Wavelet Transform* dan *Mahalanobis Distance* untuk mengenali citra garis telapak tangan. Penelitian diharapkan mampu membuat aplikasi pengenalan citra telapak tangan yang memiliki tingkat keberhasilan pengenalan yang tinggi.

Dasar Teori

Citra Digital

Citra digital dinyatakan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y merupakan posisi koordinat sedangkan f merupakan amplituda pada posisi (x,y) yang sering dikenal sebagai intensitas atau *grayscale*. Nilainya berbentuk diskrit mulai dari 0 sampai 255. Untuk pemrosesan citra digital, maka citra analog diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk citra digital (Purnomo, dkk., 2010).

Citra digital (*digital image*) adalah sebuah gambar yang telah melalui proses *sampling* dan *quantizing*. Pada awalnya, sebuah gambar bersifat kontinyu kemudian melalui proses *sampling* dan *quantizing* gambar tersebut diubah menjadi bersifat diskrit. Proses *sampling* dilakukan dengan membagi gambar menjadi petak-petak satuan yang disebut piksel (*pixel*). Proses *quantizing* adalah pemberian nilai intensitas pada tiap-tiap piksel. Setelah melalui kedua proses ini, gambar digital dapat dipandang sebagai sebuah matriks berukuran $m \times n$, dimana m adalah panjang gambar, n adalah lebar gambar dan elemen didalam matriks merupakan intensitas warna pada setiap piksel (Purnomo, dkk., 2010).

Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan suatu proses mengolah dan menganalisis citra yang berkaitan dengan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra.

Tahapan-tahapan pengolahan citra digital sebagai berikut :

Pre-Processing

Proses pre-processing ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra. tahapan yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra sebagai berikut:

1. *Resize*

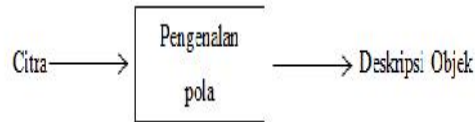
Resize adalah proses merubah ukuran jumlah piksel suatu citra digital. Proses *Resize* dilakukan untuk menyamakan ukuran piksel pada semua data citra. menyamakan data piksel berarti membuat data citra dengan ukuran jumlah piksel sama antara baris dan kolomnya.

2. *Grayscale*

Grayscale adalah teknik yang digunakan untuk mengubah citra berwarna menjadi bentuk tingkat keabuan (hitam-putih). Tujuan Pengubahan citra berwarna ke *grayscale* ini untuk memperkecil memori agar dapat mempercepat dalam proses ekstraksi ciri dan pengenalan citra (Siko & Bhetta, 2010).

Pengenalan Pola

Pengenalan pola (*pattern recognition*) adalah ilmu digunakan untuk mengklarifikasikan atau menggambarkan ciri berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur atau sifat utama dari suatu obyek. Contoh proses pengenalan pola yaitu sebuah komputer menerima masukan berupa citra objek yang diidentifikasi kemudian memproses citra tersebut dan memberikan keluaran berupa deskripsi objek di dalam citra (Putra, 2010).



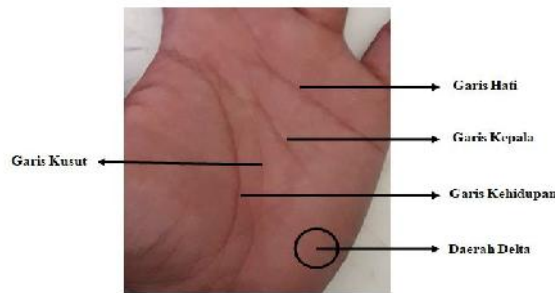
Gambar 1 Pengenalan Pola

Pengenalan Garis Telapak Tangan

Telapak tangan merupakan salah satu biometrika pada tubuh manusia yang bersifat unik dan dapat digunakan untuk mengenali suatu individu. Setiap telapak tangan memiliki ciri garis yang detail dan berbeda untuk setiap individu, bahkan berbeda antara telapak tangan kanan dan telapak tangan kiri.

Adapun ciri-ciri telapak tangan yang dapat digunakan untuk pengenalan, antara lain (Renaningtias, 2015) :

1. Ciri Geometrik (*Geometry features*) merupakan ciri seperti panjang, lebar dan luas area tangan. Ciri ini berjumlah sedikit dan mudah dipalsukan.
2. Ciri garis-garis utama (*principal-line features*) digunakan untuk membedakan satu individu dengan individu lainnya. Garis ini memiliki sifat stabil, unik dan tidak mengalami perubahan dalam kurun waktu yang cukup lama. Garis utama dibagi menjadi tiga jenis yaitu garis hati, garis kepala dan garis kehidupan.
3. Ciri garis-garis kusut (*wrinkle features*) yang memiliki sifat berbeda dengan garis utama. Garis-garis ini mampu menghasilkan ciri yang lebih rinci. Ciri titik delta (*delta-point features*) mempunyai lima daerah delta, yaitu daerah pada akar jari-jari dan di luar daerah jari-jari. Titik ini bersifat stabil, tetapi ciri ini sulit diperoleh apabila citra telapak tangan memiliki resolusi yang rendah.



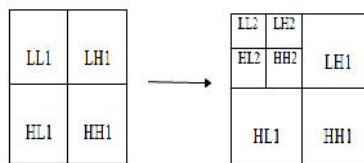
Gambar 2 Garis-garis Telapak Tangan

Discrete Wavelet Transform (DWT)

Transformasi *wavelet* diskrit digunakan pada teknik filterisasi digital. Secara umum, proses dalam teknik ini adalah melewati sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda. Analisis sinyal dilakukan terhadap hasil filterisasi *high pass filter* dan *low pass filter*. *High pass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi tinggi dan *low pass filter* untuk frekuensi rendah. Pembagian sinyal menjadi frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dalam proses filterisasi *high pass filter* dan *low pass filter* disebut sebagai dekomposisi.

Transformasi *wavelet* diskrit (DWT) 1-D dilakukan dengan membagi sinyal menjadi dua bagian, frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Frekuensi rendah dibagi kembali menjadi dua bagian (frekuensi tinggi dan frekuensi rendah). Proses ini diulang sampai sinyal tidak dapat didekomposisikan lagi atau sampai pada *level* yang diinginkan.

Berikut merupakan gambar dekomposisi DWT:



Gambar 3 Dekomposisi DWT Level 1 Ke Level 2

Untuk menentukan *level* maksimum dari transformasi sebuah citra digunakan persamaan (Kadir, 1998) :

$$\text{Level Maksimum} = \frac{\ln(p) / p}{\ln(2)}$$

1. Transformasi *WaveletHaar*

WaveletHaar merupakan salah satu tipe *wavelet* yang paling sederhana yang dapat diterapkan pada transformasi signal (1-dimensi) dan transformasi pada citra (signal 2-dimensi). Dalam transformasi 2D, *wavelet Haar* melakukan transformasi nilai-nilai piksel citra dengan 2 cara, yaitu metode dekomposisi standar (*standard decompositions*) dan metode dekomposisi tidak standar (*non standard decompositions*) Dekomposisi standar dimulai dengan transformasi *wavelet* 1D untuk setiap baris dari setiap nilai piksel citra hingga *level* yang diinginkan, kemudian transformasi *wavelet* 2D untuk setiap kolomnya. Sedangkan pada dekomposisi tidak standar, transformasi *wavelet* 1D untuk baris kemudian transformasi *wavelet* 2D untuk kolom *level*nya, hal ini dilakukan berulang setiap *level*nya hingga *level* yang diinginkan (Sutarno, 2010).

2. Transformasi *WaveletDaubechies*

Wavelet Daubechies biasa disebut db, dan untuk orde N dituliskan dbN. Panjang filter untuk *Daubechies* adalah 2N dan lebarnya 2N-1. Penelitian ini menggunakan *wavelet Daubechies* orde 2 (db2)(Sutarno, 2010).

3. Transformasi *WaveletSymlet*

WaveletSymlet biasa disebut sym, untuk orde N dituliskan dengan *symN*. *Waveletsymlet* memiliki orde N=2,...,45. Panjang filter untuk *waveletsymlet* adalah 2N. misalnya *sym10* memiliki panjang filter 20. Penelitian ini menggunakan *waveletSymlet* orde 8 (*sym8*) (Sutarno, 2010).

Mahalanobis Distance

Mahalanobis Distance merupakan metode untuk menentukan kemiripan objek berdasarkan pada korelasi variabel dengan pola yang berbeda. Pada metode ini *Mahalanobis* mempertimbangkan nilai rata-rata dari masing-masing objek dan nilai kovarian yang dimiliki. Kelebihan dari metode *Mahalanobis* adalah kemampuan untuk mengukur kemiripan dua buah objek dengan jumlah data yang berbeda (De Maesschalck *et al.*, 2000). Tentunya untuk parameter yang diukur mutlak harus sama.

Persamaan *Mahalanobis* dapat dihitung dengan menentukan nilai invers dari kovarian total (C^{-1}) menggunakan Persamaan

$$d = \sqrt{((\bar{X}_j - \bar{Y}_j)C_{i,j}^{-1}(\bar{X}_j - \bar{Y}_j)^T)} \quad (1)$$

Keterangan :

i = baris matriks

j = kolom matriks

$\bar{X} = m \quad X$

$\bar{Y} = m \quad Y$

m = jumlah data X

p = jumlah data Y

n = jumlah parameter yang diukur

C = kovarian

d = jarak *Mahalanobis*

Dalam penelitian ini, metode *mahalanobis distance* digunakan untuk mengidentifikasi telapak tangan seseorang dengan pendekatan kedekatan jarak antara citra uji dan citra latih. Data uji diperoleh dari nilai vektor fitur citra uji dan data referensi diperoleh dari nilai vektor fitur citra latih. Hasil yang diperoleh dari perhitungan inilah yang akan digunakan untuk mengenali telapak tangan dari seorang individu. Semakin dekat nilai jarak *mahalanobis* antara citra uji dan citra latih maka citra akan dikenali sebagai citra telapak tangan yang terdapat dalam *database*.

Noise Pada Citra

Noise (derau) adalah gambar yang mengganggu kecerahan citra yang berbentuk bintik-bintik pada citra sehingga mengganggu keindahan atau kejelasan pada citra. *Noise* biasanya muncul sebagai akibat dari pembelokan yang tidak bagus. *Noise* umumnya berupa variasi intensitas suatu piksel-piksel tetangganya. Secara visual gangguan mudah dilihat oleh mata karena tampak berbeda dengan piksel tetangganya. Piksel yang mengalami gangguan umumnya

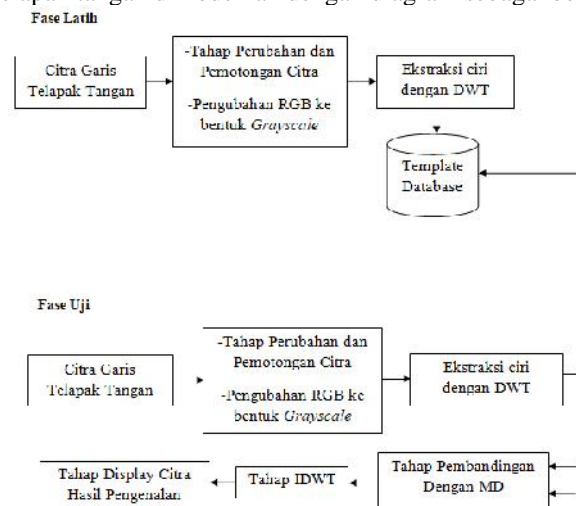
memiliki frekuensi tinggi. Komponen citra yang berfrekuensi rendah umumnya mempunyai nilai piksel stabil atau berubah sangat lambat (Fadillah, 2019).

- a. *Noise Salt & Pepper* adalah *noise* pada citra yang berupa titik-titik. Untuk citra *grayscale* *noisy*nya berwarna hitam atau putih. Untuk jumlah *noise* pada citra ditentukan oleh nilai *density* (d) yang nilainya dalam rentang 0 sampai 1.
- b. *Noise Gaussian* adalah *noise* yang mengikuti distribusi *Gaussian*. *Noise Gaussian* disebut juga *White Noise* karena seluruh frekuensi spektralnya adalah sebagai cahaya putih. Jumlah *noise* ini ditentukan oleh nilai rata-rata (*mean*) dan nilai variasi. Nilainya bisa positif ataupun negatif. Untuk nilai standarnya, rata-rata (*mean*) nilainya adalah 0 dan untuk variasi (*variance*) nilainya 0.01. Semakin besar nilai rata-rata (*mean*) dan variasinya (*variance*), maka gambar hasil penambahan *noise* akan semakin kabur dan akan semakin mendekati putih warnanya.

2. HASIL DAN ANALISA

Perancangan Sistem

Alur kerja sistem pengenalan telapak tangan dimodelkan dengan diagram sebagai berikut :



Gambar 4 Blok Diagram Perancangan Sistem

1. Flowchart Pre-Processing Citra



Algoritma:

1. Mulai
2. Masukan data citra
3. Mengubah ukuran citra menjadi 256x256 piksel
4. Citra diubah ke *grayscale*
5. Simpan citra dalam *database* untuk dilakukan proses pengenalan citra menggunakan metode yang digunakan
6. Selesai

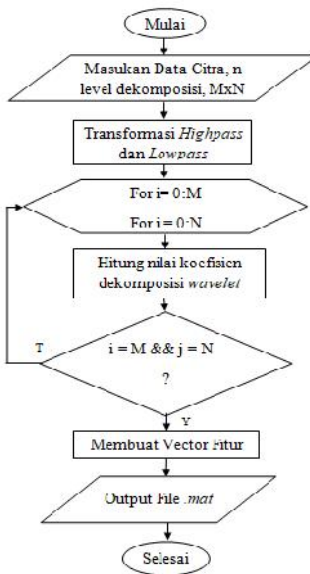
2. Flowchart Penambahan Noise



Algoritma:

1. Mulai
2. Masukan data citra
3. Tambahkan *noise Salt & Pepper/ Gaussian*
4. Ekstraksi dengan *Discrete Wavelet Transform*
5. Pengenalan dengan metode *Mahalanobis Distance*
6. *Output* citra hasil pengenalan
7. Selesai

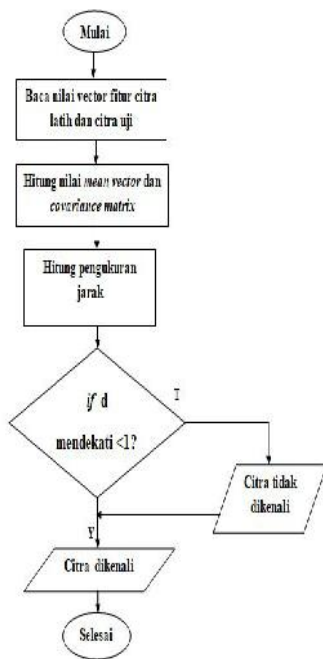
3. Flowchart Metode Discrete Wavelet Transform



Algoritma:

1. Masukan data citra dan *level* dekomposisi
2. Citra ditransformasikan dengan *filter high* dan *low*
3. Transformasi dilakukan berulang secara baris dan kolom sekaligus.
4. Melakukan perhitungan nilai koefisien dekomposisi *wavelet* hingga *level* yang ditentukan
5. Bentuk vektor fitur dari hasil yang diperoleh
6. Keluaran berupa file *.mat*

4. Flowchart Metode Mahalanobis Distance

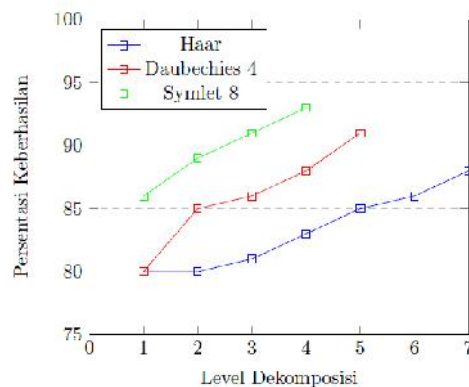


Algoritma:

1. Mulai
2. Baca nilai *vectorfiture* dari kedua citra yaitu citra uji dan citra latih
3. Menghitung nilai *meanvector* dan *covarian* matriks
4. Menghitung pengukuran jarak menggunakan metode *Mahalanobis Distance*
5. Jika jarak mendekati <1 maka citra akan dikenali.
6. Jika tidak maka citra tidak akan dikenali oleh sistem
7. Selesai

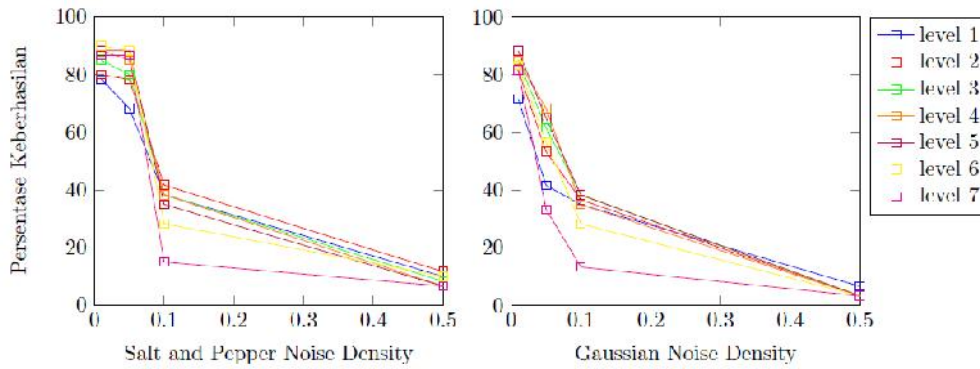
Pembahasan

1. Pengaruh *Noise* Terhadap Tingkat Keberhasilan Pengenalan



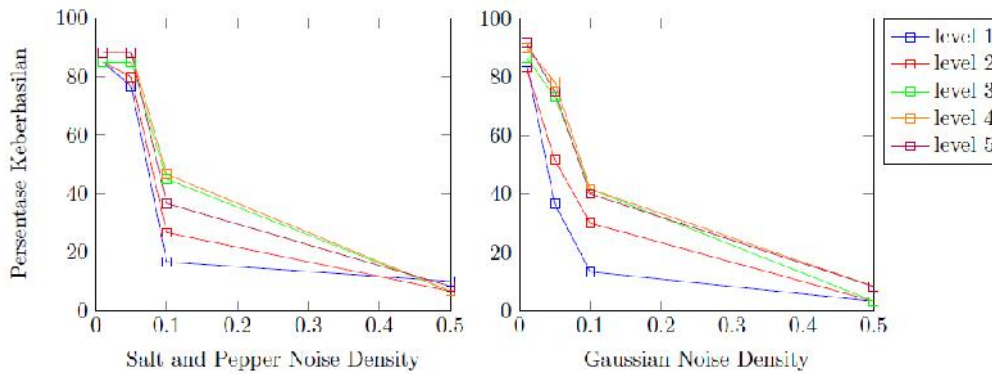
Gambar 5. Unjuk kerja pengujian tanpa *noise*

Tingkat keberhasilan pengenalan citra bernilai diatas 80% tanpa adanya penambahan *noise* pada citra. *Wavelet Symlet 8* menunjukkan performa yang terbaik dimana mampu mencapai 93.33% tingkat keberhasilan pada *level* dekomposisi maksimal yaitu *level* ke-4 dan 83.33% tingkat keberhasilan terendah. Berdasarkan Gambar 5, semakin tinggi level dekomposisi wavelet maka semakin tinggi pula tingkat keberhasilan pengenalan telapak tangan. Hal ini dikarenakan koefisien fitur yang terbentuk akan semakin kecil seiring dengan peningkatan level dekomposisi, sehingga memudahkan aplikasi dalam mengenali suatu citra telapak tangan lebih baik.

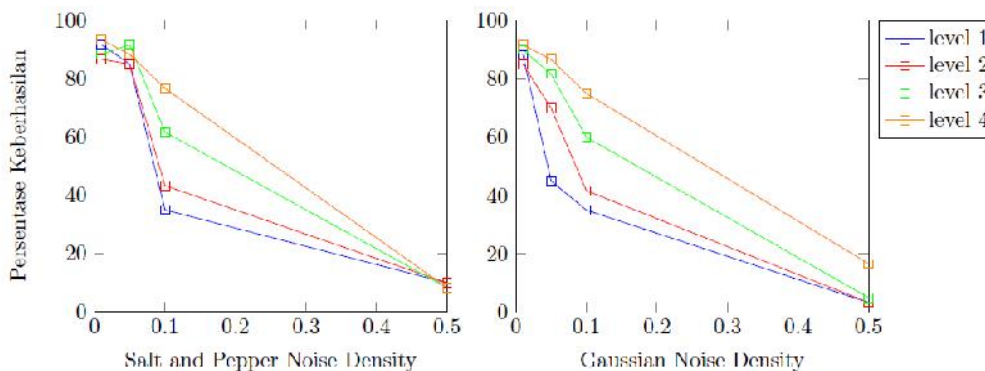


Gambar 6. Kinerja *Wavelet Haar* setiap level dekomposisi terhadap *noise*

Tingkat keberhasilan pengenalan citra dengan penambahan *noise* cenderung lebih kecil dibandingkan dengan pengenalan tanpa *noise*. Penambahan *noise* pada citra dimaksudkan untuk menguji performansi metode DWT dan MD dari aplikasi dalam mengenali suatu citra telapak tangan. Penambahan *noise* menyebabkan citra akan kehilangan ciri aslinya yang membuat citra lebih sulit dikenali. Hal inilah yang mengakibatkan tingkat keberhasilan pengenalan citra cenderung lebih kecil dibandingkan dengan pengenalan tanpa *noise*. Sebagai perbandingan, dapat dilihat bahwa pada Gambar 5, dan pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Tingkat keberhasilan pengenalan minimum pada pengujian tanpa *noise* mencapai 80% pada jenis *wavelet Haar*. Sedangkan pada pengujian dengan penambahan *noise*, tingkat keberhasilan minimum mencapai titik terendah yaitu 3.33% pada semua jenis *wavelet Haar*, *wavelet Daubechies 4* dan *wavelet Symlet 8* dengan *noise Gaussian* dan *Salt & Pepper* dengan kepadatan 0,5.



Gambar 7. Kinerja *Wavelet Daubechies 4* setiap level dekomposisi terhadap *noise*



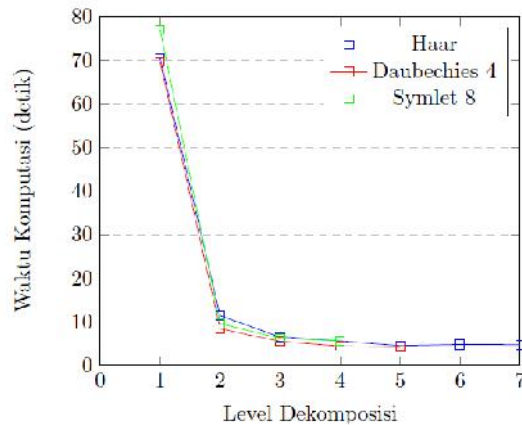
Gambar 8. Kinerja *Wavelet Symlet 8* setiap level dekomposisi terhadap *noise*

Di antara kedua jenis *noise* yang digunakan, dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai *density*, *mean* dan *varian noise* maka tingkat keberhasilan pengenalan cenderung akan menurun. Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis *noise* yaitu *noise Salt & Pepper* yang memiliki variabel *density* dan *noise Gaussian* yang memiliki variabel *mean* & *varian*. Semakin tinggi nilai variabel pada kedua jenis *noise* ini maka citra akan semakin kehilangan ciri aslinya. Pada *noise Salt & Pepper* memiliki tingkat keberhasilan 93.33% pada nilai *density* 0.01 dan cenderung menurun pada nilai *density* 0.5 hingga 6.67%. Dan pada *noise Gaussian* tingkat keberhasilan pengenalan mencapai 91.67% pada nilai *mean* & *varian* 0.01 dan cenderung menurun pada nilai *mean* & *varian* 3.33%. Hal ini tentunya

membuktikan bahwa semakin besar nilai *density*, *mean&variannoise*, maka tingkat keberhasilan pengenalan citra telapak tangan akan menurun.

2. Pengaruh Jenis Keluarga *Wavelet* dan *Level* Dekomposisi terhadap WaktuKomputasi

Berikut ini merupakan grafik waktu komputasi yang dipengaruhi oleh waktu komputasi dan level dekomposisi.



Gambar 9 Performansi keluarga *Wavelet* terhadap waktu komputasi

Hasil pengujian memberikan informasi bahwa secara umum ketiga jenis *wavelet* yang digunakan sama-sama menunjukkan performansi yang baik dalam membentuk *database* dan pengenalan citra. Transformasi *wavelet* memiliki sifat *unconditional* basis yang berarti koefisien hasil transformasi akan menurun secara drastis dari koefisien aproksimasi ke koefisien detailnya atau koefisien hasil transformasi kebanyakan bernilai sangat kecil atau nol, sehingga ciri-ciri suatu citra dapat diwakili oleh sebagian kecil koefisien hasil transformasi. Semakin tinggi *level* dekomposisi pada keluarga *wavelet*, maka semakin cepat waktu komputasi yang diperlukan. Hal ini dikarenakan koefisien fitur citra yang terbentuk akan semakin berkurang dan mengecil pada *level* yang lebih tinggi sehingga proses komputasi yang dilakukan semakin cepat.

Jenis *wavelet* memiliki *level* dekomposisi maksimal yang berbeda dikarenakan memiliki panjang filter yang berbeda. *WaveletSymlet 8* menunjukkan performansi terbaik secara rata-rata mencapai 77.05 detik pada *level* dekomposisi ke-1 dan cenderung semakin cepat hingga 5.62 detik pada *level* dekomposisi maksimal ke-4.

3. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Discrete Wavelet Transform* sangat baik digunakan sebagai metode proses ekstraksi ciri citra dan *Mahalanobis Distance* sebagai elemen pengenalan dalam aplikasi pengenalan citra telapak tangan.
2. Aplikasi yang dibuat mampu mengenali identitas seseorang melalui citra garis telapak tangan dengan persentase keberhasilan tertinggi yakni 93.33% dari 60 citra uji melalui penggunaan *wavelet symlet 8 level* dekomposisi ke-4.
3. Terdapat korelasi antara penambahan noise terhadap tingkat keberhasilan pengenalan citra yaitu bahwa semakin besar nilai *density*, *mean* dan *varian* dari *noise* yang ditambahkan maka citra akan semakin kehilangan ciri aslinya yang membuat semakin sulit dikenali. Pengujian dengan penambahan *noise salt & pepper* memiliki tingkat keberhasilan 93.33% pada nilai *density* 0.01 dan cenderung menurun pada nilai *density* 0.5 hingga 6.67%. Dan pada *noiseGaussian*, tingkat keberhasilan pengenalan mencapai 91.67% pada nilai *mean* dan *varian* 0.01 dan cenderung menurun pada nilai *mean* dan *varian* 0.5 hingga 3.33%. Jenis *wavelet* yang menunjukkan performansi ketahanan terbaik terhadap perubahan *noise* adalah *waveletsymlet8* dengan tingkat keberhasilan tertinggi 92% pada *noisesalt&pepper* dan 88% pada *noiseGaussian*.

4. Semakin tinggi *level* dekomposisi pada keluarga *wavelet* maka semakin cepat waktu komputasi yang dibutuhkan untuk mengenali citra. Jenis *waveletSymlet 8* menunjukkan performansi terbaik yakni mencapai 77.05 detik pada *level* dekomposisi ke-1 dan cenderung semakin cepat hingga 5.62 detik pada *level* dekomposisi maksimal ke-4.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan jenis metode pengenalan jarak dan jenis *noise* yang lain.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan jenis citra telapak tangan berupa citra *RGB* dengan format dan ukuran piksel yang lain.
3. Perlu ditambahkan variasi dari jenis citra uji yang digunakan berupa citra rotasi, citra blur dan citra sketsa pensil.
4. Perlu adanya penambahan ukuran *database* agar menghasilkan tingkat keberhasilan pengenalan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriandi, E., & Sutikno. (2016). "Identifikasi Telapak Tangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Learning Vector Quantization (LVQ)*". *Jurnal Infotel*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Fadillah, Nurul. (2019). "Mendeteksi Keakuratan Metode *Noise Salt & Pepper* dengan *Median Filter*". *Jurnal Informatika*, Vol. 6 No.1. Universitas Samudra, Aceh.
- Kusban, M. (2015). "Verifikasi dan Identifikasi Telapak Tangan dengan Kernel Gabor". *Jurnal*. Universitas Haluoleo, Sulawesi Tengah.
- Maesschalck R De, Jouan-Rimbaud D, Massart DL.(2000). "The Mahalanobis Distance". *Chemomet Intel Lab Syst*, 50: 1-18.
- Mantik, Fara. (2015). "Pengenalan Garis Utama Telapak Tangan Dengan Ekstraksi Ciri Matriks Kookurensi Aras Keabuan Menggunakan Jarak Euclidean," Skripsi S-1. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Munir, Rinaldi. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Informatika Bandung, Bandung.
- Pamungkas, S. B. (2013). Jaringan Saraf Tiruan Pada Biometrika Deteksi Citra Garis Telapak Tangan Dengan Metode Backpropagation "Skripsi S-1. Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- Purnomo, Mauridhi Hery dan Muntasa, Arif. (2010). *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Putra, Darma. (2010). *Pengolahan Citra Digital* : CV. ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Renaningtias, Nurul. (2015). "Aplikasi Biometrika Pencocokan Citra Garis Telapak Tangan dengan Metode Transformasi *Wavelet* dan *Mahalanobis Distance*". *Jurnal Rekursif*, Vol. 3 No.2. Universitas Bengkulu : Bengkulu.
- Siko Andriyanto, dan R, Bhetta Pandu. (2010). "Pengolahan Citra Program Treshold dengan metode Otsu". *Jurnal*. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Sutarno. (2010). "Analisis Perbandingan Transformasi *Wavelet* pada Pengenalan Citra Wajah". *Jurnal Generic*, Vol.5, No.12. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Phakira, Malay. (2014). *Digital Image Processing and Pattern Recognition*. Collage Kalyani. WestBengal.