

Analisis Perbandingan Efektivitas Pra-Pengolahan Terhadap Reka Bentuk Sidik Jari Menggunakan Estimasi Orientasi

Comparative Analysis of Pre-Processing Effectiveness on Fingerprint Forms Using Orientation Estimates

Novan Wijaya

Manajemen Informatika, AMIK MDP

E-mail: novan.wijaya@mdp.ac.id

Abstrak

Estimasi orientasi merupakan suatu langkah penting dalam berbagai proses reka bentuk citra sidik jari, termasuk perbaikan dan klasifikasi sidik jari. Pada berbagai metode pengolahan citra sidik jari sebelum dilakukan langkah estimasi orientasi seringkali didahului oleh berbagai langkah pra-pengolahan. Berbagai langkah pra-pengolahan tersebut sedikit banyak memiliki pengaruh terhadap kualitas hasil estimasi orientasi. Untuk menguji pengaruh dari berbagai kombinasi pra-pengolahan tersebut akan digunakan perangkat lunak yang dibangun untuk penelitian ini. Perangkat lunak yang dihasilkan pada penelitian ini adalah suatu perangkat lunak yang mampu melakukan kombinasi pra-pengolahan dari tiga jenis pra-pengolahan yang umum dipakai, yaitu normalisasi, segmentasi, dan penghapusan derau, dan kemudian mampu melakukan estimasi orientasi, sehingga dapat dianalisis efektivitas masing-masing kombinasi pra-pengolahan terhadap estimasi orientasi. Dengan demikian dapat diketahui kombinasi pra-pengolahan manakah yang paling efektif untuk melakukan reka bentuk sidik jari menggunakan estimasi orientasi.

Kata kunci: Sidik Jari, Estimasi Orientasi, Pra-Pengolahan

Abstract

Orientation field estimation is an important step in many fingerprint recreation, including fingerprint enhancement and classification. In many fingerprint image processing orientation field estimation usually preceded by many pre-processing. Those pre-processing at least have some effect to orientation field estimation quality. In order to test the effect of those pre-processing combination, we will use software created for this final task. Software that created for this final project is a software that capable to do some pre-processing combination from three well known pre-processing, normalization, segmentation, and noise removal, and then capable of do orientation field estimation so that we can analyze the effectiveness of each combination to orientation field estimation. That way we will able to tell the most effective combination to recreate fingerprint using orientation field estimation.

Keywords: Fingerprint, Orientation Field Estimation, Pre-Processing

1. PENDAHULUAN

Sidik jari manusia merupakan bukti materi yang amat penting. Tak ada sidik jari yang identik di dunia ini sekalipun di antara dua saudara kembar. Mengingat betapa akuratnya mengidentifikasi seseorang lewat sidik jari, pada bidang teknologi informasi telah dikembangkan berbagai metode untuk dapat mengekstraksi informasi dari suatu citra sidik jari sehingga dapat dipakai untuk mengidentifikasi identitas seseorang.

Hanya dengan memasukkan sidik jari seseorang melalui teknologi komputer, pihak berwenang pun langsung mendapatkan data seputar nama, tanggal lahir dan sejarah kriminalnya[1][2][3]. Meski lebih populer untuk melacak pelaku kejahatan, sistem

pengidentifikasi sidik jari berbasis komputer ternyata juga digunakan untuk mengetahui latar belakang seorang calon pekerja. Sejak tahun 1970-an, beberapa perusahaan sedikitnya di 10 negara dunia sudah menggunakan teknologi ini. Penelitian yang dilakukan oleh [1] menghasilkan data pribadi yang dapat diperoleh seseorang dengan menggunakan sidik jari. Penelitian [2][3] mengungkapkan bahwa sidik jari seseorang mampu mengidentifikasi tindak kejahatan yang telah dilakukan seseorang berdasarkan sidik jari yang tertinggal di lokasi kejadian.

Kini, seiring bertahannya cara manual yaitu pengambilan sidik jari dengan tinta di atas kartu atau kertas, sistem pengidentifikasian sidik jari otomatis (AFIS = Automatic Fingerprint Identification System), yang memanfaatkan teknologi komputerisasi juga marak dikembangkan. Penggunaan teknologi komputerisasi pada bidang identifikasi sidik jari saat ini bukan tanpa masalah. Salah satu masalah utama dalam sistem pengidentifikasian sidik jari otomatis (AFIS = Automatic Fingerprint Identification System) menggunakan teknologi komputerisasi adalah bagaimana komputer dapat membaca bentuk dari sidik jari yang akan diidentifikasi. Suatu proses estimasi orientasi (orientation field estimation) telah dikembangkan untuk mereka / membentuk ulang bentuk sidik jari berdasarkan citra yang diambil ke dalam bentuk yang dapat dibaca oleh komputer, namun ketepatan proses ini amat bergantung pada kualitas citra input[4][5].

Estimasi orientasi banyak digunakan dalam pengklasifikasian sidik jari. Untuk menghasilkan estimasi orientasi yang baik perlu dilakukan pra-pengolahan terhadap citra yang akan dihitung estimasi orientasinya. Beberapa teknik pra-pengolahan yang sering digunakan untuk meningkatkan kualitas citra sidik jari sebelum diproses dengan estimasi orientasi antara lain adalah Normalisasi (Normalization), Segmentasi (Segmentation), dan Penghilangan Derau (Noise Removal). Ketiga teknik pra-pengolahan tersebut dapat digunakan sendiri-sendiri ataupun dikombinasikan. Penelitian yang dilakukan oleh [6][7][8] menyatakan bahwa sidik jari yang dilakukan melalui proses estimasi orientasi akan memperhalus dari keadaan sidik jari. Sementara penelitian yang telah dilakukan oleh [9][10][11] menyatakan proses dalam meningkatkan kualitas sidik jari dari seseorang sehingga lebih mudah untuk dilakukan proses berikutnya. Sehingga dengan melakukan beberapa teknik kombinasi seperti normalisasi, segmentasi, dan penghapusan derau akan terlihat hasil dari kombinasi mana yang lebih baik. Hasil penggunaan kombinasi teknik pra-pengolahan yang berbeda akan menghasilkan reka bentuk sidik jari yang berbeda [6][7][9][8][10][11]. Dari ketiga teknik dari pra-pengolahan tersebut akan dilakukan kombinasi sebelum dilakukan proses lebih lanjut, kombinasi yang akan dilakukan akan dilihat tingkat efektifitas dari tiap kombinasi.

2. METODE PENELITIAN

a. Perbaikan Kualitas Citra

Perbaikan kualitas citra (image enhancement) adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Pada proses ini, ciri-ciri tertentu yang terdapat di dalam citra lebih diperjelas kemunculannya. Perbaikan kualitas citra merupakan salah satu proses awal dalam pra-pengolahan citra. Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang diuji mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (noise) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (recognition) objek di dalam citra. Secara matematis, perbaikan kualitas citra dapat diartikan sebagai proses mengubah citra $f(x, y)$ menjadi $f'(x, y)$ sehingga ciri-ciri yang dilihat pada $f(x, y)$ lebih ditonjolkan [12].

b. Normalisasi

Normalisasi terhadap suatu citra didefinisikan sebagai suatu proses mengubah rentang (range) nilai tingkat keabuan piksel-piksel pada citra. Tujuan dari proses ini adalah untuk membuat suatu citra menjadi lebih mudah diinterpretasikan oleh penginderaan normal dan untuk

memperoleh suatu gambar standar yang tidak dipengaruhi oleh kondisi spesifik pada saat pengambilan gambar [13][14].

Kebutuhan akan normalisasi citra muncul karena untuk melakukan proses identifikasi diperlukan suatu citra yang bebas dari varian-varian yang dapat mengganggu proses perhitungan dan memberikan hasil yang tidak akurat. Selain itu diperlukan pula citra yang mudah diinterpretasikan oleh penginderaan manusia sebagai pendamping bagi proses identifikasi. Normalisasi adalah suatu proses linear, berikut adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menunjukkan proses normalisasi :

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{\text{Var}_0((i, j) - M)^2}{\text{VAR}}}, & \text{untuk } (i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{\text{Var}_0((i, j) - M)^2}{\text{VAR}}}, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan:

$G(i, j)$: Tingkat keabuan piksel setelah normalisasi

(i, j) : Koordinat piksel

M : Nilai rata-rata piksel citra

M_0 : Nilai ekspektasi piksel

Var : Varian piksel-piksel citra

Var_0 : Nilai ekspektasi varian piksel

c. Segmentasi

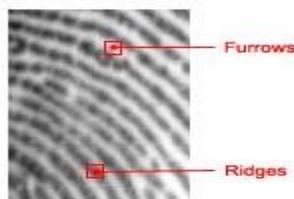
Segmentasi terhadap suatu citra didefinisikan sebagai suatu proses membagi citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan yang tertentu antara tingkat keabuan suatu piksel pada citra dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya. Dengan melakukan segmentasi, citra akan dikelompokkan ke dalam kelompok-kelompok piksel yang berbeda, sehingga akan dapat dibedakan dengan jelas antara objek dan latar belakang. Perbedaan tingkat keabuan antara objek dan latar belakang pada citra diharapkan akan dapat memastikan tidak terjadi tumpang tindih antara objek dan latar belakang pada saat dilakukan estimasi orientasi [15][16].

d. Penghapusan Derau

Penghapusan derau adalah proses yang umum dilakukan pada bidang pengolahan citra. Penghapusan derau terhadap suatu citra didefinisikan sebagai suatu proses peningkatan kualitas citra untuk menghilangkan derau [17]. Cara paling mudah untuk melakukan penghapusan derau adalah dengan menggunakan filter untuk mengaplikasikan blur pada citra. Blur akan memberi efek lembut (*smooth*) pada citra, karena itu proses ini sering juga disebut sebagai pelembutan citra (*image smoothing*). Dengan membuat suatu gambar menjadi lebih lembut, maka piksel-piksel yang mengganggu akan diubah nilainya menjadi sama dengan piksel-piksel tetangganya, sehingga tampilan citra menjadi lebih baik.

e. Estimasi Orientasi

Estimasi orientasi adalah representasi dari properti citra dan mendefinisikan koordinat bukit (*ridges*) dan parit (*furrows*) pada daerah piksel yang bertetangga. Dengan mengetahui koordinat bukit dan parit dari suatu sidik jari maka dapat direka bentuk dari sidik jari tersebut yang nantinya akan berguna untuk proses identifikasi oleh komputer [18].



Gambar 1 *Ridges* dan *Furrows* pada Sidik Jari

f. Evaluasi Indeks Kebaikan

Metode perbandingan yang digunakan adalah dengan menggunakan evaluasi indeks kebaikan (*goodness index evaluation*), dan evaluasi performa (*performance evaluation*). Evaluasi indeks kebaikan ialah metode untuk mengevaluasi tingkat mutu dari suatu citra. Evaluasi ini menggunakan indeks kebaikan dari estimasi orientasi yang dihasilkan dari masing-masing kombinasi pra-pengolahan yang dikerjakan terhadap citra sidik jari. Namun karena tidak ada dasar yang pasti untuk menentukan indeks kebaikan dari suatu estimasi orientasi, maka untuk evaluasi ini akan dilakukan pengamatan nilai secara manual.

g. Evaluasi Performa

Metode perbandingan yang juga digunakan ialah evaluasi performa ialah metode untuk mengevaluasi kinerja dari metode yang digunakan. Evaluasi ini menilai peforma dari setiap kombinasi langkah pra-pengolahan yang mungkin dilakukan. Evaluasi dilakukan pada suatu komputer dengan spesifikasi tertentu yang sama untuk setiap objek evaluasi. Pada evaluasi ini akan dibandingkan waktu yang diperlukan oleh setiap kombinasi langkah pra-pengolahan yang mungkin dilakukan untuk memberikan hasil terhadap persoalan yang diberikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

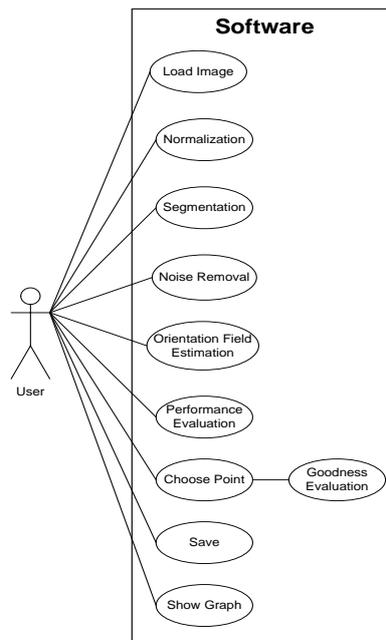
a. Hasil

Aplikasi yang dihasilkan adalah suatu aplikasi yang dapat melakukan berbagai kombinasi pra-pengolahan terhadap suatu citra sidik jari, dan dapat melakukan reka bentuk sidik jari tersebut dengan menggunakan estimasi orientasi, serta kemudian dapat digunakan untuk membandingkan kombinasi pra-pengolahan terbaik terhadap reka bentuk sidik jari dengan estimasi orientasi.

Citra uji diambil dari *database Fingerprint Verification Competition (FVC) 2000*, dan diolah secukupnya agar bisa dapat digunakan oleh aplikasi yang dibuat, pengolahan dilakukan tanpa mengubah struktur dari bentuk sidik jari pada citra asli.

b. Diagram Use Case

Gambar 3 menggambarkan interaksi antara user kepada sistem. User akan melakukan beberapa proses ke sistem, diantaranya *load image, normalization, segmentation, noise removal, orientation field estimation, performance evaluation, dan choose point*. *Goodness Evaluation* dan *Save* merupakan proses yang dilakukan oleh sistem.



Gambar 2 Diagram Use Case

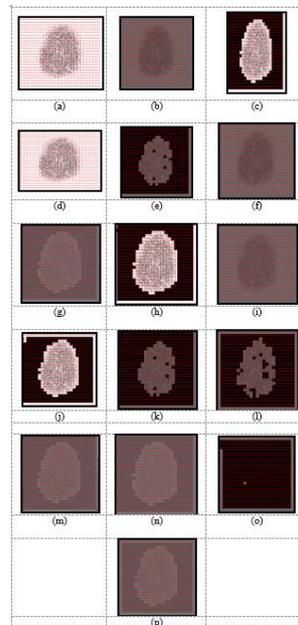
3.3 Pengujian Citra DB4_110_3.BMP

3.3.1 Evaluasi Performa

Tabel 1 Evaluasi Performa Citra DB4_110_3.BMP

Proses	Performa				
	I	II	III	IV	V
Normalisasi	0.686	0.655	0.594	0.874	0.594
Segmentasi	0.563	0.686	0.812	0.577	0.578
Penghapusan Derau	0.594	0.624	0.749	0.765	0.594
Normalisasi+Segmentasi	1.374	1.266	1.280	1.250	1.234
Normalisasi+ Penghapusan Derau	1.265	1.623	1.343	1.357	1.265
Segmentasi+Normalisasi	1.374	1.359	1.295	1.451	1.437
Segmentasi+ Penghapusan Derau	1.187	1.220	1.202	1.266	1.375
Penghapusan Derau+ Normalisasi	1.312	1.265	1.390	1.436	1.329
Penghapusan Derau+ Segmentasi	1.281	1.467	1.343	1.390	1.250
Normalisasi+Segmentasi + Penghapusan Derau	2.310	2.150	1.968	1.812	1.843
Normalisasi+ Penghapusan Derau+ Segmentasi	1.842	1.967	2.320	2.109	1.890
Segmentasi+Normalisasi + Penghapusan Derau	1.891	2.314	2.127	1.969	2.125
Segmentasi+ Penghapusan Derau+ Normalisasi	2.158	1.858	2.630	1.999	2.780
Penghapusan Derau+ Normalisasi+Segmentasi	1.843	2.630	1.952	2.160	2.250
Penghapusan Derau+ Segmentasi+Normalisasi	1.953	1.985	1.796	2.109	1.778

3.3.2 Evaluasi Keباikan



Gambar 3 Reka Sidik Jari Citra DB4_110_3.BMP (a)tanpa proses (b)normalisasi (c)segmentasi (d)penghapusan derau (e)normalisasi + segmentasi (f)normalisasi + penghapusan derau (g)segmentasi + normalisasi (h)segmentasi + penghapusan derau (i)penghapusan derau + normalisasi (j)penghapusan derau + segmentasi (k)normalisasi + segmentasi + penghapusan derau (l)normalisasi + penghapusan derau + segmentasi (m)segmentasi + normalisasi + penghapusan derau (n)segmentasi + penghapusan derau + normalisasi (o)penghapusan derau + normalisasi + segmentasi (p)penghapusan derau + segmentasi + normalisasi

3.3.3 Pembahasan Evaluasi

Pada tabel 1 terlihat bahwa pra-pengolahan segmentasi membutuhkan waktu lebih sedikit daripada kombinasi pra-pengolahan yang lain. Pra-pengolahan segmentasi berhasil menghilangkan sebagian gangguan berupa derau pada daerah luar bidang citra, sedangkan daerah dalam bidang citra tidak terpengaruh.

Beberapa kombinasi pra-pengolahan (g,h,j,m,n,p) juga berhasil memperoleh hasil yang mirip dengan yang dihasilkan segmentasi, namun perlu diingat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses lebih lama dari segmentasi.

Beberapa kombinasi pra-pengolahan lain (e,k,l,o) tidak berhasil mengatasi masalah, sebaliknya memberikan hasil yang tidak baik. Sementara kombinasi pra-pengolahan sisanya (b,f,i) sekalipun nampaknya memberikan hasil yang baik, namun bila diperhatikan, terdapat sedikit gangguan yang terbentuk di daerah luar dekat bidang sidik jari.

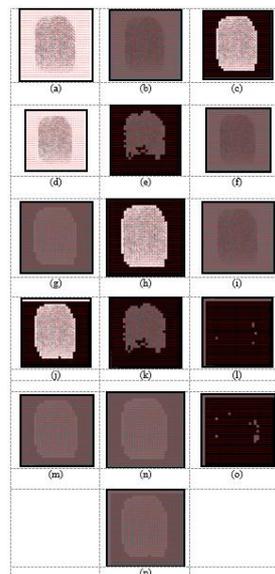
3.4 Pengujian Citra DB2_104_3.BMP

3.4.1 Evaluasi Performa

Tabel 2 Evaluasi Performa DB2_104_3.BMP

Proses	Performa				
	I	II	III	IV	V
Normalisasi	0.734	0.780	0.734	0.920	0.781
Segmentasi	0.733	0.843	0.743	0.717	0.702
Penghapusan Derau	0.858	0.780	0.750	0.719	0.750
Normalisasi+Segmentasi	1.546	1.453	1.469	1.827	1.531
Normalisasi+ Penghapusan Derau	1.688	1.655	1.577	1.655	1.906
Segmentasi+Normalisasi	1.562	1.420	1.468	1.750	1.639
Segmentasi+ Penghapusan Derau	1.516	1.999	1.732	1.641	1.812
Penghapusan Derau+ Normalisasi	1.529	1.905	1.655	1.594	1.562
Penghapusan Derau+ Segmentasi	1.514	1.796	1.515	1.530	1.609
Normalisasi+Segmentasi + Penghapusan Derau	2.359	2.530	2.141	2.391	2.374
Normalisasi+ Penghapusan Derau+ Segmentasi	2.327	2.170	2.312	2.296	2.343
Segmentasi+Normalisasi + Penghapusan Derau	2.265	2.203	2.203	2.186	2.608
Segmentasi+ Penghapusan Derau+ Normalisasi	2.375	2.374	2.220	2.251	2.452
Penghapusan Derau+ Normalisasi+Segmentasi	2.390	2.655	2.576	2.423	2.577
Penghapusan Derau+ Segmentasi+Normalisasi	2.341	2.468	2.592	2.750	2.296

3.4.2 Evaluasi Keباikan



Gambar 4 Reka Sidik Jari Citra DB2_104_3.BMP (a)tanpa proses (b)normalisasi (c)segmentasi (d)penghapusan derau (e)normalisasi + segmentasi (f)normalisasi + penghapusan derau (g)segmentasi + penghapusan derau (h)segmentasi + penghapusan derau (i)penghapusan derau + normalisasi (j)penghapusan derau + segmentasi (k)normalisasi + segmentasi + penghapusan derau (l)normalisasi + penghapusan derau + segmentasi (m)segmentasi + normalisasi + penghapusan derau (n)segmentasi + penghapusan derau + normalisasi (o)penghapusan derau + normalisasi + segmentasi (p)penghapusan derau + segmentasi + normalisasi

3.4.3 Pembahasan Evaluasi

Pada tabel 2 terlihat bahwa pra-pengolahan segmentasi membutuhkan waktu lebih sedikit daripada kombinasi pra-pengolahan yang lain. Pra-pengolahan segmentasi berhasil menghilangkan sebagian gangguan berupa derau pada daerah luar bidang citra, sedangkan daerah dalam bidang citra tidak terpengaruh.

Pra-pengolahan normalisasi dan penghapusan derau berhasil mengurangi gangguan di daerah luar bidang citra, namun tetap terlihat adanya derau yang mengganggu. Beberapa kombinasi pra-pengolahan (g,h,j,m,n,p) juga berhasil memperoleh hasil yang mirip dengan yang dihasilkan segmentasi, namun perlu diingat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses lebih lama dari segmentasi. Sedangkan beberapa kombinasi pra-pengolahan lain (e,k,l,o) tidak berhasil mengatasi masalah, sebaliknya memberikan hasil yang tidak baik.

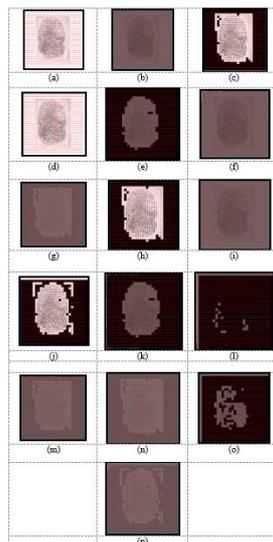
3.5 Pengujian Citra DB2_103_4.BMP

3.5.1 Evaluasi Performa

Tabel 3 Evaluasi Performa Citra DB2_103_4.BMP

Proses	Performa				
	I	II	III	IV	V
Normalisasi	0.874	0.734	0.749	0.796	0.718
Segmentasi	0.875	0.968	0.687	0.719	0.780
Penghapusan Derau	0.780	0.733	0.843	0.733	0.827
Normalisasi+Segmentasi	1.577	1.578	1.452	1.516	1.499
Normalisasi+ Penghapusan Derau	1.765	1.889	1.937	1.578	1.547
Segmentasi+Normalisasi	1.750	1.734	1.531	1.640	1.468
Segmentasi+ Penghapusan Derau	1.626	1.687	1.670	1.390	1.608
Penghapusan Derau+ Normalisasi	1.859	1.656	1.500	1.530	1.718
Penghapusan Derau+ Segmentasi	1.501	1.484	1.609	1.718	1.592
Normalisasi+Segmentasi + Penghapusan Derau	2.297	2.405	2.656	2.452	2.530
Normalisasi+ Penghapusan Derau+ Segmentasi	2.594	2.594	2.843	2.562	2.562
Segmentasi+Normalisasi + Penghapusan Derau	2.327	2.889	2.577	2.952	2.687
Segmentasi+ Penghapusan Derau+ Normalisasi	2.532	2.764	2.577	2.281	2.640
Penghapusan Derau+ Normalisasi+Segmentasi	2.687	2.984	2.593	2.983	2.687
Penghapusan Derau+ Segmentasi+Normalisasi	2.670	2.577	2.516	2.656	2.203

3.5.2 Evaluasi Keباikan



Gambar 5 Reka Sidik Jari Citra DB2_103_4.BMP (a)tanpa proses (b)normalisasi (c)segmentasi (d)penghapusan derau (e)normalisasi + segmentasi (f)normalisasi + penghapusan derau (g)segmentasi + normalisasi (h)segmentasi + penghapusan derau (i)penghapusan derau + normalisasi (j)penghapusan derau + segmentasi (k)normalisasi + segmentasi + penghapusan derau (l)normalisasi + penghapusan derau + segmentasi (m)segmentasi + normalisasi + penghapusan derau (n)segmentasi + penghapusan derau + normalisasi (o)penghapusan derau + normalisasi + segmentasi (p)penghapusan derau + segmentasi + normalisasi

3.5.3 Pembahasan Evaluasi

Pada citra ini pra-pengolahan yang membutuhkan waktu paling sedikit adalah pra-pengolahan normalisasi. Meskipun demikian, pra-pengolahan normalisasi tidak berhasil mengatasi gangguan pada daerah luar bidang sidik jari. Pra-pengolahan segmentasi berhasil

mengurangi gangguan, namun tidak seluruhnya. Kombinasi pra-pengolahan yang paling berhasil mengatasi gangguan adalah kombinasi normalisasi + segmentasi.

Kombinasi normalisasi + segmentasi memerlukan waktu yang tidak terlalu cepat namun tidak terlalu lambat apabila dibandingkan dengan kombinasi pra-pengolahan lainnya untuk citra sidik jari ini. Mengingat bahwa kualitas hasil orientasi yang dihasilkan jauh lebih baik daripada kombinasi pra-pengolahan yang lain, dapat dikatakan untuk citra ini, kombinasi normalisasi + segmentasi adalah pra-pengolahan yang paling tepat.

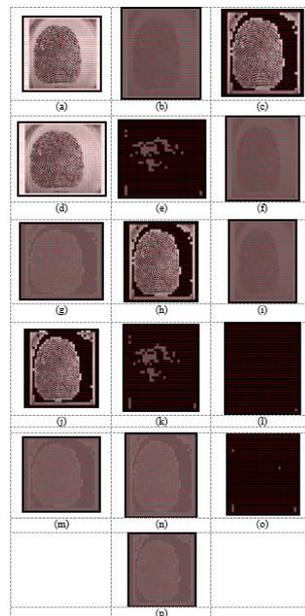
3.6 Pengujian Citra DB3_101_5.BMP

3.6.1 Evaluasi Performa :

Tabel 4 Evaluasi Performa Citra DB3_101_5.BMP

Proses	Performa				
	I	II	III	IV	V
Normalisasi	1.438	1.310	1.310	1.310	1.171
Segmentasi	1.310	0.983	1.160	1.470	1.234
Penghapusan Derau	1.172	1.940	1.282	1.940	1.770
Normalisasi+Segmentasi	2.770	2.423	2.125	2.155	2.485
Normalisasi+ Penghapusan Derau	2.296	2.594	2.234	2.250	2.547
Segmentasi+Normalisasi	2.172	2.109	2.203	2.328	2.770
Segmentasi+ Penghapusan Derau	2.950	2.546	2.770	2.160	2.186
Penghapusan Derau+ Normalisasi	2.406	2.499	2.531	2.217	2.172
Penghapusan Derau+ Segmentasi	2.160	2.630	2.388	2.310	2.407
Normalisasi+Segmentasi + Penghapusan Derau	3.297	3.640	3.281	3.360	3.421
Normalisasi+ Penghapusan Derau+ Segmentasi	3.531	3.485	3.482	3.516	3.375
Segmentasi+Normalisasi + Penghapusan Derau	3.188	3.422	3.389	3.282	3.374
Segmentasi+ Penghapusan Derau+ Normalisasi	3.219	3.141	3.594	3.344	3.360
Penghapusan Derau+ Normalisasi+Segmentasi	3.671	3.626	3.734	3.749	3.110
Penghapusan Derau+ Segmentasi+Normalisasi	3.328	3.407	3.484	3.422	3.188

3.6.2 Evaluasi Keباikan



Gambar 6 Reka Sidik Jari Citra DB3_101_5.BMP (a)tanpa proses (b)normalisasi (c)segmentasi (d)penghapusan derau (e)normalisasi + segmentasi (f)normalisasi + penghapusan derau (g)segmentasi + normalisasi (h)segmentasi + penghapusan derau (i)penghapusan derau + normalisasi (j)penghapusan derau + segmentasi (k)normalisasi + segmentasi + penghapusan derau (l)normalisasi + penghapusan derau + segmentasi (m)segmentasi + normalisasi + penghapusan derau (n)segmentasi + penghapusan derau + normalisasi (o)penghapusan derau + normalisasi + segmentasi (p)penghapusan derau + segmentasi + normalisasi

3.6.3 Pembahasan Evaluasi

Pada citra ini pra-pengolahan yang membutuhkan waktu paling sedikit adalah pra-pengolahan segmentasi. Meskipun demikian, pra-pengolahan segmentasi tidak berhasil mengatasi seluruh gangguan pada daerah luar bidang sidik jari.

Terlihat pada gambar 6, tidak satupun kombinasi pra-pengolahan yang dapat memberikan hasil yang memuaskan terhadap gangguan pada citra. Namun apabila dibandingkan maka pra-pengolahan segmentasi dan normalisasi memberikan hasil yang terbaik dibandingkan dengan kombinasi yang lainnya. Karena pra-pengolahan segmentasi membutuhkan waktu yang lebih sedikit dibandingkan pra-pengolahan normalisasi, maka dapat dikatakan untuk citra ini, pra-pengolahan segmentasi lebih sesuai untuk digunakan.

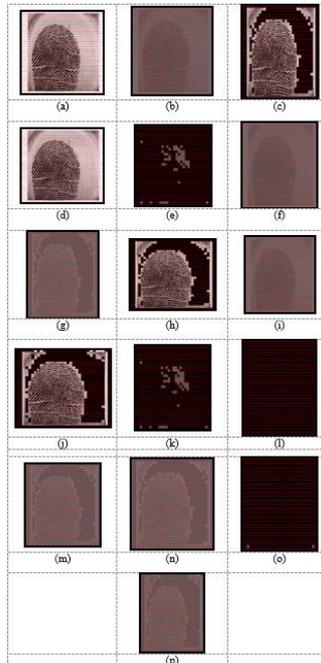
3.7 Pengujian Citra DB3_106_6.BMP

3.7.1 Evaluasi Performa :

Tabel 5 Evaluasi Performa Citra DB3_106_6.BMP

Proses	Performa				
	I	II	III	IV	V
Normalisasi	1.156	1.630	1.320	1.125	1.940
Segmentasi	1.000	0.968	1.620	0.952	1.150
Penghapusan Derau	1.188	1.141	1.125	1.780	1.630
Normalisasi+Segmentasi	2.125	2.562	2.359	2.780	2.630
Normalisasi+ Penghapusan Derau	2.187	2.437	2.203	2.390	2.482
Segmentasi+Normalisasi	2.266	2.470	2.188	2.140	2.320
Segmentasi+ Penghapusan Derau	2.172	2.188	2.266	2.156	2.312
Penghapusan Derau+ Normalisasi	2.747	2.780	2.234	2.375	2.328
Penghapusan Derau+ Segmentasi	2.940	2.156	2.187	2.156	2.188
Normalisasi+Segmentasi + Penghapusan Derau	3.141	3.218	3.188	3.202	3.187
Normalisasi+ Penghapusan Derau+ Segmentasi	3.389	3.312	3.421	3.281	3.297
Segmentasi+Normalisasi + Penghapusan Derau	3.124	3.469	3.109	3.171	3.186
Segmentasi+ Penghapusan Derau+ Normalisasi	3.173	3.171	3.343	3.312	3.390
Penghapusan Derau+ Normalisasi+Segmentasi	3.187	3.907	3.314	3.108	3.235
Penghapusan Derau+ Segmentasi+Normalisasi	3.140	3.374	3.140	3.128	3.124

3.7.2 Evaluasi Keباikan



Gambar 7 Reka Sidik Jari Citra DB3_106_6.BMP (a)tanpa proses (b)normalisasi (c)segmentasi (d)penghapusan derau (e)normalisasi + segmentasi (f)normalisasi + penghapusan derau (g)segmentasi + normalisasi (h)segmentasi + penghapusan derau (i)penghapusan derau + normalisasi (j)penghapusan

derau + segmentasi (k)normalisasi + segmentasi + penghapusan derau (l)normalisasi + penghapusan derau + segmentasi (m)segmentasi + normalisasi + penghapusan derau (n)segmentasi + penghapusan derau + normalisasi (o)penghapusan derau + normalisasi + segmentasi (p)penghapusan derau + segmentasi + normalisasi

3.7.3 Pembahasan Evaluasi

Pada citra ini pra-pengolahan yang membutuhkan waktu paling sedikit adalah pra-pengolahan segmentasi. Meskipun demikian, pra-pengolahan segmentasi tidak berhasil mengatasi seluruh gangguan pada daerah luar bidang sidik jari.

Terlihat pada gambar 8, tidak satupun kombinasi pra-pengolahan yang dapat memberikan hasil yang memuaskan terhadap gangguan pada citra. Namun apabila dibandingkan maka pra-pengolahan segmentasi dan normalisasi memberikan hasil yang terbaik dibandingkan dengan kombinasi yang lainnya. Karena pra-pengolahan segmentasi membutuhkan waktu yang lebih sedikit dibandingkan pra-pengolahan normalisasi, maka dapat dikatakan untuk citra ini, pra-pengolahan segmentasi lebih sesuai untuk digunakan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait Analisis Perbandingan Efektifitas Pra-pengolahan Normalisasi, Segmentasi, dan Penghapusan Derau, Terhadap Reka Bentuk Sidik Jari Menggunakan Estimasi Orientasi, didapatkan kesimpulan bahwa kombinasi pra-pengolahan yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda. Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan kombinasi normalisasi dan segmentasi ternyata lebih efektif. Beberapa kombinasi terhadap pra-pengolahan tidak mempengaruhi alur bentuk sidik jari, melainkan mengurangi gangguan pada daerah luar sidik jari.

b. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan bagi penelitian selanjutnya, diantaranya dalam melakukan pengujian menggunakan data yang lebih banyak serta dapat mencari kombinasi yang lebih baik dengan melakukan kombinasi-kombinasi terhadap pra-pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Fahmi, "PEMANFAATAN DATA SIDIK JARI PADA E-KTP GUNA MENGUNGKAP PELAKU TINDAK PIDANA," *J. Leg. Policy Stud.*, vol. 01, no. 03, 2018.
- [2] A. Rudiyanto, "Fungsi Sidik Jari Pelaku Tindak Pidana Pembunuhan (Studi Kasus Di Polres Tegal)," *J. Huk. Khaira Ummah*, vol. 12, no. 04, pp. 927–932, 2017.
- [3] N. Wijaya, "Application of Gost Algorithm For The Safety of Data Sending of General Election," *Elkawanie*, vol. 06, no. 01, pp. 121–132, 2020.
- [4] A. Julianto, D. Danuri, and A. Tedyyana, "Rancang Bangun Aplikasi Presensi Guru Sekolah Menggunakan Sidik Jari Dan Raspberry Pi," *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 10, no. 01, pp. 54–63, 2019.
- [5] L. Listyalina, I. Mustiadi, and D. A. Dharmawan, "DETEKSI BIDANG ORIENTASI PADA CITRA SIDIK JARI," in *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*, 2019, pp. 43–48.
- [6] S. Liu, M. Liu, and Z. Yang, "Sparse coding based orientation estimation for latent fingerprints," *Pattern Recognit.*, vol. 67, pp. 164–176, 2017.
- [7] S. Dyre and C. P. Sumathi, "RELIABLE ORIENTATION FIELD ESTIMATION OF FINGERPRINT BASED ON ADAPTIVE NEIGHBORHOOD ANALYSIS," *ICTACT J. Image Video Process.*, vol. 07, no. 03, pp. 1456–1462, 2017.
- [8] Z. Qu, J. Liu, Y. Liu, Q. Guan, C. Yang, and Y. Zhang, "Orienet: A regression system for latent fingerprint orientation field extraction," in *International Conference on Artificial Neural Networks*, 2018, pp. 436–446.
- [9] J. Li, J. Feng, and C.-C. J. Kuo, "Deep convolutional neural network for latent

- fingerprint enhancement,” *Signal Process. Image Commun.*, vol. 60, pp. 52–63, 2018.
- [10] A. Manickam *et al.*, “Bio-medical and latent fingerprint enhancement and matching using advanced scalable soft computing models,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 10, no. 10, pp. 3983–3995, 2019.
- [11] H. K. Sanjaya and N. Wijaya, “Klasifikasi Jenis Pisang Menggunakan Support Vector Machine dengan Fitur GLCM dan HOG,” *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 09, no. 02, pp. 129–143, 2020.
- [12] P. Schuch, S. Schulz, and C. Busch, “Survey on the impact of fingerprint image enhancement,” *IET Biometrics*, vol. 07, no. 02, pp. 102–115, 2017.
- [13] T. Arifianto, “Penerapan Fingerprint Recognition Dengan Metode Learning Vector Quantization (LVQ) dalam Automatic Teller Machine (ATM),” *J. Spirit*, vol. 09, no. 02, pp. 8–13, 2018.
- [14] N. Wijaya, “Capital Letter Pattern Recognition in Text to Speech by Way of Perceptron Algorithm,” *Knowl. Eng. Data Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–32, 2018.
- [15] A. Fanggidae, D. M. Sihotang, R. Pati, and A. Putra, “Recognition Of Fingerprint Patterns With Local Binary Pattern Method And Learning Vector Quantization,” *J. Komput. dan Inform.*, vol. 07, no. 02, pp. 148–156, 2019.
- [16] A. Hardianti, “Segmentasi Citra Bentuk dan Rangka Tubuh Manusia dengan Menggunakan Metode Median Filter dan Thinning,” *Rekayasa Inf.*, vol. 06, no. 02, pp. 39–44, 2017.
- [17] C. M. Ahmed *et al.*, “Noiseprint: Attack detection using sensor and process noise fingerprint in cyber physical systems,” in *Proceedings of the 2018 on Asia Conference on Computer and Communications Security*, 2018, pp. 483–497.
- [18] L. F. Damayanti, “Analisa & Perancangan Aplikasi Transaksi Elektronik Menggunakan Fingerprint,” in *SNIA (Seminar Nasional Informatika dan Aplikasinya)*, 2019, pp. 43–46.