

PENENTUAN NILAI STANDAR DISTORSI BERMINYAK PADA AKUISISI CITRA SIDIK JARI

Rahmat Syam^{1*)}, Mochamad Hariadi², dan Mauridhi Hery Purnomo²

1. Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Makassar, Makassar 90222, Indonesia

2. Laboratorium Multimedia, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Sukolilo Surabaya 60111, Indonesia

^{*)}E-mail: rahmat_syam@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini menjelaskan sebuah prosedur baru untuk menentukan nilai standar distorsi berminyak pada akuisisi citra sidik jari berdasarkan skor kejelasan dan rasio ketebalan *ridge-valley*. Citra sidik jari dikuantisasi ke dalam blok berukuran 32 x 32 piksel. Setiap blok dihitung orientasi garis yang tegak lurus terhadap arah *ridge*. Bagian tengah blok sepanjang arah *ridge*, vektor dua dimensi V_1 dengan ukuran 32 x 13 piksel diekstraksi dan ditransformasi ke vektor vertikal dua dimensi V_2 . Regresi linier diterapkan pada vektor satu dimensi V_3 yang merupakan rata-rata dari V_2 untuk menghasilkan *determinant threshold* (DT_1). Area yang lebih kecil dari DT_1 adalah *ridge*, sebaliknya adalah *valley*. Ujicoba kejelasan dilakukan dengan menghitung luasan citra yang tumpang tindih dari distribusi tingkat keabuan *ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan. Ukuran rasio ketebalan *ridge* terhadap ketebalan *valley* dihitung per blok, ketebalan *ridge* dan ketebalan *valley* diperoleh dari nilai tingkat keabuan per blok citra dalam arah normal ke arah *ridge*, nilai rata-rata rasio diperoleh dari luas keseluruhan citra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai standar distorsi berminyak pada akuisisi citra sidik jari dikatakan berminyak apabila citra memiliki nilai skor kejelasan lokal (LCS) antara 0,01446-0,01550, skor kejelasan global (GCS) antara 0,01186-0,01230, dan rasio ketebalan *ridge-valley* (RVTR) antara 6,98E-05-7,22E-05.

Abstract

Determining the Standard Value of the Oily Distortion of Acquisition the Fingerprint Images. This research describes a novel procedure for determining the standard value of the oily distortion of acquisition the fingerprint images based on the score of clarity and ridge-valley thickness ratio. The fingerprint image is quantized into blocks size 32 x 32 pixels. Inside each block, an orientation line, which perpendicular to the ridge direction, is computed. The center of the block along the ridge direction, a two-dimension (2-D) vector V_1 (slanted square) with the pixel size 32 x 13 pixels can be extracted and transformed to a vertical 2-D vector V_2 . Linear regression can be applied to the one-dimension (1-D) vector V_3 to find the determinant threshold (DT_1). The lower regions than DT_1 are the ridges, otherwise are the valleys. Tests carried out by calculating the clarity of the image from the overlapping area of the gray-level distribution of ridge and valley that has been separated. Thickness ratio size of the ridge to valley, it is computation per block, the thickness of ridge and valley obtained from the gray-level values per block of image in the normal direction toward the ridge, the average values obtained from the overall image. The results shown that the standard value of the oily distortion of acquisition the fingerprint image is said to oily fingerprint when the images have local clarity scores (LCS) is between 0.01446 to 0.01550, global clarity scores (GCS) is between 0.01186 to 0.01230, and ridge-valley thickness ratio (RVTR) is between 6.98E-05 to 7.22E-05.

Keywords: acquisition, clarity score, distortion, fingerprint images

1. Pendahuluan

Identifikasi sidik jari adalah salah satu teknologi biometrik yang paling populer, digunakan dalam penyelidikan kriminal, aplikasi komersial, dan sebagainya [1]. Kinerja sebuah algoritma pencocokan

citra (gambar) sidik jari sangat tergantung pada kualitas citra sidik jari masukan. Sangatlah penting untuk mendapatkan citra berkualitas tetapi dalam prakteknya suatu persentase yang signifikan diperoleh bahwa citra berkualitas rendah dihasilkan karena beberapa faktor lingkungan atau kondisi tubuh pengguna [2]. Kualitas

citra disebabkan oleh dua hal: (1) banyak *minutiae* palsu yang mungkin dihasilkan dan (2) banyak *minutiae* asli yang mungkin diabaikan.

Upaya-upaya penyelidikan kualitas citra sidik jari pada masa lalu, antara lain: metode untuk memperkirakan empat arah *field* orientasi, yang terdiri dari empat langkah: (1) *preprocessing* citra sidik jari, (2) penentuan *ridge* utama dari blok sidik jari menggunakan pulsa-pulsa neuron pada *pulse coupled neural network* (PCNN), (3) mengestimasi arah blok dengan varians jarak proyektif pada sebuah *ridge* sebagai ganti dari blok keseluruhan, dan (4) memperbaiki *field* orientasi yang telah diestimasi [3]. Sebuah metode *preprocessing* adaptif yang diusulkan untuk mengekstraksi lima ciri dari citra sidik jari, menganalisis kualitas citra dengan metode *clustering*, dan memperbaiki citra menurut karakteristiknya [4]. Dikembangkan pengukuran kualitas global dan lokal serta diperkirakan validitas dan kualitas citra sidik jari [5]. Sebuah kombinasi teknik-teknik yang tepat dalam domain spasial ditemukan untuk menghasilkan hasil-hasil yang sangat memuaskan selama jari diteliti. Setelah parameter diatur, pengaturan teknik ini bekerja di dalam sebuah *broad range* pada kasus-kasus waktu pemrosesan penyimpanan citra, cocok untuk perbaikan sidik jari berjumlah besar [6]. Diterapkan Gabor filter pada sub-blok gambar dan menyimpulkan bahwa sebuah blok berkualitas baik dapat diidentifikasi oleh keluaran dari bank filter Gabor [7].

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan di atas pada umumnya masih belum ditegaskan pada bagaimana jenis distorsi kualitas citra (citra kering, berminyak, kotor, netral) ditentukan terutama pada penentuan nilai standar distorsi berminyak yang dapat membantu dalam mendefinisikan jenis distorsi kualitas berminyak pada citra sidik jari. Penelitian ini mengusulkan sebuah model untuk menentukan nilai standar distorsi berminyak pada citra sidik jari berdasarkan skor kejelasan (LCS dan GCS) dan rasio ketebalan *ridge-valley* (RVTR). Penelitian yang kami usulkan diuji menggunakan database DB_ITS_2009, yakni sebuah database pribadi yang dikumpulkan di Jurusan Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan sangat hati-hati karena pertimbangan kualitas citra.

Uraian *tentang ridge* dan *valley* pada citra sidik jari dijelaskan pada bagian 2, selanjutnya penentuan nilai standar distorsi berminyak pada citra sidik jari di bagian 3, pembahasan dan hasil penelitian dijelaskan pada bagian 4, dan terakhir adalah simpulan hasil penelitian.

2. Eksperimental

Sidik jari merupakan tanda identitas biometrik tertua. Bagian dalam permukaan tangan dari ujung jari ke pergelangan tangan berisi pola garis pada kulit, dengan

alur/kerutan antara masing-masing pola garis. Pola garis di sepanjang pori-pori yang mengeluarkan keringat [8].

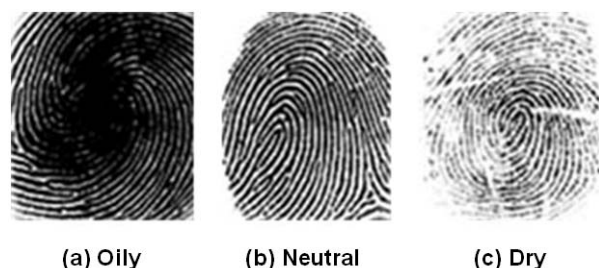
Sebuah citra sidik jari terdiri dari *ridge* (punggung) dan *valley* (lembah) sebagaimana pada Gambar 1. *Ridge* didefinisikan sebagai satu bagian lengkung dan *valley* adalah wilayah antara dua *ridge* yang berdekatan. Secara umum, garis-garis hitam berarti *ridge* dan garis-garis putih berarti *valley*.

Kualitas Citra Sidik Jari. Secara umum kualitas citra sidik jari bergantung pada kebersihan/kejelasan *ridge* yang dipisahkan oleh *valley*. Sebuah citra sidik jari dapat berubah karena beberapa sebab oleh kondisi lingkungan seperti temperatur/suhu, kelembaban, dan tekanan. Kualitas citra sidik jari bergantung pada kondisi kulit [2]. Kulit kering cenderung menyebabkan kontak *ridge* tak konsisten dengan *scanner* dari permukaan *roll scanner* sehingga banyak struktur *ridge* mengisi piksel-piksel putih. Sebaliknya, lembah pada kulit berminyak cenderung terisi dengan uap air, sehingga lembah tersebut tampak hitam pada citra yang terlihat mirip dengan struktur *ridge*. Gambar 2 menunjukkan citra sidik jari berminyak, netral, dan kering.

Jenis citra sidik jari berdasarkan kondisi lingkungan menurut [4] didefinisikan bahwa: 1) Citra sidik jari berminyak: $SR < SV$; 2) Citra sidik jari netral: $SR = SV$; 3) Citra sidik jari kering: $SR > SV$; dimana S_R adalah skor *ridge* dan S_V adalah skor *valley*. Skor *ridge* adalah luas *ridge* secara keseluruhan dari citra sidik jari dan skor *valley* adalah luas *valley* secara keseluruhan dari citra sidik jari.



Gambar 1. *Ridge* dan *Valley* pada Sidik Jari



Gambar 2. Jenis-jenis Citra Sidik Jari

Skor Kejelasan Ridge-Valley Citra Sidik Jari. Skor kejelasan *ridge-valley* menunjukkan kemampuan untuk membedakan *ridge* dan *valley* disepanjang arah *ridge*. Sebuah metode yang menganalisis distribusi *ridge* dan *valley* yang telah disegmentasi diperkenalkan untuk menggambarkan kejelasan pola sidik jari yang dihasilkan [9].

Untuk melakukan analisis kejelasan lokal, citra sidik jari dikuantisasi ke dalam blok berukuran 32 x 32 piksel. Dalam setiap blok, dihitung sebuah orientasi garis yang tegak lurus terhadap arah *ridge*. Pada bagian tengah dari blok sepanjang arah *ridge*, sebuah vektor dua dimensi V_1 (bentuk persegi dalam Gambar 3) dengan ukuran 32 x 13 piksel yang dapat diekstraksi dan ditransformasi ke sebuah vektor vertikal dua dimensi V_2 yang diratakan [9].

Dengan menggunakan Pers. (1), sebuah vektor satu dimensi V_3 , yaitu profil rata-rata dari V_2 dapat dihitung.

$$V_3(i) = \frac{\sum_{j=1}^m V_2(i, j)}{m}, i = 1 \dots 32 \quad (1)$$

Dimana m adalah tinggi blok (13 piksel) dan i adalah indeks horisontal.

Setelah V_3 dihitung dengan Pers. (1), regresi linier dapat diterapkan pada V_3 untuk menemukan *determine threshold* (DT_1). Gambar 4 menunjukkan metode segmentasi regional [9]. DT_1 adalah garis yang telah diposisikan pada bagian tengah vektor V_3 , dan digunakan untuk mengklasifikasi bagian *ridge* dan bagian *valley*. Daerah-daerah yang lebih kecil dari DT_1 adalah *ridge*, jika sebaliknya maka itu adalah *valley*. Oleh karena itu daerah pada *ridge* dan *valley* dapat dipisahkan dalam vektor dua dimensi V_2 oleh profil rata-rata satu dimensi V_3 dengan DT_1 seperti yang ditunjukkan dengan garis putus-putus tegak lurus pada Gambar 4. Sebagai *ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan, sebuah uji coba kejelasan dilakukan pada setiap daerah dua dimensi persegi panjang yang telah dipisahkan. Gambar 5 menjelaskan distribusi tingkat keabuan *ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan [9]. Area yang tumpang tindih adalah daerah yang tidak terklasifikasi, yang merupakan area yang gagal untuk menentukan *ridge* dan *valley* secara akurat dengan menggunakan DT_1 . Dengan demikian area pada bagian yang tumpang tindih dapat mengindikasikan suatu kejelasan *ridge* dan *valley*.

Perhitungan skor kejelasan lokal dijelaskan pada Pers. (2-4).

$$\alpha = \frac{V_B}{V_T} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\mathfrak{R}_B}{\mathfrak{R}_T} \quad (3)$$

$$LCS = \frac{(\alpha + \beta)}{2} \quad (4)$$

Dimana V_B adalah banyaknya piksel *valley* rusak yang berintensitas lebih kecil daripada DT_1 , V_T adalah jumlah keseluruhan piksel *valley*, \mathfrak{R}_B adalah banyaknya piksel yang rusak dalam *ridge* yang berintensitas lebih tinggi dari DT_1 , \mathfrak{R}_T adalah jumlah keseluruhan piksel *ridge*. α dan β adalah bagian piksel-piksel yang rusak. Dengan demikian, skor kejelasan lokal (*local clarity score/LCS*) adalah nilai rata-rata dari α dan β .

Untuk *ridge* dengan tingkat kejelasan baik, kedua distribusi memiliki area tumpang tindih yang sangat kecil. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran *total overlapping area* (TOA)[9]: 1) Noise pada *ridge* dan *valley*; 2) Goresan diseluruh pola *ridge*; 3) Air yang menempel pada citra karena jari basah; 4) Kesalahan pada sudut orientasi karena pengaruh *noise*; 5) Lengkungan *ridge* yang sangat tajam; 6) *Minutiae*, *bifurcation*, *delta point* atau *core*.

Faktor 1-4 adalah *noise* fisik yang ditemukan dalam citra. Faktor 5 dan 6 adalah karakteristik fisik secara nyata dari sidik jari. Oleh karena itu, sebuah *window* berukuran 32 x 13 dipilih untuk meminimalkan kemungkinan terlalu banyaknya fitur-fitur yang berbeda di lokasi yang sama.

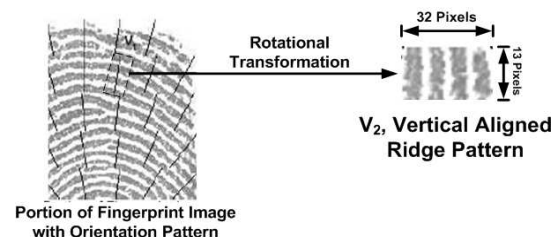
Skor kejelasan global (GCS) dapat dihitung berdasarkan nilai dari LCS.

$$GCS = E(LCS(i, j)) \quad (5)$$

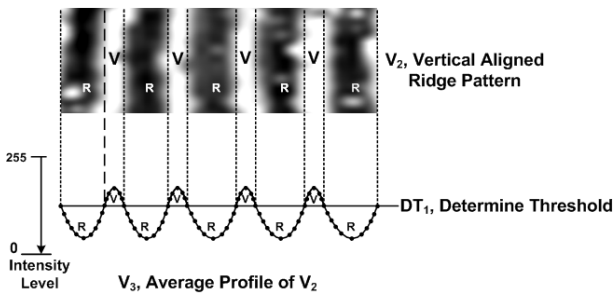
dimana:

$$E(.) = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V (.)}{H.V} \quad (6)$$

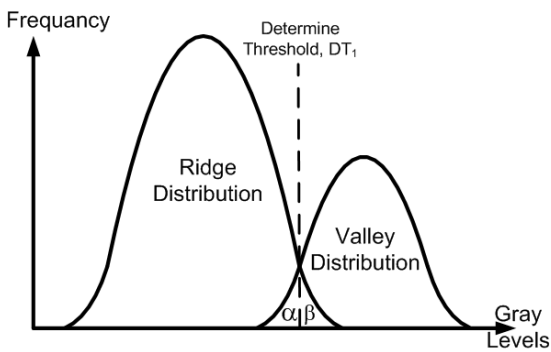
Dalam Pers. (5), $LCS(i, j)$ adalah skor kejelasan yang dihitung berdasarkan Pers. (2-4) pada lokasi (i, j) dimana i dan j adalah indeks vertikal dan horisontal masing-masing blok citra. GCS dapat digunakan untuk menerangkan kejelasan *ridge* secara umum pada sebuah citra sidik jari yang dihasilkan.



Gambar 3. Ekstraksi Area Lokal dan Transformasi ke Perataan Vertikal Pola Ridge



Gambar 4. Pemisahan Area dari Vektor V_2



Gambar 5. Distribusi Ridge dan Valley

Rasio Ketebalan Ridge-Valley. Rasio ketebalan *ridge-valley* dihitung dengan membagi citra sidik jari I menjadi beberapa blok *non-overlapping* dengan ukuran blok $w \times w$. Rasio ketebalan *ridge-valley* dihitung dalam setiap blok. Ketebalan *ridge* dan ketebalan *valley* diperoleh dari nilai tingkat keabuan untuk satu blok gambar dalam arah normal ke arah *ridge*. Setelah itu, rasio setiap blok dihitung dan nilai rata-rata rasio diperoleh terhadap gambar seluruhnya.

Usulan Model Penentuan Nilai Standar Distorsi Berminyak pada Akuisisi Citra Sidik Jari. Penelitian ini mengusulkan sebuah model dalam menentukan nilai standar distorsi berminyak pada akuisisi citra sidik jari. Ada dua langkah utama di dalam penelitian ini, yakni: menghitung skor kejelasan *ridge-valley* dan menghitung rasio ketebalan *ridge-valley*. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagaimana pada Gambar 6, adalah sebagai berikut: 1) Citra masukan berupa citra sidik jari (kering, netral, dan berminyak) diambil menggunakan alat sensor sidik jari jenis UareU 2000 (jenis *optical sensor*). Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 1704 citra sidik jari, yang diambil dari 71 orang mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro ITS dan mahasiswa Politeknik Sakti Surabaya secara sangat hati-hati, dengan 8 kali pengambilan untuk masing-masing jenis (kering, netral, dan berminyak) citra sidik jari per mahasiswa. Untuk mendapatkan sidik jari yang benar-benar kering digunakan *hair-dryer* untuk mengeringkan ujung jari sebelum dilakukan pengambilan sidik jari, untuk

mendapatkan sidik jari yang benar-benar berminyak digunakan *baby-oil* yang dilumurkan secara merata pada ujung jari sebelum pengambilan sidik jari, dan untuk sidik jari netral diambil apa adanya. Setiap subyek sidik jari, pengambilan sampel data diambil masing-masing sebanyak delapan kali (posisi); 2) Normalisasi citra sidik jari dilakukan untuk mereduksi *noise* pada citra sidik jari menggunakan Pers. 9; 3) Skor kejelasan

$$Mean = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I(i, j) \quad (7)$$

$$Var = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i, j) - Mean)^2 \quad (8)$$

$$Norm = \begin{cases} Mean + \sqrt{\frac{Var(I(i, j) - Mean)^2}{Var}}, & \text{if } I(i, j) > Mean \\ Mean - \sqrt{\frac{Var(I(i, j) - Mean)^2}{Var}}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

ridge-valley dihitung dengan tahapan sebagai berikut: (1) analisis kejelasan lokal citra sidik jari dilakukan dengan cara citra sidik jari dikuantisasi ke dalam blok berukuran 32×32 piksel, (2) dalam setiap blok, dihitung sebuah orientasi garis yang tegak lurus terhadap arah *ridge*. Pada bagian tengah dari blok sepanjang arah *ridge*, sebuah vektor dua dimensi V_1 (bentuk persegi dalam Gambar 3 [9]) dengan ukuran 32×13 piksel yang dapat diekstraksi dan ditransformasi ke sebuah vektor vertikal dua dimensi V_2 yang diratakan; (3) berdasarkan Pers. 1, vektor V_3 dihitung dari profil rata-rata V_2 ; (4) regresi linier diterapkan pada V_3 untuk menemukan *determine threshold* (DT_1). Gambar 4 menunjukkan metode segmentasi regional [9]. DT_1 adalah garis yang telah diposisikan pada bagian tengah vektor V_3 , dan digunakan untuk mengklasifikasi bagian *ridge* dan bagian *valley*. Daerah-daerah yang lebih kecil dari DT_1 adalah *ridge*, jika sebaliknya maka itu adalah *valley*. Oleh karena itu daerah pada *ridge* dan *valley* dapat dipisahkan dalam vektor dua dimensi V_2 oleh profil rata-rata satu dimensi V_3 dengan DT_1 seperti yang ditunjukkan dengan garis putus-putus tegak lurus pada Gambar 4; (5) *Ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan, dilakukan uji coba kejelasan pada setiap daerah dua dimensi persegi panjang yang telah dipisahkan. Gambar 5 menjelaskan distribusi tingkat keabuan *ridge* dan *valley* yang telah dipisahkan [9]. Area yang tumpang tindih adalah daerah yang tidak terklasifikasi, yang merupakan daerah yang gagal untuk menentukan *ridge* dan *valley* secara akurat dengan menggunakan DT_1 .

Dengan demikian area pada bagian yang tumpang tindih dapat mengindikasikan suatu kejelasan *ridge* dan *valley*. 1) Rasio ketebalan *ridge-valley* dihitung dengan tahapan sebagai berikut: (1) Citra dibagi ke dalam beberapa blok yang tidak saling tumpang tindih dengan ukuran $N \times N$ piksel, (2) Nilai *gray-level* untuk setiap blok dengan arah normal ke arah *ridge* dihitung; (3) Setelah itu rasio

setiap blok dihitung dan nilai rata-rata diperoleh terhadap seluruh citra.

(2) Menetapkan nilai standar distorsi berminyak pada citra sidik jari berdasarkan skor kejelasan *ridge-valley* (LCS dan GCS) dan rasio ketebalan *ridge-valley* (RVTR) yang telah dihitung menggunakan langkah 3 dan 4. Setelah parameter-parameter: skor kejelasan lokal (LCS), skor kejelasan global (GCS), dan rasio ketebalan *ridge-valley* (RVTR) dari masing-masing jenis citra sebanyak 568 citra sidik jari (kering, netral dan berminyak) dihasilkan, dihitung rata-rata masing-masing parameter, selanjutnya ditentukan nilai maksimum dan nilai minimum dari parameter (kering, netral dan berminyak) untuk menentukan nilai batas atas dan batas bawah parameter kualitas jenis citra sidik jari menggunakan Pers. (10–14).

$$Val_{max} = Max(Val_{par}) \quad (10)$$

$$Val_{min} = Min(Val_{par}) \quad (11)$$

$$Val_{mid} = \frac{Val_{max} + Val_{min}}{2} \quad (12)$$

$$Dist_{top} = \frac{Val_{max} + Val_{mid}}{2} \quad (13)$$

$$Dist_{bot} = \frac{Val_{min} + Val_{mid}}{2} \quad (14)$$

dengan,

par = parameter LCS, GCS, dan RVTR

Val_{par} = nilai parameter citra sidik jari (568 citra)

Val_{max} = nilai rata-rata maksimum masing-masing jenis parameter

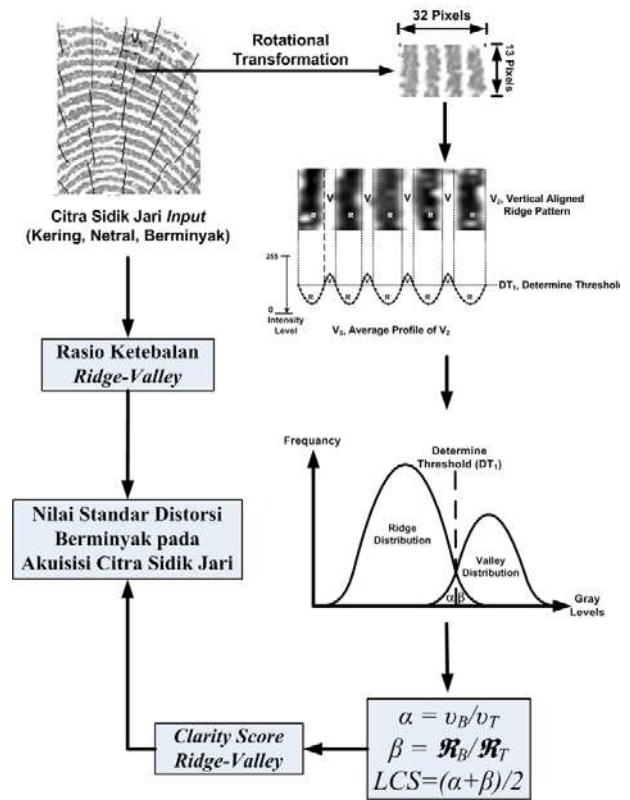
Val_{min} = nilai rata-rata minimum masing-masing jenis parameter

Val_{mid} = nilai rata-rata masing-masing jenis parameter

$Dist_{top}$ = nilai batas atas masing-masing parameter

$Dist_{bot}$ = nilai batas bawah masing-masing parameter

Evaluasi Unjuk Kerja. Sistem diuji menggunakan metode *support vector machine* (SVM) untuk mengklasifikasi jenis distorsi citra sidik jari. Metode SVM yang dikembangkan oleh Vapnik, *et al.*, pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. Konsep dasar SVM merupakan kombinasi harmonis dari teori-teori komputasi yang telah ada puluhan tahun sebelumnya seperti istilah *margin*, *hyperplane* dan *kernel*, demikian pula dengan konsep-konsep pendukung yang lain. Berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar kelas, SVM berusaha menemukan *hyperplane* terbaik pada *input space*. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar



Gambar 6. Usulan Model untuk Penentuan Nilai Standar Distrorsi Berminyak pada Akuisisi Citra Sidik Jari

dapat bekerja pada problem *non-linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi [10-12].

Guna mengetahui unjuk kerja model yang diusulkan, maka diperlukan pengujian terhadap sistem. Untuk dapat melakukan pengujian dengan baik, hal yang perlu diperhatikan dalam evaluasi adalah variabilitas dan tipe kesalahan. Perbedaan antara pengambilan sidik jari yang satu dengan yang lain selalu ada. Perbedaan itulah yang disebut variabilitas. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya variabilitas pengambilan sidik jari, antara lain: sifat elastisitas kulit yang menyebabkan perbedaan kekuatan tekanan pada waktu pengambilan sidik jari, dan posisi peletakan sidik jari yang tidak selalu sama.

Unjuk kerja suatu sistem verifikasi sidik jari dapat diukur berdasarkan nilai kesalahan yang terjadi dan dapat pula diukur dari seberapa besar tingkat kesuksesan pengenalan suatu sistem (*specificity*). Pada sistem verifikasi sidik jari ada dua macam tipe kesalahan yang dapat terjadi, yaitu: *False acceptance rate* (FAR) atau rasio kesalahan penerimaan adalah kesalahan dimana sistem menerima orang yang tidak sah dan *false rejection rate* (FRR) atau rasio kesalahan penolakan adalah kesalahan dimana sistem menolak

orang yang sah. Kedua tipe kesalahan ini saling berlawanan. Jika tingkat kesalahan FAR rendah, maka tingkat kesalahan FRR tinggi. Demikian pula sebaliknya jika tingkat kesalahan FAR tinggi, maka tingkat kesalahan FRR rendah. Kedua nilai kesalahan tersebut berubah menurut nilai ambang atau nilai penerimaan yang digunakan. Kondisi ideal terjadi apabila ciri-ciri sidik jari yang signifikan dapat diekstraksi sedemikian rupa sehingga dapat dikenali dengan jelas. Untuk menghitung nilai FAR, FRR, dan *specificity*, secara berurut dapat digunakan Pers. (15-17).

$$FAR = \frac{FP}{P} \quad (15)$$

$$FRR = \frac{TP}{N} \quad (16)$$

$$Specificity = 1 - FRR \quad (17)$$

dimana FP adalah jumlah sidik jari pengguna palsu yang diterima oleh sistem, P adalah jumlah sidik jari pengguna palsu, TP adalah jumlah sidik jari pengguna asli yang diterima sistem, N adalah jumlah sidik jari pengguna asli [13-15].

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 1704 ($3 \times 8 \times 71 = 1704$) citra sidik jari milik 71 orang. Setiap orang diwakili 8 sampel citra untuk masing-masing jenis distorsi akuisisi citra sidik jari (kering, netral, dan berminyak).

Sampel masing-masing jenis citra yang diwakili oleh setiap orang diuji ke dalam empat jenis pengujian,

yakni: T1, T2, T3, dan T4. T1 adalah jenis pengujian menggunakan 4 data acuan (*training*) dan 4 data testing, T2 adalah pengujian menggunakan masing-masing 3 data *training* dan 5 data testing, T3 adalah pengujian menggunakan 2 data *training* dan 6 data testing, dan yang terakhir T4 adalah pengujian menggunakan 1 data *training* dan 7 data testing. Keempat jenis pengujian ini diterapkan pada uji klasifikasi menggunakan metode SVM *multi-class* [10-12] untuk menentukan secara tepat jenis klasifikasi distorsi citra sidik jari. Tabel 1 menunjukkan hasil klasifikasi jenis distorsi citra sidik jari berdasarkan nilai parameter kualitas citra menggunakan SVM Multi-class Classifier.

Tabel 2-4 menunjukkan interpretasi nilai parameter (LCS, GCS, dan RVTR) untuk menetapkan jenis citra sidik jari.

Berdasarkan hasil interpretasi nilai parameter kualitas citra sidik jari, unjuk kerja model yang diusulkan dievaluasi dengan menghitung besarnya rasio kesalahan penerimaan citra sidik jari yang tidak berminyak. Unjuk kerja model yang diusulkan diukur berdasarkan nilai FAR, FRR, dan *specificity* yang dihasilkan secara berurut menggunakan Pers. (15), (16), dan (17). Hasil evaluasi unjuk kerja sistem ditunjukkan pada Tabel 5.

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5, dari empat jenis percobaan yang telah dilakukan, dapat dijelaskan bahwa unjuk kerja model yang diusulkan dicapai hasil yang maksimal pada jenis pengujian T2 dengan menggunakan threshold $c3$ sebagaimana ditunjukkan bahwa nilai rasio kesalahan penerimaan (FAR) yang paling kecil adalah sebesar 0,2399, sedangkan tingkat keberhasilan pengenalan (*specificity*) tertinggi adalah sebesar 0,7601.

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Jenis Distorsi Citra Sidik Jari berdasarkan Nilai Parameter Kualitas Citra Menggunakan SVM Multi-class Classifier

Uji	Nilai Parameter Kualitas Citra			Jenis Citra Sidik Jari
	LCS	GCS	RVTR	
T1	0.01233-0.01339	0.01160-0.01172	5.58E-05-6.87E-05	Kering
	0.01340-0.01445	0.01173-0.01185	6.88E-05-6.97E-05	Netral
	0.01446-0.01550	0.01186-0.01230	6.98E-05-7.22E-05	Berminyak
T2	0.01233-0.01339	0.01160-0.01172	5.58E-05-6.87E-05	Kering
	0.01340-0.01445	0.01173-0.01185	6.88E-05- 6.97E-05	Netral
	0.01446-0.01550	0.01186-0.01230	6.98E-05-7.22E-05	Berminyak
T3	0.01233-0.01339	0.01160-0.01172	5.58E-05-6.84E-05	Kering
	0.01340-0.01445	0.01173-0.01185	6.85E-05-6.91E-05	Netral
	0.01446-0.01455	0.01186-0.01225	6.92E-05-7.00E-05	Berminyak
T4	0.01230-0.01345	0.01160-0.01173	5.61E-05-6.65E-05	Kering
	0.01346-0.01460	0.01174-0.01185	6.66E-05-6.84E-05	Netral
	0.01461-0.01435	0.01160-0.01215	6.84E-05-7.03E-05	Berminyak

Tabel 2. Interpretasi Nilai Parameter Kualitas Citra Sidik Jari yang Dikeringkan dengan *Hair-dryer* berdasarkan Parameter Kualitas Citra

Nilai Parameter Kualitas Citra			Jenis Citra Sidik Jari
LCS	GCS	RVTR	
<0.01233	<0.01160	<5.58E-05	Cenderung semakin Kering
0.01233-0.01339	0.01160-0.01172	5.58E-05-6.87E-05	Kering
>0.01339	>0.01172	>6.87E-05	Cenderung Netral

Tabel 3. Interpretasi Nilai Parameter Kualitas Citra Sidik Jari Apa Adanya (tanpa dikondisikan) berdasarkan Parameter Kualitas Citra

Nilai Parameter Kualitas Citra			Jenis Citra Sidik Jari
LCS	GCS	RVTR	
<0.01340	<0.01173	<6.88E-05	Cenderung Kering
0.01340-0.01445	0.01173-0.01185	6.88E-05-7.21E-05	Netral
>0.01445	>0.01185	>7.21E-05	Cenderung Berminyak

Tabel 4. Interpretasi Nilai Parameter Kualitas Citra Sidik Jari yang Dilumuri dengan Minyak (*Baby-oil*) berdasarkan Parameter Kualitas Citra

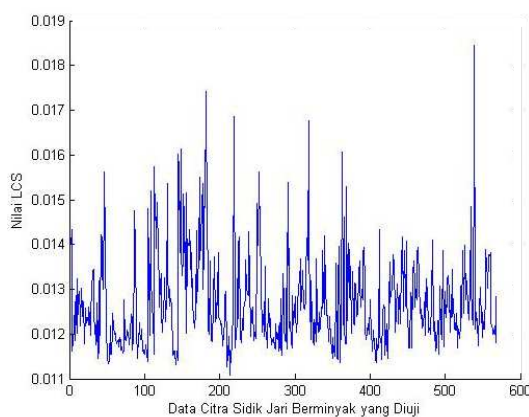
Nilai Parameter Kualitas Citra			Jenis Citra Sidik Jari
LCS	GCS	RVTR	
<0.01446	<0.01186	<6.98E-05	Cenderung Netral
0.01446-0.01550	0.01186-0.01230	6.98E-05-7.22E-05	Berminyak
>0.01550	>0.01230	>7.22E-05	Cenderung Semakin Berminyak

Tabel 5. Hasil Evaluasi Unjuk Kerja Sistem

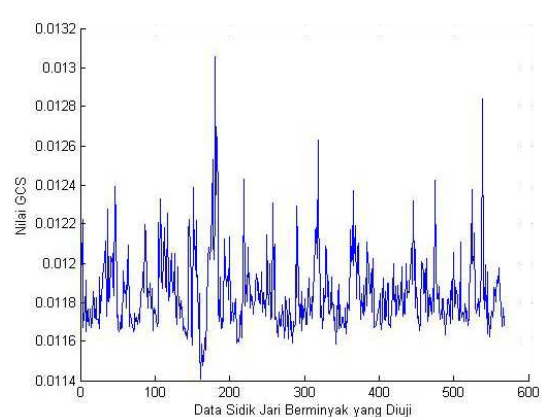
Uji	Nilai FAR			Nilai FRR			Nilai <i>Specificity</i>		
	<i>c1</i>	<i>c2</i>	<i>c3</i>	<i>c1</i>	<i>c2</i>	<i>c3</i>	<i>c1</i>	<i>c2</i>	<i>c3</i>
T1	0.4279	0.4089	0.2809	0.7238	0.7053	0.6104	0.5721	0.5911	0.7191
T2	0.3970	0.3804	0.2399	0.7115	0.6961	0.5416	0.6030	0.6196	0.7601
T3	0.4962	0.4826	0.4119	0.7395	0.7297	0.7015	0.5038	0.5174	0.5881
T4	0.5490	0.5408	0.4917	0.7688	0.7636	0.7467	0.4510	0.4592	0.5083

Catatan: $c1=10^6$; $c2=10^7$; $c3=10^8$ adalah nilai threshold yang dipasang pada metode SVM saat melakukan proses klasifikasi jenis citra sidik jari.

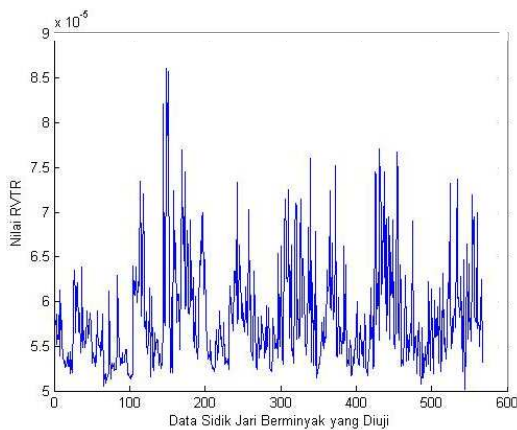
T1: Data *Training* = 4; Data *Testing* = 4 T2: Data *Training* = 3; Data *Testing* = 5
 T3: Data *Training* = 2; Data *Testing* = 6 T4: Data *Training* = 1; Data *Testing* = 7



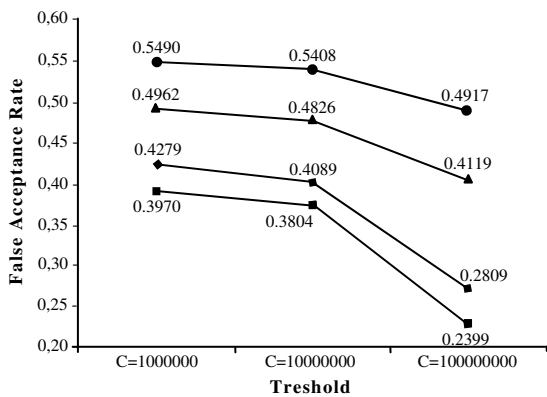
Gambar 7. Grafik Nilai Skor LCS Citra Sidik Jari Berminyak



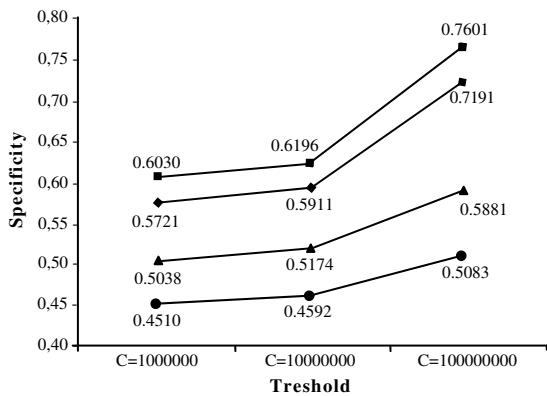
Gambar 8. Grafik Nilai Skor GCS Citra Sidik Jari Berminyak



Gambar 9. Grafik Nilai RVTR Citra Sidik Jari Berminyak



Gambar 10. Grafik Nilai False Acceptance Rate. T1 (◆), T2 (■), T3 (▲), T4 (●)



Gambar 11. Grafik Nilai Specificity. T1 (◆), T2 (■), T3 (▲), T4 (●)

Untuk penelitian selanjutnya disarankan menambah banyaknya data (citra) dan nilai *threshold* yang digunakan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja model penentuan nilai standar distorsi pada akuisisi citra sidik jari sangat dipengaruhi oleh jumlah data *training* dan data testing serta nilai *threshold* yang digunakan. Semakin banyak data *training* yang digunakan, maka unjuk kerja sistem semakin baik. Demikian pula penggunaan nilai *threshold*. Nilai standar distorsi berminyak pada akuisisi citra sidik jari berdasarkan skor kejelasan dan rasio ketebalan *ridge-valley* yakni memiliki skor kejelasan lokal (LCS) sebesar 0,01446-0,01550, skor kejelasan global (GCS) sebesar 0,01186-0,01230, dan nilai rasio ketebalan *ridge-valley* (RVTR) sebesar 6,980E-05-7,22E-05.

Daftar Acuan

- [1] A.K. Jain, A. Ross and S. Prabhakar, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 14/1 (2004) 4.
- [2] L.C. Jain, U. Halici, I. Hayashi, S.B. Lee, S. Tsutsui, Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC Press, USA, 1999, p.34.
- [3] L. Ji, Z. Yi, J. Pattern Recognit. 41 (2008) 1491.
- [4] E.K. Yun, S.B. Cho, Image Vision Comput. 24/1 (2006) 101.
- [5] E. Lim, X. Jiang, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), New York, USA, 1 (2002) 469.
- [6] E. Blotta, E. Moler, Forensic Sci. Int. 141 (2004) 109.
- [7] L.L. Shen, A. Kot, W.M. Koo, Proc. Of the 3rd AVBPA, London, UK, 2001, p.182.
- [8] H.C. Lee, R.E. Gaensslen, Advances in Fingerprint Technology, CRC Press, Boca Raton, FL, 2001, p.274.
- [9] T.P. Chen, X. Jiang, X. W.Y. Yau, Proceedings of Conference on Image Process, Singapore, 2 (2004) 1253.
- [10] V. N. Vapnik, Statistical Learning Theory, Wiley, New York, 1998, p.736.
- [11] C.W. Hsu, C.J. Lin, IEEE Trans. Neural Networks 13/4 (2002) 415.
- [12] J. Wang, P. Neskovic, L.N. Cooper, Studies in Computational Intelligence 35 (2007) 61.
- [13] T. Fawcett, Pattern Recognit. Lett. 27 (2006) 861.
- [14] D.J. Hand, R.J. Till, J. Machine Learning 45/2 (2001) 171.
- [15] M.S. Khalil, D. Mohamad, M.K. Khan, Q. Al-Nuzaili, Digital Signal Process, Elsevier Science, 20/4 (2010) 1264.