

Pengenalan Sidik Jari dengan Menggunakan Algoritma Pencocokan String Boyer-Moore

Amir Muntaha

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung
amir.muntaha@gmail.com

Rinaldi Munir

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung
rinaldi-m@stei.itb.ac.id

ABSTRAK

Sidik jari setiap orang adalah unik, oleh karena itu sidik jari sering digunakan dalam teknologi biometrik untuk proses identifikasi seseorang. Proses identifikasi adalah membandingkan obyek sidik jari dalam bentuk citra biner dengan sekumpulan sidik jari yang terdapat di dalam sebuah *database*. Karena citra sidik jari dapat dipandang sebagai *pattern* string biner, maka sembarang algoritma pencocokan string dapat digunakan dalam proses perbandingan. Salah satu algoritma pencocokan string yang mempunyai kinerja bagus adalah algoritma Boyer-More. Di dalam makalah ini disajikan pengembangan aplikasi pengenalan sidik jari dengan menggunakan algoritma pencocokan string Boyer-Moore. Aplikasi yang diberi nama PSJ (Pengenal Sidik Jari) ini adalah aplikasi yang ditujukan agar dapat membantu tim penyidik melakukan pengenalan sidik jari ke basis data. Aplikasi PSJ ini memiliki dua fungsi utama, yaitu mampu memasukkan data sidik jari beserta data diri pemilikinya ke dalam basis data dan juga melakukan pengenalan sidik jari ke dalam basis data yang sudah dimasukkan sebelumnya. Dari pengujian aplikasi dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengenalan sidik jari dengan Algoritma Boyer-Moore dapat dilakukan dengan baik namun masih memiliki berbagai kekurangan. Untuk data sidik jari yang terputar masih sulit untuk dikenali, sedangkan untuk data sidik jari yang terhapus sebagian masih bisa dikenali.

Kategori dan Deskripsi Subyek

I.5.0 [Pattern Recognition] : General

Kata Kunci

Identifikasi, sidik jari, biometric, Algoritma Boyer-Moore

1. PENDAHULUAN

Identifikasi personal yang dapat dipercaya adalah kunci dari setiap akses dan juga transaksi. Jika seorang individu dapat diidentifikasi dengan akurat, maka kriminal dan penipuan dapat dikurangi. Pengesahan identitas yang terotomasi juga akan memberikan kenyamanan dan tingkat efisiensi yang lebih tinggi pada berbagai macam bisnis (contohnya: keamanan, *e-commerce*, pelayanan kesehatan, pemerintahan, dan juga telekomunikasi) dan juga menjaga sesuatu yang sangat penting.

Ada berbagai cara untuk mengidentifikasi seseorang agar dapat terautentikasi, dan salah satu cara yang telah lama digunakan adalah dengan menggunakan kata sandi atau *password*. Dengan menggunakan *password* seseorang dapat mengakses suatu

informasi jika identitas pengguna dan kata sandinya cocok. Kata sandi ini juga masih banyak kelemahan, sehingga orang lain dapat mendapatkan kata kunci tersebut.

Cara kedua yang mulai sering dipakai pada dekade terakhir ini adalah dengan menggunakan teknologi biometrik, yaitu teknologi untuk mengidentifikasi seseorang melalui karakteristik fisik maupun tingkah laku yang berbeda satu sama lain, seperti sidik jari, retina, suara, wajah, iris dan sebagainya [9]. Teknologi ini sangat efektif untuk memberikan perlindungan terhadap hal-hal yang penting dan juga menghindari penipuan karena tidak bisa hilang, sangat sulit ditiru, dan bukan merupakan sesuatu yang dapat dilupakan. Diantara seluruh teknologi biometrik yang ada, pengenalan sidik jari adalah teknologi yang paling populer digunakan sekarang ini karena pemindai sidik jari sudah semakin murah dan bentuknya lebih kecil.

Berbagai algoritma pengenalan sidik jari sudah sejak lama dikembangkan dan melahirkan berbagai metode, seperti algoritma Minutiae Detection [3], Parabolic Mask [2], Genetic [8], fuzzy Sugeno [6], Neural Networks [5] dan algoritma lainnya. Di dalam makalah ini ditawarkan suatu metode pengenalan sidik jari menggunakan algoritma pencocokan string Boyer-Moore sebagai alternatif penggunaan algoritma pencocokan string Knuth-Morris-Path (KMP) dalam pengenalan sidik jari [10].

2. KARAKTERISTIK SIDIK JARI

Guratan sidik jari manusia mulai terbentuk pada saat antara minggu ke-12 sampai minggu ke-19 di dalam kandungan. Dan kemudian akan terbentuk secara pasti tepat pada pertengahan 40 minggu kehamilan. Pada setiap ujung jari akan terbentuk guratan berdasarkan perkembangan dan regresi dari janin. Meskipun guratan sidik jari diyakini berasal dari keturunan genetik, tapi guratan tersebut juga dipengaruhi oleh faktor-faktor non-genetik dari lingkungan pada saat awal kehamilan, yaitu pada selang waktu untuk pembentukan kulit dan juga organogenesis. Oleh karena itulah setiap orang meskipun mempunyai kembar identik tidak akan memiliki sidik jari yang sama. Karena sidik jari terbentuk juga secara genetik maka, bentuk sidik jari seseorang akan tetap sama meskipun orang tersebut bertambah usia. Jika ujung jari terluka maka guratan pada sidik jari tidak akan berubah, karena kulit yang terbentuk akan memiliki guratan yang sama [3].

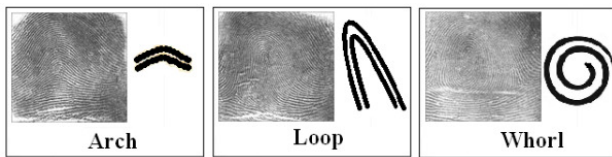
Pengenalan sidik jari adalah proses membandingkan sidik jari yang dipertanyakan dengan data sidik jari yang dimiliki untuk

mengetahui apakah sidik jari tersebut berasal dari tangan yang sama.

2.1 Klasifikasi Sidik Jari

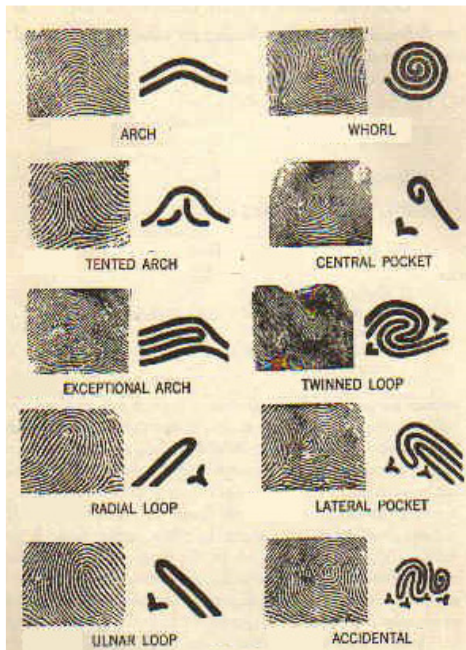
Beberapa sistem klasifikasi sidik jari yang terkenal adalah sistem Roscher, sistem Vucetich dan sistem Henry. Sistem Roscher dibangun dan dikembangkan di Jerman yang kemudian diimplementasikan di Jerman dan Jepang, sistem Vucetich dikembangkan di Argentina dan diimplementasikan di Negara-negara Amerika Selatan, sementara sistem Henry dibangun di India dan diimplementasikan di hampir seluruh negara yang menggunakan bahasa Inggris, oleh karena itulah sistem Henry merupakan sistem klasifikasi yang sering digunakan [4].

Dalam sistem klasifikasi Henry ini terdapat tiga corak utama dari guratan sidik jari seperti yang ditunjukkan Gambar 1, yaitu: Arch, Loop dan Whorl.



Gambar 1 Tiga Corak dasar sistem Henry [4]

Dari klasifikasi tiga corak dasar tersebut kemudian berkembang menjadi bermacam klasifikasi lainnya seperti yang digambarkan pada Gambar 2.

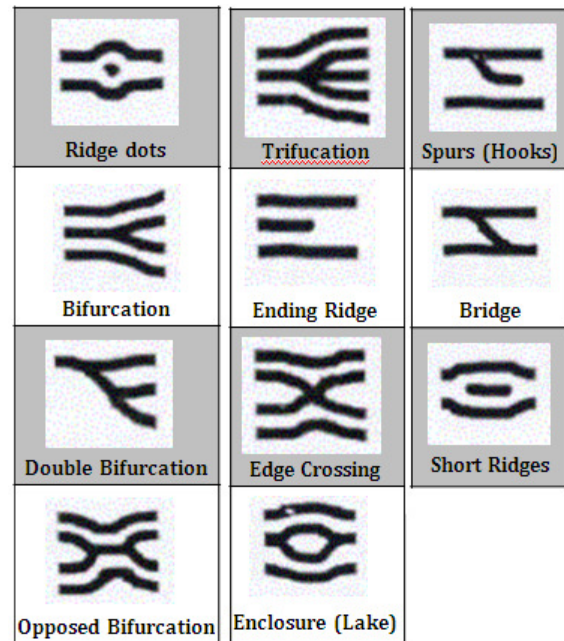


Gambar 2 Corak-corak sidik jari [4]

2.2 Tipe-tipe Ridge

Selain diklasifikasikan berdasarkan corak guratan, sidik jari juga diidentifikasi dengan Ridge. Ridge adalah satuan unit dari guratan sidik jari yang memiliki karakteristik tertentu. Terdapat berbagai macam tipe Ridge, dan beberapa diantaranya lebih biasa ditemukan dibandingkan dengan yang lain. Ridge ini biasa digunakan untuk membantu melakukan identifikasi sidik jari. Pada setiap sidik jari bisa ditemukan sampai seratus buah

ridge dengan berbagai tipe. Gambar 3 di bawah akan memaparkan beberapa tipe Ridge berdasarkan karakteristiknya.



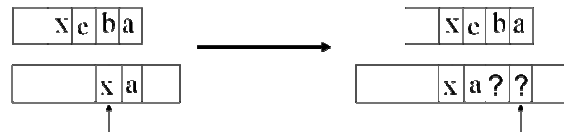
Gambar 3 Tipe-tipe Ridge

3. ALGORITMA BOYER-MOORE [1]

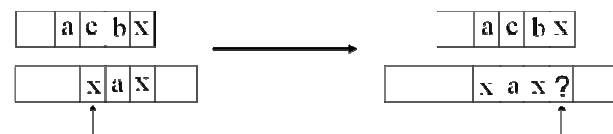
Ide dasar dari algoritma pencocokan string Boyer-Moore adalah jika pattern dicocokkan dari kanan ke kiri maka, informasi yang didapat akan lebih banyak [7]. Misalkan saja sebuah pattern dengan panjang patlen diletakkan pada ujung kiri atas dari sebuah String, sehingga kedua karakter yang pertama sejajar. Kemudian misalkan, char adalah karakter ke-patlen dari String, maka karakter tersebut akan sejajar dengan karakter terakhir dari pattern.

Ada empat kasus yang terjadi pada proses pencocokan string:

1. Kasus pertama, jika terdapat karakter x di dalam pattern dan tanda penunjuk menunjuk ke karakter x di string, maka geser pattern sampai kedua karakter x sejajar. Berikut adalah ilustrasi nya:



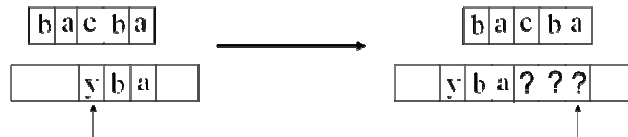
2. Kasus kedua, jika terdapat karakter x didalam pattern dan tanda penunjuk menunjuk ke karakter x di dalam string namun karakter x di pattern berada di sebelah kanan dari tanda penunjuk, maka geser pattern sebanyak satu ke kanan. Ini adalah pergeseran minimal yang dilakukan. Berikut adalah ilustrasi nya:



3. Kasus ketiga, jika tidak terdapat karakter x didalam *pattern* tapi tanda penunjuk menunjuk ke karakter x di dalam string, maka geser *pattern* sampai melewati karakter x tersebut. Berikut adalah ilustrasi nya:



4. Kasus keempat, namun jika dalam kasus dua dan tiga jika ditemukan kemunculan kembali dari substring *pattern* yang telah dicocokkan di dalam string, maka geser *pattern* sampai substring tersebut sejajar dengan yang karakter yang telah dicocokkan tersebut. Berikut adalah ilustrasi nya:



4. PENELITIAN TERKAIT

Sub-bab ini berisi pemaparan dua buah pengenalan sidik jari yang sudah ada, yaitu *Fingerprint Recognition Using Neural Network* [5] dan *Fingerprint Recognition Using Genetic Algorithms* [8].

4.1 Fingerprint Recognition Using Neural Network [5]

Pendekatan berbasis neural network digunakan untuk pengenalan sidik jari dengan metode ini. Minutiae diekstraksi dari gambar sidik jari dengan menggunakan MLP (multilayer perceptron) dengan sebuah lapisan tersembunyi. Teknik backpropagation learning digunakan untuk percobaan ini. Fitur-fitur penting direpresentasikan secara spesial sehingga akan invarian secara simulatan terhadap pergeseran, perputaran dan dilatasi.

Di dalam sistem ini diambil data digital gambar sidik jari dengan resolusi 512x512 pixel dengan 256 gray levels. Kemudian dipilih daerah yang memenuhi berdasarkan pengamatan visual. Jika kondisi pencahayaan dari gambar kurang baik, maka dipakai tehnik persamaan histogram agar kontras dapat ditingkatkan. Meskipun data digital yang didapat adalah grayscale namun yang dibutuhkan hanyalah data biner, yaitu ada ridge sidik jari atau tidak. Untuk itu diperlukan operasi edge detector dan tehnik thresholding dalam memperjelas binerisasi data digital sebelumnya. Kemudian dengan algoritma line thinning diambil struktur tulang dari sidik jari dengan dikurangnya tingkat ketebalan dari ridge sampai hanya satu pixel tanpa pengurangan dari keterhubungan dari ridge tersebut. Namun terkadang dalam data biner digital tersebut masih terdapat ketidakteraturan berupa celah antar ridge yang biasa disebabkan oleh kulit yang terlipat, ridge yang bersebelahan, tekanan ujung jari yang tidak merata, coretan tinta, dan berbagai hal lainnya. Hal ini dapat diperbaiki dengan operasi perbaikan gambar yaitu pengisian lubang-lubang, penghapusan titik yang berlebihan, dan pengisian titik-titik yang berpotensi telah hilang.

Fase selanjutnya adalah proses pengambilan fitur dari gambar biner yang telah dirampingkan sebelumnya. Dalam fase ini, jaringan dengan tiga lapis perceptron digunakan untuk deteksi dari ridge yang terdapat pada gambar sidik jari tersebut. Jika dalam suatu lokasi yang sedang dideteksi mengandung ridge, maka akan diberikan nilai '1' untuk lokasi tersebut, dan nilai '0' jika tidak terdapat ridge.

Dengan menggunakan neural network sistem ini telah berhasil mengambil fitur-fitur yang diperlukan. Fitur-fitur yang baik kemudian dipilih dan direpresentasikan ke dalam model data yang sederhana yang memungkinkan untuk melakukan pengenalan meskipun terdapat kesalahan peletakan dan juga perubahan ukuran gambar. Kemudian dengan penggunaan neural network dapat mempercepat pengklasifikasian dibandingkan dengan menggunakan basisdata berbasis aturan. Setelah dilakukan simulasi, dihasilkan bahwa rasio deteksi bagus dan rata-rata kegagalan yang rendah. Dan metode ini sangat akurat untuk sistem dengan data sidik jari yang sedikit.

4.2 Fingerprint Recognition Using Genetic Algorithms [8]

Aplikasi pengenalan sidik jari dengan algoritma genetik ini dirancang agar bisa digunakan untuk sistem biometric yang berbeda tanpa usaha yang lebih. Daripada melakukan pendekatan dari parameter-paramater yang dibutuhkan dalam kasus dan metode yang berbeda, sistem ini lebih memilih menggunakan bantuan dari algoritma BioGINA dan algoritma genetik

Algoritma pencocokan yang digunakan dalam aplikasi ini adalah BioGINA. Algoritma membutuhkan 15 parameter untuk mendefinisikan lokasi dan orientasi dari ridge. Dalam proses pencocokan, sepasang sidik jari yang berada dalam data verifikasi dicocokkan dengan sepasang sidik jari dalam data yang telah didaftarkan. Bagian pertama dari parameter BioGINA ini mendefinisikan nilai persentase untuk nilai simpangan maksimal dari sifat-sifat relatif dari ridge seperti jumlah, jarak antar ridge, dan juga sudut perputaran sesuai dengan orientasi. Nilai simpangan tersebut kemudian diskalakan ke dalam beberapa penilaian dengan menggunakan persamaan linear yang koefisiennya didefinisikan di bagian kedua dari parameter BioGINA. Parameter-parameter berikutnya mendefinisikan nilai minimal dari penilaian yang harus diukur dan penyimpangan maksimum dari orientasi global gambar sidik jari.

Kemudian digunakan algoritma genetik untuk mengoptimasi algoritma BioGINA. Komponen utama dari algoritma genetik ini adalah representasi binary dari kandidat solusi, dalam kasus ini adalah vektor numerik parameter. Komponen vektor dapat dianalogikan sebagai gen sedangkan representasi vektor dapat dianalogikan sebagai kromosom. Kemudian terdapat fitness function dapat dihitung kualitas dari sebuah individu secara numerik dengan menentukan performanya pada kondisi pengguna yang lebih khusus. Optimisasi yang sebenarnya akan dicapai dengan proses reproduksi secara terus menerus. Dalam langkah pertama, himpunan kecil dari individu dengan nilai kualitas yang lebih tinggi dipilih dari populasi. Kemudian dari himpunan tersebut dibentuk generasi populasi baru dengan melakukan operasi-operasi genetik kemudian dilakukan operasi seleksi yang mengambil individu-individu dengan nilai kualitas yang tinggi. Proses seleksi dan reproduksi ini akan terus berulang sampai kondisi yang dispesifikasikan pengguna

tercapai, ditemukannya solusi yang memenuhi kriteria tujuan atau waktu terlalu lama.

Untuk semua basis data yang diuji, baik basis data baru yang dibangun dari basis data BioGINA dan juga basis data dari FVC, terbukti bahwa terdapat kemajuan. Untuk basis data yang dibuat dengan algoritma BioGINA tingkat kemajuan secara relatif 25% telah dicapai. Dalam kasus terbaik tingkat kemajuan secara relatif yang diperoleh adalah 40%.

5. PENERAPAN ALGORITMA BOYER-MOORE UNTUK PENGENALAN SIDIK JARI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisis pengambilan sidik jari berikut dengan *preprocessing* nya dan analisis mengenai pengenalan sidik jari dengan memanfaatkan algoritma Boyer-Moore.

5.1 Analisis Pengambilan Sidik Jari

Pengambilan sidik jari yang dilakukan secara konvensional biasanya menggunakan sistem 10 jari. Yaitu seseorang yang akan dicatat data sidik jarinya akan diambil sidik jarinya dengan menggunakan tinta yang akan ditorehkan diatas kertas putih. Kemudian sidik jari tersebut diklasifikasikan secara manual sesuai dengan pola guratan dan juga jumlah *ridge* yang terlihat. Proses pencarian dilakukan secara manual dengan mencocokkan berdasarkan pola dan jumlah *ridge* yang mendekati.

Untuk mengubah sistem manual tersebut ke dalam sistem yang terkomputerisasi maka data sidik jari tersebut akan dipindai dan dimasukkan ke dalam basis data sistem. Pada gambar sidik jari yang akan dipindai memungkinkan adanya kesalahan-kesalahan yang menyebabkan beberapa guratan terhapus atau terdapat coretan tinta yang bukan merupakan guratan dikarenakan beberapa hal seperti, kotoran di tangan, kulit yang terlipat, cat tinta yang berlebih dan lain sebagainya.

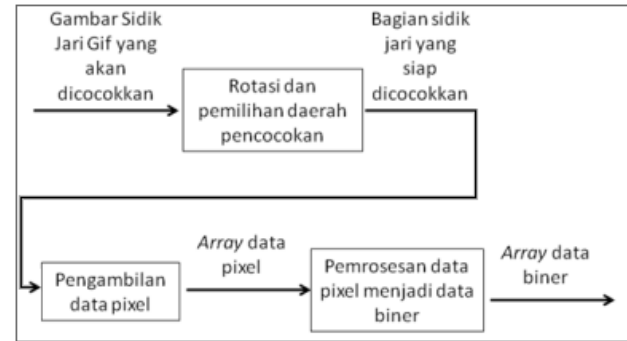
Bila gambar yang dipindai terdapat kesalahan, maka gambar tersebut harus diproses dengan menghilangkan coretan yang berlebih dan juga mengembalikan guratan yang terhapus. Kemudian untuk memudahkan pemrosesan gambar, maka data gambar yang masuk akan diubah menjadi data gambar biner atau hitam putih terlebih dahulu. Hitam menandakan adanya guratan pada posisi tersebut dan putih menunjukkan tidak ada guratan.

Setiap data sidik jari tersebut kemudian diubah menjadi *array* dua dimensi untuk merpresentasikan setiap koordinat *pixel* dari gambar. *Array* tersebut akan berisi *string* biner 1 atau 0, dimana 1 menunjukkan warna hitam atau adanya guratan dan 0 menunjukkan warna putih atau tidak adanya guratan, sesuai dengan data *pixel* yang diambil.

Untuk rekaman sidik jari yang ingin dicocokkan juga dilakukan proses yang hampir sama. Pertama-tama dilakukan pemindaian terhadap rekaman sidik jari yang didapat. Data tersebut mengandung banyak kesalahan dibandingkan pengambilan sidik jari dengan tinta. Hal tersebut dikarenakan rekaman sidik jari banyak terpotong guratanya dan juga sidik jari yang didapat tidak keseluruhan, oleh karena itu masih diperlukan campur tangan manusia dengan memilih bagian mana yang akan dicocokkan. Selain itu posisi rekaman sidik jari tersebut juga

mungkin mengalami perputaran ketika pengambilan maka perlu juga dilakukan rotasi.

Jadi, pertama-tama gambar sidik jari akan dirotasi sampai sesuai dengan pengambilan untuk basis data. Kemudian, data tersebut diambil bagian yang akan dicocokkan dan selanjutnya diubah menjadi data biner. Data biner tersebut diubah menjadi *string* yang akan dikenali dengan mencocokkannya ke basis data. Gambar 4 berikut menunjukkan diagram proses pengambilan data biner.



Gambar 4 Proses pengambilan data biner

5.2 Analisis Pengenalan Sidik Jari

Pengenalan sidik jari dilakukan dengan melakukan pencocokan *string* yang diambil dari rekaman sidik jari ke basis data yang ada. Karena data yang dicocokkan adalah gambar maka satu baris deretan *string* tidaklah cukup, untuk itu setiap karakter dalam *string* yang dipilih dari rekaman sidik jari harus merepresentasikan minimal beberapa baris sekaligus. Sedangkan untuk lebar, karena banyak kesalahan dalam pengambilan rekaman sidik jari, maka lebar yang diambil lebih baik tidak terlalu lebar untuk mengurangi kemungkinan data salah yang ikut terambil tetapi juga tidak terlalu pendek agar tingkat akurasi lebih tinggi. Karena dimensi sidik jari berkisar 240 x 320 *pixel* maka kita dapat mengambil 12,5 % dari lebar yaitu 30 *pixel* karena dengan diambilnya seperdelapan panjang akan diperoleh kecepatan maksimal 8 kali pencocokan tiap baris, dan cukup pendek untuk mengambil daerah yang tepat. Sedangkan untuk tinggi nya diambil dari representasi karakter ASCII yang ada yaitu 8 bit yang akan merepresentasikan 8 karakter ke bawah.

Pencocokan *string* yang dilakukan adalah dengan menggunakan algoritma Boyer-Moore. Dalam algoritma Boyer-Moore pencocokan dilakukan tiap karakter, namun hal ini akan membuat performansi jadi lambat karena variasi dari karakter hanya dua, yaitu satu atau nol. Maka untuk mengatasi hal tersebut, karakter yang dicocokkan adalah 8 buah karakter kebawah sekaligus. Setiap karakter akan merepresentasikan bilangan biner 8 digit kebawah yang telah diubah menjadi karakter ASCII. Berikut adalah contoh pengubahan dari *string* yang diambil yaitu *string* berdimensi 30 x 8 menjadi *string* satu baris :

```

string lama :
1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 ...
1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 ...
0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 ...
1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 ...
1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 ...
0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 ...
  
```

```

1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 ...
1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 ...

String baru :
û D { Ä { D Ö é û D i Ä º | ...
    
```

Begitu juga dengan basis data sidik jari yang akan dicocokkan, setiap karakter 1 atau 0 akan diubah menjadi karakter ASCII yang merepresentasikan 8 karakter dibawahnya, tanpa menghilangkan karakter dibawahnya. Jadi, jika basis data yang diambil dari sidik jari langsung adalah *string* biner berdimensi 240 x 320 maka akan berubah menjadi *string* *heksa* berdimensi 240 x 313. Tujuh baris dibawah akan hilang karena sudah direpresentasikan pada baris terakhir. Kemudian tiap baris tersebut digabung menjadi satu *string* panjang yang dibatasi dengan karakter spasial (" ") untuk mengganti representasi ganti baris.

Setelah *string* yang akan dicocokkan dan *string* dari sidik jari sudah diproses maka akan dilakukan pencocokan *string* dengan menggunakan algoritma Boyer-Moore dengan melakukan pencocokan di tiap baris.

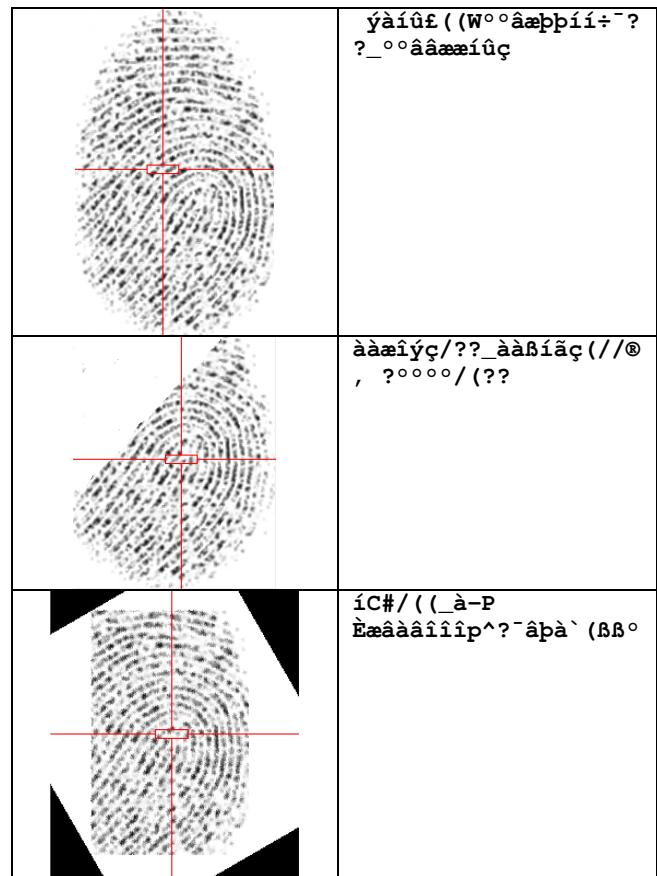
6. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN HASIL

Untuk mengetahui tingkat keakuratan pengenalan sidik jari dengan perangkat lunak PSJ, maka dilakukan pengujian dengan beberapa contoh sidik jari. Basis data sudah berisi data sejumlah sidik jari. Contoh sebuah gambar sidik jari di dalam basis data beserta representasi sebagian stringnya diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Contoh data sidik jari dan representasinya

Gambar 6 memperlihatkan tiga buah *pattern* yang dicocokkan dan *string* yang diambil. *Pattern* pertama normal, yang kedua terhapus sebagian, dan ketiga terotasi. Kotak berwarna merah menyatakan bagian sidik jari yang diambil untuk pencocokan.



Gambar 6 Contoh *pattern* dan *string* yang diambil

Dari pengujian diperoleh hasil bahwa untuk *pattern* sidik jari yang normal dan terhapus berhasil dikenali (cocok dengan data di dalam basis data). Tetapi, untuk gambar sidik jari yang terputar masih belum bisa dikenali dengan baik oleh perangkat lunak ini. Hal ini disebabkan pengambilan data dari hasil perputaran gambar tidak tepat sama dengan data sidik jari yang terdapat di basis data, kecuali perputaran 90 derajat dan kelipatannya. Dan untuk menambah ketepatan pengenalan sidik jari dapat dilakukan beberapa kali pencocokan di daerah yang berbeda.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulannya adalah bahwa pengenalan sidik jari dapat dilakukan dengan memanfaatkan algoritma Boyer-Moore. Struktur sidik jari yang merupakan *string* biner diubah menjadi ASCII untuk melakukan pencarian 8 baris sekaligus agar daerah pencocokan tidak hanya satu baris saja. Dari hasil pengujian diketahui untuk data sidik jari yang bergeser atau pun yang terhapus sebagian masih bisa dikenali, sedangkan data sidik jari yang mengalami perputaran tidak akurat.

Hal utama untuk meningkatkan keakuratan pengenalan sidik jari yaitu dapat dilakukan pengambilan titik acuan dari gambar sidik jari supaya gambar sidik jari yang diambil dapat dilakukan rotasi oleh sistem. Sedangkan untuk lebih meningkatkan kecepatan pencocokkan, data sidik jari disimpan dengan menggunakan klasifikasi tipe sidik jari.

8. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boyer, Robert S dan J Strother Moore, "A Fast String Searching Algorithm." 1977
- [2] Çavuşoğlu, Abdullah dan Salih Görgünoğlu. "A Fast Fingerprint Image Enhancement Algorithm Using a Parabolic Mask." Ankara: Gazi University, 2006.
- [3] Espinosa, Virginia. "Minutiae Detection Algorithm for Fingerprint Recognition." Spanyol: Polytechnic University of Catalonia, 2008.
- [4] Henry, Edward R., Sir (1900) Classification and Uses of Finger Prints London: George Rutledge & Sons, Ltd.
- [5] Leung, W. F; S. H. Leung; W. H. Lau dan Andrew Luk. "Fingerprint Recognition Using Neural Network." Hong Kong: City Polytechnic of Hong Kong, 1991.
- [6] Melin, Patricia; Diana Bravo dan Oscar Castillo. "Fingerprint recognition using the fuzzy Sugeno integral for response integration in modular neural networks." USA: Taylor and Francis Ltd, 2008.
- [7] Munir, Rinaldi. Diktat Kuliah Strategi Algoritmik. Bandung: Program Studi Teknik Informatika ITB, 2006.
- [8] Scheidat, Tobias; Andreas Engel dan Claus Vielhauer. "Parameter Optimization for biometric Fingerprint Recognition using genetic Algorithms." Germany: Otto-von-Guericke University of Magdeburg, 2004
- [9] Vatsa, Mayang ; Richa Singh dan P. Gupta. "Biometric Technologies." Kanpur: Indian Institute Of Technology Kanpur, 2008. [Online] <http://encyclopedia.jrank.org/articles/pages/6556/Biometric-Technologies.html> diakses tanggal 1 Desember 2008 jam 11.00 WIB.
- [10] Winanti, Winda. "Aplikasi Algoritma Pencocokan String Knuth-Morris-Path (KMP) dalam Pengenalan Sidik Jari." Bandung: Program Studi Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung, 2007