

Pengkodean Warna Iris Mata Sebagai Password Sistem Pengenalan Individu

A. Ramadona Nilawati¹, Karmilasari¹, Sarifuddin Madenda^{1,2}

¹Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi
Universitas Gunadarma, Depok, Indonesia

²Program Studi Sistem Komputer, Sistem Informasi STMIK JAK-STIK Jakarta Selatan, Indonesia
rama@staff.gunadarma.ac.id
karmila@staff.gunadarma.ac.id
sarif@jak-stik.ac.id

Abstrak

Iris mata adalah salah satu bagian dari biometrik yang memiliki karakteristik pola/tekstur dan warna yang unik bagi setiap orang. Sifat keunikannya inilah menjadikan iris mata dapat digunakan sebagai password sistem keamanan. Hingga saat ini, algoritma-algoritma pengenalan iris yang dikembangkan baru berdasarkan pada karakteristik pola iris. Hasil yang diperoleh sudah cukup baik. Kelemahan dari penggunaan karakteristik pola iris mata adalah rentan terhadap pergeseran pola akibat rotasi dan juga perubahan intensitas cahaya. Dalam makalah ini, penulis mengusulkan model pengenalan individu berdasarkan pada warna iris dengan bantuan histogram bin warna 3 dimensi dari ruang warna HCL. Model ini telah berhasil dikembangkan dan diimplementasikan dalam suatu perangkat lunak dan telah diuji-cobakan terhadap 1877 citra iris. Uji coba dilakukan dalam dua cara : pertama menggunakan 322 citra iris query (citra ini adalah yang sudah terdaftar dalam data base), kedua adalah menggunakan 300 citra iris query yang tidak terdaftar dalam data base. Kedua uji-coba ini ditujukan untuk melihat tingkat akurasi system yang dikembangkan. Dari hasil perhitungan uji False Accept Rate (FAR) dan False Reject Rate (FRR) menunjukkan bahwa system yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi mencapai 96%

Kata Kunci ; iris mata, pengenalan individu, histogram bin warna.

1. Pendahuluan

Teknologi biometrik merupakan sistem pengenalan individu yang didasarkan pada ciri khusus fisik dan karakteristik perilaku individu [19]. Salah satu sistem

biometrik yang mulai banyak dikembangkan saat ini adalah sistem biometrik berbasis iris mata. Pembentukan iris mata dimulai sejak bulan ketiga kehamilan [3] dan pembentukan struktur pola semakin lengkap pada bulan kedelapan, meskipun penambahan pigmen terus berlanjut hingga satu tahun setelah kelahiran. Pola iris mata tiap individu berbeda (tidak ada yang sama) tidak berubah untuk jangka waktu yang lama. Bahkan dari anak kembar identik, meskipun memiliki kesamaan fitur genetika, demikian pula perbedaan iris pada mata kiri dan kanan. Selain pola/tekstur, fitur yang terlihat jelas pada iris mata adalah warna. Warna iris mata manusia umumnya diklasifikasikan sebagai biru atau coklat. Biru dan coklat dianggap dua warna yang mendominasi iris mata manusia. Macam warna iris warna mata merupakan karakter fenotif poligenik dan ditentukan dari sejumlah tipe dan jenis pigmen pada iris mata [17]. Warna mata adalah sifat yang diturunkan dan dipengaruhi oleh lebih dari satu gen [13].

The Louisville Twin Study, suatu studi di bidang epidemiology dan biostatistics[1] melakukan penelitian untuk menentukan apakah terjadi perubahan warna mata pada usia tertentu. Dari penelitiannya diperoleh hasil bahwa warna iris relatif bersifat stabil (ini merupakan syarat untuk sistem biometrik). Ditemukan pada kebanyakan individu memiliki warna iris yang stabil mulai pada usia 6 tahun (kecuali pada kasus patologi tertentu). Warna iris seringkali tampak berubah karena kesalahan persepsi pengamat akibat variasi pencahayaan.

Dalam pengolahan citra digital, hasil analisis informasi warna dari suatu citra sangat bergantung pada ruang warna serta algoritma yang digunakan. Ruang warna adalah suatu metode yang dipakai untuk membuat spesifikasi, menciptakan, dan memvisualisasikan warna. Secara visual mata manusia,

warna didefinisikan melalui melalui tiga komponennya yaitu tingkat kecerahan (*luminance*), warna (*hue*) dan saturasi (*chrominance*). Dalam penelitian ini, penulis melakukan penelitian sistem pengenalan individu berdasarkan warna iris mata. Untuk membantu proses pengolahan warna iris dari mata setiap individu digunakan ruang warna HCL (*Hue, Chrominance, Luminance*) dengan alasan ruang warna tersebut bersesuaian dengan persepsi mata manusia [11].

2. State of The Art

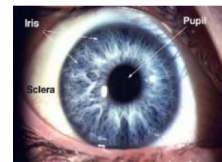
2.1. Pengenalan Individu

Pengenalan individu atau identifikasi personal memiliki peran yang sangat penting pada banyak aplikasi seperti pengendalian akses (*access control*), perdagangan elektronik (*electronic commerce*), pembayaran *benefit* kesejahteraan karyawan (*welfare benefit disbursement*), dan banyak lagi lainnya. Menurut [8] dalam '*Biometrics : Promising frontiers for emerging identification market*' identifikasi individu berfungsi untuk mengenali seseorang melalui identitas yang dimilikinya. Proses identifikasi terdiri atas verifikasi dan rekognisi. Verifikasi merupakan proses penetapan autentisitas terhadap identitas seseorang yang menghasilkan jawaban yang akurat terhadap pertanyaan apakah saya adalah sama persis dengan pengakuan saya terhadap fakta-fakta mengenai diri saya. Rekognisi (kadang-kadang disebut juga 'identifikasi') merupakan proses penetapan identitas seseorang dari *database* yang menyimpan data mengenai orang tersebut dalam suatu sistem informasi. Sistem biometrik adalah suatu sistem pengenalan pola sehingga tercipta suatu identifikasi personal dengan cara menetapkan autentisitas karakteristik-karakteristik psikologis dan perilaku yang dimiliki suatu individu [8]. Idealnya suatu sistem biometri memiliki ciri-ciri [16] (1) *universal*, (2) *permanent*, (3) *distinctive*, (4) *robust*, dan (5) *acceptable*.

2.2. Sistem Pengenalan Individu Berbasis Iris Mata

Salah satu sistem pengenalan individu yang cukup populer dan telah banyak diaplikasikan dalam sistem keamanan adalah iris mata. Iris adalah daerah *annular* pada mata yang berada diantara *pupil* dan *sclera* (bagian putih pada mata) (gambar 1). Pembentukan iris mata dimulai sejak bulan ketiga kehamilan [3] dan pembentukan struktur pola semakin lengkap pada bulan kedelapan, meskipun penambahan pigmen terus berlanjut hingga satu tahun setelah kelahiran. Pola iris mata tiap individu berbeda (tidak ada yang sama),

perbedaan itu juga ditemui pada anak kembar dan mata kiri-kanan. Tekstur visual dari iris menjadi stabil sangat cepat (pada anak usia 2 tahun pertama) dan struktur iris yang kompleks membawa informasi yang sangat khusus yang berguna untuk identifikasi individu. Iris mata memiliki karakteristik alur/pola dan juga warna yang berbeda antara setiap orang. Gambar iris lebih siap diambil daripada retina. Demikian pula, iris mata tidak akan meninggalkan jejak dimanapun pemilknya berada. Sehingga dengan alasan inilah, sejumlah peneliti bidang *image processing* tertarik untuk mengembangkan penelitian pada bidang biometrik iris mata. Analisis alur/pola iris telah dikembangkan oleh sejumlah peneliti diantaranya Daugman[2,3], Wildes[18,19], dan Karmilasari[9]. Para peneliti tersebut telah berhasil dengan baik mengembangkan metode pengenalan iris dan juga telah mulai diaplikasikan pada sejumlah sistem keamanan. Namun hingga saat ini, belum banyak yang mengembangkan gabungan antara pola dan warna iris sebagai basis sistem keamanan.



Gambar 1. Anatomi Mata.

Selain pola/tekstur, fitur yang terlihat jelas pada iris mata adalah warna. Warna iris mata manusia umumnya diklasifikasikan sebagai biru atau coklat. Biru dan coklat dianggap dua warna yang mendominasi iris mata manusia. Namun, karena proses sosialisasi antar individu menjadikan dunia tanpa batas, perkawinan menjadi tak terelakkan antar daerah, antar-budaya, antar-ras, dan antar-kasta. Fakta tersebut mengakibatkan meningkatnya jumlah warna iris mata yang hingga sekarang ini terdapat warna iris mata biru, coklat tua, coklat muda, abu-abu, dan campuran dengan warna hitam.

Warna mata merupakan karakter fenotip poligenik dan ditentukan dari sejumlah tipe dan jenis pigmen pada iris mata [17][10]. Manusia dan hewan memiliki banyak variasi fenotip warna mata, seperti biru, coklat, keabuan, hijau dan lain-lain. Variasi tersebut merupakan ciri dari fenotip. Genetika warna mata sangat rumit, sebagai contoh warna biru ditentukan oleh banyak gen. Beberapa gen warna mata masuk ke dalam kelompok EYCL1 (gen warna mata hijau biru terletak pada kromosom 19), EYCL2 (gen warna mata coklat), EYCL3 (gen warna mata biru terletak pada kromosom 15).

2.3. Ruang Warna

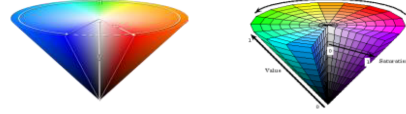
Ruang warna adalah suatu metode yang dipakai untuk membuat spesifikasi, menciptakan, dan memvisualisasi kan warna. Secara visual manusia, warna didefinisikan melalui tiga komponennya yaitu kecerahan (Luminance), warna (Hue), dan kepekatan (Saturation atau chrominance). Tiga komponen ini juga lebih sering digunakan untuk analisis kandungan warna dalam sebuah citra. Namun system visualisasi (monitor) komputer hanya didisain untuk mendeskripsikan sebuah warna dengan menggunakan emisi fosfor dengan frekuensi warna merah, hijau, dan biru (RGB) [7]. Dengan demikian dibutuhkan proses transformasi warna dari ruang RGB ke ruang warna HCL untuk proses analisis warna citra dan transformasi dari ruang warna HCL ke ruang warna RGB untuk kebutuhan visualisasi. Pemilihan ruang warna HCL dalam penelitian ini karena memiliki keunggulan yang cukup signifikan dibandingkan dengan ruang warna RGB, L^*C^*H , CIECAM02, HSV, HSL, $L^*u^*v^*$ dan $L^*a^*b^*$ yang telah dikembangkan sebelumnya[11]. Ruang warna HCL ini merepresentasikan distribusi warna dalam ruang 3D (histogram warna 3D), dimana H menunjukkan warna, C adalah *chroma* dan L adalah *luminance* (intensitas). Kelebihan dari ruang warna ini diantaranya adalah komponen H (warna) memiliki nilai yang konstan sekalipun terjadi perubahan intensitas cahaya maupun *chroma* pada objek. Hal ini akan sangat sesuai untuk digunakan pada analisis warna iris dan pupil mata.

2.4. Histogram Bin Warna 3D

Dalam berbagai penelitian mengenai pengenalan citra berbasis konten warna (*color based image retrieval*), proses ekstraksi warna dan perbandingannya dilakukan dengan menggunakan histogram warna[11]. Histogram warna dihitung berdasarkan frekuensi munculnya pixel pada citra iris yang memiliki warna yang sama. Ruang warna yang sering digunakan untuk pengenalan atau temu kembali citra berdasarkan kesamaan atau kemiripan warna adalah ruang warna yang memiliki kesamaan dengan system visual mata dalam membedakan warna.

Gambar 2 memperlihatkan contoh histogram bin warna 3 dimensi (3D). Histogram ini diperoleh dengan melakukan kuantisasi terhadap histogram ruang warna HCL. Bin warna 3D adalah kumpulan sejumlah warna yang secara visual dinyatakan similar dengan rentang nilai hue H, nilai C (*chroma/saturation*) dan nilai L (*Luminance/Value V*) tertentu. Ini bermakna semua pixel yang memiliki nilai pada rentang nilai-nilai H, C dan L tersebut akan berada pada satu bin yang sama. Hingga saat ini belum ada aturan standard dalam

penentuan banyaknya jumlah bin warna yang digunakan untuk pengenalan citra berwarna. Ada yang menggunakan $8 \times 8 \times 8$ bin warna, ada juga yang menggunakan $12 \times 12 \times 12$ bin warna dan ada pula yang menggunakan $16 \times 16 \times 16$ dan seterusnya.



Gambar 2. Contoh pembentukan bin warna dari satu ruang warna.

2.5. Pengukuran Similaritas dan Disimilaritas Warna

Pencocokan suatu objek dengan objek lain dapat dilakukan dengan mengukur similaritas atau tingkat kesamaan titik yang ada pada kedua Objek atau dapat pula dengan mengukur disimilaritasnya yaitu mengukur seberapa dekat jarak yang terbentang di antara objek-objek tersebut. Sejumlah persamaan jarak similaritas dan disimilaritas antara dua warna telah dikembangkan. Persamaan yang dapat digunakan dalam mengukur similaritas dari dua objek adalah sebagai berikut :

$$\text{Sim}(q, I_i) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot w_{qj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij})^2 \cdot \sum_{j=1}^n (w_{qj})^2}} \quad (1)$$

Dimana w_{ij} adalah warna ke j dari vektor warna objek/pupil-iris ke i yang ada dalam *database*, w_{qj} adalah warna ke j dari vektor warna queri q , n jumlah elemen vektor yang dicocokkan.

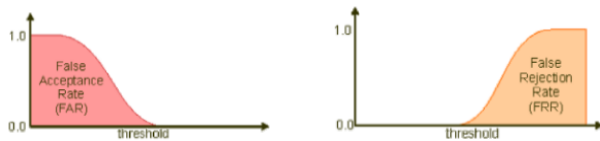
2.6. FAR, FRR dan ERR

Salah satu pengukuran keberhasilan dari suatu sistem biometrik adalah dengan melihat seberapa besar respon sistem tersebut dalam menerima atau menolak masukan/input. Pengukuran sering dilakukan menggunakan False Acceptance Rate (FAR), False Rejected Rate (FRR) dan Equal Error Rate (ERR) [14]. FAR menunjukkan kesalahan system dalam menerima input yang seharusnya ditolak. Secara matematis dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\text{FAR} = \frac{\text{Jumlah kejadian yang salah terima}}{\text{Jumlah seluruh kejadian}} \times 100\% \quad (2)$$

Suatu citra uji akan dicocokkan dengan citra lain yang sebelumnya telah tersimpan dalam database. Apabila sistem ternyata menerima citra uji tersebut padahal kenyataannya citra tersebut tidak ada atau tidak sesuai dengan citra yang tersimpan dalam database. Hal

ini dinyatakan bahwa sistem melakukan kesalahan. Dari sisi akurasi, keakuratan sistem rendah karena apabila diterapkan dalam sistem keamanan, maka ada kemungkinan sistem biometrik tersebut akan menerima siapa saja yang sebenarnya tidak berhak dan tidak memiliki akses terhadap data atau tempat tertentu. Dengan demikian sistem keamanan yang terbentuk menjadi rendah. Gambar 3-a memperlihatkan kurva FAR, dimana terlihat bahwa semakin besar nilai thresholdnya (batas ambang), nilai FAR semakin rendah dan sistem semakin aman.



Gambar 3. (a) False Acceptance Rate (FAR), (b) False Rejection Rate (FRR).

FRR menunjukkan kejadian dimana sistem melakukan kesalahan dalam menolak masukan. Hal ini berarti bahwa, citra uji yang seharusnya diterima oleh sistem karena citra tersebut telah diregistrasi dan ada di dalam database, ternyata ditolak oleh sistem. Persamaan dari FRR adalah:

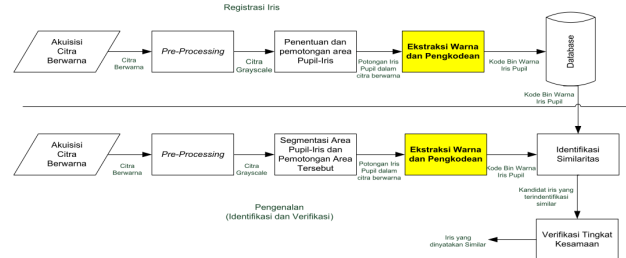
$$FRR = \frac{\text{Jumlah kejadian yang salah tolak}}{\text{Jumlah seluruh kejadian}} \times 100\% \quad (3)$$

Dari Gambar 3-b di atas terlihat bahwa semakin besar thresholdnya (batas ambang), nilai FRR semakin tinggi. Atau dengan kata lain, apabila nilai FRR mendekati 1, maka hampir semua citra uji yang ada di dalam database ditolak oleh sistem.

Untuk mendapatkan hasil yang ideal dari sistem, perlu dilakukan pencarian nilai threshold yang paling sesuai. Nilai tersebut dapat diperoleh melalui perpotongan FAR dan FRR. Perpotongan keduanya dikenal dengan ERR.

3. Sistem Pengenalan Individu Yang Dikembangkan

Secara umum sistem pengenalan individu berdasarkan iris mata dapat digambarkan seperti tampak pada gambar berikut:



Gambar 6. Bagan Sistem Pengenalan Individu Berdasarkan Warna Iris Mata.

Bagan di atas terbagi ke dalam 2 tahap kegiatan, pertama adalah tahap registrasi iris mata kedalam basisdata dan kedua adalah tahap pengenalan iris. Tahap registrasi merupakan serangkaian kegiatan proses pengolahan data citra iris hingga diperoleh informasi kode warna serta penyimpanannya kedalam database. Tahap pengenalan merupakan proses identifikasi dan verifikasi kesamaan atau kemiripan antara warna iris citra query dengan warna setiap iris yang telah teregistrasi dalam database. Identifikasi adalah serangkaian kegiatan proses pengolahan data citra iris query hingga diperoleh informasi kode warna dan dilanjutkan dengan penghitungan similaritasnya terhadap kode warna dari setiap iris yang ada dalam database. Sedang verifikasi adalah proses penentuan tingkat similaritas sehingga iris-iris yang telah teridentifikasi akan diuji apakah dapat diterima atau ditolak.

3.1. Akuisisi, Pre-Processing dan Segmentasi Area Pupil-Iris

Proses akuisisi citra yaitu proses perekaman citra iris dengan menggunakan kamera digital berkualitas tinggi. Dalam penelitian ini, digunakan citra iris mata dari database standar yang banyak digunakan oleh peneliti iris mata. Citra yang digunakan berjumlah 1877 berasal dari UBIRIS.v1 COCIA, Lab – Soft Computing and Image.

Pre-processing dan segmentasi area pupil-iris digunakan untuk mendeteksi posisi iris dan pupil dari citra mata. Untuk pendeteksian posisi ini digunakan proses segmentasi warna terhadap area pupil yang berbentuk lingkaran berwarna gelap. Selanjutnya, berdasarkan pada tepi lingkaran pupil ini, dilakukan pencarian dan penentuan area iris [9]. Bentuk area iris pada bagian atas dan bagian bawah area pupil tidak diperhitungkan dengan pertimbangan bahwa area-area ini lebih sering terhalang oleh bulu mata atau kelopak mata. Dengan demikian area iris yang dicari adalah pada

bagian kiri dan kanan pupil. Bentuk area iris-pupil ditentukan sebagai bentuk persegi panjang. Area ini diasumsikan sebagai area yang bebas halangan (disebut *region of interest ROI*) sehingga warna yang diekstraksi merupakan warna iris dan pupil yang sebenarnya. Setelah area pupil iris sudah ditentukan maka proses selanjutnya adalah mengambil area tersebut sebagai area dari iris mata orang tersebut untuk diproses.

3.2. Ekstraksi dan Pengkodean Warna

Tahap ekstraksi karakteristik warna pupil-iris merupakan bagian dari tahap utama dalam penelitian ini. Secara garis besar tahapan kegiatan ini tampak pada gambar 7. Input dari proses ini adalah area ROI pupil-iris yang kemudian dilakukan proses transformasi warna, pembentukan histogram dan pembentukan serta pengkodean bin warna.



Gambar 7. Blok Diagram Ekstraksi Warna dan Pengkodean.

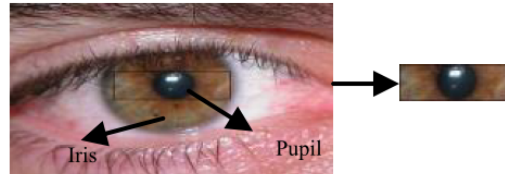
Transformasi warna iris dari ruang RGB ke ruang warna HCL dan histogram HCL 3D dihitung berdasarkan pada banyaknya (frekuensi munculnya) pixel dalam citra iris yang memiliki nilai komponen H, C dan L yang sama. Histogram ini selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk matriks 3D dengan 16x16x16 bin warna (color bin). Penggunaan bin warna ini akan sangat mempercepat proses perhitungan similaritas dan juga meminimalkan penggunaan memori dalam penyimpanan kode warna dalam *database*.

3.3. Pengenalan Iris Mata

Pada tahap pengenalan iris mata, semua proses awal yang dilakukan sama dengan pada proses pembentukan basisdata iris, namun pada proses ini ada tambahan penghitungan tingkat kemiripan (*similaritas*) antara iris kueri terhadap sejumlah iris yang ada dalam basisdata. Pencocokan antara warna suatu objek dengan warna objek lain dapat dilakukan dengan mengukur *similaritas* atau tingkat kesamaan warna yang ada pada kedua objek. Persamaan yang digunakan untuk mengukur *similaritas* warna dalam penelitian ini adalah (1). Alat ukur *similaritas* inilah yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan FAR (*False Accepted Rate*) dan FRR (*False Rejection Rate*).

4. Analisis Hasil

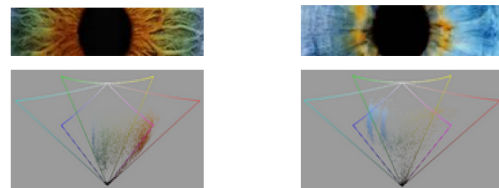
Pada bagian ini diuraikan hasil dari setiap proses pada bagan gambar 6. Gambar 8 memperlihatkan hasil proses segmentasi dan pemotongan area pupil iris. Citra hasil inilah yang akan diproses untuk disimpan sebagai data individu dan dijadikan kunci pengenalan berbentuk potongan area pupil iris. Ukuran potongan area tersebut disesuaikan sedemikian rupa sehingga pada area itu tidak ada penghalang dari bulu mata atau kelopak mata.



Gambar 8. Citra Mata dan Hasil Pemotongan ROI Pupil Iris

Gambar 9 memperlihatkan contoh hasil transformasi dan pembentukan histogram warna 3D dari ROI pupil iris. Selanjutnya histogram ini direpresentasikan dalam bentuk matriks 3D dengan 16x16x16 color bin.

Untuk proses pengenalan iris mata, dibuat suatu interface agar dapat memudahkan pengamatan, seperti tampak pada gambar 10. Pada bagian atas gambar 10-a adalah hasil proses ROI pupil-iris citra mata query dari seorang individu yang mana mata individu ini sebelumnya sudah diregistrasi dalam basisdata. Pada interface ini juga tersedia menu pengaturan batas ambang *similaritas* Th (*threshold similarity*).

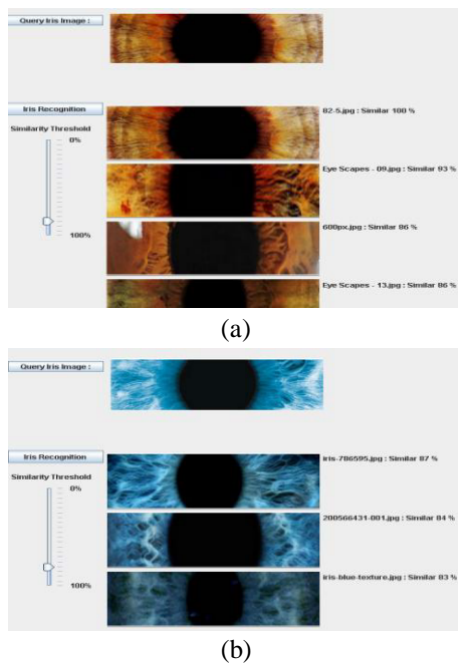


Gambar 9. Pembentukan Histogram Warna 3D berbasis ruang warna HCL pada Citra ROI Pupil Iris.

Nilai ini dimaksudkan untuk menset system agar hanya memberi akses pada individu yang memiliki *similaritas* di atas batas ambang Th yang diberikan (misalnya pada gambar ini adalah 85%). Pada gambar 10-a bagian bawah, tampak empat citra iris mata hasil yang dikenali oleh system. Pupil-iris yang pertama memiliki tingkat *similaritas* 100%, ini berarti bahwa citra iris query dikenali (tepat sama). Sedangkan citra iris berikutnya yang ditemukan dengan tingkat *similaritas* masing-masing sebesar 93%, 86% dan 86%. Hal ini menunjukkan bahwa bila sistem ini diset dengan nilai batas ambang

penolakan dengan tingkat similaritas antara 95% dan 100% maka 3 citra yang terakhir akan ditolak oleh sistem dan hanya citra yang pertama akan muncul dan dikenali. Hasil ini menunjukkan bahwa citra iris query sama dengan citra iris yang dikenali dan dapat dikatakan sistem tidak melakukan kesalahan dalam menerima. Namun bila Th diset menjadi 90%, maka dari contoh ini, system membolehkan akses pada individu dengan tingkat similaritas 93%, pada hal secara visual citra ini tidak sama dengan citra pupil-iris query. Hal ini menunjukkan adanya kesalahan dalam menerima sehingga system menjadi kurang aman.

Gambar 10-b menunjukkan, hasil ujicoba dengan menggunakan citra query dari individu yang tidak dibolehkan dalam mengakses system, sedang tiga citra terakhir merupakan hasil pencarian dengan masing-masing memiliki tingkat similaritas 87%, 84% dan 83%. Hasil ini menunjukkan bahwa bila nilai Th diset juga pada level antara 95% dan 100% maka tidak satupun dari tiga citra ini akan ditemukan, dengan demikian system tidak salah dalam mengenali dan memberi akses pada individu yang tidak diizinkan. Sebaliknya bila nilai Th diset menjadi 87%, system menemukan satu citra yang similar dan membolehkan individu pemilik iris query ini untuk mengakses system. Namun bila dilihat secara visual mata, citra ini berbeda dengan citra query. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa setingan nilai Th 87% dapat mengakibatkan kesalahan dalam menerima.



Gambar 10. Interface Sistem Pengenalan Iris Berdasarkan Warna Iris Mata.

Tabel 1. Hasil uji similaritas dari iris query teregistrasi dalam database.

NO	Nama citra iris	Threshold								
		100%	99%	98%	97%	96%	95%	94%	93%	92%
1	017L3	017L3	017L2			017L1	017R3			
2	017R3	017R3				017R1		017R2, 024R2		
3	018L3	018L3			018L1	018R3	018R2			
4	018R1	018R1			018R2, 018R3			018L3		
5	019L2	019L2				019L3	019L1	019R2		

Serangkaian hasil percobaan yang dilakukan lainnya diperlihatkan pada tabel 1 dan table 2. Tabel 1 memperlihatkan hasil uji coba dari 5 contoh iris *query* yang telah teregistrasi dalam *database* yang akan dibandingkan terhadap semua citra yang ada dalam *database*. Nama citra iris dibuat sedemikian untuk membedakan iris setiap individu, misalnya 017L3 menunjukkan iris dari individu ke-17, L menunjukkan mata kiri dari individu ini (L = kiri dan R = kanan) dan angka 3 menunjukkan akuisisi yang ke-3 dari citra iris ini. Ini berarti bahwa citra dengan nama 017L1, 017L2 dan 017L3 adalah citra iris yang sama dengan pengambilan 3 kali dalam waktu yang berbeda. Hal ini bermakna bahwa apabila dilakukan pengenalan dimana iris *query* adalah salah satu dari ketiganya, maka ketiganya harus keluar pada urutan pertama.

Hasil uji-coba untuk citra *query* 017L3 memperlihatkan bahwa bila sistem pengenalan di-set dengan nilai 100% tingkat akurasinya maka citra yang ditemukan hanya citra 017L3 yaitu iris itu sendiri sedang dua citra iris yang sama tidak dikenali. Keadaan ini dianggap salah dalam menolak (*False Reject*). Selanjutnya bila nilai *Th* di-set menjadi 99%, maka ditemukan dua citra iris yaitu 017L3 dan 017L2, sedang citra 017L1 tidak dikenali. Keadaan ini juga dianggap salah dalam menolak. Seterusnya bila nilai *Th* di-set menjadi 96%, baru dikenali citra iris 017L1, 017L2 dan 017L3. Hal ini menunjukkan bahwa citra *query* dinyatakan diterima dan tidak terjadi kesalahan dalam menolak. Tetapi bila nilai *threshold* di-set menjadi 95%, selain dikenali citra iris 017L1, 017L2 dan 017L3 juga dikenali citra iris 017R3. Pada level *Th* ini dapat dikatakan bahwa sistem mulai melakukan kesalahan dalam menerima atau dikenal dengan istilah *False Accept* (sistem sudah tidak secure). Analisis yang serupa juga berlaku untuk citra uji lainnya.

Tabel 2. Hasil uji similaritas dari iris query yang tidak teregistrasi dalam database.

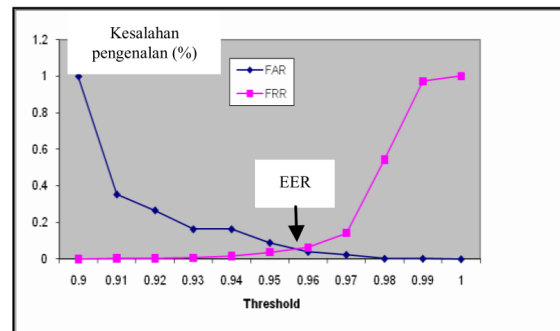
NO	Nama file citra iris	Threshold									
		100%	99%	98%	97%	96%	95%	94%	93%	92%	
1	18_2_1-1						6.2 2-1, 6.2 3-1	6.2 4-1			191 2,2- 1
2	18_2_2-1						6.2 2-1	6.2 4-1 6.2 3-1	191 2,2- 1		
3	18_2_3-1						6.2 2-1, 6.2 4-1, 6.2 3-1				191 2,2- 1
4	18_2_6-1							6.2 2-1 6.2 4-1 6.2 3-1			191 2,2- 1
5	130_2_1										

Tabel 2 menunjukkan 5 contoh hasil uji-coba dari citra iris *query* yang belum terdaftar (*registered*) dalam *database*. Pada tabel ini terlihat bahwa bila nilai *Th* diset antara 96% dan 100%, maka tidak ada satu pun citra iris yang ditemukan. Keadaan ini menunjukkan bahwa sistem tidak melakukan kesalahan dalam menerima atau dengan kata lain sistem masih tetap secure. Namun pada nilai *Th* mulai dari 96% ke bawah, sistem menyatakan bahwa *query* tersebut dikenali. Sedang bila dilihat secara visual, citra iris yang dikenali tidak sama dengan citra iris *query*. Pada keadaan ini dikatakan bahwa sistem melakukan kesalahan dalam menerima atau *False Accept*.

Berdasarkan pada uraian tabel hasil uji-coba tentang kejadian kesalahan dalam menerima dan kesalahan dalam menolak serta dengan menggunakan seluruh citra uji sebagai banyaknya kejadian maka diperoleh hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik pada gambar 11. Pada grafik ini terlihat bahwa bila sistem yang dikembangkan diset pada tingkat keamanan tertinggi ($Th = 100\%$) maka tidak terjadi kesalahan dalam menerima (0%), tetapi kesalahan dalam menolak mencapai 100%. Bila tingkat keamanan sistem sedikit diturunkan dengan cara menurunkan nilai *Th* pada 98%, kesalahan dalam menerima masih 0%, sedang kesalahan dalam menolak mencapai sekitar 50%. Keadaan ini menunjukkan bahwa sistem sudah dapat melakukan pengenalan hingga mencapai 50% tanpa ada kesalahan dalam meloloskan individu yang tidak teregistrasi. Demikian seterusnya, terlihat bahwa bila *Th* bernilai <90%, kesalahan dalam menolak individu yang teregistrasi terus menurun hingga mencapai 0%, sebaliknya kesalahan dalam menerima terus bertambah hingga mencapai 100%. Akibatnya sistem menjadi tidak secure.

Untuk itu perlu ditentukan nilai *Th* yang optimal yang memberikan nilai terendah dari kesalahan dalam

menerima dan kesalahan dalam menolak (*error rate* terendah). Pada grafik ini terlihat bahwa perpotongan antara FAR dan FRR berada pada nilai *Th* pada kisaran 96%. Pada nilai ini kesalahan sistem dalam FAR dan FRR berada pada kisaran 8%. Ini berarti bahwa sistem yang dibuat dengan *database* iris seperti yang telah dijelaskan di atas dapat bekerja optimal dengan menggunakan nilai *Th* pada kisaran 96% dengan tingkat kesalahan bias mencapai 8%. Perlu dicatat bahwa karakteristik ini belum tentu berlaku untuk *database* yang berbeda atau bila terjadi penambahan sejumlah besar *database*.



Gambar 11. Grafik FAR dan FRR dari hasil uji coba sistem yang dikembangkan terhadap database yang digunakan dalam penelitian ini.

5. Kesimpulan

Dari hasil uji-coba terhadap sistem pengenalan individu berbasis warna iris dengan dukungan algoritma yang telah disebutkan di atas menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang terbaik pada nilai *Th* 96% dengan nilai *Equal Error Rate* (ERR) sekitar 8%. Nilai ini berlaku untuk *database* yang digunakan dalam uji-coba dalam penelitian ini. Mengingat hingga saat ini, pengembangan algoritma dan sistem pengenalan individu berbasis code iris masih terfokus pada karakteristik pola dan belum pada warna iris, maka hasil yang diperoleh dari penelitian ini belum dapat dibandingkan dengan hasil peneliti lainnya yang juga berbasis pada warna iris.

Daftar Pustaka

- [1] Bito Laszlo, Matheny Adam, Cruickshanks K.J, Nondahl David M., Carino O.B. 1997. *Eye Color Changes Past Early Childhood*. The Louisville Twin Study.
- [2] Daugman J.G. ., *Biometric Personal Identification System Based on Iris Analysis*, US Patent 5,921,560 Patent and Trademark Office, Washington D.C. 1994.

- [3] Daugman, *How Iris Recognition Works*. IEEE Transaction CSVT. 14(1). 2004.
- [4] Daugman, *New Methods in Iris Recognition*, IEEE Trans Systems, Man, Cybernetics B, 37(5), pp 1167-1175.2007.
- [5] Fan Liu, van Duijn K, Vingerling JR, et al. *Eye color and the prediction of complex phenotypes from genotypes*. Current Biology 19 (5): R192–R193. 2009.
- [6] Fan S, Dyer CR, Hubbard L. *Quantification and Correction of Iris Color*. Technical report 1495, University of Wisconsin-Madison. 2003
- [7] Ford Adrian, Roberts Alan, *Color Space Conversions*, 1998.
- [8] Jain A.K ,Hong Ling, Pankanti S. *Biometrics : Promising frontiers for emerging identificacaon market*. COMPUTER, Vol 33 no.20, 2000.
- [9] Karmilasari, *Sistem Pengenalan Iris Mata Dengan Metode Morgologi dan Pengkodean Potongan Pola Iris*, Disertasi, Universitas Gunadarma. 2008.
- [10] Prota G, Hu DN, Vincensi MR, McCormick SA, Napolitano A . *Characterization of melanins in human irides and cultured uveal melanocytes from eyes of different colors*. Exp. Eye Res. 67 (3): 293–9,1998.
- [11] Sarifuddin Madenda., Rokia Missaoui, *A New Perceptually Uniform Color Space with Associated Color Similarity Measure for Content-Base Image and Video Retrieval*, Procesings of Multimedia Information Retrieval Workshop, 28 th annual ACM SIGIR Conferencw. Pp.1-8. 2005.
- [12] Sangoh Jeong, *Histogram-Based Color Image Retrieval*, Project Report,2001.
- [13] Sturm RA, Frudakis TN . *Eye colour: portals into pigmentation genes and ancestry*. Trends Genet. 20 (8): 327– 32, 2004.
- [14] Syris. *About FAR, FRR and ERR*. Technical Document. Syris Technology Corp. 2004.
- [15] Tisse C. et.al. *Person Identification Technique Using Human Iris Recognition*. Proceeding of Vision Interface. 2002.
- [16] Wayman, J(a). *A Definition of Biometrics*. National Biometric Test Center Collected Works 1997-2000, 2000.
- [17] Wielgus AR, Sarna T . *Melanin in human irides of different color and age of donors*. Pigment Cell Res. 18 (6): 454–64 ,2005.
- [18] Wildes R., J. Asmuth, S.Hsu., R. Kolezynski, J. Matey, S.Mcbride. *Automated Noninvasive Iris Recognition System and Method*. US Patent 5 572 596. 1996.
- [19] Wildes R.(a). *Iris Recognition : An Emerging Biometric Technology*. Proceedings of the IEEE Vol 85 no. 9 pp 1348-1363,1997.