

**PERANCANGAN MODEL PENGUKURAN KEMIRIPAN
PROFIL DNA MANUSIA MENGGUNAKAN
UKURAN KEMIRIPAN FUZZY**

TESIS

**MEIRA PARMA DEWI
0706193372**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
DEPOK
JUNI 2009**



**PERANCANGAN MODEL PENGUKURAN KEMIRIPAN
PROFIL DNA MANUSIA MENGGUNAKAN
UKURAN KEMIRIPAN FUZZY**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer

**MEIRA PARMA DEWI
0706193372**



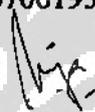
**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Meira Parma Dewi

NPM : 0706193372

Tanda Tangan : 

Tanggal : 12 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Meira Parma Dewi
NPM : 0706193372
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Judul Tesis : Perancangan Model Pengukuran Kemiripan Profil
DNA Manusia Menggunakan Ukuran Kemiripan
Fuzzy

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar magister ilmu komputer pada program studi Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : M. Rahmat Widyanto, Dr.Eng.

Pembimbing II : drg. Nurtami Soedarsono, Ph.D.

Penguji : Dr. Petrus Mursanto

Penguji : Dr. Ade Azurat

Penguji : Dr. Indra Budi



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 12 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan anugerah yang telah dilimpahkan kepada Penulis dalam menyelesaikan penyusunan laporan ini. Selanjutnya salawat dan salam Penulis ucapkan untuk disampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Ilmu Komputer (M.Kom.) dari Universitas Indonesia. Banyak sekali pihak yang langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, semangat dan membantu Penulis dalam menyelesaikan laporan ini. Dalam kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian laporan ini.

1. Prof. T. Basaruddin, Selsku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia
2. M. Rahmat Widyanto, Dr.Eng. dan drg. Nurtami Soedarsono, Ph.D., selaku pembimbing I dan pembimbing II
3. Staf pengajar dan karyawan fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia
4. Drs. Putut. T. Widodo, M.Si.,DFM. beserta staf Laboratorium Forensik DNA Bidokpol Pusdokkes POLRI, atas bantuan, informasi dan kerjasamanya
5. Kedua orang tua Penulis, H. Bahrizal Basri (Alm) dan Hj. Erniati Jamarun. Tanpa dukungan, teladan dan doa, Ananda yakin Ananda tidak akan pernah bisa melakukan semua ini.
6. *My syster & Family*, Yennida Parma Riza dan Nasrullah serta *little princess* Azalea Zafira Dianti, makasih Eya atas hiburannya *every weekend*
7. *My young Sisters*, Deri Elsa Fitri dan Nur Fitriana, mudah-mudahan semua ini menjadi suatu penyemangat buat Adinda untuk menyelesaikan studi *as soon as possible*
8. Arief Rakhmat Daud, terima kasih atas perhatian, dukungan, semangat dan semua hal yang tidak dapat dijelaskan dengan kata hanya dapat dirasakan dalam hati.. *Thank u so Much Uda.*

9. Rekan-rekan MIK '07, mbak Sukma, mbak Dewi, mbak Woro, bu Dwina, Naili, Wulung, mas Omat, dan semua
10. Rekan-rekan lab MMU, mbak Indah, mbak Yeni, Bu Tatik, Diko dan semua.
11. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan dan ketidak sempurnaan, semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Depok, 12 Juni 2009

Penulis



Meira Parma Dewi

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademis Universitas Indonesia, Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Meira Parma Dewi
NPM : 0706193372
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Departemen : Ilmu Komputer
Fakultas : Ilmu Komputer
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan (jika diperlukan), menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Perancangan Model Pengukuran Kemiripan Profil DNA Manusia
Menggunakan Ukuran Kemiripan Fuzzy**

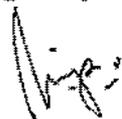
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Juni 2009

Yang menyatakan,



(Meira Parma Dewi)

ABSTRAK

Nama : Meira Parma Dewi
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Judul : Pengukuran Kemiripan Profil DNA Manusia Menggunakan Ukuran Kemiripan Fuzzy

Pada tesis ini dilakukan pengukuran kemiripan profil DNA manusia menggunakan ukuran kemiripan fuzzy (*fuzzy similarity measure*). Pengukuran kemiripan profil DNA ini dibedakan atas dua bagian, yaitu pengukuran kemiripan dari profil DNA seseorang dengan data profil DNA yang tersimpan pada sistem basis data, dan pengukuran kemiripan seseorang dengan keluarga biologis yaitu orang tua serta kakek dan nenek. Pengukuran dilakukan terhadap setiap alel dari keenam belas loki marka STR yang memetakan profil DNA manusia. Dari simulasi percobaan yang dilakukan hasil yang diperoleh dari pencocokan profil DNA sangat memuaskan, dimana setiap simulasi memberikan hasil yang cocok. Selanjutnya sistem pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA manusia ini diharapkan dapat digunakan untuk membantu pihak Kepolisian Republik Indonesia dalam proses identifikasi korban bencana, korban tindak kriminal maupun terorisme.

Kata kunci : Profil DNA, ukuran kemiripan fuzzy

ABSTRACT

Name : Meira Parma Dewi
Study Program : Magister Ilmu Komputer
Title : DNA Profile Similarity Matching Using Fuzzy Similarity Measure

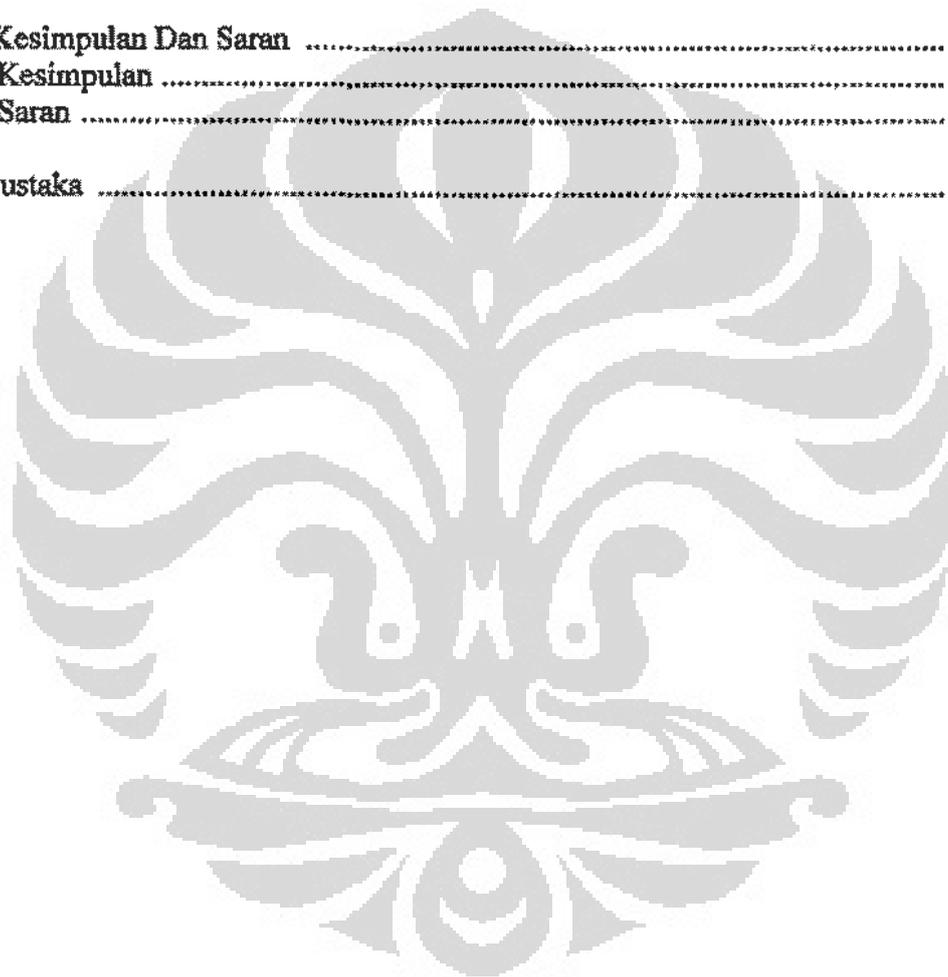
This thesis investigated the similarity measurement of DNA profile using fuzzy similarity measure. The similarity measurement of DNA profile has been done by measuring the similarity between a query's DNA profile with the records in DNA profile databases, and between a query's DNA profile with the DNA profile of its biological family, either biological parents or biological grandparents. The similarity measurement has been done to the STR alleles of sixteen loci. The result of this experiment showed that each simulation gave a matching result. The similarity measurement of DNA profile by using fuzzy similarity measure is useful for the Indonesian National Police (POLRI) in identifying process of victim of disasters, terrorism, or other criminal conducts.

Keywords : DNA profile, fuzzy similarity measure

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir Untuk Kepentingan Akademik	vi
Abstrak	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1 DNA	6
2.1.1 Struktur DNA	7
2.1.2 STR DNA	7
2.1.3 Profil DNA	8
2.1.4 Tes Paternitas DNA	10
2.2 Logika Fuzzy	11
2.2.1 Fungsi Keanggotaan	12
2.2.2 Operator Himpunan Fuzzy	14
Bab III Rancangan Sistem Dan Implementasi	17
3.1 Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Basis Data Profil DNA	17
3.1.1 Rancangan Sistem Basis Data	19
3.2 Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Orang Tua, Kakek dan Nenek Biologis	21
3.2.1 Usulan Aturan Pencocokan Profil DNA	22
3.3 Data Input	27
3.4 Output	28
3.5 Data Percobaan	28
3.6 Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA	28
3.7 Implementasi	31
Bab IV Hasil Uji Coba dan Analisis	36
4.1 Skenario Ujicoba	36
4.2 Hasil Uji Coba	39

4.1.1	Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Basis Data Profil DNA	40
4.1.2	Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Keluarga Biologis	44
4.2	Analisis	51
4.2.1	Analisis Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Basis Data Profil DNA	51
4.2.2	Analisis Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Keluarga Biologis	53
4.2.3	Analisis Keakuratan Metode Fuzzy Terhadap Pergeseran STR Alel	57
Bab V	Kesimpulan Dan Saran	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
Daftar Pustaka	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	DNA	7
Gambar 2.2	Marka STR 13 CODIS	8
Gambar 2.3	Barang bukti biologis DNA	9
Gambar 2.4	Electropherogram	10
Gambar 2.5	Diagram sistem fuzzy secara umum	12
Gambar 2.6	Bentuk tipe fungsi keanggotaan segitiga	13
Gambar 2.7	Bentuk tipe fungsi keanggotaan trapesium	13
Gambar 2.8	Bentuk tipe fungsi keanggotaan Gaussian	14
Gambar 2.9	Contoh operasi komplemen himpunan fuzzy	15
Gambar 3.1	Arsitektur dan alur pengukuran kemiripan profil DNA Dengan sistem basis data DNA	18
Gambar 3.2	Silsilah keluarga	22
Gambar 3.3	Fungsi keanggotaan variabel input	24
Gambar 3.4	Pengukuran kemiripan dua alel	29
Gambar 3.5	Dua alel dengan nilai similarity = 0	30
Gambar 3.6	Dua alel dengan nilai similarity = 0,5	30
Gambar 3.7	Dua alel dengan nilai similarity = 1	31
Gambar 3.8	Antarmuka sistem pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA	32
Gambar 3.9	Halaman input data pribadi kedalam basis data	33
Gambar 3.10	Halaman isian data profil DNA	33
Gambar 3.11	Halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan Referensi basis data profil DNA	34
Gambar 3.12	Halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan Referensi keluarga biologis	35
Gambar 4.1	Skenario Ujicoba	38
Gambar 4.2	Alel-alel yang menunjukkan sinyal empat loki pada electropherogram	39
Gambar 4.3	Halaman input data profil DNA ke basis data	42
Gambar 4.4	Halaman input data pribadi ke basis data	42
Gambar 4.5	Halaman input data profil DNA queri	43
Gambar 4.6	Halaman hasil pengukuran kemiripan profil DNA	44
Gambar 4.7	Halaman tampilan data profil DNA yang dipilih user	44
Gambar 4.8	Halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA Dengan referensi keluarga biologis.....	45
Gambar 4.9	Halaman hasil pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA Dengan referensi keluarga biologis.....	46
Gambar 4.10	Contoh alel yang tidak teridentifikasi pada loki D16S538	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Struktur tabel data pribadi	19
Tabel 3.2	Struktur tabel data _profil_DNA	19
Tabel 4.1	Contoh pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA terhadap Tiga record profil DNA	40
Tabel 4.2	Contoh hasil pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA Dengan referensi keluarga biologis	45
Tabel 4.3	Data profil DNA korban dan terduga keluarga	46
Tabel 4.4	Pengukuran kemiripan dengan referensi ayah dan ibu biologis	47
Tabel 4.5	Pengukuran kemiripan dengan referensi ayah biologis Dan kakek nenek dari pihak ibu	48
Tabel 4.6	Pengukuran kemiripan dengan referensi ayah biologis Dan kakek nenek dari pihak ibu	49
Tabel 4.7	Pengukuran kemiripan dengan referensi orang tua biologis Dari ayah dan ibu biologis korban	49
Tabel 4.8	Pengukuran kemiripan dengan referensi kakek dari pihak ayah dan kakek nenek dari pihak ibu korban	50
Tabel 4.9	Pengukuran kemiripan dengan referensi nenek dari pihak ayah dan kakek dari pihak ibu korban	51
Tabel 4.10	Kemiripan alel masing-masing loki korban	55
Tabel 4.11	Perbandingan Hasil pengukuran kemiripan Profil DNA.....	56
Tabel 4.12	Perbandingan Nilai Similariti Querri 2 Metode Fuzzy Dengan Metode Konvensional	57
Tabel 4.13	Perbandingan Nilai Similariti Querri 3 Metode Fuzzy Dengan Metode Konvensional	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Maraknya kasus pembomam oleh terorisme di Indonesia belakangan ini dan sering terjadinya bencana alam yang mengakibatkan banyaknya korban jiwa serta semakin seringnya terjadi tindak pembunuhan dengan modus operandi mutilasi, mengakibatkan korban menjadi sulit atau tidak dapat dikenali lagi karena rusaknya beberapa atau keseluruhan dari anggota tubuh korban. Identifikasi korban pada kasus-kasus tersebut dapat dilakukan dengan pemeriksaan DNA korban. Identifikasi profil DNA dilakukan terhadap barang bukti biologis (*evidence*) yang berasal dari tubuh manusia dengan menggunakan teknologi PCR (*polymerase chain reaction*) [1] dan sekuen *short tandem repeat* (STR) [2]. Profil DNA merupakan sidik jari genetik yang bersifat unik yang membedakan satu individu dengan dengan individu lainnya [3] karena merupakan molekul warisan yang diwariskan oleh suatu individu kepada turunannya.

Namun profil DNA tersebut tidak serta merta dapat memberi informasi data korban secara jelas. Untuk mengetahui identitas korban secara lengkap, tepat dan jelas maka diperlukan suatu profil DNA pembanding. Profil DNA pembanding tersebut dapat berupa data profil DNA warga negara Indonesia yang secara acak/random tersimpan dalam basis data profil DNA atau profil DNA dari keluarga dekat yang memiliki hubungan kekerabatan secara biologis dengan korban. Dalam hal ini adalah orang tua biologis (ayah dan ibu kandung) serta orang tua biologis dari ayah dan orang tua biologis dari ibu (kakek dan nenek kandung).

Profil DNA manusia terpetakan pada 16 loki yang masing-masing loki terdiri atas dua alel. Keenam belas loki tersebut adalah CSF1PO, D13S317, D16S539, D18S51, D19S433, D21S11, D2S1338, D3S1358, D5S818, D7S720, D8S1179, FGA, TH01, TPOX, dan VWA serta Amelogenin penentu jenis kelamin. Salah satu alel diturunkan dari ayah sedangkan alel lainnya diperoleh dari ibu. Jika kedua alel pada satu loki berbeda disebut dengan heterozygote, sedangkan jika kedua alel sama disebut dengan homozygote.

STR yang ditunjukkan setiap alel dari kualifikasi masing-masing lokus mempunyai nilai berupa bilangan bulat kecuali untuk lokus amelogenin. Namun

dikarenakan berbagai faktor seperti *troubleshooting* PCR, tercemarnya sumber DNA, pengaruh suhu dan lain sebagainya, nilai STR yang ditunjukkan oleh alel dapat mengalami pergeseran. Pergeseran nilai STR pada suatu alel biasanya hanya berkisar antara 0 – 1 ke kiri atau 0 – 1 ke kanan. Masalah yang muncul pada proses identifikasi profil DNA manusia adalah jika salah satu alel dari dua alel yang dibandingkan memiliki pergeseran nilai STR maka kedua alel yang dibandingkan tersebut tidak sama. Sehingga kedua alel tidak dapat diukur kemiripannya. Metode pencocokan *crisp* yang digunakan saat ini tidak dapat digunakan untuk mengukur kemiripan profil DNA jika nilai STR dari alel lokus profil DNA mengalami pergeseran.

Jika pencocokan profil DNA dilakukan secara *crisp*, maka STR yang ditunjukkan oleh alel yang dibandingkan harus benar-benar sama. Dengan pertimbangan bahwa kemungkinan terjadinya pergeseran nilai STR cukup besar, yang mengakibatkan dua alel yang dibandingkan menjadi tidak cocok maka perlu dilakukan identifikasi profil DNA ulang terhadap sampel dari individu yang sama. Hal ini sangat tidak efisien mengingat untuk melakukan satu kali identifikasi profil DNA dibutuhkan biaya yang sangat mahal. Untuk menghindari ketidakefisienan dalam proses identifikasi profil DNA yang diakibatkan oleh pergeseran nilai STR, maka dibutuhkan suatu teknik pengukuran kemiripan yang dapat mengukur kemiripan dua alel dimana salah satu alel yang dibandingkan mengalami pergeseran nilai STR.

Metode pengukuran seperti *singular vector decomposition* (SVD) [4] dan *euclidean distance* [5] tidak cocok digunakan untuk mengukur kemiripan dua alel profil DNA. Karena kedua metode tersebut akan menyimpulkan kedua alel mirip/cocok jika nilai kemiripan benar-benar memenuhi kualifikasi nilai kemiripan yang ditentukan. Sehingga metode yang paling tepat digunakan adalah dengan ukuran kemiripan fuzzy, karena fuzzy dapat mengakomodir ketidakpastian suatu kondisi (*uncertainty condition*) [6]. Dengan menggunakan metode fuzzy kemiripan dua alel diukur dengan fuzziness 0,2 dimana jika pergeseran adalah 0,2 maka dua alel akan memiliki nilai similariti 0,5 sehingga kedua alel yang dibandingkan dapat dikatakan cocok/mirip.

Tesis ini mengusulkan perancangan model pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA manusia menggunakan aturan *if-then*. Pengukuran dilakukan terhadap setiap alel dari masing-masing lokus. Pengukuran kemiripan profil DNA dilakukan dengan menghitung nilai kemiripan dari suatu alel. Suatu alel dikatakan mirip atau cocok jika nilai kemiripannya berkisar antara 0.5 sampai 1. Jika kedua alel tidak mirip maka nilai

kemiripannya sama dengan 0. Profil DNA akan dikatakan mirip atau cocok jika minimal delapan dari 16 loki profil DNA mirip. Atau dengan kata lain nilai kemiripan profil DNA besar atau sama dengan 0,5. Dari simulasi yang dilakukan hasil yang diperoleh dari pencocokan profil DNA sangat memuaskan, dimana semua simulasi memberikan hasil yang tepat. Selanjutnya pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA manusia ini diharapkan dapat digunakan untuk membantu pihak kepolisian Republik Indonesia dalam proses identifikasi korban bencana, terorisme maupun tindak kejahatan/kriminal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. STR yang menunjukkan nilai suatu alel pada lokus profil DNA sering kali mengalami pergeseran nilai. Nilai STR yang harusnya berupa bilangan bulat menjadi bilangan berkoma. Pengukuran kemiripan yang saat ini digunakan adalah dengan metode tidak *crisp*. Metode ini tidak dapat mengukur kemiripan kedua alel dengan nilai STR tidak benar-benar sama.

Untuk mengatasi hal tersebut maka diusulkan penyelesaian dengan menggunakan ukuran kemiripan fuzzy. Dari permasalahan identifikasi profil DNA korban bencana di Indonesia, maka pengukuran kemiripan profil DNA dapat dibedakan atas 2 bagian, yaitu :

- Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA manusia dengan pembanding basis data profil DNA Manusia
- Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA manusia dengan pembanding keluarga yang memiliki hubungan kekerabatan secara biologis, dalam hal ini orang tua biologis dan kakek dan nenek biologis dari pihak ayah dan pihak ibu biologis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tesis ini adalah:

1. Membangun sistem yang dapat mengukur kemiripan lokus profil DNA
2. Merancang model yang dapat mengukur kemiripan profil DNA dengan sistem inferensi fuzzy

3. Merancang model pengukuran kemiripan profil DNA dengan referensi keluarga biologis korban.

Dengan adanya sistem pengukuran kemiripan profil DNA manusia ini diharapkan dapat membantu dan mempermudah proses identifikasi terhadap seseorang yang secara fisik tidak dapat dikenali lagi, yang disebabkan oleh kecelakaan, bencana alam, korban peledakan bom, korban mutilasi, dan sebagainya.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup penelitian dalam tesis ini adalah sebagai berikut :

1. Data profil DNA yang akan dijadikan data input adalah profil DNA hasil identifikasi PCR berupa electropherogram yang terdiri dari 16 loki yang masing-masingnya terdiri dari sepasang alel
2. Proses input terhadap sistem dilakukan secara manual
3. Pengukuran kemiripan dilakukan terhadap semua alel dari masing-masing lokus
4. Suatu alel diasumsikan berbentuk segitiga, dimana nilai STR dari alel adalah nilai tengahnya, dengan lebar alel adalah sama yaitu 0,4 dan tinggi adalah 1

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian tesis ini adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur
 Dalam tahap ini, penulis melakukan kajian literatur untuk membangun sistem yang dapat mengukur kemiripan profil DNA. Literatur ini didapatkan dari paper-paper dalam jurnal baik dalam negeri maupun luar negeri, juga informasi-informasi dari berbagai sumber yang masih terkait dengan topik tesis ini.
2. Studi lapangan
 Studi lapangan yang penulis lakukan adalah melakukan kunjungan ke laboratorium DNA Pusdokes POLRI dan mengamati fasilitas yang tersedia yang digunakan untuk proses identifikasi profil DNA.
3. Perancangan sistem
 Tahap perancangan sistem mencakup pembuatan rancangan sistem untuk mengukur kemiripan profil DNA manusia dengan basis data profil DNA manusia maupun dengan keluarga biologis.

4. Implementasi Sistem

Tahap ini merupakan implementasi dari rancangan sistem yang sebelumnya telah dibuat dan mengaplikasikannya dalam pembuatan program. Tahap ini dibedakan atas dua bagian, yaitu proses input data untuk basis data profil DNA, dan proses pengukuran kemiripan profil DNA.

5. Uji coba sistem

Hasil implementasi diuji cobakan dan diamati apakah hasil yang diperoleh telah benar atau tidak.

6. Penulisan

Bagian akhir dari metodologi penelitian ini adalah penulisan tesis yang memuat semua hasil penelitian yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Uraian penulisan tesis ini adalah sebagai berikut.

Bab I berisi latar belakang yang memotivasi penelitian ini, perumusan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian yang telah dilakukan dan sistematika penulisan laporan tesis.

Bab II menjelaskan tinjauan pustaka mengenai metode ataupun teori-teori yang digunakan dalam pengukuran kemiripan profil DNA manusia.

Bab III menjelaskan rancangan sistem yang digunakan sehingga sistem ini dapat memberikan nilai kemiripan profil DNA yang dibandingkan baik terhadap basis data profil DNA maupun terhadap keluarga biologis.

Bab IV membahas hasil uji coba dari sistem yang telah dikembangkan, dan disertai dengan analisis dari hasil uji coba tersebut.

Bab V berisi kesimpulan dari hasil uji coba penelitian yang sudah dilakukan dan saran bagi kemungkinan pengembangan selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran kemiripan profil DNA manusia yang dibangun didesain untuk mengukur kemiripan profil DNA manusia antara profil DNA seseorang dengan data-data profil DNA yang tersimpan dalam basis data profil DNA manusia dan antara profil DNA seseorang dengan data profil DNA orang tua biologis dan atau kakek nenek biologisnya.

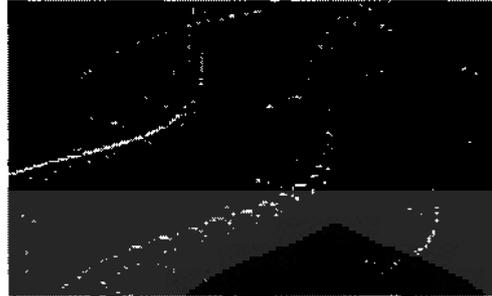
Pengukuran kemiripan profil DNA antara profil DNA seseorang dengan basis data profil DNA ditujukan untuk mempermudah identifikasi terhadap korban yang diketahui profil DNA nya namun tidak ada petunjuk lain yang mengarah kepada kerabat atau keluarga dekatnya. Sedangkan pengukuran kemiripan profil DNA antara profil DNA seseorang dengan keluarga dekat dalam hal ini orang tua biologis serta kakek dan nenek biologis ditujukan jika profil DNA telah diketahui dan didukung dengan adanya dugaan identitas korban, maka untuk menyimpulkan apakah dugaan identitas korban adalah benar perlu dilakukan pengukuran kemiripan profil DNA antara profil DNA terduga korban dengan profil DNA kedua orang tua biologis atau kakek dan nenek biologis dari korban tersebut.

2.1 DNA

DNA (Deoxyribose Nucleic Acid) adalah asam nukleotida yang merupakan komponen kimia utama kromosom dan merupakan bahan yang menyusun gen. DNA sering disebut sebagai molekul warisan, karena melalui DNA sifat sifat organisma induk (orang tua) diwariskan kepada turunannya [3]. Pada manusia, ciri-ciri ini misalnya dari warna rambut hingga kerentanan terhadap penyakit. Selama pembelahan sel, DNA direplikasi dan dapat diteruskan ke keturunan selama reproduksi.

DNA berbentuk heliks ganda yang mengandung instruksi genetik yang menentukan perkembangan biologis dari seluruh bentuk kehidupan sel. DNA berbentuk polimer panjang nukleotida, mengkode barisan residu asam amino

dalam protein dengan menggunakan kode genetik, sebuah kode nukleotida triplet [7].



Gambar 2.1 DNA

DNA bukanlah suatu molekul tunggal namun sepasang molekul yang digandeng oleh ikatan hidrogen: DNA tersusun sebagai untai komplementer dengan ikatan hidrogen di antara mereka. Masing-masing untai DNA adalah rantai kimia seperti batu bata penyusun yakni nukleotida, yang terdiri dari empat tipe: Adenine (A), Cytosine (C), Guanine (G) dan Thymine (T).

2.1.1 Struktur DNA

DNA adalah polimer, lebih tepatnya, suatu himpunan dua polimer yang terbelit. Tiap-tiap monomer yang menyusun polimer ini adalah nukleotida yang terdiri dari tiga elemen: fosfat, gula dan basa. Gula dan fosfat dari seluruh nukleotida seluruhnya sama, tetapi nukleotida dapat dibedakan dengan meninjau komponen basanya menjadi empat tipe, termasuk dua kategori, purin: Adenine (A) dan Guanine (G) yang memiliki dua siklus organik dan pirimidin: Cytosine (C) dan Thymine (T), yang memiliki satu siklus organik [7].

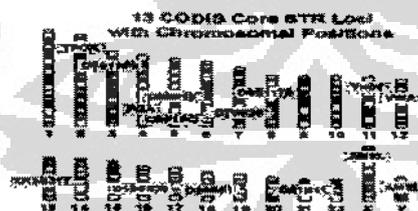
2.1.2 STR DNA

Genom manusia terdiri dari untaian unit DNA berulang dalam berbagai ukuran yang terpola. Regio DNA dengan pengulangan unit yang pendek (kira-kira sepanjang 2-6 bp) disebut dengan *Short Tandem Repeats* (STR) [2]. Seorang individu mewarisi satu salinan STR masing-masing orang tuanya. Pengulangan unit STR DNA ini menjadi marka yang memiliki variasi yang sangat tinggi dalam

kelompok individu, sehingga marka STR DNA sangat efektif digunakan untuk tujuan identifikasi manusia.

Semakin kecil ukuran alel STR maka marka STR tersebut menjadi lebih baik untuk aplikasi forensik, mengingat di dalam temuan forensik DNA seringkali dalam keadaan terdegradasi. Selain itu, alel STR menjadi lebih mudah dipisahkan dari lokasi kromosomal lainnya untuk menghindari terpilihnya loki yang berdekatan yang dapat mengganggu pola distribusi acak dari populasi yang sangat penting untuk analisis statistik. Alel STR juga memiliki tingkat mutasi yang lebih rendah, sehingga data yang diperoleh juga semakin stabil dan dapat diprediksi. Berdasarkan karakternya yang unik tersebut, maka STR DNA menjadi alat dengan keakuratan yang tinggi di dalam upaya identifikasi individu pada kasus-kasus forensik. STR DNA dapat digunakan untuk identifikasi korban, pelaku kejahatan, orang yang hilang maupun penelusuran jejak.

Marka STR DNA yang digunakan adalah *Combined DNA Index System* (CODIS) pada 16 loki, yaitu CSF1PO, FGA, TH01, TPOX, VWA, D3S1358, D5S818, D7S820, D8S1179, D13S317, D16S539, D18S51, D21S11, D19S433, dan D2S1338 serta amelogenin untuk menentukan jenis kelamin. CODIS ini dikeluarkan oleh Laboratorium FBI dan telah menjadi standar internasional untuk identifikasi individu [2].

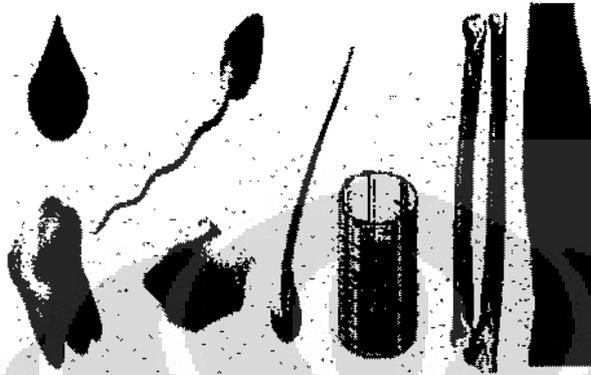


Gambar 2.2 Marka STR 13 CODIS loki inti pada kromosom manusia. Kit Identifier AmpFISTR® menambahkan dua marka pada kromosom 2 dan 19.

2.1.3 Profil DNA

Profil DNA merupakan struktur DNA yang dimiliki masing-masing individu yang mendeskripsikan identitas individu tersebut secara biologis. Profil DNA individu terdiri atas 16 loki yang masing-masing loki memetakan *short tandem repeat* (STR) dari spesifikasi masing-masing loki. Identifikasi terhadap profil

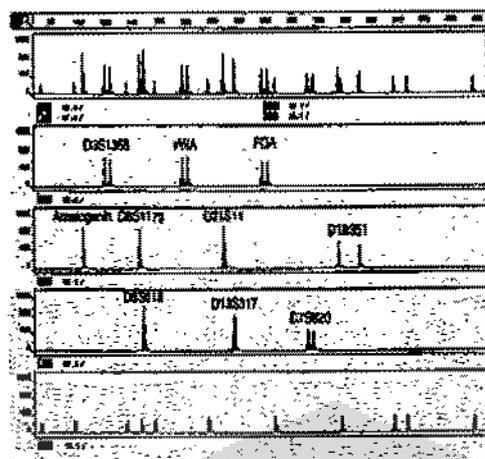
DNA seseorang dilakukan dengan memeriksa barang bukti biologis atau yang disebut juga dengan *evidence DNA* yang bisa diperoleh dari beberapa bagian tubuh, seperti darah, saliva, tulang, otot, sperma, gigi, rambut atau cairan tubuh seperti urin dan keringat [8].



Gambar 2.3 Barang Bukti Biologis DNA

Dengan pemeriksaan biologis berbasis STR (*short tandem repeat*) maka profil DNA individu dapat diinterpretasi secara lengkap dan jelas. STR adalah loki DNA yang tersusun atas pengulangan 2-6 basa. Dalam genom manusia dapat ditemukan pengulangan basa yang bervariasi jumlah dan jenisnya. Identifikasi DNA dengan penanda STR merupakan salah satu prosedur tes DNA yang sangat sensitif karena penanda STR memiliki tingkat variasi yang tinggi baik antar loki STR maupun antar individu [6]. Proses pemeriksaan STR terhadap barang bukti biologis menggunakan metode *polymerase chain reaction* (PCR) dan *capillary electrophoresis* (CE). CE dapat digunakan untuk memisahkan ion-ion spesies melalui muatan listriknya [8]. Dan untuk mengidentifikasi STR dari suatu loki digunakan perangkat AmpF/STR identifiler [9].

Hasil dari proses identifikasi terhadap barang bukti biologis disebut dengan electropherogram, berupa *print out* yang terdiri dari 16 loki berupa sinyal electropherogram. Enam belas loki tersebut adalah D8S1179, D21S11, D7S820, CSF1PO, D3S1358, TH01, D13S317, D16S539, D2S1338, D19S433, vWA, TPOX, D18S51, D5S818, FGA, dan sebuah loki menentukan jenis kelamin, XX untuk wanita dan XY untuk pria. Alel sinyal yang digambarkan pada setiap lokus merupakan deskripsi dari profil DNA individu bersangkutan. Setiap lokus memiliki sepasang alel yang diwarisi dari ayah dan ibu biologis.



Gambar 2.4 Electropherogram

Karena DNA merupakan molekul warisan dari orang tua biologis kepada tiap individu, maka dengan mengidentifikasi profil DNA individu dapat ditentukan identitas individu tersebut secara biologis.

2.1.4 Tes Paternitas DNA

Setiap anak akan menerima satu alel kromosom dari ayah dan satu alel kromosom dari ibu. Dengan perkembangan teknologi, pemeriksaan DNA dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan membedakan individu yang satu dengan individu yang lain [10].

Tes paternitas adalah tes DNA untuk menentukan apakah seorang pria adalah ayah biologis dari seorang anak. Tes paternitas membandingkan pola DNA anak dengan terduga ayah untuk memeriksa bukti pewarisan DNA yang menunjukkan kepastian adanya hubungan biologis dengan menggunakan DNA inti.

Tes maternitas adalah tes DNA untuk menentukan apakah seorang wanita adalah ibu biologis dari seorang anak. Seperti pada tes paternitas, tes ini membandingkan pola DNA anak dengan terduga ibu untuk menentukan kecocokan DNA anak yang diwariskan dari terduga ibu dengan menggunakan DNA mitokondria. Umumnya tes maternitas dilakukan untuk kasus, seperti kasus dugaan tertukarnya bayi, kasus bayi tabung, kasus anak angkat dan lain-lain.

2.2 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah logika pada teori himpunan fuzzy yang diperkenalkan pertama kali oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Teori himpunan fuzzy merupakan konsep ketidakpastian (*uncertainty*), dimana setiap anggota dalam himpunan tersebut memiliki derajat keanggotaan antara 0 sampai 1. Secara formal, himpunan fuzzy dapat didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 2.1 Himpunan fuzzy A adalah himpunan pasangan terurut

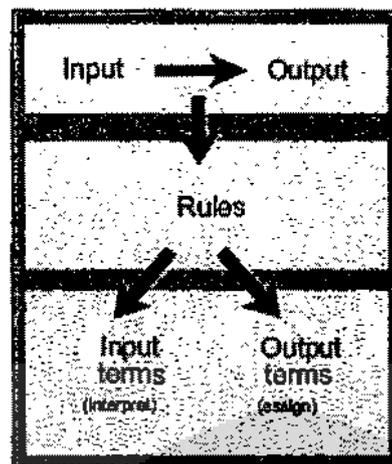
$$A = \{(x, \mu_A(x); x \in X)\}$$

dimana X adalah himpunan semesta dari objek-objek dan $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan objek x di dalam A . Biasanya $\mu_A(x)$ terletak pada interval tertutup $[0,1]$ [9].

Himpunan fuzzy memiliki dua atribut, yaitu :

1. Linguistik, adalah penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti tua, muda, atau panas.
2. Numeris, adalah suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran suatu variabel, seperti 40, 25, 50 dan sebagainya.

Menurut logika fuzzy pada dasarnya adalah pemetaan ruang input ke ruang output dengan mekanisme pengerjaannya berupa sederetan pernyataan *if-then* yang disebut dengan aturan (*rules*). Semua aturan dievaluasi secara paralel, dalam hal ini urutan tidak diperhatikan. Aturan tersebut merujuk ke variabel dan sifat-sifat yang mendeskripsikan variabel tersebut. Sebelum membangun sebuah sistem yang menginterpretasikan aturan-aturannya, terlebih dulu harus mendefinisikan semua persyaratan yang akan digunakan dan sifat-sifat yang mendeskripsikannya. Sebagai contoh, jika membicarakan masalah seberapa panas air, maka perlu didefinisikan range temperatur air yang bisa diartikan sebagai air panas. Berikut adalah diagram deskripsi secara umum tentang sistem fuzzy.



Gambar 2.5 Diagram sistem fuzzy secara umum

Sumber : <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/fuzzy>

Berdasarkan gambar di atas, konsep inferensi fuzzy dapat didefinisikan sebagai metode yang menginterpretasikan nilai-nilai dalam vektor input dan dengan didasari beberapa himpunan aturan, akan menentukan nilai-nilai ke dalam vektor output.

2.2.1 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah sebuah kurva yang mendefinisikan bagaimana masing-masing titik dalam ruang input dipetakan ke derajat keanggotaan antara 0 sampai 1. Secara formal, fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dapat didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 2.2 Sebuah fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ dikarakteristikan oleh pemetaan berikut $\mu_A: X \rightarrow [0,1], x \in X$, dimana x adalah bilangan real yang mendeskripsikan sebuah obyek atau atributnya dan X adalah semesta pembicaraan dan A adalah subset dari X .

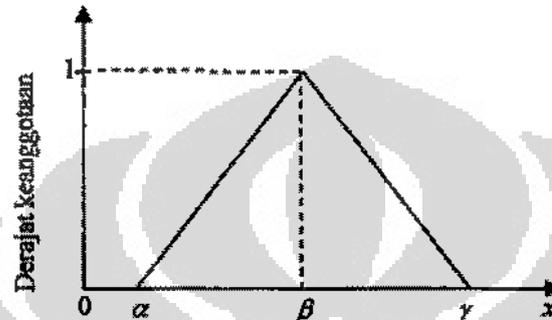
Beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi adalah sebagai berikut.

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Definisi dari fungsi ini adalah :

$$f(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & \alpha \leq x \leq \beta \\ \frac{\gamma - x}{\gamma - \beta} & \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & x > \gamma \end{cases} \quad (2.1)$$

Bentuk fungsi keanggotaan segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.8.



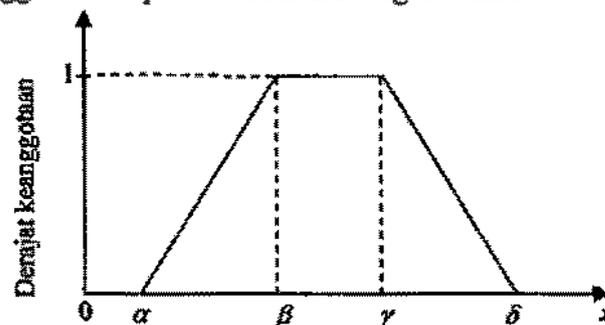
Gambar 2.6 Bentuk tipe fungsi keanggotaan segitiga

2. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium dideskripsikan sebagai berikut.

$$f(x; \alpha, \beta, \gamma, \delta) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & \alpha < x \leq \beta \\ 1 & \beta < x \leq \gamma \\ \frac{\delta - x}{\delta - \gamma} & \gamma < x \leq \delta \\ 0 & x > \delta \end{cases} \quad (2.2)$$

Bentuk fungsi keanggotaan trapesium adalah sebagai berikut.



Gambar 2.7 Bentuk tipe fungsi keanggotaan trapesium

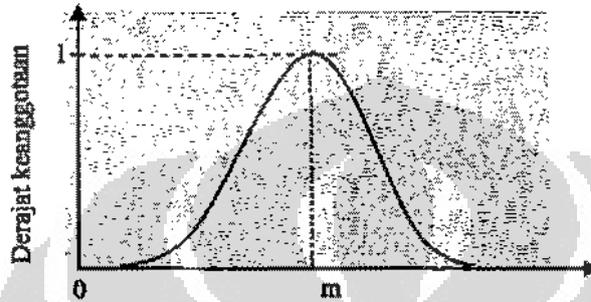
i. Fungsi Keanggotaan Gaussian

Fungsi keanggotaan Gaussian didefinisikan sebagai berikut.

$$f(x; m, \sigma) = \exp \left[- \frac{(x - m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.3)$$

dimana parameter m dan σ adalah pusat dan lebar dari fungsi keanggotaannya.

Grafik fungsi keanggotaan Gaussian adalah sebagai berikut.



Gambar 2.8 Bentuk tipe fungsi keanggotaan Gaussian

2.2.2 Operator Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy dapat dikombinasikan dan dimodifikasi dengan menggunakan beberapa operator, yaitu operator *T-norm*, *S-norm* dan komplemen fuzzy. Berikut penjelasan masing-masing operator.

1. Operator *T-norm*

Operator *T-norm* digunakan untuk operasi interseksi atau konjungsi (AND) dua himpunan fuzzy A dan B , dimana agregat dua fungsi keanggotaan himpunan tersebut adalah:

$$\mu_{A \cap B}(x) = T(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.4)$$

Definisi 2.3 *T-norm* adalah sebuah fungsi $T : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ yang memiliki karakteristik sebagai berikut,

1. Terbatas (*boundary*) : $T(0,0) = 0; T(a,1) = T(1,a) = a$,
2. Monoton (*monotonicity*) : $T(a,b) \leq T(c,d)$, jika $a \leq c$ dan $b \leq d$,
3. Komutatif (*commutativity*) : $T(a,b) = T(b,a)$,
4. Asosiatif (*associativity*) : $T(a, T(b,c)) = T(T(a,b), c)$,

dengan a, b, c, d adalah derajat keanggotaan dan T adalah operator *T-norm*.

2. Operator *S-norm*

Operator *S-norm* (*T-conorm*) digunakan untuk operasi union atau disjungsi (OR) dua himpunan fuzzy *A* dan *B*, dimana agregat dua fungsi keanggotaan himpunan tersebut adalah:

$$\mu_{A \cup B}(x) = S(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.5)$$

Definisi 2.4 *S-norm* adalah sebuah fungsi $S : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ yang memiliki karakteristik sebagai berikut,

1. Terbatas : $S(1,1) = 1; S(a,0) = S(0,a) = a$,
2. Monoton : $S(a,b) \leq S(c,d)$, jika $a \leq c$ dan $b \leq d$,
3. Komutatif : $S(a,b) = S(b,a)$,
4. Asosiatif : $S(a, S(b,c)) = S(S(a,b), c)$,

dengan a, b, c, d adalah derajat keanggotaan dan S adalah operator *S-norm* [9].

3. Komplemen atau Negasi Fuzzy

Komplemen atau negasi (NOT) suatu himpunan fuzzy *A* berisi semua elemen yang tidak berada di *A* dan dinotasikan dengan A^c . Secara matematik, komplemen fungsi c direpresentasikan dengan

$$c[\mu_A(x)] = \mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.6)$$

Definisi 2.5 Komplemen fuzzy adalah sebuah fungsi $c : [0,1] \rightarrow [1,0]$ yang memenuhi karakteristik sebagai berikut,

1. Terbatas : $c(0) = 1; c(1) = 0$,
2. Tidak monoton naik : jika $a < b$, maka $c(a) \geq c(b)$, untuk suatu keanggotaan a, b .

Contoh operasi komplemen dari suatu himpunan fuzzy dapat dilihat pada Gambar 2.13.



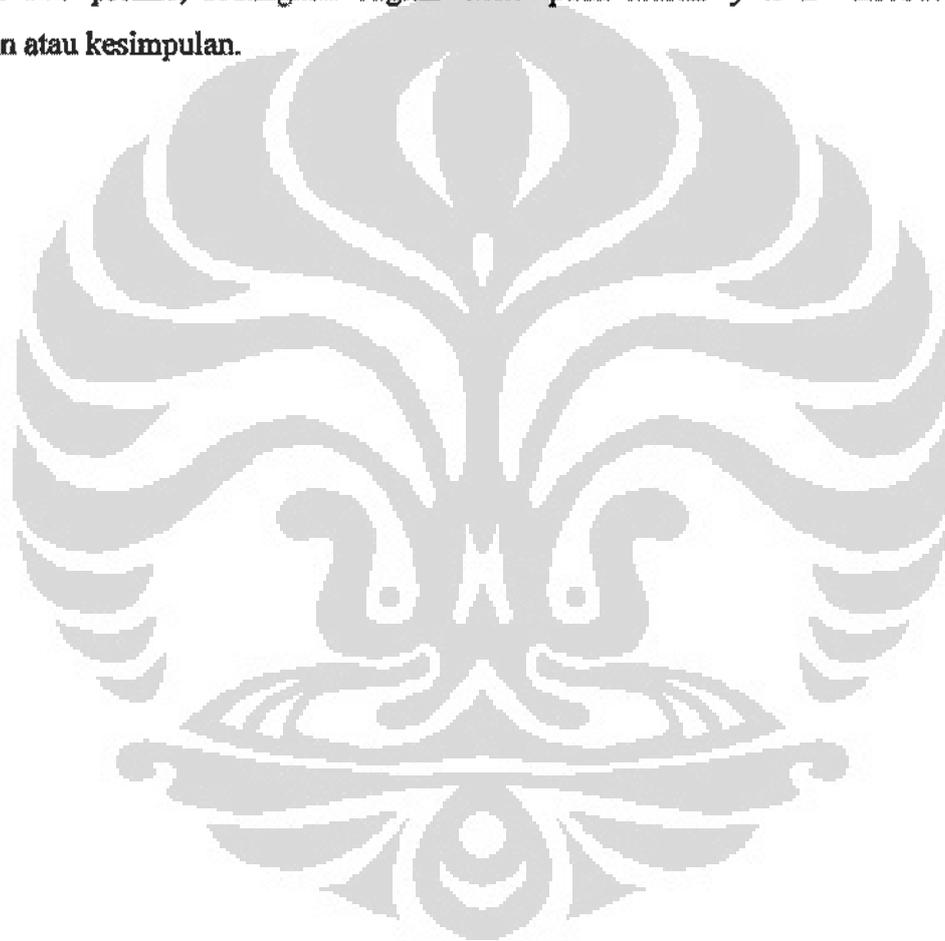
Gambar 2.9 Contoh operasi komplemen himpunan fuzzy

4. Aturan *If-Then*

Pernyataan aturan *if-then* digunakan untuk memformulasikan pernyataan bersyarat yang terdiri dari logika fuzzy. Sebuah aturan *if-then* fuzzy mempunyai bentuk umum:

if x is A then y is B

dimana A dan B adalah nilai linguistik yang didefinisikan sebagai himpunan fuzzy pada semesta pembicaraan X dan Y . Bagian '*if*' pada aturan '*x is A*' disebut anteseden atau premis, sedangkan bagian '*then*' pada aturan '*y is B*' disebut konsekuen atau kesimpulan.



BAB III

RANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA yang dibangun terdiri atas dua bagian yaitu pengukuran kemiripan profil DNA seseorang terhadap data profil DNA yang tersimpan dalam basis data profil DNA dan pengukuran terhadap profil DNA dari keluarga dekat yaitu orang tua kandung dan atau kakek nenek kandung yang bersangkutan.

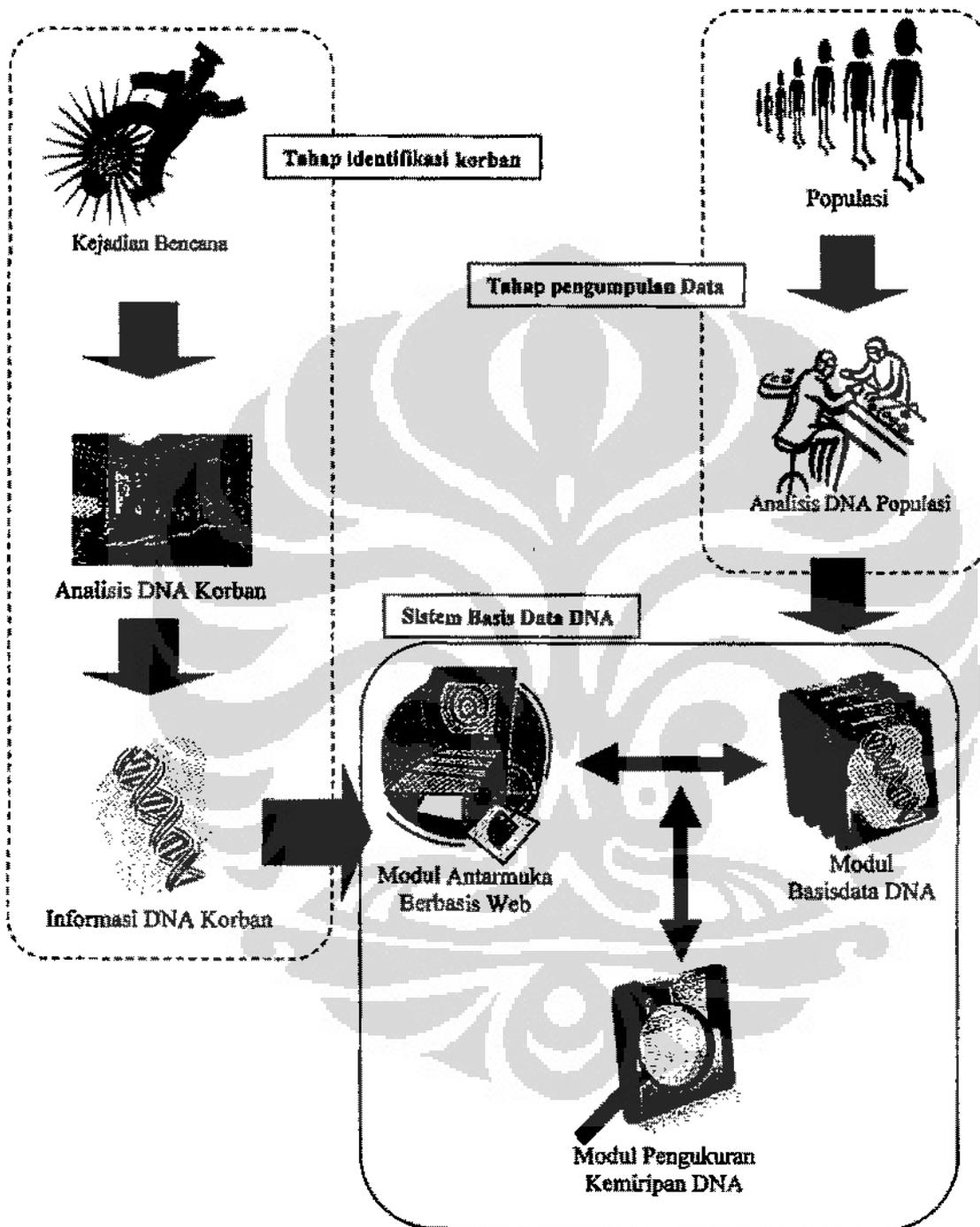
Pengukuran kemiripan profil DNA dilakukan dengan mengukur kemiripan dari masing-masing alel dari locus yang sama antara queri (profil DNA korban) dengan referensi.

3.1 Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Basis Data Profil DNA

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA seseorang dengan data yang tersimpan dalam basis data profil DNA ini ditujukan untuk mempermudah pihak berwenang untuk mengetahui identitas korban bencana yang tidak dapat dikenali secara fisik dan tidak ada petunjuk lain yang dapat membantu menemukan keluarga korban.

Dalam membangun sistem pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA, maka hal penting yang terlebih dahulu harus dilakukan adalah membangun sistem basis data yang menyimpan data profil DNA setiap warga negara Indonesia. Sistem basis data ini menyimpan data lengkap setiap warga negara Indonesia berupa data pribadi seperti nama, data orang tua, suku, dan sebagainya dan data profil DNA bersangkutan.

Sistem basis data inilah yang nantinya akan dijadikan referensi bagi pihak berwenang untuk melakukan pencocokan profil DNA korban. Dengan mengetahui profil DNA korban, diharapkan identitas korban akan mudah diperoleh dengan lengkap, jelas dan akurat melalui sistem basis data ini. Arsitektur dan alur dari sistem pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi sistem basis data dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 3.1 Arsitektur dan Alur Pengukuran kemiripan profil DNA dengan Sistem Basis Data DNA.

3.1.1 Rancangan Sistem Basis Data

Sistem basis data yang akan dibangun terdiri dari dua tabel penting yaitu tabel data pribadi dan tabel data profil DNA. Tabel data pribadi menyimpan informasi tentang identitas seseorang. Sedangkan tabel data profil DNA berisi tentang informasi profil DNA seseorang yang terdiri dari 16 locus yang masing-masingnya memiliki dua alel. Kedua tabel ini dihubungkan oleh suatu field `no_identitas` yang sekaligus menjadi primary key pada kedua tabel tersebut. Struktur dari masing tabel adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Struktur tabel data_pribadi

Field	Type	Null	Pry	Default
Nama	Varchar (50)	-	-	Null
No_identitas	Varchar (25)	No	Pry	-
Tempat_Lahir	Varchar (25)	-	-	Null
Tanggal_Lahir	Varchar (25)	-	-	Null
Alamat	Varchar (50)	-	-	Null
Suku	Varchar (25)	-	-	Null
Bahasa	Varchar (25)	-	-	Null
Nama_ayah	Varchar (50)	-	-	Null
Nama_ibu	Varchar (50)	-	-	Null
Suku_ayah	Varchar (25)	-	-	Null
Suku_ibu	Varchar (25)	-	-	Null

Tabel 2. Struktur Tabel data_profil dna

Field	Type	Null	Pry	Default
No_identitas	Varchar (30)	No	Pry	-
d3s1358_1	Float	-	-	Null
d3s1358_2	Float	-	-	Null
d7s720_1	Float	-	-	Null
d7s720_2	Float	-	-	Null

d8s1179_1	Float	-	-	Null
d8s1179_2	Float	-	-	Null
d21s11_1	Float	-	-	Null
d21s11_2	Float	-	-	Null
csf1po_1	Float	-	-	Null
csf1po_2	Float	-	-	Null
th01_1	Float	-	-	Null
th01_2	Float	-	-	Null
d13s317_1	Float	-	-	Null
d13s317_2	Float	-	-	Null
d16s539_1	Float	-	-	Null
d16s539_2	Float	-	-	Null
d2s1338_1	Float	-	-	Null
d2s1338_2	Float	-	-	Null
d19s433_1	Float	-	-	Null
d19s433_2	Float	-	-	Null
vwa_1	Float	-	-	Null
vwa_2	Float	-	-	Null
tpox_1	Float	-	-	Null
tpox_2	Float	-	-	Null
d18s51_1	Float	-	-	Null
d18s51_2	Float	-	-	Null
d5s818_1	Float	-	-	Null
d5s818_2	Float	-	-	Null
amel_1	Varchar(1)	-	-	Null
amel_2	Varchar(1)	-	-	Null
fga_1	Float	-	-	Null
fga_2	Float	-	-	Null

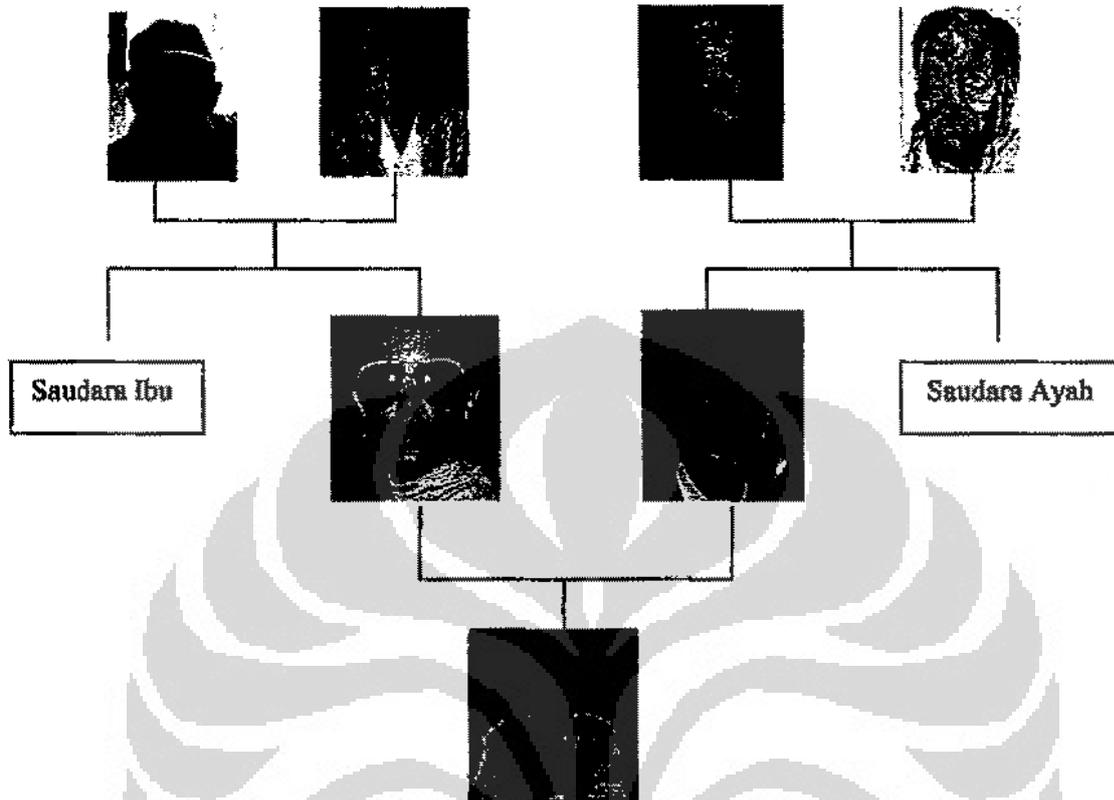
Pada pengukuran kemiripan profil DNA dengan referensi basis data profil DNA, data input merupakan data profil DNA dari korban yang lengkap yang terdiri dari 16 locus yang masing-masing locus terdiri dari sepasang alel. Jika suatu alel tidak ada nilainya maka secara otomatis sistem akan memberi nilai 0.

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA dilakukan dengan mengukur kemiripan dari setiap alel masing-masing locus antara query (korban) dengan satu per satu record yang tersimpan pada basis data profil DNA. Masing-masing alel yang dibandingkan akan diberi nilai kemiripan antara 0 – 1. Nilai masing-masing alel ini kemudian akan dijumlahkan dan setelah membandingkan alel ke-2 dari locus ke-16 maka jumlah nilai kemiripan akan dirata-rata. Nilai rata-rata inilah yang menjadi nilai kemiripan profil DNA query dengan record yang dibandingkan.

Setelah kemiripan profil DNA query diukur dengan semua record, nilai rata-rata akan ditampilkan terurut dari besar ke kecil berikut dengan nomor identitas pemilik profil DNA bersangkutan sebagai output dari sistem.

3.2 Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Orang Tua, Kakek dan Nenek Biologis

Dalam kasus tertentu jika ditemukannya korban jiwa akibat terjadinya bencana alam atau ledakan bom atau akibat pembunuhan atau tindakan mutilasi dengan kondisi korban yang sulit dikenali namun terdapat beberapa petunjuk yang mengarah kepada identitas korban, maka untuk menyimpulkan apakah dugaan tentang identitas korban adalah benar perlu pembuktian secara biologis atau dengan membandingkan profil DNA korban dengan keluarga dekat korban. Untuk mendapatkan hasil yang akurat dan tepat, keluarga yang paling tepat dijadikan referensi pembanding profil DNA adalah orang tua kandung korban. Namun jika salah satu atau kedua orang tua korban tidak ada maka dapat digantikan oleh kakek dan nenek korban dari pihak ayah dan ibu korban.



Gambar 3.2 Silsilah Keluarga

3.2.1 Usulan Aturan Pencocokan Profil DNA

Profil DNA manusia terdiri dari 16 locus dengan masing-masing locus memiliki dua alel. Salah satu alel diturunkan dari ayah dan lainnya diturunkan dari ibu. Sehingga dalam pencocokan profil DNA manusia untuk masing-masing locus, jika salah satu alel cocok/mirip dengan salah satu alel ayah maka alel lainnya harus cocok/mirip dengan salah satu alel ibu pada locus yang sama.

- If $[(\text{alel_1_korban} \approx \text{alel_1_ayah}) \text{ OR } (\text{alel_1_korban} \approx \text{alel_2_ayah})]$
AND $[(\text{alel_2_korban} \approx \text{alel_1_ibu}) \text{ OR } (\text{alel_2_korban} \approx \text{alel_2_ibu})]$
THEN cocok
- If $[(\text{alel_1_korban} \approx \text{alel_1_ibu}) \text{ OR } (\text{alel_1_korban} \approx \text{alel_2_ibu})]$ AND
 $[(\text{alel_2_korban} \approx \text{alel_1_Ayah}) \text{ OR } (\text{alel_2_korban} \approx \text{alel_2_Ayah})]$
THEN cocok

Jika ayah dan atau ibu sebagai referensi tidak ada maka pengganti yang paling tepat untuk dijadikan referensi profil DNA dari korban adalah orang tua kandung dari ayah dan ibu yaitu kakek dan nenek. Karena satu alel merupakan warisan dari ayah, maka otomatis alel tersebut merupakan warisan dari salah satu alel kakek dan nenek untuk locus yang sama. Sehingga proses pengukuran kemiripan suatu locus tidak berubah, dimana satu locus harus cocok/mirip dengan referensi pihak ayah (ref_A) dan lainnya harus cocok/mirip dengan referensi dari pihak ibu (Ref_B).

- If [(alel_1_korban \approx alel_1_Ref_A) OR (alel_1_korban \approx alel_2_Ref_A)] AND [(alel_2_korban \approx alel_1_Ref_B) OR (alel_2_korban \approx alel_2_Ref_B)] THEN cocok
- If [(alel_1_korban \approx alel_1_Ref_B) OR (alel_1_korban \approx alel_2_Ref_B)] AND [(alel_2_korban \approx alel_1_Ref_A) OR (alel_2_korban \approx alel_2_Ref_A)] THEN cocok

Data profil DNA queri dan referensi diinputkan secara bersamaan. Selanjutnya sistem akan mengukur kemiripan dari profil DNA yang telah diinputkan.

Dalam menentukan nilai kemiripan profil DNA antara queri dengan referensi keluarga dekat, aturan fuzzy yang diusulkan didasarkan pada hal-hal berikut :

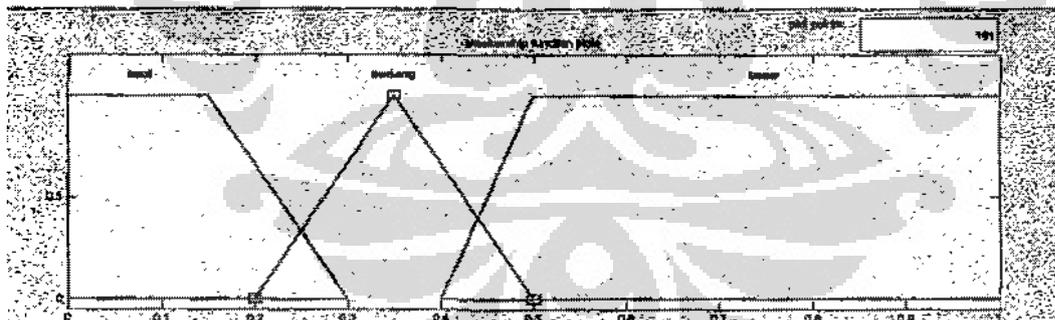
- a. Variabel input terdiri atas 6 yaitu ayah, kakek, nenek, ibu, kakek dari ibu dan nenek dari ibu.
- b. Jika kedua ayah dan ibu ada, maka tidak dibutuhkan referensi lainnya
- c. Input dari aturan fuzzy berupa nilai kemiripan dari kedua alel pada suatu locus
- d. Masing-masing variabel input memiliki tiga fungsi keanggotaan yang menunjukkan kemiripan dua alel yang dibandingkan. Masing-masing fungsi keanggotaan tersebut adalah kecil, sedang dan besar yang ditunjukkan oleh fungsi keanggotaan berikut :

$$f_{\text{kecil}}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0.15 \\ \frac{0.3 - x}{0.15} & 0.15 \leq x \leq 0.3 \\ 0 & x \geq 0.3 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$f_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.2; x \geq 0.5 \\ \frac{x - 0.2}{0.15} & 0.2 \leq x \leq 0.35 \\ \frac{0.5 - x}{0.15} & 0.35 \leq x \leq 0.5 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$f_{\text{besar}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.4 \\ \frac{x - 0.4}{0.1} & 0.4 \leq x \leq 0.5 \\ 1 & x \geq 0.5 \end{cases} \quad (3.3)$$

Bentuk fungsi keanggotaanya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Fungsi Keanggotaan Variabel Input

- e. fungsi keanggotaan masing-masing variabel input sewaktu-waktu dapat berubah sesuai dengan kebutuhan sistem.
- f. Variabel output menunjukkan nilai similarity rata-rata untuk suatu locus yang terdiri dari tiga fungsi keanggotaan yaitu small yang bernilai 0, medium bernilai 0,5 dan high bernilai 1.
- g. Aturan fuzzy yang digunakan adalah sebagai berikut :

- If (ayah is kecil) And (Ibu is kecil) then (similarity is small)
- If (ayah is kecil) And (Ibu is sedang) then (similarity is small)
- If (ayah is kecil) And (Ibu is besar) then (similarity is medium)
- If (ayah is sedang) And (Ibu is kecil) then (similarity is small)
- If (ayah is sedang) And (Ibu is sedang) then (similarity is medium)
- If (ayah is sedang) And (Ibu is besar) then (similarity is high)
- If (ayah is besar) And (Ibu is kecil) then (similarity is medium)
- If (ayah is besar) And (Ibu is sedang) then (similarity is high)
- If (ayah is besar) And (Ibu is besar) then (similarity is high)
- If (ibu is kecil) And (kakek is not besar) And (nenek is Kecil)
Then (similarity is small)
- If (ibu is kecil) And (kakek is besar) And (nenek is Kecil)
Then (similarity is medium)
- If (ibu is kecil) And (kakek is kecil) And (nenek is besar)
Then (similarity is medium)
- If (ibu is kecil) And (kakek is kecil) And (nenek is not besar)
Then (similarity is small)
- If (ibu is sedang) And (kakek is not besar) And (nenek is Kecil)
Then (similarity is small)
- If (ibu is sedang) And (kakek is besar) And (nenek is Kecil)
Then (similarity is high)
- If (ibu is sedang) And (kakek is kecil) And (nenek is besar)
Then (similarity is high)
- If (ibu is sedang) And (kakek is kecil) And (nenek is not besar)
Then (similarity is medium)
- If (ibu is besar) And (kakek is not besar) And (nenek is Kecil)
Then (similarity is medium)
- If (ibu is besar) And (kakek is besar) And (nenek is Kecil)
Then (similarity is high)

- If (ibu is besar) And (kakek is kecil) And (nenek is besar)
Then (similarity is high)
- If (ibu is besar) And (kakek is kecil) And (nenek is not besar)
Then (similarity is medium)
- If (ayah is kecil) And (kakek dari ibu is not besar) And (nenek dari ibu
is Kecil) Then (similarity is small)
- If (ayah is kecil) And (kakek dari ibu is besar) And (nenek dari ibu
is Kecil) Then (similarity is medium)
- If (ayah is kecil) And (kakek dari ibu is kecil) And (nenek dari ibu
is besar) Then (similarity is medium)
- If (ayah is kecil) And (kakek dari ibu is kecil) And (nenek dari ibu
is not besar) Then (similarity is small)
- If (ayah is sedang) And (kakek dari ibu is not besar) And (nenek
dari ibu is Kecil) Then (similarity is small)
- If (ayah is sedang) And (kakek dari ibu is besar) And (nenek dari ibu
is Kecil) Then (similarity is high)
- If (ayah is sedang) And (kakek dari ibu is kecil) And (nenek dari ibu
is besar) Then (similarity is high)
- If (ayah is sedang) And (kakek dari ibu is kecil) And (nenek dari ibu
is not besar) Then (similarity is medium)
- If (ayah is besar) And (kakek dari ibu is not besar) And (nenek
dari ibu is Kecil) Then (similarity is medium)
- If (ayah is besar) And (kakek dari ibu is besar) And (nenek dari ibu
is Kecil) Then (similarity is high)
- If (ayah is besar) And (kakek dari ibu is kecil) And (nenek dari ibu
is besar) Then (similarity is high)
- If (ayah is besar) And (kakek dari ibu is kecil) And (nenek dari ibu
is not besar) Then (similarity is medium)
- If (kakek is not besar) and (nenek is not besar) and (kakek dari ibu is not
besar) and (nenek dari ibu is not besar) then (similarity is small)

- If (kakek is besar) and (nenek is not besar) and (kakek dari ibu is not besar) and (nenek dari ibu is not besar) then (similarity is medium)
- If (kakek is not besar) and (nenek is besar) and (kakek dari ibu is not besar) and (nenek dari ibu is not besar) then (similarity is medium)
- If (kakek is not besar) and (nenek is not besar) and (kakek dari ibu is besar) and (nenek dari ibu is not besar) then (similarity is medium)
- If (kakek is not besar) and (nenek is not besar) and (kakek dari ibu is not besar) and (nenek dari ibu is besar) then (similarity is medium)
- If (kakek is besar) and (nenek is not besar) and (kakek dari ibu is besar) and (nenek dari ibu is not besar) then (similarity is high)
- If (kakek is besar) and (nenek is not besar) and (kakek dari ibu is not besar) and (nenek dari ibu is besar) then (similarity is high)
- If (kakek is not besar) and (nenek is besar) and (kakek dari ibu is besar) and (nenek dari ibu is not besar) then (similarity is high)
- If (kakek is not besar) and (nenek is besar) and (kakek dari ibu is not besar) and (nenek dari ibu is besar) then (similarity is high)

3.3 Data Input

Data yang dijadikan sebagai masukan bagi sistem pengukuran kemiripan profil DNA adalah data profil DNA yang terdiri dari 16 locus yang masing-masingnya memiliki dua alel. Data alel yang diinputkan bertipe float kecuali untuk locus amelogenin bertipe varchar dengan panjang karakter 1.

Pada pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA inputan hanya dilakukan untuk data profil DNA korban saja. Sedangkan untuk pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi pembandingan keluarga dekat, inputan dilakukan secara bersamaan antara data profil DNA korban dan data profil DNA orang tua dan atau kakek dan nenek korban.

3.4 Output

Hasil dari pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA adalah berupa angka yang menunjukkan besarnya nilai kemiripan profil DNA yang dibandingkan. Dimana besarnya nilai kemiripan antara 0 – 1.

Untuk pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA hasil yang dikeluarkan oleh sistem adalah nilai kemiripan antara profil DNA korban dengan masing-masing data pada basis data untuk 16 nilai terbesar. Nilai kemiripan yang paling besar menunjukkan bahwa kemungkinan besar korban adalah pemilik profil DNA dengan nilai kemiripan terbesar tersebut. Namun jika nilai kemiripan paling besar dan kedua besar tidak jauh berbeda, dalam menentukan identitas korban sebenarnya dapat mempertimbangkan faktor lain yang terdapat pada data pribadi sistem basis data.

Sedangkan pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi keluarga dekat nilai kemiripan yang dikeluarkan adalah nilai tunggal yang menunjukkan besarnya kemungkinan adanya hubungan biologis antara korban dan referensi.

3.5 Data Percobaan

Data yang digunakan pada percobaan merupakan data profil DNA dari populasi suku Jawa Tengah yang diperoleh dari FKG UI, yang terdiri atas 100 data profil DNA yang terdiri atas 43 data pria dan 57 data wanita. Yang selanjutnya data tersebut disimpan pada basis data profil DNA. Untuk percobaan pengukuran kemiripan profil DNA dengan referensi keluarga biologis data yang digunakan terdiri dari 10 data yang diantaranya terdapat data individu-individu yang memiliki hubungan biologis.

3.6 Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil Dna

Alel dari suatu locus profil DNA manusia yang dihasilkan dari proses identifikasi terhadap evidence DNA terkadang bernilai tidak tepat. Hal ini bisa saja disebabkan oleh beberapa faktor seperti pengaruh cuaca dan suhu, tercemarnya evidence oleh zat lain bahkan kemungkinan akibat kesalahan mesin

PCR. Hal ini akan menjadi penyebab utama kesalahan identifikasi korban jika pencocokan profil DNA dilakukan secara crisp. Untuk memperkecil kesalahan identifikasi terhadap profil DNA maka pencocokan profil DNA dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy. Jika suatu alel korban memiliki *short tandem repeat* (STR) 20 dan alel referensi memiliki STR 20.2, maka kedua alel memiliki nilai similarity 0,5 sehingga kedua alel tersebut dapat dikatakan cocok/mirip.

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dilakukan dengan mengukur kemiripan dari suatu alel. Dengan asumsi bahwa suatu alel berbentuk segitiga dengan *short tandem repeat* (STR) dari suatu alel menunjukkan nilai tengah, jarak kedua kakinya adalah sama yaitu 0,4 dan tinggi alel sama dengan 1. Maka untuk mengukur kemiripan alel-alel yang dibandingkan digunakan persamaan :

$$\frac{t}{1} = \frac{\frac{1}{2} (a_3 - b_1)}{(a_3 - a_2)} \quad (3.4)$$

Dimana : posisi alel pertama < alel kedua

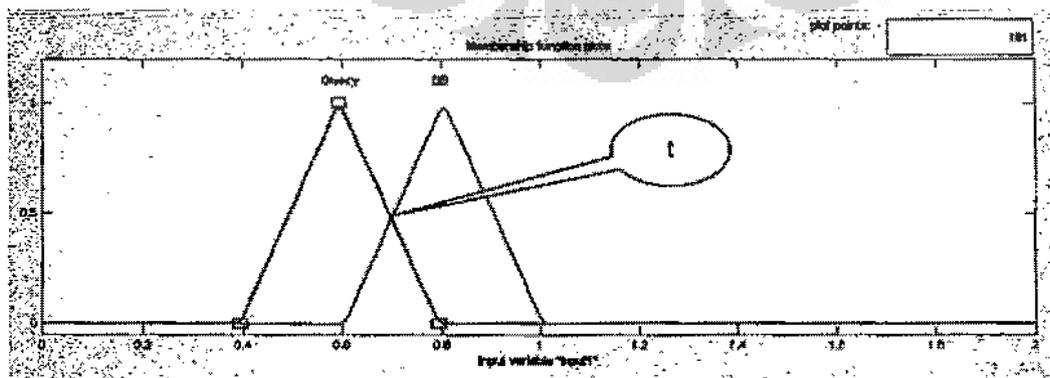
t = titik potong kedua alel

a_2 = nilai STR dari alel pertama

$a_3 = a_2 + 0,2$

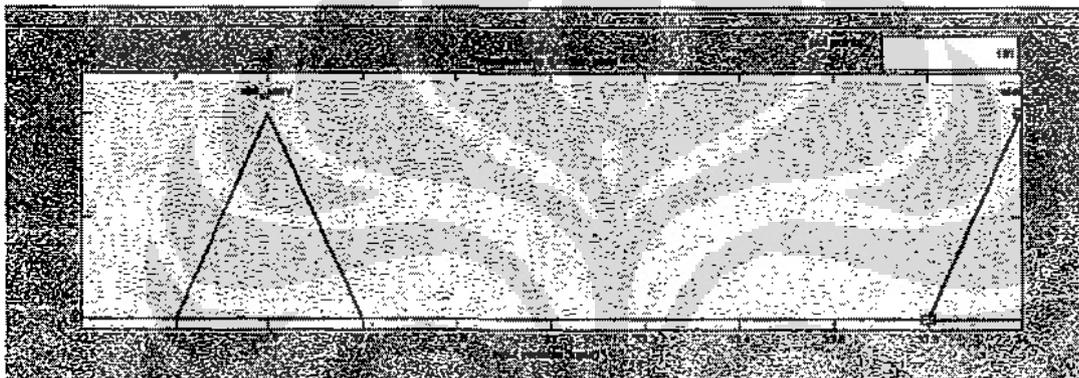
b_1 = nilai STR alel kedua - 0,2

Sehingga $0 \leq t \leq 1$

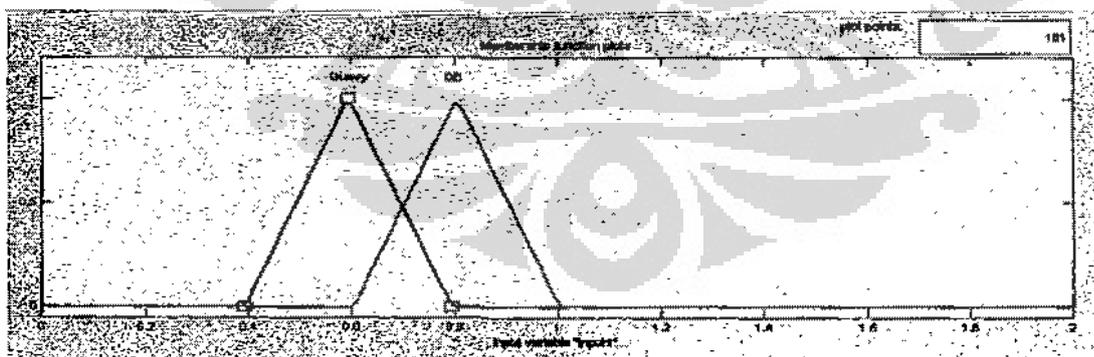


Gambar 3.4 Pengukuran Kemiripan Dua Alel

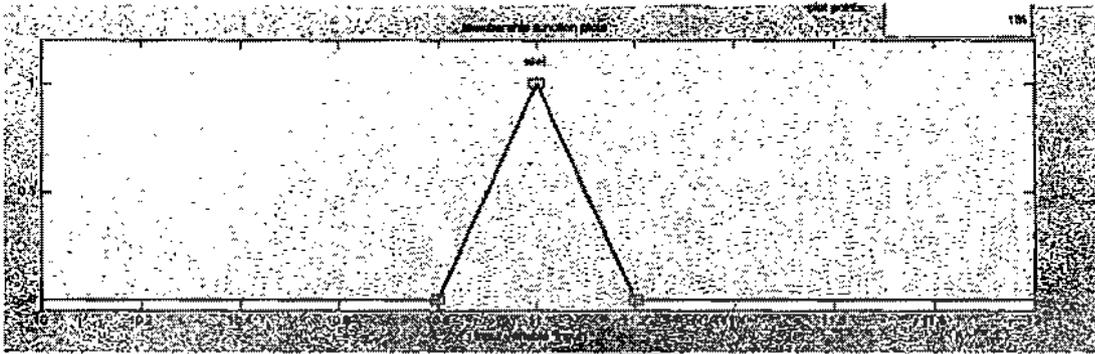
Dari pengamatan dan percobaan yang dilakukan, pergeseran nilai STR pada suatu alel adalah kelipatan 0,2. Sehingga kemungkinan nilai similarity yang dihasilkan untuk suatu alel yang dibandingkan adalah 0, 0,5 dan 1. Namun tidak menutup kemungkinan apabila terdapat STR dari suatu alel yang memiliki pergeseran nilai STR tidak kelipatan 0,2. Seperti kelipatan 0,15 atau 0,25. Berikut contoh posisi dua alel yang dibandingkan dengan nilai pergeseran alel masing-masing 1,4 ; 0,2 dan 0.



Gambar 3.5 Dua Alel Yang Dengan Nilai Similarity = 0



Gambar 3.6 Dua Alel Dengan Nilai Similarity = 0,5



Gambar 3.7 Dua Alel Dengan Nilai Similarity = 1

Setelah menentukan nilai kemiripan (t) dari semua alel profil DNA, maka untuk menentukan nilai kemiripan profil DNA yang dibandingkan secara keseluruhan antara korban dan referensi maka semua nilai kemiripan dari semua alel dijumlahkan kemudian dibagi 32.

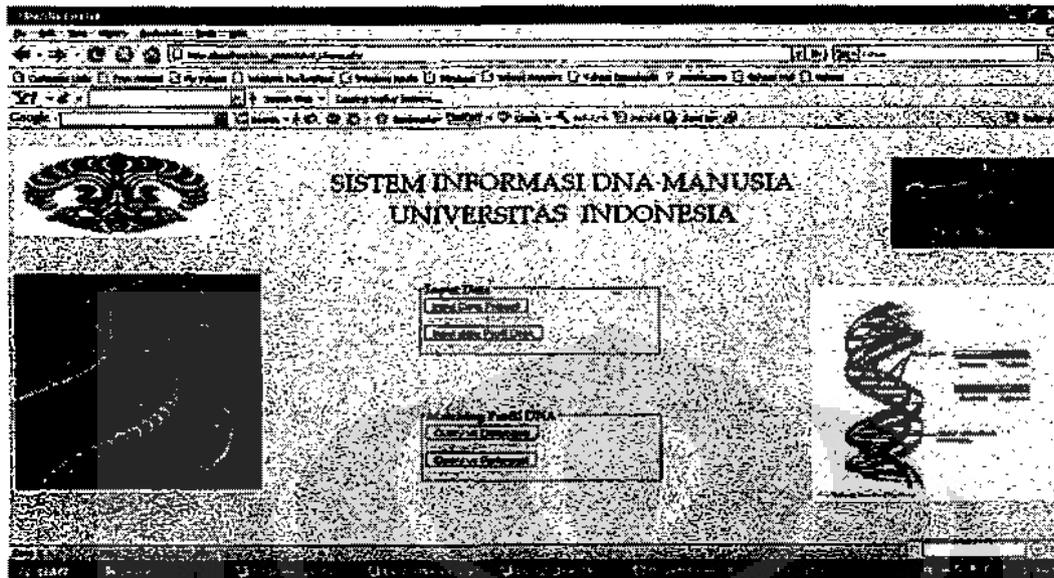
$$\text{similarity} = \frac{\sum t}{32} \quad (3.5)$$

Dimana $0 \leq \text{similarity} \leq 1$

Nilai inilah yang menunjukkan besarnya kemiripan profil DNA yang dibandingkan.

3.7 Implementasi

Rancangan sistem ini selanjutnya diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL sebagai database management systemnya. Untuk mempermudah user berinteraksi dengan sistem, maka dibangun antar muka yang mudah digunakan (*user friendly*). Pada halaman utama antar muka, akan ditampilkan menu yang dapat dipilih oleh pengguna yang terdiri dari input data pribadi, input data profil DNA, pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA dan pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi keluarga.



Gambar 3.8 Antar Muka Sistem Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil Dna

Pada halaman input data pribadi terdapat beberapa *textbox* yang harus diisi oleh administrator untuk menyimpan data pribadi dari pemilik profil DNA yang akan disimpan pada basis data profil DNA. Kolom isian data tersebut terdiri dari nama lengkap, nomor identitas, tempat dan tanggal lahir, suku, alamat tempat tinggal, nama ayah dan ibu, suku ayah dan ibu.

**SISTEM INFORMASI DNA MANUSIA
UNIVERSITAS INDONESIA**

Input data Profil DNA

Nama Lengkap	<input type="text"/>	Nomor Identitas (KTP)	<input type="text"/>
Tempat Lahir	<input type="text"/>	Tanggal Lahir	<input type="text"/>
Alamat	<input type="text"/>	Sex	<input type="text"/>
Nomor Rekening	<input type="text"/>	Nomor Dns Keluarga	<input type="text"/>
Nomor Ayah Keluarga	<input type="text"/>	Sexs Dns	<input type="text"/>
Nomor Anak	<input type="text"/>		

Transfer ke menu utama
Tutup Mysql

Gambar 3.9 Halaman Input Data Pribadi ke Dalam Basis Data

Pada halaman input data profil DNA terdapat kolom isian (*textbox*) untuk menyimpan nomor identitas pemilik profil DNA berikut dengan data profil DNA bersangkutan yang terdiri dari 16 locus yang masing-masingnya memiliki dua alel.

**SISTEM INFORMASI DNA MANUSIA
UNIVERSITAS INDONESIA**

Input data Profil DNA

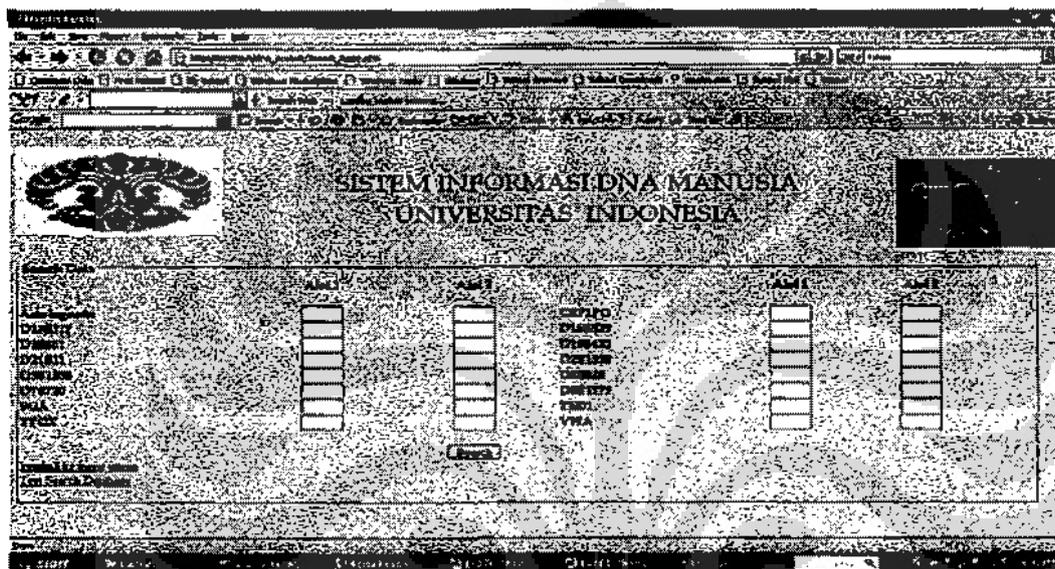
No. Identitas

Nama Lengkap	Allel 1	Allel 2	Nama Locus	Allel 1	Allel 2
D1S8S11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D1S8S11	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D16S51	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D16S51	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D21S11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D21S11	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D18S21	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D18S21	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D7S822	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D7S822	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FGA	<input type="text"/>	<input type="text"/>	FGA	<input type="text"/>	<input type="text"/>
TPOX	<input type="text"/>	<input type="text"/>	TPOX	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Transfer ke menu utama
Tutup Mysql

Gambar 3.10 Halaman isian data profil DNA

Rancangan halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data berbeda dengan halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi keluarga. Halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data hanya membutuhkan data profil DNA dari korban (queri) saja.



Gambar 3.11 Halaman Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Basis Data Profil DNA

Sementara pada halaman pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi keluarga data profil DNA yang dibutuhkan terdiri dari data profil DNA korban dan data profil DNA referensi yang tersedia

BAB IV

HASIL UJICOBA DAN ANALISIS

Pada bab ini dibahas tentang hasil ujicoba yang dilakukan dan analisis dari ujicoba tersebut.

4.1 Skenario Ujicoba

Ujicoba dilakukan untuk menganalisa hasil kerja dari sistem yang telah dibangun. Skenario ujicoba sistem dilakukan dengan beberapa tahap yaitu :

1. Skenario 1 : Pengukuran kemiripan dengan metode konvensional

Skenario tahap pertama merupakan pengukuran kemiripan profil DNA konvensional yang dilakukan secara manual dengan menggunakan metode *crisp*. Pada metode ini kedua alel yang dibandingkan akan dianggap cocok jika kedua nilai STR alel benar-benar sama. Sehingga dua alel yang memiliki selisih nilai STR > 0 akan dianggap tidak cocok. Jika pada dua profil DNA yang dibandingkan jumlah alel yang cocok kurang dari 8 lokus maka dua profil DNA tersebut dikatakan tidak cocok.

2. Skenario 2 : Pengukuran kemiripan profil DNA menggunakan ukuran kemiripan fuzzy

Skenario kedua ini mengukur kemiripan profil DNA menggunakan metode fuzzy. Dengan menetapkan nilai fuzziness dari suatu alel adalah 0,2, maka jika dua alel memiliki selisih 0,2 nilai kemiripannya adalah 0,5. Sehingga dapat disimpulkan dua alel tersebut cocok/mirip.

Skenario kedua ini terdiri atas 4 sub skenario yaitu :

a. Skenario 2.1 : pengukuran kemiripan dua alel

Skenario ujicoba pertama dilakukan dengan mengukur kemiripan dua alel. Data ujicoba yang digunakan merupakan data dari dua alel dari suatu lokus yang sama yang salah satu alel mengalami pergeseran nilai STR. Nilai kemiripan merupakan nilai similariti dari dua alel tersebut.

b. Skenario 2.2 : pengukuran kemiripan suatu lokus

Skenario kedua adalah pengukuran kemiripan dari suatu lokus. Karena suatu lokus terdiri atas dua alel maka pengukuran kemiripan akan

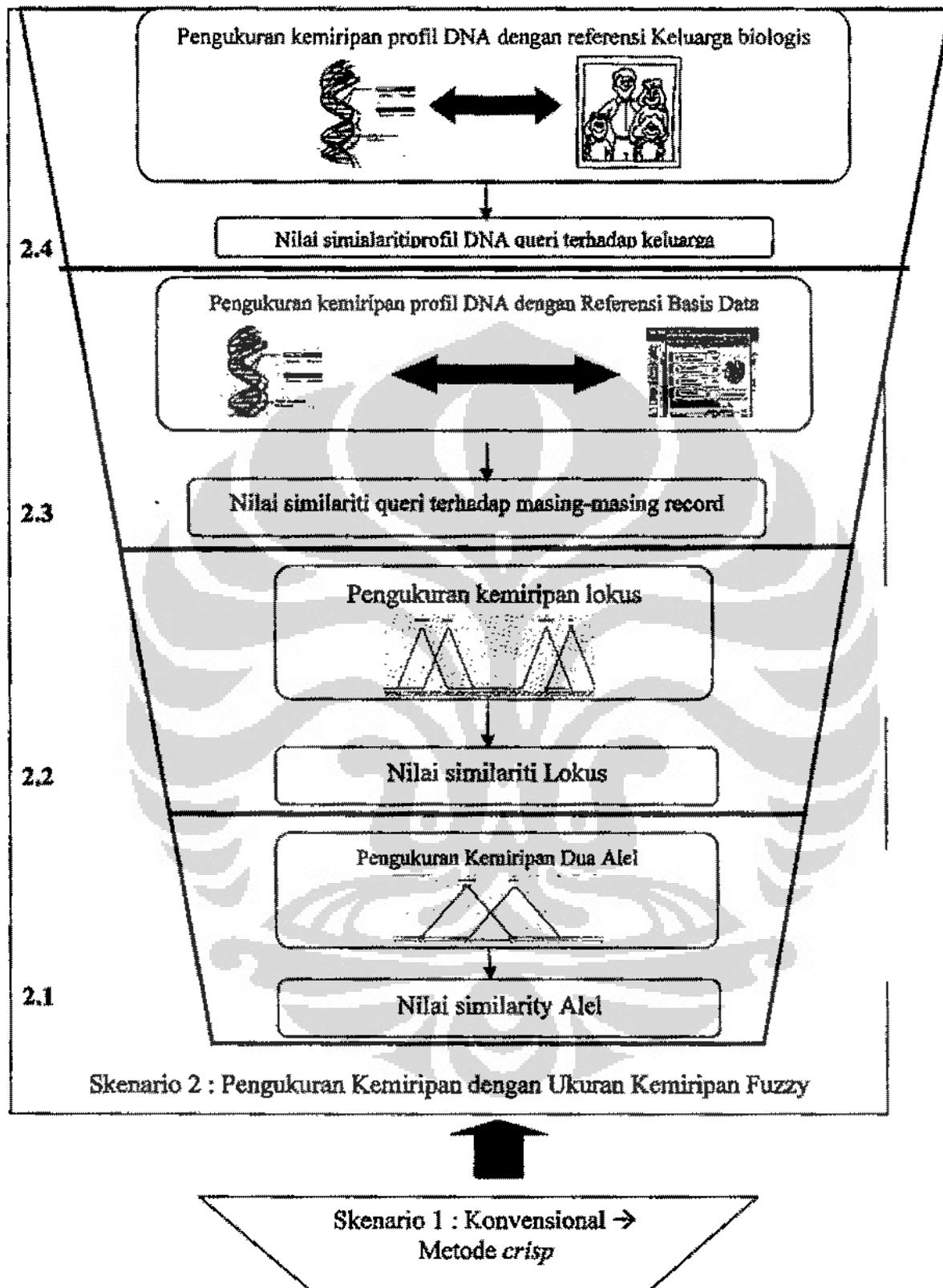
dilakukan terhadap masing-masing alel. Dimana alel pertama data1 akan diukur kemiripannya dengan alel pertama data2, sedangkan alel kedua data1 akan diukur kemiripannya dengan alel kedua data2. Nilai similariti lokus adalah nilai rata-rata dari kedua nilai similariti alel.

c. **Skenario 2.3 : Pengukuran kemiripan Profil DNA dengan referensi basis data profil DNA**

Skenario ketiga adalah mengukur kemiripan dari profil DNA query dengan record profil DNA pada basis data profil DNA. Suatu profil DNA query akan diukur kemiripannya dengan masing-masing record. Data ujicoba yang digunakan adalah salah satu data profil DNA yang diambil secara acak dari basis data profil DNA. Pengukuran terhadap masing-masing record dilakukan dengan mengukur kemiripan terhadap masing-masing alel dari setiap lokus. Nilai similariti untuk masing-masing record adalah total nilai similariti semua alel dibagi 32.

d. **Skenario 2.4 : Pengukuran kemiripan profil DNA dengan referensi keluarga biologis**

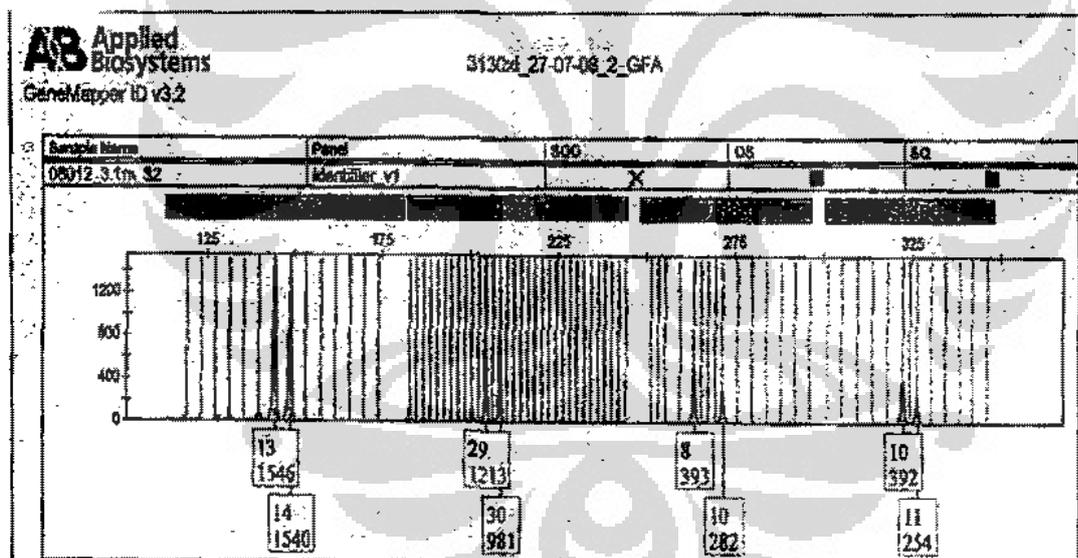
Skenario keempat adalah pengukuran kemiripan profil DNA query dengan keluarga biologis terduga korban. Data ujicoba yang digunakan adalah data profil DNA individu, orang tua biologis individu bersangkutan dan data individu lain yang tidak memiliki hubungan biologis dengan individu tersebut. Pengukuran kemiripan dilakukan secara bersamaan antara profil DNA Query dengan data profil DNA referensi yang tersedia. Untuk suatu lokus, salah satu alel diukur terhadap alel dari pihak ayah dan alel lainnya diukur terhadap alel dari pihak ibu untuk lokus yang sama. Nilai similariti hasil pengukuran lokus akan dijumlahkan kemudian dibagi 32 dan diperoleh nilai similariti profil DNA.



Gambar 4.1 Skenario Ujicoba

4.2 Hasil Uji coba

Data yang dijadikan sebagai input bagi sistem merupakan data profil DNA yang lengkap yang terdiri dari 16 loki yang masing-masingnya terdiri atas dua alel. Untuk memasukkan data profil DNA ke dalam sistem, dilakukan secara manual. Data yang diperoleh dari hasil identifikasi barang bukti biologis (*evidence DNA*) oleh mesin PCR berupa electropherogram masih mengandung *noise*. *Noise* ini tidak diperhitungkan dalam menentukan profil DNA seseorang. Sehingga untuk masing-masing loki profil DNA pada electropherogram hanya dua sinyal tertinggi saja yang dibaca. Sinyal inilah yang menunjukkan alel dari loki bersangkutan. Jika terdapat dua sinyal tinggi pada suatu loki maka keduanya adalah alel, namun jika hanya ada satu sinyal yang tingginya cukup signifikan dibandingkan noise disekelilingnya maka alel pertama dan alel kedua untuk loki bersangkutan memiliki nilai yang sama.



Gambar 4.2 Sinyal-Sinyal yang Menunjukkan Alel-Alel dari Empat Loki Pada Electropherogram

Alel direpresentasikan seperti sebuah segitiga sama kaki, dimana jarak antara kedua kaki adalah 0,4 dan tinggi adalah 1, titik tengah dari kedua kaki adalah nilai STR yang ditunjukkan suatu alel. Untuk suatu loki, masing-masing alel akan diukur kemiripan fuzzynya dengan alel-alel yang terdapat pada referensi untuk loki yang sama. Untuk masing-masing alel yang diukur dari suatu loki akan menghasilkan nilai similarity (t_i) berdasarkan rumusan berikut :

$$\frac{t_i}{1} = \frac{\frac{1}{2} (a_3 - b_1)}{(a_3 - a_2)} \quad (4.1)$$

Nilai similarity masing-masing loki akan dijumlahkan dan dibagi 32 untuk mendapatkan nilai similarity terhadap referensi menggunakan persamaan (3.5).

4.1.1 Pengukuran Kemiripan Fuzzy profil DNA dengan Referensi Basis Data Profil DNA

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA dilakukan dengan mengukur kemiripan fuzzy antara setiap alel dari masing-masing loki queri dengan setiap alel pada semua loki masing-masing record yang terdapat dalam basis data profil DNA. Untuk setiap record yang telah dibandingkan atau diukur kemiripannya akan menghasilkan satu nilai similarity. Sebagai output pada antar muka sistem dari pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi basis data profil DNA ini adalah 16 nilai similarity terbesar dari semua record yang dibandingkan.

Berikut adalah contoh pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA yang dilakukan sistem terhadap tiga record yang tersimpan dalam basis data profil DNA berdasarkan profil DNA queri.

Tabel 4.1 Contoh Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA Terhadap Tiga Record Profil DNA

Nama Loki	Queri		Record 1		Record 2		Record 3	
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2
AMEL	X	Y	1	1	1	0	1	1
CSFIPO	10	11	1	1	0	0	0	1
D13S317	10	11	1	1	0	1	0	0
D16S539	10	12	1	1	0	0	0	1
D18S51	12	19	1	1	1	0	0	1
D19S433	14	15.2	1	0.5	0	1	0	0.5
D21S11	31.2	32.2	0.5	1	0.5	0	1	0
D2S1338	19	23	1	1	1	0	1	0
D3S1358	15	17	1	1	0	0	0	0
D5S818	10	13	1	1	0	0	0	0

D7S820	9	10	1	1	0	1	0	0
D8S1179	11	13	1	1	0	1	0	0
FGA	22	22	1	1	0	1	0	0
TH01	7	9,3	1	1	0,5	0	1	0
TPOX	8	9	1	1	1	0	0	1
vWA	14	18	1	1	1	0	0	1
Nilai Similarity			0,96875		0,34375		0,328125	

Dari contoh diatas maka record 1 memiliki nilai similarity paling besar terhadap queri. Walaupun nilai similarity < 1 , namun syarat untuk dapat menyimpulkan bahwa korban (queri) adalah adalah pemilik identitas record 1 telah terpenuhi. Yaitu minimal delapan dari 16 loki mirip/cocok, atau nilai similarity $\geq 0,5$.

Sebelum sistem pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dapat digunakan, hal penting yang dilakukan adalah mengumpulkan data profil DNA untuk disimpan ke dalam sistem basis data profil DNA. Data profil DNA tersebut diperoleh dari laboratorium forensik kepolisian Republik Indonesia (Labfor POLRI), dengan jumlah 100 data profil DNA. Data tersebut disimpan berikut dengan nomor identitas pemilik masing-masing profil DNA. Karena identitas pemilik dirahasiakan oleh pihak Labfor, maka untuk ujicoba, data pribadi direkayasa. Namun rekayasa data pribadi ini tidak mempengaruhi proses pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA.

Gambar 4.3 Halaman Input Data Profil DNA ke Basis Data



Gambar 4.8 Halaman Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Keluarga

Berikut adalah tabel yang menunjukkan beberapa kemungkinan kecocokan alel terhadap referensi yang tersedia.

Tabel 4.2 Contoh Hasil Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA
Dengan Referensi Keluarga Biologis

Nama Laki	Ayah	Ibu	Kakek (ayah)	Nenek (Ayah)	Kakek (Ibu)	Nenek (ibu)
CSFIPO	v	v				
		v	v	x		
	v				x	v
D13S317	x	v				
		v	x	x		
	v				x	x
D16S539	x	x				
	x				x	x
		x	x	x		

Pada pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi keluarga nilai similarity masing-masing alel suatu loki dijumlahkan dan untuk memperoleh similarity secara keseluruhan dari query terhadap semua referensi yang tersedia adalah nilai rata-rata semua alel. Nilai similarity yang dihasilkan oleh sistem menunjukkan tingkat kebenaran atas dugaan identitas korban.

Hasil Searching Profil DNA Manusia

Jumlah Profil DNA: 11

Nilai Kemiripan: 1

Profil Kemiripan Profil DNA:

Nama Loker	Jumlah Profil DNA	Nilai Kemiripan
AMEL	1	1
CSF1PO	1	1
D13S317	1	1
D16S539	1	1
D18S51	1	1
D19S433	1	1
D21S11	1	1
D2S1338	1	1
D3S1358	1	1
D5S818	1	1
D7S820	1	1
D8S1179	1	1
FGA	1	1
TH01	1	1
TPOX	1	1
vWA	1	1

Gambar 4.9 Halaman Hasil Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA Referensi Keluarga

Berikut adalah contoh data profil DNA korban dan data profil DNA orang tua serta kakek nenek yang diduga memiliki hubungan biologis dengan korban.

Tabel 4.3 Data Profil DNA Korban dan Terduga Keluarga

Nama Loker	Querri		Ayah		Kakeki		Nenek1	
	Alel 1	Alel 2						
AMEL	x	x	x	y	x	y	x	x
CSF1PO	8	12	8	17	8	8	15	17
D13S317	9	11	9	13	13	14	9	11
D16S539	7	11	7	7	7	12	7	7
D18S51	14	15	15	21	15	15.2	21	23
D19S433	12	12	9	12	8	9	12	13
D21S11	17	28	12	17	17	19	10	12
D2S1338	6	22	6	7	6	8	7	9
D3S1358	17	17	16	17	13	17	14	16
D5S818	10	27	27	32	22	32	25	27
D7S820	12	12	12	13	11	12	13	15
D8S1179	13	17	17	21	17	19	21	23
FGA	12	24	8	12	8	8	9	12
TH01	6	7	6	14	12	14	6	7
TPOX	10	11	9	10	12	10	6	21
vWA	14	16	14	17	14	16	17	20

Tabel 4.3 (sambungan)

Nama Laki	Ibu		Kakek2		Nenek2	
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2
AMEL	x	X	x	y	x	x
CSFIPO	11	12	12	12	11	12
D13S317	11	11	11	11	10	11
D16S539	11	12	12	12	11	12
D18S51	14	18	15	18	14	20
D19S433	12	15	13	15.2	12	15
D21S11	28	30	28	33.2	29	30
D2S1338	22	24	19	22	19	24
D3S1358	17	18	16	16	16	17
D5S818	10	12	12	12	10	11
D7S820	11	12	11	11	10	12
D8S1179	13	13	10	13	13	15
FGA	24	25	22	25	22	24
TH01	7	7	7	7	7	10
TPOX	8	11	11	11	8	11
vWA	16	17	17	17	14	16

Berikut adalah contoh pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dari data diatas dengan beberapa kemungkinan tersedianya referensi dari pihak keluarga.

a. Ayah dan ibu lengkap

Jika pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dilakukan antara korban dengan referensi ayah dan ibu biologis lengkap maka referensi lain tidak diperlukan. Karena untuk suatu laki salah satu alel diperoleh dari ayah dan alel lainnya diwariskan dari ibu. Jika korban merupakan anak biologis dari referensi ayah dan ibu, maka nilai similarity profil DNA ≈ 1 .

Tabel 4.4 Pengukuran Kemiripan dengan Referensi Ayah dan Ibu Biologis

Nama Laki	Querri		Ayah		t	Ibu		t
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2		Alel 1	Alel 2	
AMEL	X	X	x	y	1	x	x	1
CSFIPO	8	12	8	17	1	11	12	1
D13S317	9	11	9	13	1	11	11	1
D16S539	7	11	7	7	1	11	12	1
D18S51	14	15	15	21	1	14	18	1

D19S433	12	12	9	12	1	12	15	1	
D21S11	17	28	12	17	1	28	30	1	
D2S1338	6	22	6	7	1	22	24	1	
D3S1358	17	17	16	17	1	17	18	1	
D5S818	10	27	27	32	1	10	12	1	
D7S820	12	12	12	13	1	11	12	1	
D8S1179	13	17	17	21	1	13	13	1	
FGA	12	24	8	12	1	24	25	1	
TH01	6	7	6	14	1	7	7	1	
TPOX	10	11	9	10	1	8	11	1	
vWA	14	16	14	17	1	16	17	1	
					16			16	
Nilai similarity Profil DNA						1			

b. Ayah dengan kakek2 dan nenek2 sebagai pengganti ibu

Tabel 4.5 Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Referensi Ayah Biologis dan Kakek dan Nenek dari Pihak Ibu

Nama Laki	Querri		Ayah		t	Kakek2		Nenek2		t
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2		Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	
AMEL	x	x		y	1	x		x	x	1
CSFIPO	8	12		17	1	12		11	12	1
D13S317	9	11		13	1		11	10	11	1
D16S539	7	11	7		1	12	12		12	1
D18S51	14	15		21	1	15	18		20	1
D19S433	12	12	9		1	13	15.2		15	1
D21S11	17	28	12		1		33.2	29	30	1
D2S1338	6	22		7	1	19		19	24	1
D3S1358	17	17	16		1	16	16	16		1
D5S818	10	27		32	1	12	12		11	1
D7S820	12	12		13	1	11	11	10		1
D8S1179	13	17		21	1	10		13	15	1
FGA	12	24	8		1	22	25	22		1
TH01	6	7		14	1	7			10	1
TPOX	10	11	9		1		11	8	11	1
vWA	14	16		17	1		17	14	16	1
					16					16
Nilai similarity Profil DNA						1				

c. Ibu dengan kakek1 dan nenek1 sebagai pengganti ayah

Tabel 4.6 Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Ibu Biologis dan Kakek dan Nenek dari Pihak Ayah

Nama Loki	Queri		Ibu		t	Kakek1		Nenek1		t	
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2		Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2		
AMEL	x	x		x	1		y	x	x	1	
CSFIPO	8	12	11		1		8	15	17	1	
D13S317	9	11		11	1	13	14		11	1	
D16S539	7	11		12	1		12	7	7	1	
D18S51	14	15		18	1		15.2	21	23	1	
D19S433	12	12		15	1	8	9		13	1	
D21S11	17	28		30	1		19	10	12	1	
D2S1338	6	22		24	1		8	7	9	1	
D3S1358	17	17		18	1	13		14	16	1	
D5S818	10	27		12	1	22	32	25		1	
D7S820	12	12	11		1	11		13	15	1	
D8S1179	13	17		13	1		19	21	23	1	
FGA	12	24		25	1	8	8	9		1	
TH01	6	7		7	1	12	14	6		1	
TPOX	10	11	8		1	12		6	21	1	
vWA	14	16		17	1		16	17	20	1	
					16						16
Nilai similarity Profil DNA					1						

d. Kakek dan nenek serta Kakek2 dan nenek2 sebagai pengganti kedua orang tua

Tabel 4.7 Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Orang tua Biologis dari Ayah dan Ibu Biologis Korban

Nama Loki	Queri		Kakek1		Nenek1		t	Kakek2		Nenek2		t
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2		Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	
AMEL	x	x		y	x	x	1	x		x	x	1
CSFIPO	8	12		8	15	17	1		12	11	12	1

D13S317	9	11	13	14	0	11	1	11	11	10	11	1	
D16S539	7	11		12	7	7	1	12	12		12	1	
D18S51	14	15		15.2	21	23	1	15	18		20	1	
D19S433	12	12	8	9		13	1	13	15.2		15	1	
D21S11	17	28		19	10	12	1		33.2	29	30	1	
D2S1338	6	22		8	7	9	1	19		19	24	1	
D3S1358	17	17	13		14	16	1	16	16	16		1	
D5S818	10	27	22	32	25		1	12	12		11	1	
D7S820	12	12	11		13	15	1	11	11	10		1	
D8S1179	13	17		19	21	23	1	10		13	15	1	
FGA	12	24	8	8	9		1	22	25	22		1	
TH01	6	7	12	14		7	1		7	7	10	1	
TPOX	10	11	12		6	21	1		11	8	11	1	
vWA	14	16		16	17	20	1	17	17	14		1	
							16					16	
Nilai similarity Profil DNA													1

e. Kakek1 dengan kakek2 dan nenek2 sebagai pengganti orang tua

Tabel 4.8 Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Referensi Kakek dari Pihak Ayah Serta Kakek dan Nenek dari Pihak Ibu

Nama Loki	Querri		Kakek1		t	Kakek2		Nenek2		t
	Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2		Alel 1	Alel 2	Alel 1	Alel 2	
AMEL	x	x		y	1	x		x	x	1
CSF1PO	8	12	8		1	12		11	12	1
D13S317	9	11	13	14	0		11	10	11	1
D16S539	7	11		12	1	12	12		12	1
D18S51	14	15		19	0.5	15	18		20	1
D19S433	12	12	8	9	0	13	15.2		15	1
D21S11	17	28	17	19	1		33.2	29	30	1
D2S1338	6	22		8	1	19		19	24	1
D3S1358	17	17	13		1	16	16	16		1
D5S818	10	27	22	32	0	12	12		11	1
D7S820	12	12	11		1	11	11	10		1
D8S1179	13	17		19	1	10		13	15	1
FGA	12	24	8	8	0	22	25	22		1
TH01	6	7	12	14	0	7		7	10	1
TPOX	10	11	12		1		11	8	11	1

vWA	14	16	16	1	17	17	14	16	1
				10.5					16
Nilai similarity Profil DNA				0.84375					

f. Nenek1 dan kakek2 sebagai pengganti orang tua

Tabel 4.9 Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Nenek dari Pihak Ayah Biologis dan Kakek dari Pihak Ibu Biologis

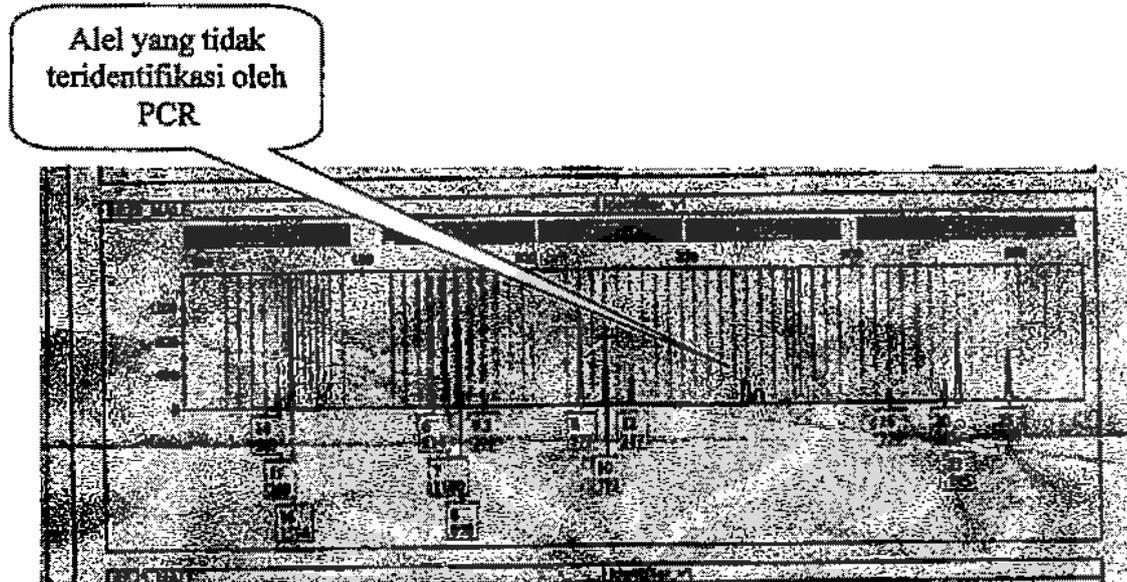
Nama Laki	Quer		Nenek1		t	Kakek2		t
	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2		Allel 1	Allel 2	
AMEL	x	x		x	1		y	1
CSFIPO	8	12	15	17	0		12	1
D13S317	9	11		11	1		11	1
D16S539	7	11		7	1	12	12	0
D18S51	14	15	21	23	0		18	1
D19S433	12	12		13	1	13	15.2	0
D21S11	17	28	10	12	0		33.2	1
D2S1338	6	22	7	9	0	19		1
D3S1358	17	17	14	16	0	16	16	0
D5S818	10	27	25		1	12	12	0
D7S820	12	12	13	15	0	11	11	0
D8S1179	13	17	21	23	0	10		1
FGA	12	24	9		1	22	25	0
TH01	6	7		7	1		7	1
TPOX	10	11	6	21	0		11	1
vWA	14	16	17	20	0	17	17	0
					7			9
Nilai similarity Profil DNA				0.5				

4.3 Analisis

4.3.1 Analisis Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Basis Data Profil DNA

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA yang telah dilakukan memberikan hasil yang sangat bagus. Dengan mengukur kemiripan dua alel menggunakan metode fuzzy, maka pergeseran nilai STR pada suatu alel yang disebabkan oleh berbagai faktor tidak serta merta membuat kedua alel menjadi

tidak mirip. Sehingga lebih memaksimalkan nilai kemiripan dari dua profil DNA yang dibandingkan. Namun jika pada suatu loki salah satu atau kedua alelnya tidak teridentifikasi maka kemiripan tidak dapat diukur.



Gambar 4.10 Contoh alel yang Tidak Teridentifikasi pada Loki D16S539

Sistem yang dibangun cukup mudah untuk digunakan (*user friendly*), sehingga semua pihak yang membutuhkan fasilitas pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA ini dapat menggunakan. Namun untuk akses ke tabel data pribadi baik untuk input maupun untuk melihat data hanya dapat diakses oleh pihak tertentu untuk mencegah hal-hal yang dapat merusak kebenaran data. Untuk dapat melakukan akses terhadap file data pribadi selanjutnya akan diberi kata kunci (*password*).

Pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA queri terhadap basis data yang dilakukan memberi nilai yang bagus, namun pada kasus tertentu mungkin saja ditemukan nilai similarity antara queri dengan semua record pada basis data $\leq 0,5$. Untuk memutuskan identitas pemilik profil DNA queri harus dengan mempertimbangkan data pribadi seperti suku dan nama orang tua biologis. Agar pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dan identifikasi terhadap individu korban memberi hasil yang memuaskan dimana data pribadi korban diperoleh dengan lengkap, maka Negara Indonesia harus menyimpan data profil DNA warga Negara.

4.3.2 Analisis Pengukuran Kemiripan Fuzzy Profil DNA dengan Referensi Keluarga Biologis

Analisis dari masing –masing contoh pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA terhadap referensi yang tersedia dari keluarga biologis korban adalah sebagai berikut :

a. Pengukuran Kemiripan dengan Referensi Ayah dan Ibu Biologis

Jika dugaan ayah dan ibu biologis dari korban tersedia untuk dijadikan referensi maka referensi lain dari pihak keluarga biologis tidak diperlukan lagi. Hasil yang diperoleh dari pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi ayah dan ibu biologis sangat akurat. Salah satu alel dari masing-masing loki profil DNA korban cocok/mirip dengan salah satu alel dari profil DNA ayah dan alel lainnya cocok/mirip dengan salah satu alel dari ibu untuk loki yang sama. Sehingga nilai similarity antara profil DNA korban dengan profil DNA kedua ayah dan ibu referensi adalah 1.

b. Pengukuran Kemiripan dengan Referensi Ayah dan kakek dan nenek dari pihak Ibu Biologis

Jika dugaan ibu biologis dari korban pada pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan keluarga tidak tersedia, maka untuk mendapatkan bukti biologis yang lebih akurat keberadaan ibu sebagai referensi dapat digantikan oleh orang tua biologis dari ibu (opa dan oma). Karena jika salah satu alel korban diwariskan dari ibu maka alel tersebut tentunya diwariskan dari orang tua biologis ibu.

Dari contoh diatas nilai similarity antara profil DNA korban dengan referensi (ayah dan opa ama) adalah 1. Karena dari 16 loki yang dibandingkan, salah satu alel korban cocok/mirip dengan alel ayah dan alel lainnya dari korban cocok/mirip dengan salah satu alel dari opa atau oma untuk suatu loki yang sama.

c. Pengukuran Kemiripan dengan Referensi Ibu dan Orang Tua Biologis Ayah (kakek dan nenek)

Karena keberadaan ayah sebagai referensi tidak tersedia maka digantikan oleh orang tua biologis ayah yaitu kakek dan nenek biologis korban agar mendapatkan bukti biologis yang lebih akurat Karena jika salah satu alel

korban diwariskan dari ayah biologis maka alel tersebut tentunya diwariskan dari orang tua biologis ayah.

Dari contoh diatas nilai similarity antara profil DNA korban dengan referensi (ayah dan opa ama) adalah 1. Karena dari 16 loki yang dibandingkan, salah satu alel korban cocok/mirip dengan alel ibu dan alel lainnya dari korban cocok/mirip dengan salah satu alel dari orang tua biologis ayah (kakek atau nenek biologis korban) untuk suatu loki yang sama.

- d. Pengukuran Kemiripan dengan Referensi Orang tua biologis Ibu dan Orang Tua Biologis Ayah (kakek dan nenek) dari korban

Jika orang tua biologis dalam pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA korban dengan referensi keluarga tidak tersedia, maka untuk mendapatkan similarity profil DNA korban yang dapat mengungkap identitas korban pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dapat dilakukan terhadap masing-masing orang tua biologis dari kedua orang tua biologis korban.

Dari contoh diatas nilai similarity antara profil DNA korban dengan referensi (ayah dan opa ama) adalah 1. Karena dari 16 loki yang dibandingkan, salah satu alel korban cocok/mirip dengan salah satu alel dari orang tua biologis ayah (kakek dan nenek) dan alel lainnya dari korban cocok/mirip dengan salah satu alel dari orang tua biologis ibu (opa dan oma) untuk suatu loki yang sama.

- e. Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Referensi Kakek dari Pihak Ayah biologis Serta Kakek dan Nenek dari Pihak Ibu biologis

Karena referensi yang tersedia tidak lengkap, maka terdapat beberapa alel yang tidak cocok/mirip dengan salah satu alel dari referensi yang tersedia. Seperti alel pada loki D13S317, D19S433, D5S818, FGA dan TH01. Sehingga nilai similarity yang dihasilkan dari pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA korban dengan referensi yang tersedia adalah 0,84375.

- f. Pengukuran Kemiripan Profil DNA dengan Referensi Nenek dari Pihak Ayah biologis dan Kakek dari Pihak Ibu biologis (opa)

Sama halnya dengan penjelasan pada poin (e) diatas, karena referensi yang tersedia tidak lengkap maka beberapa alel tidak cocok/mirip dengan

salah satu alel dari referensi yang tersedia seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini. Sehingga nilai similarity dari pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA korban dengan referensi yang tersedia relatif kecil yaitu 0,5.

Tabel 4.10 Kemiripan Alel Masing-masing Loki Korban

Nama Loki	Alel 1	Alel 2
AMEL	Nenek1	Kakek2
CSFIPO	-	Kakek2
D13S317	Nenek1	Kakek2
D16S539	Nenek1	-
D18S51	-	Kakek2
D19S433	Nenek1	Kakek2
D21S11	-	Kakek2
D2S1338	-	Kakek2
D3S1358	-	-
D5S818	-	Nenek2
D7S720	-	-
D8S1179	-	Kakek2
FGA	Nenek1	-
TH01	Nenek1	Kakek2
TPOX	-	Kakek2
vWA	-	-

Dari hasil ujicoba yang dilakukan pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA dengan referensi keluarga korban menghasilkan nilai similarity yang sangat bagus. Semakin lengkap keluarga biologis yang dijadikan referensi, maka semakin tinggi nilai kemiripan profil DNA yang diukur. Jika nilai similarity relatif kecil namun dugaan bahwa korban adalah anak biologis dari referensi ayah dan ibu yang ada, maka dibutuhkan proses pemeriksaan ulang terhadap barang bukti biologis korban.

Hasil pengukuran kemiripan profil DNA menggunakan ukuran persamaan fuzzy sangat memuaskan. Dari seluruh percobaan yang dilakukan membari hasil yang sesuai dengan data yang benar. Selanjutnya sistem pengukuran kemiripan fuzzy profil DNA manusia ini diharapkan dapat digunakan untuk membantu pihak

kepolisian Indonesia dalam proses identifikasi korban bencana, terorisme maupun pembunuhan mutilasi.

4.3.3 Analisis Keakuratan Metode Fuzzy Terhadap Pergeseran Nilai STR Alel

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran kemiripan profil DNA queri terhadap basis data profil DNA dimana profil DNA queri diperoleh dari beberapa kali identifikasi terhadap *evidence* DNA queri.

Tabel 4.11 Perbandingan Hasil pengukuran kemiripan Profil DNA

Nama Lokus	Record Basis Data		Query 1		Query 2		Query 3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
AMEL								
CSF1PO	12	12	12	12	12	12	12	
D13S317	8	10	8	10		10	8	
D16S539	10	11	10	11	10			11
D18S51	16	16	16	16	16	16	16	16
D19S433	14	15	14	15	14	15		15
D21S11	29	31.2	29	31.2	29	31.2	29	
D2S1338	17	17	17	17	17	17	17	17
D3S1358	16	16	16	16	16	16		16
D5S818	12	13	12	13	12	13		13
D7S820	10	11	10	11		11	10	11
D8S1179	10	13	10	13	10	13	10	13
FGA	22	24.2	22	24.2	22	24.2		24.2
TH01	7	9	7	9	7	9	7	9
TPOX	8	11	8	11	8	11	8	11
vWA	15	16	15	16	15	16		16
Nilai similarity			1		0.929		0.8	

Dari hasil percobaan yang dilakukan terhadap tiga kali tes barang bukti biologis (*evidence*) korban dihasilkan nilai similariti yang berbeda namun selisih tidak terlalu besar. Hal ini disebabkan oleh pergeseran nilai STR pada beberapa lokus. Namun dengan menggunakan ukuran kemiripan fuzzy, nilai similariti tetap

tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa profil DNA yang dijadikan queri adalah sama dengan record pada basis data dengan individu yang sama.

1. Pada profil DNA queri 1 nilai similariti adalah 1 karena semua alel dari semua lokus yang dibandingkan cocok/mirip atau memiliki nilai similariti lokus = 1.
2. Pada profil DNA queri 2 terdapat 3 alel yang memiliki pergeseran nilai STR, yaitu alel-alel pada lokus D13S317, D15S359 dan D7S720. Ketiga lokus tersebut memiliki nilai similariti lokus 0, 0,25 dan 0,5. Sehingga nilai similariti untuk queri 2 terhadap record adalah 0,929.

Tabel 4.12 Perbandingan Nilai Similariti Quer 2 Metode Fuzzy dan Konvensional

Nama Lokus	Record Basis Data		Query 2		Similariti lokus	konvensional
	X	Y	X	Y		
AMEL	X	Y	X	Y	1	cocok
CSF1PO	12	12	12	12	1	cocok
D13S317	8	10	10	10	0.5	tidak cocok
D16S539	10	11	10	11	0.625	tidak cocok
D18S51	16	16	16	16	1	cocok
D19S433	14	15	14	15	1	cocok
D21S11	29	31.2	29	31.2	1	cocok
D2S1338	17	17	17	17	1	cocok
D3S1358	16	16	16	16	1	cocok
D5S818	12	13	12	13	1	cocok
D7S820	10	11	11	11	0.75	tidak cocok
D8S1179	10	13	10	13	1	cocok
FGA	22	24.2	22	24.2	1	cocok
TH01	7	9	7	9	1	cocok
TPOX	8	11	8	11	1	cocok
vWA	15	16	15	16	1	cocok
Nilai similarity					0.93	cocok

Pergeseran alel = 1 →
similarity alel = 0 →
similarity lokus = 0,5

Pergeseran lokus = 0,2 →
similarity lokus = 0,75

Pergeseran nilai STR
0,3 → nilai similarity
lokus = 0.625

3. Pada profil DNA query 3 terdapat pergeseran nilai STR pada 7 alel. Nilai similariti untuk lokus dengan alel memiliki pergeseran adalah 0 ; 0,5 ; 0 ; 0,5 ; 0,5 ; 0 ; 0,25. Sehingga nilai similariti untuk profil DNA query 3 adalah 0,80. Dengan menggunakan pengukuran dengan ukuran kemiripan fuzzy maka kedua profil DNA dikatakan cocok. Namun dengan metode konvensional kedua profil DNA dikatakan tidak cocok karena lokus yang cocok < 8 lokus.

Tabel 4.13 Perbandingan Nilai Similariti Query 3 Metode Fuzzy dan Konvensional

Nama Lokus	Record Basis Data		Query 3		Similariti lokus	konvensional
	X	Y	X	Y		
AMEL					1	cocok
CSF1PO	12	12	12	12.2	0.75	tidak cocok
D13S317	8	10	8	12	0.5	tidak cocok
D16S539	10	11	10.2	11	0.75	tidak cocok
D18S51	16	16	16	16	1	cocok
D19S433	14	15	14.4	15	0.5	tidak cocok
D21S11	29	31.2	29	31.6	0.5	tidak cocok
D2S1338	17	17	17	17	1	cocok
D3S1358	16	16	16.2	16	0.75	tidak cocok
D5S818	12	13	12.2	13	0.75	tidak cocok
D7S820	10	11	10	11	1	cocok
D8S1179	10	13	10	13	1	cocok
FGA	22	24.2	22.2	24.2	0.75	tidak cocok
TH01	7	9	7	9	1	cocok
TPOX	8	11	8	11	1	cocok
vWA	15	16	15.3	16	0.625	tidak cocok
Nilai similarity					0.80	tidak cocok

Perbandingan Hasil Pengukuran Kemiripan Profil DNA Metode Konvensional dengan Metode Fuzzy

➤ Metode Konvensional

Pengukuran kemiripan profil DNA dengan metode konvensional dilakukan terhadap masing-masing alel setiap lokus dimana lokus akan dikatakan cocok jika kedua alel yang dibandingkan memiliki nilai STR yang benar-benar sama atau selisih nilai STR = 0. Profil DNA dikatakan cocok jika minimal 8 dari 16 loki DNA adalah cocok. Metode ini menyebabkan apabila barang bukti biologis korban bencana tercemar maka alel-alel profil DNA yang dihasilkan dari proses identifikasi akan memiliki pergeseran nilai STR yang cukup banyak. Sehingga hasil pengukuran kemiripan profil DNA menjadi tidak valid.

➤ Metode Fuzzy

Pengukuran kemiripan profil DNA dengan menggunakan ukuran kemiripan fuzzy dilakukan dengan memberi nilai similariti terhadap masing-masing alel yang kemudian menghasilkan nilai similariti dari suatu lokus. Rata-rata dari nilai similarity semua lokus merupakan nilai similariti dari profil DNA. Profil DNA cocok dapat dikatakan cocok jika nilai similariti > 0.5.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas kesimpulan dari uji coba yang telah dilakukan dan saran untuk mengembangkan penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

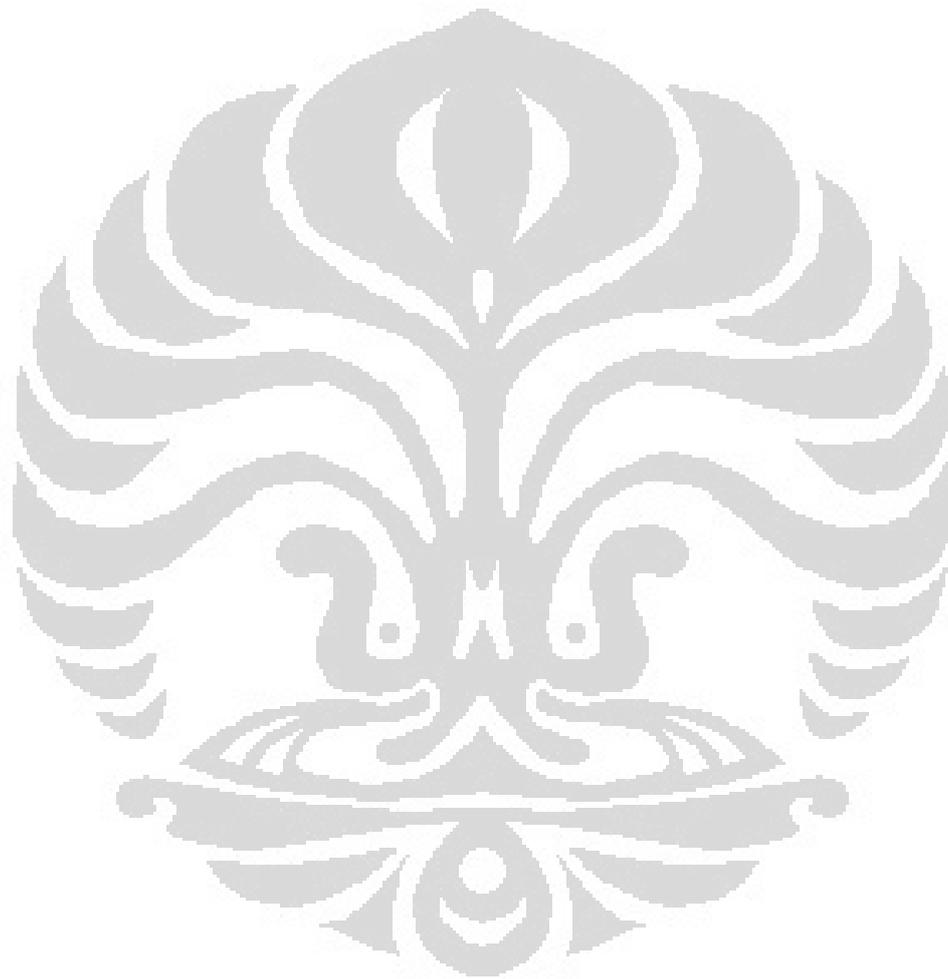
Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai alel pada hasil identifikasi profil DNA mengalami pergeseran yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti *troubleshooting* PCR dan tercemarnya *evidence* DNA. Jika dua alel yang salah satu nilainya mengalami pergeseran dibandingkan maka tidak dapat dikatakan cocok/mirip.
2. Metode yang paling tepat digunakan adalah dengan ukuran kemiripan fuzzy, karena fuzzy dapat mengakomodir ketidakpastian suatu kondisi (*uncertainty condition*)
3. Dengan menggunakan metode fuzzy kemiripan dua alel diukur dengan fuzziness 0,2 dimana jika pergeseran adalah 0,2 maka dua alel akan memiliki nilai similariti 0,5 sehingga kedua alel yang dibandingkan dapat dikatakan cocok/mirip.
4. Pencocokan profil DNA individu (queri) dengan basis data profil DNA Negara Indonesia atau dengan keluarga biologis queri dilakukan dengan mengukur kemiripan dari setiap alel pada keenambelas loki profil DNA menggunakan ukuran kemiripan fuzzy.
5. Untuk pengukuran kemiripan profil DNA queri dengan keluarga biologis, salah satu alel pada suatu lokus dibandingkan dengan kedua alel dari pihak ayah biologis (ayah/orang tua biologis ayah) dan alel lainnya dibandingkan dengan kedua alel dari pihak ibu (ibu/orang tua biologis ibu) untuk masing-masing lokus yang sama.

5.2 Saran

Penelitian ini memiliki banyak kekurangan yang dapat diperbaiki untuk mendapatkan sistem pengukuran kemiripan profil DNA yang lebih baik. Beberapa permasalahan tersebut antara lain adalah :

1. Otomatisasi proses input data profil DNA
2. Menggunakan referensi yang lebih banyak sebagai pengganti orang tua seperti saudara kandung, saudara kandung ayah dan saudara kandung ibu.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roccazzello AM, Tringali G, Barbaro A, Cormaci P, Insirello E. Simultaneous estimation of a Y-specific fragment, an X-specific fragment and sex determination of forensic studies in real-time PCR. *Forensic Science International* 146S (2004) S165–S166
- [2] Ruitberg CM, Reeder DJ, Butler JM. STRBase: a short tandem repeat DNA database human identity testing database. *Nucleic Acid Research*, 2001, Vol 29, No.1
- [3] American Prosecutors Research Institute. Forensic DNA Fundamentals for the prosecutor, 2003.
- [4] Dr. Edel Garcia, SVD A fast Track Tutorial , 2006
- [5] Edwards, Charles H.; Calculus and analytic geometry ; Englewood, Cliffs: Prentice-Hall 1982
- [6] Taoufik G., Benslimean, Daoudi, "Fuzzy Similarity Measure", Springer, 2006
- [7] Hadi M, Nurlaila I, *Soliton dan DNA*, <http://www.nano.lipi.go.id>, tanggal akses Juni 2008
- [8] Dna Profiling In Forensic Science
<http://www.nzic.org.nz/ChemProcesses/biotech/12D.pdf>
- [9] Capillary Electrophoresis,
<http://www.beckman.com/resourcecenter/labresources/ce/cedefinitionmodes.asp>
tanggal akses 8 Juni 2009
- [10] Amplifstr identifiler, <http://www3.appliedbiosystems.com/>, tanggal akses Maret 2009
- [11] Paternity Testing, <http://bioforensics.com/conference/Paternity/>, tanggal akses Mei 2009
- [12] UK's parliamentary office of science and technology. The National DNA Database, 2006
- [13] Axelrad S. Use of Forensic DNA Database Information for Medical or Genetic Research, 2006

- [14] Troubleshooting for PCR and multiplex PCR. <http://www.med.yale.edu/genetics/ward/tavi/Trblesht.html>
- [15] Ricaut FX, Keyser-Tracqui C, Crube'zy E, Ludes B. STR-genotyping from human medieval tooth and bone samples. *Forensic Science International* 151 (2005) 31–35
- [16] Konar, A, "Computational Intelligent", Springer, 2005
- [17] Lee H.K, First Course on Fuzzy Theory And Application, Springer, 2004
- [18] Kitakami H, Shin-I. T, Ikeo K, Ugawa Y, Saitou N, Gojobori T, Tateno Y, Yamato And Asuka : DNA Database Management System, Proceeding of 28th Annual Hawaii International Conference on System Siences, 2005
- [19] Westen.A.A, Gerretsen.R.R.R, Maat.J.R.G, Femur, rib, and tooth sample collection for DNA analisys in Disaster Victim Identification (DVI), Forens Sci Med Pathol, 2007
- [20] Interpol, "Disaster Victim Identification", ICRC, 2002.
- [21] El-Masri, "Database Management System", Engelwood Cliff, New York, 2002
- [22] Peranginangin, Kasiman, "Aplikasi Web Dengan PHP dan MySQL", Andi, 2006