

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].

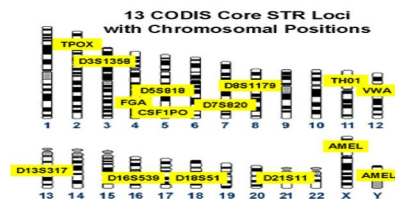
2.1.2 STR DNA

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

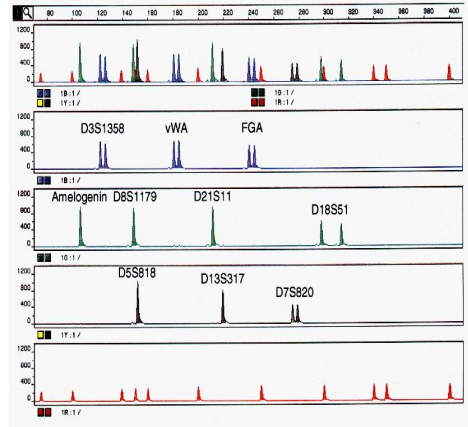
DNA seseorang dilakukan dengan memeriksa barang bukti biologis atau yang disebut juga dengan *evidence* DNA yang bisa diperoleh dari beberapa bagian tubuh, seperti darah, saliva, tulang, otot, sperma, gigi, rambut atau cairan tubuh seperti urin dan keringat [8].



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

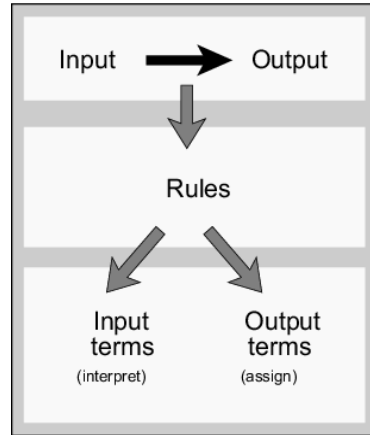
$$A = \{(x, \mu_A(x); x \in X)\}$$

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 $\mu_A(x)$ dikarakteristikkan oleh pemetaan berikut $\mu_A: X \rightarrow [0,1], x \in X$, dimana x adalah bilangan real yang mendiskripsikan sebuah obyek atau atributnya dan X adalah semesta pembicaraan dan A adalah subset dari X .

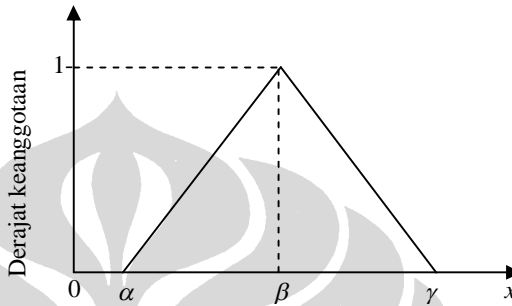
Beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi adalah sebagai berikut.

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.



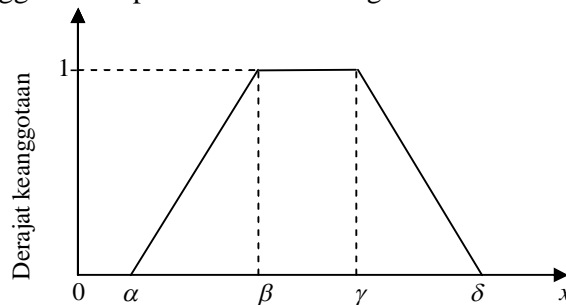
Gambar 2.6 Bentuk tipe fungsi keanggotaan segitiga

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

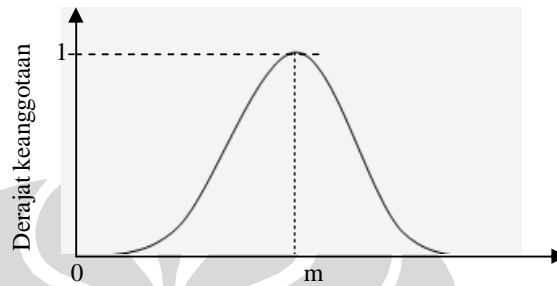
i. Fungsi Keanggotaan Gaussian

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:

$$\textit{if } x \textit{ is } A \textit{ then } y \textit{ is } B$$

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.

