Analisis Kombinatorial dalam Otentikasi Biometrik

Ferdinandus Richard / 13515066[1]
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
[1]*13515066@std.stei.itb.ac.id*

***Abstract*—Manusia diciptakan berbeda-beda. Mulai dari sifat, watak, bentuk wajah, sidik jari, jenis kelamin, DNA, frekuensi suara, dan yang lainnya semuanya berbeda. Semuanya itu jelas ada manfaatnya, misalnya biometrik yang berguna untuk mengenali identitas seseorang. Identitas seseorang ini dapat ditentukan melalui atribut-atribut biometrik yang dia miliki. Kemudian berkembang teknologi yang dapat membedakan sidik jari seseorang dengan orang yang lain. Akan tetapi, apakah mungkin terjadi sebuah kasus dimana satu orang dengan orang yang lain memiliki atribut yang sama persis, mulai dari sidik jari, iris mata dan yang lainnya? Apakah ada peluang hal tersebut terjadi?**

***Keywords*—peluang, otentikasi, biometrik**

I. PENDAHULUAN

Manusia diciptakan berbeda-beda. Setiap individu pasti memiliki atribut yang unik. Banyak atribut yang dapat membedakan seorang individu dengan individu yang lainnya. Contoh atribut yang membedakan seseorang dengan orang yang lain misalnya sifat, watak, ras, sidik jari, jenis kelamin, frekuensi suara, geometri wajah, dan lain-lain. Semua itu dapat dijadikan ciri khas seseorang untuk membedakan dia dengan yang lain karena contoh-contoh di atas merupakan atribut-atriibut biometrik manusia miliki.

Di tengah perkembangan teknologi yang sangat pesat ini, manusia juga semakin kreatif dalam menciptakan sebuah inovasi baru yang bisa bermanfaat bagi kehidupan manusia. Di era perkembangan teknologi yang pesat ini, kadang atribut biometrik pun dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk keamanan. Misalnya dalam absensi di kantor atau untuk autentikasi memasuki sebuah ruangan, kadang diperlukan pengecekan sidik jari atau iris mata. Selain itu, gawai atau yang juga seringkali disebut *gadget* juga sekarang memanfaatkan atribut biometrik dalam melakukan pembukaan layar (*unlock screen*). Gawai pada zaman sekarang seringkali memanfaatkan sidik jari untuk melakukan pembukaan layar dan baru-baru ini juga ada sebuah teknologi supaya pembukaan layar dapat dilakukan dengan hanya melakukan pengecekan iris mata penggunanya.

Gambar 1 Sidik jari manusia
Sumber: http://salyaku.blogspot.co.id/2016/02/mudahnya-menebak-kepribadian-seseorang-dengan-sidik-jari.html (diakses 8 Desember 2016)

Gambar 2. Iris mata manusia yang berbeda-beda
Sumber: http://www.gerbangilmu.com/2014/11/mata-susunan-dan-bagian-bagiannya.html (diakses 8 Desember 2016)

Maraknya penggunaan atribut-atribut biometrik belakangan ini tentunya menimbulkan sebuah pertanyaan, apakah mungkin dua orang yang berbeda bisa memiliki atribut biometrik yang sama, misalnya memiliki sidik jari yang sama, iris mata yang sama, atau geometri wajah yang sama persis. Oleh karena itu, pemakalah membuat makalah ini. Makalah ini akan membahas tentang analisis kombinatorial dalam pengecekan atribut biometrik, seperti sidik jari dan iris mata seseorang.

II. DASAR TEORI

A. *Kaidah Dasar Menghitung*

Dalam kombinatorial, kita harus bisa menghitung semua cara pengaturan objek, sehingga dibuat 2 buah kaidah dasar perhitungan, yaitu kaidah perkalian dan kaidah penjumlahan.

1. Kaidah perkalian (*rule of product*)

   Misalkan terdapat sebanyak *m* buah cara atau kemungkinan hasil untuk percobaan 1 dan terdapat *n* buah cara atau kemungkinan hasil untuk percobaan 2. Kaidah perkalian digunakan ketika ingin dihitung banyaknya cara pengaturan objek jika percobaan 1 dan percobaan 2 dilakukan. Jika percobaan 1 dan percobaan 2 dilakukan akan ada sebanyak $m \times n$ cara atau kemungkinan hasil percobaan. Jadi jika terdapat n buah percobaan, maka banyaknya hasil percobaan yang mungkin akan ada sebanyak:

   $$p_1 \times p_2 \times p_3 \times p_4 \times \ldots \times p_n$$

   dengan p_n adalah hasil percobaan ke-*n*.

2. Kaidah penjumlahan (*rule of sum*)

   Misalkan terdapat sebanyak *m* cara atau kemungkinan hasil untuk percobaan 1 dan terdapat *n* buah cara atau kemungkinan hasil untuk percobaan 2. Kaidah penjumlahan digunakan ketikaingin dihitung banyaknya cara pengaturan objek jika percobaan 1 atau percobaan 2 dilakukan. Jika percobaan 1 atau percobaan 2 dilakukan akan ada sebanyak $m+n$ cara atau kemungkinan hasil percobaan. Jadi jika terdapat n buah percobaan, maka banyaknya hasil percobaan yang mungkin akan ada sebanyak:

   $$p_1+p_2+p_3+p_4+\ldots+p_n$$

   dengan p_n adalah hasil percobaan ke-*n*.

Contoh permasalahan yang dapat diselesaikan dengan kaidah menghitung, misalnya ketika terdapat 2 buah kotak dengan kotak 1 berisi 3 buah bola dan kotak 2 berisi 2 buah bola. Jika ingin diambil 1 buah bola dari kotak 1 dan kotak 2, akan terdapat 2×3=6 cara atau kemungkinan solusi. Akan tetapi, jika ingin diambil bola dari kotak 1 atau kotak 2, akan terdapat 2+3=5 cara atau kemungkinan solusinya.

B. *Prinsip Eksklusi-Inklusi*

Prinsip eksklusi-inklusi adalah salah satu prinsip yang juga digunakan dalam teori himpunan. Prinsip ekslusi-inklusi menyatakan bahwa banyaknya anggota himpunan A⋃B adalah banyaknya anggota himpunan A ditambah dengan banyaknya anggota himpunan B, dikurang dengan banyaknya anggota himpunan A⋂B.

$$|A \cup B| = |A|+|B|-|A \cap B|$$

Akan tetapi, di sini himpunan A dianggap sebagai banyaknya cara atau solusi untuk percobaan 1, sedangkan himpunan B dianggap sebagai banyaknya cara atau solusi untuk percobaan 2.

C. *Permutasi*

Permutasi adalah penyusunan sekumpulan objek menjadi beberapa urutan yang berbeda tanpa mengalami pengulangan. Permasalahan yang menggunakan konsep permutasi salah satunya adalah jika ingin dibuat sebuah susunan perangkat pengurus sebuah kepanitiaan, misalnya ketua, wakil ketua, sekertaris, dan bendahara dari *n* orang yang berbeda. Permasalahan serupa ini menggunakan prinsip permutasi karena, setiap objek akan disusun dan setiap susunan menyatakan sesuatu yang berbeda, karena susunan dengan A sebagai ketua dan B sebagai wakil, tentu akan berbeda dengan susunan yang dibentuk jika B dijadikan sebagai ketua dan A sebagai wakil ketuanya.

Menurut kaidah perkalian yang ada di poin A, hasil yang didapat apabila dicari permutasi n buah objek, akan didapat banyaknya cara adalah sebanyak:

$$n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \ldots \times 2 \times 1$$

Hasil di atas didapat dari pemilihan objek pertama dari *n* objek, objek ke-2 dari (*n*-1) objek, objek ke-3 dari (*n*-2) objek dan seterusnya hingga didapat objek ke-*n* dari 1 objek yang tersisa. Jika semuanya dikalikan, karena percobaan pemilihan ada percobaan "dan" (menggunakan kaidah perkalian), maka aka nada sebanyak *n*! solusi.

Jika *r* objek dipilih dari *n* objek untuk disusun, banyaknya solusi tidak akan sama dengan n!. Jika dihitung dengan kaidah perkalian, ini berarti objek pertama dipilih dari *n* objek yang ada. Objek ke-2 dipilih dari (*n*-1) objek yang ada. Objek ke-3 dipilih dari (*n*-2) objek yang ada, dan seterusnya, hingga didapat pemilihan objek ke-*r* yang dipilih dari (*n*-*r*+1) objek yang tersisa. Menurut kaidah perkalian, banyaknya solusi adalah

$$n \times (n-1) \times (n-2) \times \ldots \times (n-r+1)$$

Solusi seperti ini seringkali disingkat menjadi sebuah notasi, yaitu notasi ${}_nP_r$. Notasi seperti ini dibaca jumlah susunan yang berbeda dari *r* objek yang dipilih dari *n* buah objek.

$$P_r^n = \frac{n!}{(n-r)!}$$

Jika permasalahan yang pertama diturunkan dari rumus di atas, akan didapat jawaban yang sama, yaitu *n*!. Karena permasalahan yang pertama adalah permutasi n objek dari n buah objek yang berbeda, sehingga akan didapat ${}_nP_n = n!$ karena penyebutnya akan bernilai 0!=1.

D. *Kombinasi*

Kombinasi adalah kumpulan dari sebagian atau seluruh objek dengan tidak memperhatikan urutannya, sehingga komponen AB sama dengan komponen BA. Jadi, jika dilihat, kombinasi ini seperti konsep himpunan, karena hanya melihat dari sisi keanggotaanya, tidak melihat urutan pemilihan objeknya. Permasalahan yang diselesaikan dengan menggunakan konsep kombinasi misalnya pemilihan tim dalam permainan olahraga tanpa melihat jabatannya, atau memilih orang-orang untuk dijadikan sebagai perwakilan ke dalam suatu perlombaan atau acara-acara tertentu.

Seperti yang sudah dijelaskan, sebenarnya kombinasi adalah kumpulan dari objek-objek tanpa memperhatikan urutannya. Oleh karena itu, kombinasi dapat diinterpretasikan sebagai permutasi yang urutannya tidak diperhatikan. Misal diberikan *n* buah objek yang berbeda, kemudian akan disusun sebanyak *r* buah objek dari *n* buah objek yang ada. Maka, didapat bahwa permutasinya adalah ${}_nP_r$, kemudian banyak cara untuk menyusun *r* buah objek tersebut adalah sebanyak *r*!. Cara penyusunan objek-objek dalam kombinasi berarti dapat dicari dengan membagi ${}_nP_r$ dengan *r*! yaitu cara menyusun *r* buah objek dalam susunan tersebut. Sehingga didapat rumus untuk kombinasi adalah sebagai berikut:

$$C_r^n = \frac{n!}{r!\,(n-r)!}$$

Dari sini didapat juga sebuah identitas, bahwa

$$P_r^n = r!\,C_r^n$$

E. *Permutasi dan Kombinasi Bentuk Umum*

Permutasi dan kombinasi bentuk umum digunakan ketika ingin dihitung semua kemungkinan penyusunan objek dengan beberapa objek yang sama. Jika terdapat n buah objek, dan n1 di antaranya memiliki identitas yang sama (misal warna, bentuk, atau kepemilikan, dll.), n2 di antaranya memiliki identitas yang sama, dan seterusnya hingga nk objek di antaranya juga adalah sama, maka dapat dicari banyak solusinya dengan menggunakan permutasi atau kombinasi bentuk umum. Permutasi bentuk umum dinyatakan dengan:

$$P(n, n_1, n_2, \dots, n_k) = \frac{n!}{n_1!\,n_2!\dots n_k!}$$

Persamaan itu bisa didapat karena kita menghilangkan cara penyusunan n_1, n_2, …, dan n_k objek dalam penyusunan *n* buah objek tersebut. Oleh karena itu, banyak cara penyusunan total harus dibagi dengan cara penyusunan masing-masing objek yang sama. Setelah itu baru didapat hasil untuk penyusunan seluruh objek yang ada.

Kombinasi bentuk umum juga dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang sama. Ide yang digunakan dalam kombinasi bentuk umum dalam penyelesaian masalah yang ada adalah dengan memanfaatkan pemilihan tempat yang disediakan, yaitu *n* buah tempat untuk masing-masing objek sebanyak $n_1+n_2+\dots+n_k$ objek. Oleh karena itu banyak solusinya dapat dicari dengan menggunakan kaidah perkalian. Dengan menggunakan kaidah perkalian, didapat banyak solusi penyusunannya adalah:

$$C_{n_1}^{n} C_{n_2}^{n-n_1} C_{n_3}^{n-n_1-n_2} \dots C_{n_k}^{n_k}$$

Jika disederhanakan, nilai dari banyak solusi di atas akan menghasilkan nilai yang sama dengan $P(n,n_1,n_2,\dots n_k)$ karena dalam perhitungannya nilai dari $(n-n_1)!$, $(n-n_1-n_2)!$, dan seterusnya akan saling menghilangan di bagian pembilang dan penyebutnya, menyisakan $n_1!$, $n_2!$, dan seterusnya, sehingga hasilnya sama.

F. *Peluang Diskrit*

Peluang diskrit adalah peluang/probabilitas terjadinya suatu kejadian yang jumlah anggotanya terbatas dalam suatu ruang contoh atau kadang disebut juga ruang sampel. Nilai peluang diskrit selalu berada di antara 0 hingga 1.

Peluang terjadinya sebuah kejadian dihitung dengan cara mencari dulu banyak cara sebuah kejadian tersebut terjadi dengan menggunakan cara-cara yang sudah ada sebelumnya, seperti dengan menggunakan kaidah perkalian, kombinasi, permutasi dan yang lainnya. Kemudian, hasilnya dibagi dengan seluruh kemungkinan cara yang dapat terjadi. Peluang kejadian *E* terjadi di dalam ruang contoh *S*, dinyatakan sebagai *p*(*E*). Cara menghitung besar peluang kejadian E terjadi adalah:

$$p(E) = \frac{|E|}{|S|} = \sum_{x_i \in E}^{n} p(x_i)$$

Dengan E adalah kejadian yang ingin terjadi, S adalah ruang contohnya. Jadi, salah satu permasalahan yang bisa dihitung peluangnya dengan rumus di atas adalah untuk menghitung kemungkinan munculnya dadu yang menunjukkan bilangan prima. Bilangan yang dapat diberikan oleh sebuah dadu ada 6 buah angka, yaitu {1,2,3,4,5,6}. Bilangan prima dari keenam bilangan tersebut adalah {2,3,5}. Peluang munculnya bilangan-bilangan tersebut masing-masing bernilai sama, yaitu ⅙. Jika dijumlahkan semua, akan didapat peluang supaya dari dadu muncul bilangan prima, yaitu ⅙+⅙+⅙=½. Jadi, peluang munculnya bilangan prima jika dilempar sebuah dadu sebanyak sekali adalah ½.

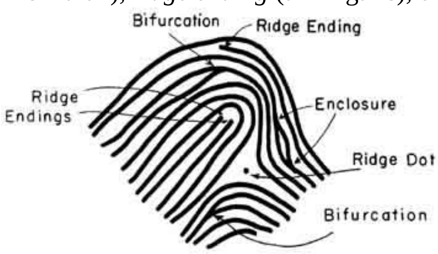
III. KOMBINATORIAL DALAM BIOMETRIK

A. Sidik Jari

Sidik jari adalah pola guratan kulit yang terbentuk pada jari manusia. Sidik jari manusia mulai dapat dikenali sejak manusia berumur 6 bulan di rahim. Guratan kulit pada jari pada setiap individu pasti berbeda-beda dan unik, bahkan sidik jari 2 orang kembar pun pasti akan berbeda. Oleh karena itu, diperlukan jumlah orang yang tidak terbayang banyaknya agar dapat ditemukan 2 orang yang akan memiliki sidik jari yang sama. Sidik jari individu dapat dibedakan menjadi 3 kelas besar, antara lain *arch*, *loop*, dan *whorl.*

Gambar 3.Tiga kelas besar jenis sidik jari (kiri ke kanan: *arch*, *loop*, *whorl*)
Sumber:https://www.cis.rit.edu/research/thesis/bs/1999/chang/thesis.html (diakses 9 Desember 2016)

Banyak peneliti dari tahun 1892 hingga sekarang yang masih berkecimpung di dunia sidik jari. Peneliti selalu membuat percobaan untuk menemukan peluang kesamaan antara 2 buah sidik jari. Beberapa model dari zaman dahulu sudah dideklarasikan untuk membedakan sidik jari seorang individu dengan individu yang lain. Mulai dari model Galton (1982) yang paling pertama, hingga model Pankanti (2001). Sebagian besar dari model-model tersebut, menggolongkan sidik jari berdasar *minutiae* atau detil dari sidik jarinya. Semakin banyak *minutiae*-nya, semakin kecil juga kemungkinan ditemukan 2 buah sidik jari yang sama. Contoh *minutiae* adalah *bifurcation* (garis membelah ke 2 arah), *ridge ending* (akhir garis), dll.



Gambar 4. Minutiae dari sidik jari manusia
Sumber:https://www.cis.rit.edu/research/thesis/bs/1999/chang/thesis.html (diakses 9 Desember 2016)

Model-model yang pernah dipublikasikan contohnya ada cukup banyak. Model Galton berkembang di tahun 1982 memodelkan sidik jari dengan memprediksi keberadaan sebuah *minutiae* bergantung pada keadaan ridge/garis sidik di sekitarnya. Menghasilkan peluang sebesar $1{,}45 \times 10^{-11}$ bahwa 2 buah sidik jari akan sama. Model Henry (1900) juga sempat dipublikasikan, dimana Henry menyatakan bahwa kemunculan minutiae tidak bergantung pada sekitarnya, dan peluang kemunculannya adalah 0,25, sehingga jika ada 12 *minutiae*, peluang 2 buah sidik jari akan sama adalah sebesar $(0{,}25)^{12}$ atau sama dengan 6×10^{-8}. Akan tetapi, tipe pola yang disarankan ternyata dianggap ekivalen dengan 2 *minutiae* yang lain, sehingga harus dikalikan lagi dengan $(0{,}25)^2$. Dari sini didapat hasil 4×10^{-9}. Model yang lainnya adalah model Wilder dan Wentworth (1918) dimana cara perhitungannya sama dengan Henry, tetapi peluang kemunculannya bukan 0,25 melainkan 0,02. Jika dicari, maka peluangnya akan jauh lebih kecil lagi. Model Osterburg (1977-1980) juga salah satu model yang baik. Model ini memartisikan sidik jari menjadi berukuran 72 mm^2. Osterburg memeriksa peluang kemunculan empty cell dan ridge ending dengan besaran masing-masing 0,0832 dan 0,766. Oleh karena itu, jika dalam perhitungannya, Osterburg juga mencari peluang kemunculan sebuah *minutiae* ditemukan pada sidik jari. Kemudian dengan menggunakan kaidah perkalian akan didapat peluang untuk 2 sidik jari akan sama. Akan tetapi, model Osterburg memiliki kelemahan, yaitu bahwa diasumsikan tiap sel saling independen, padahal harus diperhitungkan juga bahwa *minutiae* kemungkinan kecil akan berada di tempat yang dekat. Banyak model lain yang juga menyatakan peluang kesamaan 2 buah sidik jari, hingga akhirnya yang paling kecil kemungkinannya untuk ditemukan 2 sidik jari sama adalah model Meagher (1999) dimana kemungkinannya adalah 1×10^{-97} untuk 18 atau lebih *minutiae*.

Sidik jari individu pada zaman sekarang, seringkali dimanfaatkan sebagai alat untuk otentikasi seorang user untuk melakukan sesuatu. Misalnya, otentikasi sidik jari untuk membuka layar gawai, otentikasi sidik jari untuk absensi di dunia kerja, dll. Sidik jari sebagai alat otentikasi tergolong cukup baik karena sidik jari setiap individu sangatlah unik, sehingga kemungkinan untuk samanya sangat kecil. Selain itu, sidik jari seseorang juga tidak berubah walaupun dia beranjak semakin tua dan sebagainya, kecuali individu yang bersangkutan mengalami luka fisik di jari yang menyebabkan fisiologi dari sidik jarinya sendiri berubah.

B. Iris mata

Iris mata adalah lapisan tipis pada mata manusia yang berbentuk lingkaran yang berfungsi untuk mengatur ukuran pupil manusia saat menerima rangsangan masuk, yaitu berupa cahaya. Iris mata mulai terbentuk pada manusia, sejak manusia berumur 3 bulan dari kehamilan, pembentukan pola dari iris terbentuk hingga 8 bulan usia kehamilan, tetapi pigementasinya terjadi hingga umur bayi adalah 1 tahun. Iris mata manusia juga ternyata unik. Bukan karena warnanya yang unik, melainkan karena adanya pola garis-garis yang menandakan ujung dari sebuah iris. Saat otentikasi iris dilakukan, yang dideteksi adalah bentuk dari ujung irisnya, bukan warnanya.

Gambar 5. Iris mata yang sudah dideteksi ujungnya
Sumber:http://research.ijcaonline.org/volume44/number7/pxc3878434.pdf (diakses 9 Desember 2016)

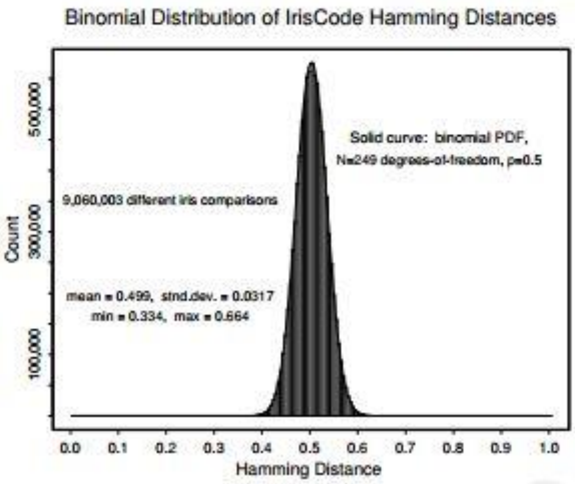
Deteksi iris mata yang dilakukan oleh alat-alat otentikasi iris mata menggunakan beberapa prosedur *image processing* dengan menggunakan aljabar kompleks dan matriks. Pertama-tama, gambar mata seorang individu diambil dan dilakukan segmentasi untuk mengambil hanya bagian matanya saja, kemudian terjadi normalisasi supaya yang terambil hanyalah irisnya saja, barulah dilakukan ekstraksi fitur dari iris dan bilangan kompleks masuk ke matriks, pada akhirnya dibuatkan bentuk digitalnya yang juga berupa matriks tetapi dengan menggunakan angka biner 0 atau 1 (proses *code generation*). Inilah yang nantinya digunakan sebagai identitas iris seseorang. Iris seseorang sudah direpresentasikan secara biner dalam komputer.

Untuk membedakan 2 buah iris mata yang berbeda, digunakanlah semacam ukuran yang dinamai dengan *Hamming Distance* (disingkat HD). HD ini berfungsi untuk mengukur tingkat perbedaan iris seseorang dengan orang yang lainnya. HD diukur dengan menggunakan operasi logika XOR (exclusive-or) atau yang sering juga dinotasikan dengan $\oplus$. Misalkan diketahui sebuah identitas iris seseorang adalah X dalam komputer yang dinyatakan dalam sebuah larik (*array*). Ada lagi juga identitas iris orang yang lain dan dinyatakan dalam sebuah larik Y. Maka, besar HD dari 2 buah iris tersebut dapat dicari dengan cara:

$$HD = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} X_i \oplus Y_i$$

Nilai N adalah derajat kebebasan dan i adalah indeks dari larik yang bersangkutan. Dari sini didapat bahwa HD akan sama dengan 0, jika 2 buah iris yang dideteksi adalah sama. Selain itu, nilai HD akan sama dengan 0,5 apabila pola 2 bit saling lepas, karena ada 0,5 peluang kita dapat mengatur bit menjadi 1, atau bit menjadi 0 [6].

Menurut referensi [8], jika dilakukan perbandingan dari 2 buah pasang iris yang berbeda yang didapat dari 4.258 gambar iris yang berbeda dan termasuk 10 setiap 1 himpunan bagian dari 70 mata. Maka, dapat dilakukan sebanyak ((4.258×4.257-700×9)/2) akan didapat grafik, seperti di bawah ini.



Gambar 6. Distribusi Hamming Distance dari 9,1 juta perbandingan, dengan N = 249 menurut
Sumber:https://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/irisrecog.pdf (diakses 4 Desember 2016)

Dari sini didapat bahwa untuk HD = 0,5 ternyata peluangnya sangat besar untuk N=249. Ini berarti peluang bahwa 2 pasang iris akan berbeda bentuk sangat besar, hampir tidak mungkin sama. Jika dihitung, berarti peluang agar 2 buah pasang iris milik seseorang akan sama dengan 2 buah pasang iris milik orang lain akan memiliki besar sekitar $(0,5)^{249} = 1\times10^{-75}$. Nilai 0,5 didapat dari peluang penentuan bit, yaitu antara 0 atau 1 dan N=249 adalah jumlah bit yang dioperasikan. Ini berarti sangat kecil peluang agar 2 pasang iris mata milik seseorang akan sama dengan milik orang lain.

Hasil pemaparan di atas menandakan bahwa peluang iris mata kita sama dengan milik orang lain akan sangat kecil. Ini berarti otentikasi terhadap iris mata seseorang dapat dimanfaatkan juga. Zaman sekarang iris mata juga sudah dimanfaatkan untuk keamanan negara misalnya atau bahkan gawai/*gadget* pun sudah menggunakan fitur pemindai iris mata untuk membuka layar. Otentikasi dengan iris mata juga tergolong cukup baik karena iris mata tergolong cukup stabil dan tidak berubah-ubah bentuk.

C. Komponen Biometrik Lainnya

Komponen biometrik lainnya masih banyak, seperti pengenalan wajah seseorang (face recognition), pengenalan suara seseorang (voice recognition), pengenalan nadi retina (retinal blood vessel recognition) dan yang lainnya. Semuanya itu pasti memanfaatkan analisis kombinatorial dalam keputusannya untuk menjadikan komponen tersebut sebagai alat untuk otentikasi identitas seseorang. Misalnya pada pengenalan wajah tentu ada data-data yang bisa diolah seperti jarak antara 2 mata, jarak dari pertengahan mata ke hidung atau ke bibir, lebar wajah, dan yang lainnya. Misalkan juga pada suara seseorang yang memanfaatkan frekuensi suara seseorang.

Tentu saja komponen tersebut dipilih sebagai alat untuk otentikasi identitas seseorang karena sudah dianalisis bahwa kemungkinan 2 buah komponen biometrik yang bersangkutan akan sama persis sangatlah kecil, sehingga dipilihlah komponen biometrik tersebut sebagai alat otentikasi biometrik. Misalnya saja, pada *face recognition*, lebar wajah seseorang akan bervariasi dalam suatu interval panjang tertentu, dan jarak antara 2 mata juga akan bervariasi dalam interval panjang tertentu yang lainnya. Kombinasi dari seluruh komponen inilah yang nantinya akan digunakan otentikasi, sehingga kemungkinan untuk sama akan sangat kecil dan mendekati nilai 0 atau ketidakmungkinan.

IV. SIMPULAN

Otentikasi secara biometrik memang efektif karena jika dianalisis secara kombinatorial, peluang komponen biometrik milik 2 orang yang berbeda akan sangat kecil bahkan hampir menuju 0. Ini berarti otentikasi dengan biometrik akan sangat baik karena kemungkinan besar sesuatu yang diamankan dengan kode biometrik tidak akan mudah ditembus karena kombinasinya yang sangat banyak. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa otentikasi dengan biometrik memiliki tingkat keamanan yang tinggi jika dianalisis secara kombinatorial.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, penulis ingin bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat-Nya, penulis diberikan kemampuan untuk membuat makalah ini walaupun memang masih banyak kekurangan. Penulis juga ingin berterima kasih kepada orangtua penulis yang sudah memberi dukungan melalui doa dan material, sehingga penulis dapat membuat makalah ini juga. Penulis juga ingin berterima kasih kepada dosen IF2120 Matematika Diskrit, yaitu Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. dan Ibu Dra. Harlili, S., M. Sc. yang sudah memberikan pengajaran tentang matematika diskrit, terlebih untuk materi kombinatorial. Penulis juga ingin berterima kasih kepada teman-teman Teknik Informatika 2015 yang sudah mendukung dalam pembuatan makalah mengenai analisis kombinatorial pada otentikasi biometrik ini sehingga dapat terselesaikan.

REFERENSI

[1] Munir, Rinaldi. 2006. *Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit Edisi Keempat*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

[2] http://zonapencarian.blogspot.co.id/2011/08/sejak-kapan-manusia-punya-sidik-jari.html. Diakses 9 Desember 2016.

[3] https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/225334.pdf. Diakses 9 Desember 2016.

[4] http://www.rumusmatematikadasar.com/2015/01/Penjelasan-Perbedaan-Permutasi-dan-Kombinasi-Matematika-Contoh-Soal-dan-Pembahasan-Lengkap.html. Diakses 9 Desember 2016.

[5] https://www.cis.rit.edu/research/thesis/bs/1999/chang/thesis.html. Diakses 9 Desember 2016.

[6] http://research.ijcaonline.org/volume44/number7/pxc3878434.pdf. Diakses 9 Desember 2016.

[7] http://biology.stackexchange.com/questions/25985/why-are-irises-unique. Diakses 4 Desember 2016.

[8] https://www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000/irisrecog.pdf. Diakses 4 Desember 2016.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 9 Desember 2016

Ferdinandus Richard
13515066