

Penerapan Kombinatorial dalam Hukum Pewarisan Sifat pada Manusia

Ahmad Fauzul Yogiandra / 13513059
Program Studi Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13513059@std.stei.itb.ac.id

Abstrak— Di dalam kehidupan sehari-hari, kita dapat mengamati fenomena kemiripan sifat seorang anak dengan orangtuanya, baik sifat yang tampak maupun tidak. Penurunan sifat ini dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan. Di dalam ilmu biologi, pewarisan sifat yang dimiliki orangtua (induk) akan diwariskan secara turun temurun kepada generasi berikutnya melalui perpaduan antara induk jantan dan induk betina. Perpaduan ini akan menghasilkan kombinasi kemungkinan sifat yang dimiliki anak. Kombinasi kemungkinan sifat yang dimiliki anak dapat dijelaskan dengan ilmu kombinatorial pada matematika diskrit.

Kata Kunci— Kombinatorial, hereditas, hukum mendel.

I. PENDAHULUAN

Manusia sebagai makhluk hidup akan mengalami pewarisan sifat. Pewarisan sifat ini terjadi secara turun temurun. Seorang anak akan mempunyai sifat yang sama dengan induknya, baik itu sifat yang tampak maupun tidak. Pewarisan sifat ini dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor lingkungan dan faktor genetik.

Dalam ilmu biologi, pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya dibawa melalui substansi genetik. Substansi genetik merupakan DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) yang pada segmen (bagian) tertentu dari DNA terdapat gen. Gen inilah yang mengendalikan pewarisan sifat. Perpaduan antara gen induk jantan dan induk betina akan menghasilkan kombinasi kemungkinan sifat yang dimiliki anak. Kombinasi kemungkinan sifat yang dimiliki anak dapat dijelaskan dengan ilmu kombinatorial pada matematika diskrit.

Sifat yang diwariskan dari induk kepada anaknya sangat beragam. Dalam makalah ini, saya akan menjelaskan beberapa sifat yang diturunkan tersebut. Contohnya adalah jenis kelamin dan golongan darah

II. KOMBINATORIAL

Kombinatorial (*combinatoric*) adalah cabang matematika untuk menghitung jumlah penyusunan objek-objek dalam himpunannya. Beberapa contoh masalah yang harus dipecahkan dengan kombinatorial adalah sebagai berikut :

- Terdapat banyak cara memilih Ketua Himpunan, Wakil, dan Sekretaris dari 20 orang calon pengurus.
- Jika ada 10 buah pertanyaan yang masing-masing dapat dijawab dengan benar, maka dapat dibuat berbagai kombinasi jawaban, misalnya semuanya benar, hanya 1 yang benar, 5 soal benar, dll.
- Penggunaan *password* yang terdiri dari empat sampai delapan huruf atau karakter yang memiliki banyak sekali kemungkinan susunan karakterkarakter.

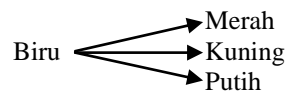
Cara termudah memecahkan permasalahan di atas adalah dengan mengenumerasi atau menghitung satu persatu semua kemungkinan susunannya (mencacah). Mengenumerasi hanya dapat digunakan bila jumlah objek sedikit. Bila jumlah objek amat banyak, kombinatorial dapat digunakan untuk menghitung banyaknya kemungkinan yang terjadi.

Kombinatorial didasarkan pada percobaan berulang yang hasilnya kemudian diamati. Data dalam kombinatorial ini dapat disajikan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan menggunakan diagram pohon, tabel silang, dan himpunan pasangan terurut. Gambar 2.1, Gambar 2.2, dan Gambar 2.3 adalah contoh penyajian data sesuai dengan kejadian berikut :

Kejadian A : warna baju yang tersedia berwarna biru

Kejadian B : warna celana tersedia berwarna merah, kuning, atau putih

Hasil kejadian $A \times B$ adalah tiga kemungkinan susunan objek, yaitu biru-merah, biru-kuning, dan biru-putih.



Gambar 1 Contoh Diagram Pohon

A \ B	Merah	Kuning	Putih
Biru	Biru, Merah	Biru, Kuning	Biru, Putih

Gambar 2 Contoh Tabel Silang

$A = \{ \text{biru} \}$ $B = \{ \text{merah, kuning, putih} \}$ $A \times B = \{ (\text{biru, merah}) ; (\text{biru, kuning}); (\text{biru,putih}) \}$
--

Gambar 3 Contoh Himpunan Pasangan Terurut

Dua kaidah dasar yang digunakan dalam menghitung pengaturan objek dalam kombinatorial adalah kaidah perkalian dan kaidah penjumlahan.

1. Kaidah perkalian (*rule of product*)
 Bila suatu kejadian A memiliki i hasil percobaan yang mungkin terjadi dan suatu kejadian B memiliki j hasil percobaan yang mungkin terjadi, maka bila kejadian A dan kejadian B terjadi bersamaan, akan terdapat $i \times j$ hasil percobaan.
2. Kaidah penjumlahan (*rule of sum*)
 Bila suatu kejadian A memiliki i hasil percobaan yang mungkin terjadi dan suatu kejadian B memiliki j hasil percobaan yang mungkin terjadi, maka bila hanya kejadian A atau kejadian B yang terjadi, akan terdapat $i + j$ hasil percobaan.

Metode dalam mencacah dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan aturan pengisian tempat kosong (*filling slots*), permutasi, dan kombinasi. Dalam makalah ini, akan digunakan teori kombinasi dan teori peluang dalam suatu kejadian.

A.PERMUTASI

Permutasi adalah jumlah urutan berbeda dari pengaturan sejumlah obyek.
 Permutasi dari n objek yang berbeda adalah

$$P(n,n) = n(n-1)(n-2) \dots (2)(1) = n!$$

Permutasi r dari n elemen adalah jumlah kemungkinan urutan r buah elemen yang dipilih dari n buah elemen, dengan $r \leq n$, yang dalam hal ini, pada setiap kemungkinan urutan tidak ada elemen yang sama.

$$P(n,r) = n(n-1)(n-2) \dots (n-(r-1)) = \frac{n!}{(n-r)!}$$

B.KOMBINASI

Kombinasi r dari n elemen adalah jumlah kemungkinan pemilihan yang tidak terurut r elemen yang diambil dari n buah elemen.

$$C(n,r) = \frac{n(n-1)(n-2) \dots (n-(r-1))}{r!} = \frac{n!}{(n-r)! r!}$$

C.PELUANG

Ada beberapa istilah yang perlu diketahui untuk memahami teori peluang. Istilah-istilah tersebut adalah percobaan, ruang sampel, titik sampel, dan kejadian. Percobaan adalah kegiatan yang dilakukan berulang untuk mendapatkan suatu hasil percobaan tertentu. Ruang sampel atau ruang contoh adalah himpunan dari semua hasil yang mungkin pada sebuah percobaan. Titik sampel atau titik contoh adalah anggota-anggota dari ruang sampel. Kejadian adalah himpunan bagian dari ruang contoh. Ada dua macam kejadian :

- Kejadian sederhana, yaitu kejadian yang hanya memiliki satu titik sampel
- Kejadian majemuk, yaitu kejadian yang memiliki titik sampel lebih dari satu.

Peluang adalah perbandingan antara banyaknya anggota kejadian (titik sampel) dengan anggota ruang sampel. Peluang suatu kejadian A adalah :

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)}$$

$n(A)$: banyak anggota kejadian A
 $n(S)$: banyak anggota ruang sampel

Kisaran nilai peluang adalah antara 0 (kemustahilan) sampai dengan 1 (kepastian), atau dapat ditulis dengan notasi $0 \leq P(A) \leq 1$.

III. HUKUM PEWARISAN SIFAT

Hukum pewarisan Mendel adalah hukum yang mengatur pewarisan sifat secara genetik dari satu organisme kepada keturunannya. Hukum ini didapat dari hasil penelitian Gregor Johann Mendel, seorang biarawan Austria.

Hukum Mendel terdiri dari dua bagian :

1. Hukum Pertama Mendel (hukum pemisahan atau *segregation*)

Isi dari hukum segregasi :

Pada waktu berlangsung pembentukan gamet, setiap pasang gen akan disegregasi ke dalam masing-masing gamet yang terbentuk.

2. Hukum Kedua Mendel (hukum berpasangan secara bebas atau *independent assortment*)

Isi dari hukum pasangan bebas :

Segregasi suatu pasangan gen tidak bergantung kepada segregasi pasangan gen lainnya, sehingga di dalam gamet-gamet yang terbentuk akan terjadi pemilihan kombinasi gen-gen secara bebas.

Ada beberapa istilah yang perlu diketahui untuk menjelaskan prinsip-prinsip pewarisan sifat. Pertama, individu yang disilangkan adalah *parental* atau orangtua (P) dari individu keturunannya. *F1* adalah keturunan

atau anak dari parental. F1 adalah fillal generasi pertama, dan F2 adalah fillal generasi ke dua. Setiap parental akan menghasilkan gen yang disebut *gamet*. Gamet disebut juga dengan istilah sel kelamin. Gamet adalah hasil pembelahan sel pada sebuah individu yang akan bergabung dengan gamet dari individu lain membentuk individu baru. Gamet D dikatakan sebagai alel dominan, sedang gamet d merupakan alel resesif. Gen D dikatakan dominan terhadap gen d, karena ekspresi gen D akan menutupi ekspresi gen d jika keduanya terdapat bersamaan dalam satu individu (Dd). Sebaliknya, gen resesif adalah gen yang ekspresinya ditutupi oleh ekspresi gen lainnya.

Individu Dd dinamakan individu *heterozigot*, sedang individu DD dan dd adalah individu *homozigot* yang masing-masing disebut sebagai individu homozigot dominan dan homozigot resesif. Genotipe adalah susunan genetik yang membentuk suatu sifat tertentu, sedangkan fenotipe adalah sifat-sifat fisik dari individu yang dapat langsung diamati pada individu-individu tersebut, yakni tinggi, pendek, hijau, kuning, dan lain-lain.

Contoh masalah :

Lelaki tinggi memiliki genotip Tt dan wanita tinggi memiliki genotip Tt. T adalah gen dominan tinggi sedangkan t adalah gen resesif pendek.

P1 : lelaki tinggi x wanita tinggi

Genotip : Tt x Tt

Gamet : T atau t x T atau t

Gamet merupakan kemungkinan hasil 2 buah kombinasi antara Tt, yaitu T dan t,

Maka jumlah kombinasi gen adalah $2 \times 2 = 4$

F1 :

TT(tinggi)

Tt(tinggi)

Tt(tinggi)

tt(pendek)

A \ B	T	t
T	TT (tinggi)	Tt (tinggi)
t	Tt (tinggi)	tt (pendek)

IV. PENERAPAN KOMBINATORIAL DALAM HUKUM PEWARISAN SIFAT PADA MANUSIA

Pada Makalah ini akan dijelaskna beberapa contoh pewarisan sifat pada manusia, yaitu jenis kelamin, golongan darah, penyakit buta warna dan penyakit hemofilia.

A. Jenis Kelamin

Penentuan jenis kelamin pada manusia ditentukan oleh sepasang kromosom seks. Laki-laki memiliki satu

kromosom X dan 1 kromosom Y, sedang perempuan memiliki dua kromosom X. Kromosom seks pria bersifat heterogametik (menghasilkan 2 macam gamet), sedang kromosom seks wanita bersifat homogametik (menghasilkan 1 macam gamet).

Spermatozoa ada 2 macam yaitu 22A + X (ginospermium) dan 22A + Y (androspermium). Bila ginospemium membuahi ovum membentuk anak wanita, sedang bila androspermium membuahi ovum membentuk anak berjenis kelamin pria. Jadi jenis kelamin anak ditentukan oleh spermatozoa dari ayahnya.

P1 : pria(A) x wanita(B)

Genotip : XY x XX

Gamet : X atau Y x X

Maka jumlah kombinasi gen adalah $2 \times 1 = 2$

F1 :

A \ B	X	Y
X	XX (wanita)	XY (pria)

Kombinasi yang dihasilkan dari jenis kelamin adalah 2.

Peluang untuk mendapatkan anak laki-laki atau anak perempuan adalah sama yaitu 50%.

B. Golongan Darah

1. Golongan Darah ABO

Golongan darah A mempunyai genotip : iA iA atau iA iO

Golongan darah B mempunyai genotip : iB iB atau iB iO

Golongan darah AB mempunyai genotip : iA iB

Golongan darah O mempunyai genotip : iO iO

Fenotip	Kode Genotip
A	iA iA atau iA iO
B	iB iB atau iB iO
AB	iA iB
O	iO iO

Hal ini menandakan bahwa iA dan iB dominan terhadap iO, tetapi tidak ada dominan di antara mereka (iA dan iB).

Contoh masalah:

Seorang lelaki bergolongan darah B menikah dengan seorang wanita bergolongan darah B. Mereka mempunyai anak yang bergolongan darah AB dan O. Apakah kedua anak tersebut adalah anak mereka?

Ada 4 cara yang dapat dilakukan untuk melihat perkawinan ini karena golongan darah dapat bergenotip iB iB atau iB iO. Kombinasi perkawinan yang dapat terjadi

adalah

- iB iB x iB iB
- iB iB x iB iO
- iB iO x iB iB
- iB iO x iB iO.

Cara 1 :

P1: lelaki golongan darah B x wanita golongan darah B

Genotip : iB iB x iB iB

Gamet : iB x iB

Gamet merupakan kemungkinan hasil

1 buah kombinasi antara iB iB, yaitu iB,

Maka jumlah kombinasi gen adalah $1 \times 1 = 1$

F1 : iB iB (Golongan darah B)

Cara 2 :

P1: lelaki golongan darah B x wanita golongan darah B

Genotip : iB iB x iB iO

Gamet : iB x iB atau iO

Gamet merupakan kemungkinan hasil

1 buah kombinasi antara iB iB, yaitu iB, dan

2 buah kombinasi antara iB iO, yaitu iB dan iO ,

Maka jumlah kombinasi gen adalah $1 \times 2 = 2$

F1 : iB iB (Golongan darah B)

iB iO (Golongan darah B)

Cara 3:

P1: lelaki golongan darah B x wanita golongan darah B

Genotip : iB iO x iB iB

Gamet : iB atau iO x iB

Gamet merupakan kemungkinan hasil

2 buah kombinasi antara iB iO, yaitu iB dan iO, dan

1 buah kombinasi antara iB iB, yaitu iB,

Maka jumlah kombinasi gen adalah $2 \times 1 = 2$

F1 : iB iO (Golongan darah B)

iB iB (Golongan darah B)

Cara 4:

P1: lelaki golongan darah B x wanita golongan darah B

Genotip : iB iO x iB iO

Gamet : iB atau iO x iB atau iO

Gamet merupakan kemungkinan hasil

2 buah kombinasi antara iB iO, yaitu iB dan iO, dan

2 buah kombinasi antara iB iO, yaitu iB dan iO,

Maka jumlah kombinasi gen adalah $2 \times 2 = 4$

F1 : iB iB (Golongan darah B)

iB iO (Golongan darah B)

iB iO (Golongan darah B)

iO iO (Golongan darah O)

Peluang anak bergolongan O : $\frac{1}{4}$

Dengan demikian dapat diketahui dari Cara 4, bahwa memungkinkan bila anak mereka bergolongan darah O bila gamet orang tua iB iO dan iB iO. Dengan peluangnya adalah 25%. Sedangkan bila anak mereka bergolongan darah AB peluangnya adalah 0% sehingga dapat dipastikan bahwa anak yang bergolongan darah AB

bukan anak perkawinan mereka.

2. Golongan Darah Rhesus

Rhesus (Rh) ditentukan oleh satu gen yang terdiri dari 2 alel yaitu R dan r.

- Rh + mempunyai gen RR atau Rr. Orang ini mempunyai antigen Rh dalam eritrositnya. Bila ditest dengan antiserum yang mengandung anti Rh maka eritrositnya akan menggumpal.
- Rh- mempunyai gen rr. Orang ini tidak memiliki antigen Rh.

Contoh masalah :

Seorang perempuan Rh + dengan gen RR kawin dengan lelaki Rh - dengan gen rr maka kemungkinan anaknya adalah

P1 : lelaki Rh - x wanita Rh +

Genotip : rr x RR

Gamet : r x R

Gamet merupakan kemungkinan hasil

1 buah kombinasi antara rr, yaitu r, dan 1 buah

kombinasi antara RR, yaitu R

Maka jumlah kombinasi gen adalah $1 \times 1 = 1$

F1 : Rr (Rhesus +)

Peluang F1 dengan genotip Rr adalah 100%

Pada hal ini anak memiliki Rh+ dan ibu memiliki Rh+ sehingga saat anak dalam kandungan ibunya tidak akan menjadi masalah.

Contoh masalah :

Seorang perempuan Rh - dengan gen rr kawin dengan lelaki Rh + dengan gen RR maka kemungkinan anaknya adalah

P1 : lelaki Rh + x wanita Rh -

Genotip : RR x rr

Gamet : R x r

Gamet merupakan kemungkinan hasil

1 buah kombinasi antara RR, yaitu R, dan 1 buah

kombinasi antara rr, yaitu r

Maka jumlah kombinasi gen adalah $1 \times 1 = 1$

F1 : Rr (Rhesus +)

Peluang F1 dengan genotip Rr adalah 100%

Pada hal ini anak memiliki Rh+ dan ibu memiliki Rh-.

Kasus seperti ini akan menimbulkan suatu masalah.

Anak yang dikandung bergolongan Rh+ artinya darah

anak memiliki antigen Rhesus sedangkan darah ibu

tidak punya antigen maka darah ibu akan membentuk

antibody untuk merusak antigen anak, darah anak akan

banyak mengalami kerusakan. Biasanya anak pertama

dilahirkan normal. Tetapi bila terjadi kehamilan kedua,

antibody darah ibu sudah lebih banyak dan darah anak

pada kehamilan kedua akan semakin banyak mengalami

kerusakan dan biasanya mengalami kematian. Peristiwa

ini disebut dengan *Erythroblastosis Fetalis*.

IV. KESIMPULAN

Kombinatorial dan peluang sangat membantu untuk memecahkan dan membandingkan suatu masalah genetik khususnya mengenai perkawinan genetik. Tanpa adanya kombinatorial kita tidak dapat memprediksi seperti apa kemungkinan hasil keturunan dari perkawinan genetik. Ilmu genetika membantu kita untuk mengetahui fakta-fakta yang ada di lingkungan kita sendiri mengenai perbedaan sifat keturunan dan hal yang lainnya sehingga kita dapat bertindak bijaksana dalam menghadapi masalah yang berkaitan dengan hal ini.

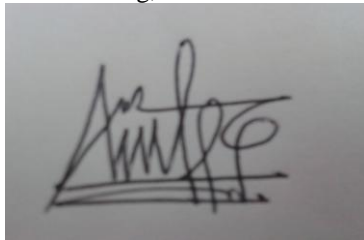
REFERENSI

- [1] Mulyono, Suro, *Biologi Untuk Kelas XII, SMA* Trinitas Bandung, 2009.
- [2] Munir, Rinaldi, 2012, *Matematika Diskrit, Revisi Kelima. INFORMATIKA : Bandung.*

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, 27 November 2013



AHMAD FAUZUL YOGIANDRA/13513059