

Aplikasi Kombinatorial dalam Peluang Terjadinya Penyakit Genetik

Samantha Olivia Tandri-13517123
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13517123@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Penyakit genetik atau kelainan genetik adalah suatu kondisi tidak berfungsinya faktor-faktor genetik yang mengatur struktur dan fungsi fisiologis tubuh manusia yang disebabkan oleh kelainan satu atau lebih gen menyebabkan kondisi fenotipe klinis. Kelainan genetik dapat mempengaruhi dan mengakibatkan kelainan organ jantung, sistem reproduksi, sistem ekskresi dan lainnya. Terjadinya penyakit genetik ini dapat diamati dan diketahui peluang terjadinya dengan penggunaan kombinatorial dalam hukum mendel. Pada makalah ini, penulis akan mengulas penerapan teori kombinatorial dalam terjadinya penyakit genetik.

Keywords—penyakit genetik, teori kombinatorial, hukum mendel, peluang .

I. PENDAHULUAN

Penyakit genetik atau kelainan genetik dapat terbentuk dalam tubuh manusia akibat banyak hal. Berbeda dengan penyakit yang lebih sering menimpa manusia, seperti flu, diare, ataupun demam berdarah, penyakit genetik tidak semata-mata disebabkan oleh virus maupun bakteri.

Gen yang berada di tubuh manusia merupakan perpaduan dari gen yang dimiliki ibu dan ayah. Namun, gen yang lebih dominan yang akan menentukan keadaan fisik maupun psikologis manusia.

Hal hal mengenai gen manusia dibahas dalam ilmu genetika, ilmu mendasar dan penting dalam dunia kedokteran. Genetika yang merupakan salah satu cabang biologi ini mempelajari pewarisan sifat pada organisme maupun pada suborganisme (virus dan prion).

Kelainan genetik yang dapat terjadi pada manusia dapat terjadi akibat beberapa diantaranya yaitu,

1. Pewarisan alel resesif autosomal
Pewarisan yang bersifat resesif dari orangtua, hanya muncul pada individu yang memiliki alel homozigot resesif. Dapat terjadi jika orangtua merupakan pembawa atau dari perkawinan. Seperti anemia sel sabit, albino, galaktosemia, thalassemia.
2. Pewarisan alel dominan autosomal
Berkebalikan dengan resesif, individu yang dapat mengidap kelainan ini akibat pewarisan secara dominan, heterozigot dan homozigot dominan. Seperti brakidaktil, polidaktil, Huntington

Mekanisme pewarisan sifat ini terdapat dalam hukum pewarisan sifat mendel.

Sampai saat ini mungkin belum ada teknologi yang mampu menghentikan terjadinya serta perkembangan penyakit genetik dalam tubuh individu. Namun dengan menggunakan prinsip hukum mendel dan teori kombinatorial kita dapat mengetahui peluang terjadinya kelainan genetik pada suatu individu dari perkawinan dua individu.

II. LANDASAN TEORI

A. Kombinatorial

Kombinatorial (*combinatoric*) adalah cabang matematika yang mempelajari pengaturan objek-objek. Solusi yang ingin kita peroleh dengan kombinatorial ini adalah jumlah cara pengaturan objek-objek tertentu di dalam himpunannya.

1. Kaidah Dasar Menghitung

Di dalam kombinatorial, kita harus menghitung (*counting*) semua kemungkinan pengaturan objek. Dua kaidah dasar yang digunakan sebagai teknik menghitung dalam kombinatorial adalah kaidah perkalian (*rule of product*) dan kaidah penjumlahan (*rule of sum*). Kedua kaidah ini dapat digunakan untuk memecahkan banyak masalah persoalan menghitung.

i. Kaidah perkalian (*rule of product*)

Bila percobaan 1 mempunyai p hasil percobaan yang mungkin terjadi (atau menghasilkan p kemungkinan jawaban), percobaan 2 mempunyai q hasil percobaan yang mungkin terjadi (atau menghasilkan q kemungkinan jawaban), maka bila percobaan 1 dan percobaan 2 dilakukan, maka terdapat $p \times q$ hasil percobaan (atau menghasilkan $p \times q$ kemungkinan jawaban).

ii. Kaidah penjumlahan (*rule of sum*)

Bila percobaan 1 mempunyai p hasil percobaan yang mungkin terjadi (atau menghasilkan p kemungkinan jawaban), percobaan 2 mempunyai q hasil percobaan yang mungkin terjadi (atau menghasilkan q kemungkinan jawaban), maka bila hanya satu percobaan saja yang dilakukan

(percobaan 1 atau percobaan 2), terdapat $p + q$ kemungkinan hasil percobaan (menghasilkan $p + q$ kemungkinan jawaban) yang mungkin terjadi.

2. Permutasi

Permutasi merupakan bentuk khusus aplikasi aturan perkalian. Misalkan jumlah objek adalah n , maka urutan pertama dipilih dari n objek, urutan kedua dipilih dari $n - 1$ objek, urutan ketiga dipilih dari $n - 2$ objek, begitu seterusnya, dan urutan terakhir dipilih dari 1 objek yang tersisa. Menurut kaidah perkalian, permutasi dari n objek adalah

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

Menurut kaidah perkalian, ada sebanyak

$$n(n - 1)(n - 2) \dots (n - (r - 1))$$

buah susunan berbeda dari penyusunan r objek yang dipilih dari n objek. Jumlah susunan berbeda dari pemilihan r objek yang diambil dari n objek disebut permutasi- r , dilambangkan dengan $P(n, r)$, yaitu

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

3. Kombinasi

Bentuk khusus dari permutasi adalah kombinasi. Jika pada permutasi urutan kemunculan diperhitungkan, maka pada kombinasi, urutan kemunculan diabaikan. Urutan acb , bca , dan abc dianggap sama dan dihitung sekali.

Rumus $\frac{n!}{r!(n - r)!}$ disebut rumus kombinasi- r , dan dilambangkan dengan $C(n, r)$ atau $\binom{n}{r}$.

Jadi,

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

$C(n, r)$ sering dibaca "n diambil r", artinya r objek diambil dari n buah objek.

4. Koefisien Binomial

Teorema binomial memberikan cara untuk menjabarkan bentuk perpangkatan $(x + y)^n$, yang dalam hal ini, n adalah bilangan bulat positif. Cara ini digunakan sebagai alternatif bagi penggunaan segitiga Pascal.

Aturan untuk menjabarkan bentuk perpangkatan $(x + y)^n$ adalah:

- i. Suku pertama adalah x^n , sedangkan suku terakhir adalah y^n .
- ii. Pada setiap suku berikutnya, pangkat x

berkurang satu sedangkan pangkat y bertambah satu. Untuk setiap suku, jumlah pangkat x dan y adalah n .

- iii. Koefisien untuk $x^{n-k}y^k$, yaitu suku ke- $(k+1)$, adalah $C(n, k)$. Bilangan $C(n, k)$ disebut koefisien binomial.

Dari aturan di atas dapat disimpulkan bahwa:

$$(x + y)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^{n-k} y^k$$

5. Peluang Diskrit

Himpunan semua kemungkinan hasil percobaan dinamakan ruang contoh (*sample space*) dari percobaan yang bersangkutan. Setiap hasil percobaan di dalam ruang contoh disebut titik contoh (*sample point*). Hasil-hasil percobaan tersebut bersifat saling terpisah (*mutually exclusive*). Dikatakan saling terpisah karena dari seluruh ruang contoh, hanya satu titik contoh yang muncul. Misalnya pada percobaan melempar dadu, hasil percobaan yang muncul hanya salah satu dari 6 muka dadu, tidak mungkin muncul dua muka atau lebih, atau tidak mungkin salah satu dari enam muka dadu tidak ada yang muncul.

Misalkan ruang contoh dilambangkan dengan S dan titik-titik contohnya dilambangkan dengan x_1, x_2, \dots , maka

$$S = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots\}$$

menyatakan ruang contoh S yang terdiri dari titik-titik contoh x_1, x_2, \dots, x_i , dan seterusnya. Ruang contoh yang jumlah anggotanya terbatas disebut ruang contoh diskrit (*discrete sample space*). Peluang terjadinya sebuah titik contoh dinamakan peluang diskrit dan disimbolkan dengan $p(x_i)$.

Misalkan x_i adalah sebuah titik contoh di ruang contoh S . Peluang bagi x_i adalah ukuran kemungkinan terjadinya atau munculnya x_i di antara titik-titik contoh yang lain di dalam S .

Peluang diskrit mempunyai sifat sebagai berikut:

- i. $0 \leq p(x_i) \leq 1$, yaitu nilai peluang adalah bilangan tidak negatif dan selalu lebihkecil atau sama dengan 1.
- ii. $\sum_{i=1}^{|S|} p(x_i) = 1$, yaitu jumlah peluang semua titik contoh di dalam ruang contoh S adalah 1.

Suatu kejadian dikatakan terjadi jika salah satu dari titik contoh di dalam kejadian tersebut terjadi. Peluang terjadinya suatu kejadian didefinisikan sebagai berikut :

$$P(E) = |E| / |S|$$

Peluang kejadian E juga dapat diartikan sebagai jumlah peluang semua titik contoh di dalam E .

Jadi, kita dapat menuliskan bahwa

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

III. GEN DAN HUKUM MENDEL

B. Gen

Pertama kali diperkenalkan oleh Thomas Hunt Morgan, ahli Genetika dan Embriologi Amerika Serikat (1911), yang mengatakan bahwa substansi hereditas yang dinamakan gen terdapat dalam lokus, di dalam kromosom. Menurut W. Johansen, gen merupakan unit terkecil dari suatu makhluk hidup yang mengandung substansi hereditas, terdapat di dalam lokus gen. Gen terdiri dari protein dan asam nukleat (DNA dan RNA), berukuran antara 4 – 8 m (mikron).

1. Sifat-sifat Gen

Gen mempunyai sifat-sifat sebagai berikut.

- Mengandung informasi genetik.
- Tiap gen mempunyai tugas dan fungsi berbeda.
- Pada waktu pembelahan mitosis dan meiosis dapat mengadakan duplikasi.
- Ditentukan oleh susunan kombinasi basa nitrogen.
- Sebagai zarah yang terdapat dalam kromosom.

2. Fungsi Gen

Fungsi gen antara lain:

- Menyampaikan informasi kepada generasi berikutnya.
- Sebagai penentu sifat yang diturunkan.
- Mengatur perkembangan dan metabolisme.

3. Simbol-simbol Gen

- Gen dominan, yaitu gen yang menutupi ekspresi gen lain, sehingga sifat yang dibawanya terekspresikan pada turunannya (suatu individu) dan biasanya dinyatakan dalam huruf besar, misalnya A.
- Gen resesif, yaitu gen yang terkalahkan (tertutupi) oleh gen lain (gen dominan) sehingga sifat yang dibawanya tidak terekspresikan pada keturunannya.
- Gen heterozigot, yaitu dua gen yang merupakan perpaduan dari sel sperma (A) dan sel telur (a).
- Gen homozigot, dominan, yaitu dua gen dominan yang merupakan perpaduan dari sel kelamin jantan dan sel kelamin betina, misalnya genotipe AA.
- Gen homozigot resesif, yaitu dua gen resesif yang merupakan hasil perpaduan dua sel kelamin. Misalnya aa.
- Kromosom homolog, yaitu kromosom yang berasal dari induk betina berbentuk serupa dengan kromosom yang berasal dari induk jantan.
- Fenotipe, yaitu sifat-sifat keturunan pada F1, F2,

dan F3 yang dapat dilihat, seperti tinggi, rendah, warna, dan bentuk.

- Genotipe, yaitu sifat-sifat keturunan yang tidak dapat dilihat, misalnya AA, Aa, dan aa.

C. Hukum Mendel

Masalah penurunan sifat atau hereditas mendapat perhatian banyak peneliti. Peneliti yang paling populer adalah Gregor Johann Mendel yang lahir tahun 1822 di Cekoslovakia. Pada tahun 1842, Mendel mulai mengadakan penelitian dan meletakkan dasar-dasar hereditas. Ilmuwan dan biarawan ini menemukan prinsip-prinsip dasar pewarisan melalui percobaan yang dikendalikan dengan cermat dalam pembiakan silang. Penelitian Mendel menghasilkan hukum Mendel I dan II.

Mendel melakukan persilangan monohibrid atau persilangan satu sifat beda, dengan tujuan mengetahui pola pewarisan sifat dari tetua kepada generasi berikutnya. Persilangan ini untuk membuktikan hukum Mendel I yang menyatakan bahwa pasangan alel pada proses pembentukan sel gamet dapat memisah secara bebas. Hukum Mendel I disebut juga dengan hukum segregasi.

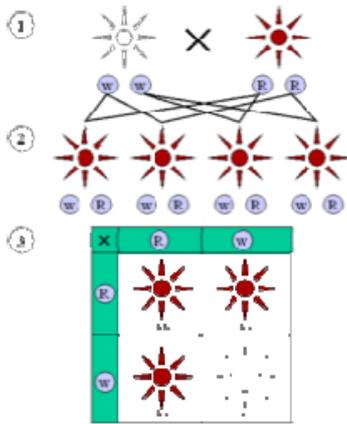
Mendel melanjutkan persilangan dengan menyilangkan tanaman dengan dua sifat beda, misalnya warna bunga dan ukuran tanaman. Persilangan dihibrid juga merupakan bukti berlakunya hukum Mendel II berupa pengelompokan gen secara bebas saat pembentukan gamet. Persilangan dengan dua sifat beda yang lain juga memiliki perbandingan fenotip F2 sama, yaitu 9 : 3 : 3 : 1. Berdasarkan penjelasan pada persilangan monohibrid dan dihibrid tampak adanya hubungan antara jumlah sifat beda, macam gamet, genotip, dan fenotip beserta perbandingannya.

Persilangan monohibrid yang menghasilkan keturunan dengan perbandingan F2, yaitu 1 : 2 : 1 merupakan bukti berlakunya hukum Mendel I yang dikenal dengan nama Hukum Pemisahan Gen yang Sealel (The Law of Segregation of Allelic Genes). Sedangkan persilangan dihibrid yang menghasilkan keturunan dengan perbandingan F2, yaitu 9 : 3 : 3 : 1 merupakan bukti berlakunya Hukum Mendel II yang disebut Hukum Pengelompokan Gen secara Bebas (The Law Independent Assortment of Genes). Dengan mengikuti secara saksama hasil percobaan Mendel, 3 baik pada persilangan monohibrid maupun dihibrid maka secara sederhana dapat kita simpulkan bahwa gen itu diwariskan dari induk atau orang tua kepada keturunannya melalui gamet.

Persilangan monohibrida adalah persilangan sederhana yang hanya memperhatikan satu sifat atau tanda beda. Sedangkan persilangan dihibrida merupakan perkawinan dua individu dengan dua tanda beda. Persilangan ini dapat membuktikan kebenaran Hukum Mendel II yaitu bahwa gen-gen yang terletak pada kromosom yang berlainan akan bersegregasi secara

bebas dan dihasilkan empat macam fenotip dengan perbandingan 9 : 3 : 3 : 1. kenyataannya, seringkali terjadi penyimpangan atau hasil yang jauh dari harapan yang mungkin disebabkan oleh beberapa hal seperti adanya interaksi gen, adanya gen yang bersifat homozigot letal dan sebagainya.

Hukum Pewarisan Mendel

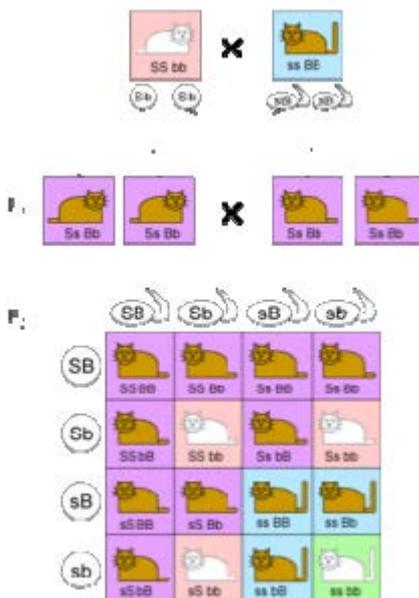


Gambar 1.

Alel/gen dominan dan resesif pada orang tua (1, P), anak (2, F1) dan cucu (3, F2) menurut Mendel. Hukum Pewarisan Mendel adalah hukum mengenai pewarisan sifat pada organisme yang dijabarkan oleh Gregor Johann Mendel dalam karyanya "Percobaan mengenai Persilangan Tanaman". Hukum ini terdiri dari dua bagian:

- i. Hukum pemisahan (segregation) dari Mendel, juga dikenal sebagai Hukum Pertama Mendel, dan
- ii. Hukum berpasangan secara bebas (independent assortment) dari Mendel, juga dikenal sebagai Hukum Kedua Mendel.

1. Hukum Pertama Mendel



Gambar 2.

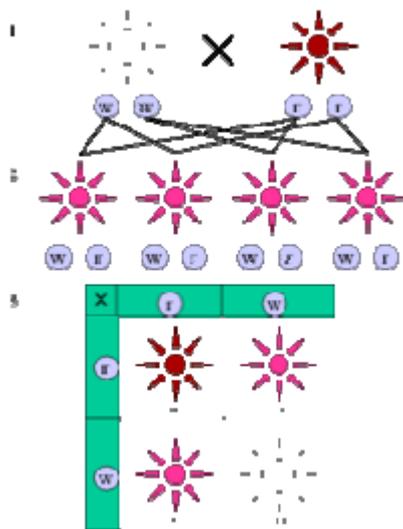
Perbandingan antara B (warna coklat), b (warna putih), S (buntut pendek), dan s (buntut panjang) pada generasi F2. Hukum segregasi bebas menyatakan bahwa pada pembentukan gamet (sel kelamin), kedua gen induk (Parent) yang merupakan pasangan alel akan memisah sehingga tiap-tiap gamet menerima satu gen dari induknya. Secara garis besar, hukum ini mencakup tiga pokok:

- i. Gen memiliki bentuk-bentuk alternatif yang mengatur variasi pada karakter turunannya. Ini adalah konsep mengenai dua macam alel; alel resesif (tidak selalu nampak dari luar, dinyatakan dengan huruf kecil, misalnya w dalam gambar di sebelah), dan alel dominan (nampak dari luar, dinyatakan dengan huruf besar, misalnya R). 2.
- ii. Setiap individu membawa sepasang gen, satu dari tetua jantan (misalnya ww dalam gambar di sebelah) dan satu dari tetua betina (misalnya RR dalam gambar di sebelah).
- iii. Jika sepasang gen ini merupakan dua alel yang berbeda (Sb dan sB pada gambar 2), alel dominan (S atau B) akan selalu terekspresikan (nampak secara visual dari luar). Alel resesif (s atau b) yang tidak selalu terekspresikan, tetap akan diwariskan pada gamet yang dibentuk pada turunannya.

2. Hukum Kedua Mendel

Hukum kedua Mendel menyatakan bahwa bila dua individu mempunyai dua pasang atau lebih sifat, maka diturunkannya sepasang sifat secara bebas, tidak bergantung pada pasangan sifat yang lain. Dengan kata lain, alel dengan gen sifat yang berbeda tidak saling mempengaruhi. Hal ini menjelaskan bahwa gen yang menentukan e.g. tinggi tanaman dengan warna bunga suatu tanaman, tidak saling mempengaruhi. Seperti nampak pada Gambar 1, induk jantan (tingkat 1) mempunyai genotipe ww (secara fenotipe berwarna putih), dan induk betina mempunyai genotipe RR (secara fenotipe berwarna merah). Keturunan pertama (tingkat 2 pada gambar) merupakan persilangan dari genotipe induk jantan dan induk betinanya, sehingga membentuk 4 individu baru (semuanya bergenotipe wR). Selanjutnya, persilangan/perkawinan dari keturunan pertama ini akan membentuk individu pada keturunan berikutnya (tingkat 3 pada gambar) dengan gamet R dan w pada sisi kiri (induk jantan tingkat 2) dan gamet R dan w pada baris atas (induk betina tingkat 2). Kombinasi gamet-gamet ini akan membentuk 4 kemungkinan individu seperti nampak pada papan catur pada tingkat 3 dengan genotipe: RR, Rr, Rr, dan rr. Jadi pada tingkat 3 ini perbandingan genotipe RR, (berwarna merah) Rr, (juga berwarna merah) dan rr (berwarna putih) adalah 1:2:1. Secara fenotipe perbandingan individu merah dan individu putih adalah 3:1.

Kalau contoh pada Gambar 1 merupakan kombinasi dari induk dengan satu sifat dominan (berupa warna), maka contoh ke-2 menggambarkan induk-induk dengan 2 macam sifat dominan: bentuk buntut dan warna kulit. Persilangan dari induk dengan satu sifat dominan disebut monohibrid, sedang persilangan dari induk-induk dengan dua sifat dominan dikenal sebagai dihibrid, dan seterusnya. Pada Gambar 2, sifat dominannya adalah bentuk buntut (pendek dengan genotipe SS dan panjang dengan genotipe ss) serta warna kulit (putih dengan genotipe bb dan coklat dengan genotipe BB). Gamet induk jantan yang terbentuk adalah Sb dan Sb, sementara gamet induk betinanya adalah sB dan sB (nampak pada huruf di bawah kotak). Kombinasi gamet ini akan membentuk 4 individu pada tingkat F1 dengan genotipe SsBb (semua sama). Jika keturunan F1 ini kemudian dikawinkan lagi, maka akan membentuk individu keturunan F2. Gamet F1nya nampak pada sisi kiri dan baris atas pada papan catur. Hasil individu yang terbentuk pada tingkat F2 mempunyai 16 macam kemungkinan dengan 2 bentuk buntut: pendek (jika 6 genotipenya SS atau Ss) dan panjang (jika genotipenya ss); dan 2 macam warna kulit: coklat (jika genotipenya BB atau Bb) dan putih (jika genotipenya bb). Perbandingan hasil warna coklat:putih adalah 12:4, sedang perbandingan hasil bentuk buntut pendek:panjang adalah 12:4. Perbandingan detail mengenai genotipe SSBB:SSBb:SsBB:SsBb: SSbb:Ssbb:ssBB:ssBb: ssbb adalah 1:2:2:4: 1:2:1:2: 1.



Gambar 3.

IV. STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

1. Kasus 1

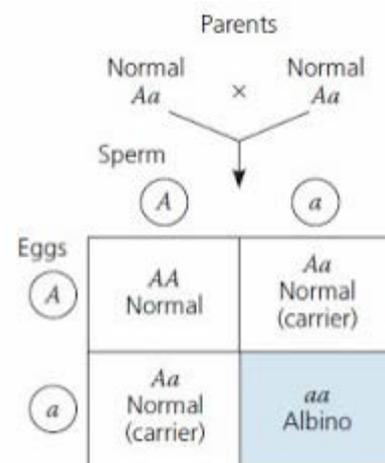
Albinisme atau albino adalah kelainan keturunan yang ditandai dengan berkurangnya produksi melanin (pigmen yang memberi warna pada kulit, rambut dan

mata) sepenuhnya atau sebagian. Sebagai hasilnya, orang dengan albinisme atau yang sering disebut orang albino memiliki rambut, kulit, dan mata dengan warna yang terang atau tidak berwarna. Tidak ada penyembuhan untuk albinisme, namun orang dengan albinisme dapat mengambil langkah untuk melindungi kulit dan memaksimalkan pandangan mereka.

Jika terdapat sepasang suami istri yang suaminya merupakan pembawa(carrier) sifat albino sehingga memiliki genotype Aa dan istrinya juga memiliki genotype yang sama. Maka berapakah peluang anak pertama normal dan anak kedua terkena albino? Berapakah peluang mendapatkan 4 anak yang normal?

P1 : (normal,carrier) Aa X Aa (normal,carrier)
 Gamet : A, a A, a
 F1 : AA, Aa, aA = Normal
 aa, = Albino

dari perkawinan tersebut maka akan keturunan dengan rasio fenotip normal:albino = 3:1.



Berdasarkan hasil persilangan, dapat diambil jumlah ruang sampel = 4, kejadian albino = 1/4 dimisalkan p, kejadian normal = 3/4 dimisalkan q. dengan menggunakan rumus umum koefisien binomial maka $(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$, yang ingin dicari adalah anak pertama normal dan anak kedua albino maka $2pq = 2 \times 1/4 \times 3/4 = 3/8$. Peluang terjadinya anak 1 normal dan anak 2 albino adalah 3/8.

Jika ingin dicari peluang 4 anak semuanya normal maka, menerapkan rumus umum binomial $(p+q)^4 = p^4 + 4p^3q + 6p^2q^2 + 4pq^3 + q^4$ Peluang mendapatkan 4 anak normal yaitu $q^4 = (3/4)^4 = 81/256$.

Dapat dilihat jika kedua orangtuanya merupakan pembawa sifat albino maka peluang agar anaknya sehat hanya sebesar 0,25 atau 25% sedangkan 50% akan menjadi carrier atau pembawa dan 25% sisanya akan terkena albino.

2. Kasus 2

Hemofilia adalah penyakit keturunan yang mengakibatkan darah seseorang sukar membeku. Penderita hemofilia jika terluka darahnya akan membeku sekitar 50 menit hingga 2 jam. Hal ini akan mengakibatkan penderita mengalami kehilangan banyak darah dan dapat menimbulkan kematian. Penyakit ini dikendalikan oleh gen resesif (h) yang terpaut kromosom X. Penyakit ini diderita oleh anggota keluarga Kerajaan Inggris sehingga kerap kali disebut sebagai *The Royal Diseases*.

Jika terdapat pasangan suami istri dimana sang wanita merupakan *carrier*/ pembawa sifat hemophilia dan sang suami merupakan laki-laki normal maka berapakah peluang anak pertama mereka tidak mengidap hemophilia.

P1 : (normal, *carrier*) $X^H X^h$ X $X^H Y$ (normal)
Gamet : X^H, X^h X^H, Y
F1 : $X^H X^H$ (wanita normal)
 $X^H X^h$ (wanita normal, *carrier*)
 $X^H Y$ (pria normal)
 $X^h Y$ (pria hemofilia)

Berdasarkan hasil persilangan diatas maka rasio fenotipnya adalah normal:hemophilia = 3:1g.

Jika ingin dicari berapa peluan anak pertama mereka tidak mengidap hemophilia maka kemungkinan yang normal adalah wanita normal, wanita *carrier* , atau laki-laki normal maka peluangnya adalah $\frac{3}{4}$ atau 75%.

V. KESIMPULAN

Kelainan/penyakit genetik dapat terjadi pada siapa saja, dengan menggunakan perhitungan peluang dan penerapan hukum mendel, kita dapat memperkirakan besarnya peluang hasil perkawinan yang terkena penyakit genetik maupun yang tidak terkena penyakit yaitu normal atau *carrier*.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis mengucapkan syukur dan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkatnya penulis dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung proses penulisan makalah ini. Dan tak lupa penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen mata kuliah IF 2120 Matematika Diskrit yang telah membimbing dan memberi materi kepada penulis selama proses pengajaran mata perkuliahan Matematika Diskrit.

REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. Matematika Diskrit, Bandung: Informatika, 2012, edisi ketiga.
- [2] Rohmad. Diktat Kuliah Genetika Ternak, Kediri :Fakultas Pertanian Jurusan Peternakan, 2015, bab 8.
- [3] Susanto, G Nugroho. Genetika dan Hukum Mendel, Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 2012.

- [4] https://biologigonz.blogspot.com/2009/12/deskripsi-albino_14.html diakses pada 9 Desember 2018 pukul 9.46.
- [5] <https://dosenbiologi.com/manusia/kelainan-genetik> diakses pada 9 Desember 2018 pukul 9.46.
- [6] <https://hellosehat.com/penyakit/albinisme-albino/> diakses pada 9 Desember 2018 pukul 17.00.
- [7] <https://biologiklaten.wordpress.com/bab-24-hereditas-pada-manusia-xii/> diakses pada 9 Desember 2018 pukul 17.00.

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 2018



Samantha Olivia Tandri - 13517123