Aplikasi Teori Kombinatorial dalam Analisis Genetika Mendelian

Ega Dioni Putri – NIM : 13506095
e-mail : if16095@students.if.itb.ac.id
Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132

Abstrak – *Makalah ini membahas aplikasi teori kombinatorial—yang merupakan salah satu cabang dari matematika diskrit—di bidang biologi, yaitu dalam analisis genetika Mendelian. Analisis genetika Mendelian yang meliputi teori pewarisan sifat, persilangan, segregasi (pemisahan), serta hukum pemilahan independen, tidak terlepas dari proses menghitung probabilitas-probabilitas kemungkinan hasil genetika. Oleh karena itu, memiliki pemahaman dasar akan aturan umum probabilitas merupakan hal penting dalam analisis genetika. Aturan umum probabilitas tersebut sebenarnya merupakan teknik-teknik dasar menghitung yang ada dalam bahasan kombinatorial. Di sinilah peran teori kombinatorial dalam memecahkan masalah-masalah genetika. Perlu kita ketahui juga bahwa kombinatorial dan analisis genetika ini dapat saling berhubungan karena objek-objek yang dipelajari dalam analisis genetika tergolong ke dalam objek diskrit.*

Kata Kunci*: kombinatorial, teknik dasar menghitung, hukum pemisahan (segregasi), hukum pemilahan independen Mendel*

1. PENDAHULUAN

Istilah teori kombinatorial dalam makalah ini bukan merupakan arti yang sebenarnya, atau dengan kata lain, tidak ada suatu teori khusus yang berjudul "teori kombinatorial". Namun, "teori kombinatorial" di sini dimaksudkan untuk menggeneralisasikan teori-teori yang berhubungan dengan penyusunan objek-objek diskrit.

Definisi kombinatorial dari berbagai literatur antara lain sebagai berikut :

> *The study of arrangements of object* [2]
>
> *Cabang matematika yang mempelajari pengaturan objek-objek* [3]
>
> *A branch of pure mathematics concerning the study of discrete (and usually finite) objects* [5]

Dari banyak definisi di atas, kita dapat menarik kesimpulan bahwa kombinatorial adalah sebuah ilmu dalam matematika yang mempelajari pengaturan atau penyusunan objek-objek. Lebih spesifik lagi, kombinatorial merupakan bagian dari matematika diskrit karena objek-objek yang dibahas di dalamnya adalah objek-objek diskrit (berbeda, terpisah, tidak berkesinambungan). Kombinatorial memperbaiki cara enumerasi[1] sehingga untuk menghitung banyak cara mengatur objek kita tidak perlu mencacah satu per satu kemungkinan jawabannya. Metode-metode menghitung yang praktis dalam teori kombinatorial menjadikannya semakin luas digunakan di bidang-bidang ilmu lainnya, baik di dalam matematika maupun di luar matematika. Penerapan kombinatorial dalam analisis genetika Mendelian tidak terlepas dari hubungannya dengan peluang diskrit. Peluang diskrit memiliki kaitan erat dengan kombinatorial karena teori peluang banyak menggunakan konsep-konsep dalam kombinatorial.

Studi tentang genetika dalam biologi bermula dari penemuan-penemuan seorang biarawan asal Austria (sekarang termasuk Republik Ceko), Gregor Mendel, mengenai penurunan sifat pada pertengahan abad ke-19. Pada tahun 1857 tepatnya, Mendel memulai perjalanan saintisnya dengan menanam kacang ercis (*Pisum sativum,* ada pula yang menyebutnya kacang kapri) di halaman biara tempatnya menuntut ilmu. Mendel kemudian tertarik mempelajari penurunan sifat dari tanaman kacang ercis tersebut. Teori pertama mengenai sistem pewarisan yang diakui kebenarannya adalah teori yang dikemukakan oleh Mendel pada tahun 1865. Pertanyaan mengenai hereditas yang sudah berumur panjang pun terjawab seketika. Sejak saat itu, Mendel semakin intens melakukan penelitian sehingga muncullah teori-teori baru darinya yang kemudian menjadi landasan penting di bidang genetika. Teori pewarisan sifat, persilangan, segregasi (pemisahan), serta hukum pemilahan independen yang dinyatakan oleh Mendel secara keseluruhan dikenal dengan istilah "Mendelian".

Awalnya, hanya penurunan sifat satu karakter (monohibrid) saja yang menjadi fokus Mendel. Namun, lama-kelamaan penelitiannya berkembang menjadi bagaimana pewarisan kombinasi antar sifat, dua sifat (dihibrid), tiga sifat (trihibrid) dan banyak sifat (polihibrid). Pewarisan lebih dari satu sifat inilah yang kemudian mencetuskan perhitungan-perhitungan untuk mencari kemungkinan hasil suatu persilangan dengan aturan umum probabilitas. Aturan umum probabilitas ini tak lain merupakan teori-teori dalam kombinatorial seperti aturan penjumlahan dan aturan perkalian.

---

[1] Mencacah/menghitung satu per satu setiap kemungkinan jawaban

2. TEORI-TEORI KOMBINATORIAL

Sebelum melangkah membicarakan aplikasi teori kombinatorial dalam analisis genetika Mendelian, ada baiknya kita memahami konsep-konsep dalam teori kombinatorial terlebih dahulu. Berikut ini akan dijelaskan oleh penulis beberapa teori kombinatorial yang nantinya akan diperlukan saat menganalisis genetika Mendelian.

2.1. Teknik-teknik Dasar Menghitung

Pada dasarnya, teknik menghitung kemungkinan pengaturan objek dalam kombinatorial ada dua, yaitu aturan penjumlahan *(sum rule)* dan aturan perkalian *(product rule)*. Keduanya dibedakan berdasarkan cara dan waktu percobaan-percobaan dilakukan. Dari kedua aturan ini, berkembang konsep-konsep lain yang menggunakan salah satu aturan atau keduanya.

2.1.1. Aturan Penjumlahan

Aturan penjumlahan digunakan pada kasus dua atau lebih percobaan yang tidak dilakukan secara bersamaan (tidak simultan) [3]. Tidak simultan dalam hal ini dapat berarti waktu percobaan tidak bersamaan, tempat percobaan tidak sama, atau objek berasal dari kelompok yang berbeda. Andaikan percobaan 1 menghasilkan x kemungkinan jawaban dan percobaan 2 menghasilkan y kemungkinan jawaban, maka jika percobaan 1 atau percobaan 2 saja yang dilakukan, ada sebanyak x+y kemungkinan jawaban.

Secara umum, jika terdapat pekerjaan-pekerjaan T_1, T_2, …, T_m yang dapat dilakukan dengan n_1, n_2, …, n_m cara dan tidak ada dua atau lebih di antara pekerjaan-pekerjaan tersebut yang dapat dilakukan dalam waktu bersamaan, maka terdapat $n_1 + n_2 + \ldots + n_m$ cara untuk melakukan salah satu saja dari tugas-tugas tersebut [6]. Apabila dianalogikan dengan teori probabilitas, aturan penjumlahan ini ekuivalen dengan mencari peluang gabungan dari dua kejadian yang saling lepas.

Contoh persoalan
Sebuah mata uang logam dilemparkan sebanyak 10 kali. Berapa kemungkinan muncul gambar jika angka muncul 6 kali?

Solusi :

Setiap pelemparan mata uang logam memiliki dua kemungkinan jawaban, jika tidak angka maka gambar. Diketahui bahwa kemunculan angka sebanyak 6 kali, maka kemunculan gambar adalah 10 - 6 = 4 kali, berasal dari : 6 angka + 4 gambar = 10 percobaan.

2.1.2. Aturan Perkalian

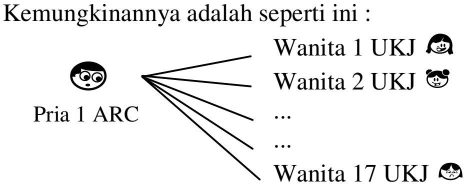
Kebalikan dari aturan penjumlahan adalah aturan perkalian. Dari seluruh aspek, aturan perkalian berbeda dengan aturan penjumlahan. Persoalan yang diselesaikan dengan aturan ini adalah dua percobaan atau lebih yang dilakukan secara bersamaan (simultan) [3]. Misalnya, percobaan 1 menghasilkan x kemungkinan jawaban, sedangkan percobaan 2 menghasilkan y kemungkinan jawaban, maka jika percobaan 1 dan percobaan 2 dilakukan, terdapat xy kemungkinan jawaban.

Jika suatu prosedur terdiri dari barisan tugas-tugas T_1, T_2, …, T_m yang dapat dilakukan dalam n_1, n_2, …, n_m cara secara berurutan, maka terdapat $\boldsymbol{n_1 \cdot n_2 \cdot \ldots \cdot n_m}$ cara untuk melaksanakan prosedur tersebut [6]. Apabila dianalogikan dengan teori probabilitas, percobaan-percobaan pada aturan perkalian ekuivalen dengan kejadian-kejadian yang saling bebas. Terjadinya kejadian yang satu tidak mempengaruhi terjadinya kejadian lainnya, begitu pun sebaliknya. Bandingkan dengan aturan penjumlahan yang memiliki $n_1 + n_2 + \ldots + n_m$ cara untuk melakukan hanya salah satu saja percobaan.

Contoh persoalan
Keluarga Mahasiswa ITB ingin memilih seorang ketua panitia dan sekretaris *Open House Unit (OHU)* dari salah satu unit yang ada di ITB. Setelah melalui seleksi, terpilih 2 kandidat unit, yaitu ARC dan UKJ. Ketua harus pria dan akan dipilih dari anggota ARC, sedangkan seorang anggota wanita dari UKJ akan dijadikan sekretarisnya. Data menunjukkan ARC memiliki 55 anggota pria dan anggota UKJ yang wanita ada 17. Tentukan cara memilihnya!

Solusi :

Kemungkinannya adalah seperti ini :



Pria 1 dari ARC kemungkinan berpasangan dengan wanita 1, wanita 2, atau wanita lain dari UKJ sehingga ada 17 kemungkinan wanita yang berpasangan dengan seorang pria ARC. Kemungkinan ini berlaku pula untuk anggota pria ARC yang lainnya. Oleh karena itu, untuk memilih sekretaris tersebut ada **55×17 = 935 cara**.

2.1.3. Permutasi

Definisi permutasi dari beberapa literatur antara lain:

An ordered arrangement of distinct object [2]

Jumlah urutan berbeda dari pengaturan objek-objek [3]

Permutation is the rearrangement of objects or symbols into distinguishable sequences. Each *unique ordering is called a permutation.* [5]

Dari definisi-definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa permutasi merupakan penyusunan objek-objek yang urutannya diperhatikan. Berikut ini representasi permutasi dalam simbol-simbol :

Permutasi **r** objek dari **n** objek :

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

Dalam perkembangannya, ada bermacam-macam jenis permutasi, di antaranya permutasi yang memuat unsur sama, pemutasi siklis dan permutasi berulang. Namun, ketiga jenis permutasi tersebut tidak dibahas dalam makalah ini karena di luar batasan topik.

2.1.4. Kombinasi

Definisi kombinasi dari beberapa literatur antara lain :

An r-combination of elements of a set is an unordered selection of r elements from set [2]

Bentuk khusus dari permutasi yang mengabaikan urutan kemunculan [3]

Combination is an un-ordered collection of unique sizes [7]

Kebalikan dari permutasi adalah kombinasi. Jika pada permutasi ABCD ≠ DCBA, pada kombinasi baik ABCD, DCBA, ACBD, maupun CBDA dianggap sama karena urutan tidak diperhatikan. Secara umum, nilai kombinasi dari *n* objek selalu lebih sedikit dari nilai permutasi *n* objek. Hal ini dapat kita buktikan dengan rumus kombinasi :

Kombinasi **r** objek dari **n** objek :

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

Kombinasi juga disebut bentuk khusus dari permutasi karena persamaan di atas diturunkan dari rumus permutasi:

$$\mathbf{P(n,r)} = \mathbf{C(n,r)\ P\ (r,r)}$$

Jika diuraikan :

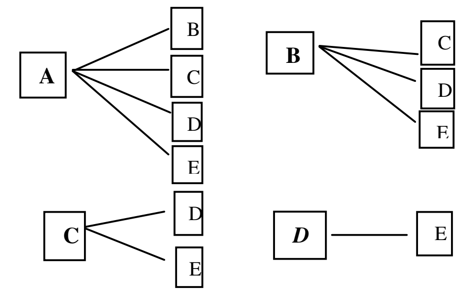
$$\mathbf{C(n,r)} = \frac{\mathbf{P(n,r)}}{\mathbf{P(r,r)}} = \frac{\mathbf{n!\,(n-r)!}}{\mathbf{r!\,(r-r)!}} = \frac{\mathbf{n!}}{\mathbf{r!\,(n-r)!}}$$

Mula-mula dihitung kombinasi *r* objek dari *n* objek *C(n,r)*, kemudian elemen-elemennya dapat diurutkan dengan *P(r,r)* cara [3]. Agar lebih menarik, kita coba buktikan hubungan antara permutasi dan kombinasi ini dari persoalan jabat tangan.

Bukti Kombinasi Berhubungan dengan Permutasi

Lima orang, sebut saja A, B, C, D, dan E berjabat tangan satu sama lain dalam sebuah pesta. Berapa jabat tangan yang terjadi?

Solusi :



Banyaknya jabat tangan = 4+3+2+1 = 10

Dengan kombinasi = C(5,2) = $\frac{5!}{2!(5-2)!}$

Dengan permutasi = P(5,2) = $\frac{5!}{(5-2)!}$

C(5,2) di atas sama tak lain adalah hasil dari perbandingan P(5,2) dengan 2!.

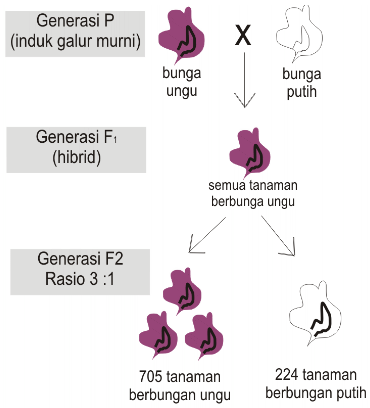
3. TEORI-TEORI MENDELIAN

Mendel menggugurkan hipotesis pencampuran sifat pada organisme dengan teori-teori berdasarkan hasil penelitiannya. Hipotesis pencampuran adalah suatu gagasan bahwa pencampuran materi genetik dari kedua orangtua tak ubahnya dengan pencampuran warna kuning dan biru yang selalu menghasilkan warna hijau. Dengan begitu, seandainya hipotesis ini terbukti, akan muncul populasi seragam dari generasi ke generasi. Penelitian Mendel membuktikan bahwa dua karakter berbeda bisa memunculkan karakter-karakter lain yang tidak selalu sama dari generasi ke generasi.

3.1. Teori Penurunan Sifat Mendel

Dalam suatu persilangan dua varietas yang berbeda, induk galur murni disebut generasi P (*parental,* orangtua), dan keturunan hibridnya adalah generasi F_1 (*filial pertama*, keturunan pertama). Kemudian jika dibiarkan lagi F_1 menyerbuk baik sendiri maupun buatan, akan menghasilkan F_2 (*filial kedua,* keturunan kedua). Mendel melakukan penelitian sampai tahap melahirkan generasi F_2. Hasil penelitiannya tersebut dijelaskan dalam gambar di bawah ini:

Gambar 1.



Dalam terminologi Mendel, warna ungu disebut sifat dominan (kuat), sedangkan warna putih disebut sifat resesif (lemah).

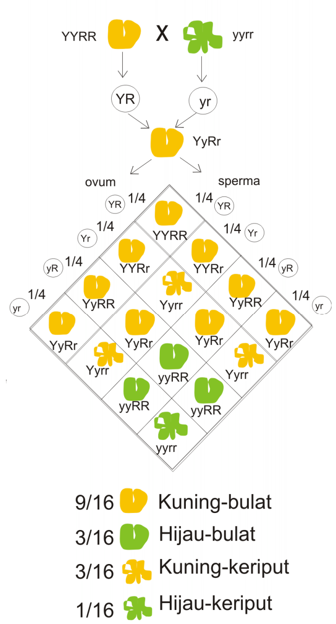
3.2. Hukum Segregasi (Pemisahan) Mendel

Kedua alel setiap karakter berpisah selama produksi gamet. Jika suatu organisme mempunyai alel yang sama untuk karakter tertentu, maka organisme tersebut merupakan galur murni karakter tersebut dan akan muncul salinannya di semua gamet. Namun, jika ada alel-alel yang berlawanan, seperti hibrid F_1, maka 50% dari gamet mendapat alel dominan, sedangkan 50% lainnya mendapat alel resesif.

3.3. Hukum Pemilahan Independen Mendel

Dari hukum segregasi, teori Mendelian berkembang menjadi hukum pemilahan independen.

Gambar 2.



Hasil percobaan pada gambar tesebut menunjukkan bahwa setiap karakter diwarisis secara independen (tidak tergantung satu sama lain, maksudnya penyilangan dua sifat beda *YyRr*, dua alel untuk warna biji, memisah secara independen dari dua alel untuk bentuk biji. Mendel mencoba tujuh kacang ercis dengan berbagai kombinasi dua karakter berbeda dan selalu mendapatkan perbandingan 9:3:3:1. Dari gambar 2, dapat kita ketahui bahwa perbandingan fenotip selalu tetap, yaitu 3 hijau dengan 1 kuning dan 3 bulat dengan 1 keriput. Pemisahan secara independen dari pasangan alel selama pembentukan gamet inilah yang disebut hukum pemilahan independen Mendel.

4. PENGGUNAAN TEORI KOMBINATORIAL DALAM ANALISIS GENETIKA MENDELIAN

Penurunan sifat Mendelian dalam hukum segregasi dan pemilahan independen Mendel menggambarkan aturan probabilitas yang serupa dengan kasus pelemparan koin atau dadu.

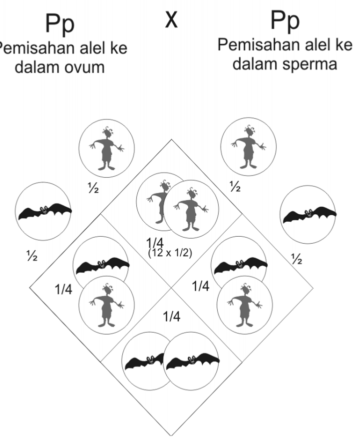
Skala probabilitas berkisar antara angka dari 0 sampai 1. Suatu kejadian yang sudah pasti akan terjadi mempunyai nilai peluang 1, sedangkan kejadian yang pasti tidak akan terjadi memiliki nilai peluang 0. Misalkan pada pelemparan koin yang kedua sisinya gambar, maka peluang munculnya gambar adalah 1 dan peluang kemunculan angka adalah 0. Namun, jika koin tersebut terdiri dari dua sisi, sisi gambar dan angka, maka peluang kemunculan angka dan gambar masing-masing adalah ½.

Percobaan lain yang serupa dengan pelemparan koin misalnya pelemparan dadu. Probabilitas keluarnya angka 2 dari sebuah dadu bersisi enam sama dengan 1/6, artinya memiliki peluang muncul 1 dari 6 kemungkinan kemunculan. Semua kemungkinan hasil yang diperoleh dari suatu kejadian harus memiliki total nilai probabilitas 1.

Jika kita tinjau lagi persoalan melempar koin di atas, dapat kita tarik kesimpulan bahwa hasil dari pelemparan koin pada percobaan tertentu tidak dipengaruhi percobaan lainnya, baik oleh pelemparan sebelumnya atau sesudahnya. Fenomena percobaan berurutan ini tergolong aplikasi aturan penjumlahan. Jika percobaan pelemparan dilakukan secara bersamaan untuk banyak koin sekaligus, kemunculan gambar atau angka pada satu koin tidak mempengaruhi kemunculan koin yang lain. Dalam kasus ini, aturan perkalian yang berlaku. Kedua contoh percobaan di atas adalah kejadian yang saling independen.

Perhatikan gambar pelemparana koin yang dianalogikan dengan penurunan sifat Mendelian berikut ini :

Gambar 3.



4.1. Penggunaan Aturan Perkalian

Untuk mendapatkan probabilitas kejadian bersamaan seperti pada pelemparan koin dengan dua sisi mata uang, kita harus menghitung nilai probabilitas tiap-tiap kejadian secara independen, kemudian baru mengalikannya. Dengan aturan perkalian, probabilitas kedua koin akan jatuh dengan sisi gambar sebesar ¼, berasal dari ½ dikalikan ½. Penyilangan monohibrid F_1 mirip dengan permainan peluang koin ini. Misalkan warna bunga adalah karakter yang dapat diturunkan dan genotip dari F_1-nya adalah *Pp*, maka peluang genotip F_2 akan berwarna putih kita dapatkan dari aturan perkalian. Untuk mendapatkan bunga warna putih, kedua alel, dari sperma dan ovum, harus memiliki alel *p*. Pada tanaman heterozigot (dua sel gamet), peluang masing-masing memiliki alel *p* adalah ½. Jadi, probabilitas warna putih akan muncul atau dengan kata lain alel *pp* muncul adalah ½ x ½ = ¼. Aturan perkalian dalam hal ini menggabungkan dua nilai peluang dari dua kejadian yang bersamaan, sesuai dengan definisi aturan perkalian yang sudah dijelaskan penulis di atas.

4.2. Penggunaan Aturan Penjumlahan

Sekarang kita tinjau masalah probabilitas tanaman F_2 dari penyilangan monohibrid akan heterozigot. Gambar 2. memperlihatkan cara-cara gamet F_1 berkombinasi untuk mendapatkan suatu hasil yang heterozigot. Alel dominan dapat berasal dari ovum maupun sperma, begitu pula dengan alel resesif. Berdasarkan aturan penjumlahan, peluang dari suatu kejadian yang dapat terjadi dalam dua cara atau lebih adalah jumlah probabilitas masing-masing cara tersebut. Maka peluang munculnya generasi F_2 yang heterozigot, maka caranya adalah ¼ + ¼ = ½.

4.3. Penggunaan Aturan Perkalian dan Aturan Penjumlahan dalam Memecahkan Masalah Genetika

Misalkan, peenyilangan dua varietas kacang ercis yang berbeda dalam tiga karakter *(trihibrid)* sebagai berikut: varietas pertama berbunga ungu, berbiji bulat, dan berwarna kuning (heterozigot untuk ketiga gen), sedangkan varietas 2 juga berbungan ungu, berbiji keriput, dan berwarna hijau (heterozigot untuk warna bunga, homozigot untuk dua karakter lain). Dalam simbol Mendel, hasil penyilangan tersebut :

PpYyRr X Ppyyrr

Untuk menghitung bagian dari keturunan F_2 yang diprediksi akan memperlihatkan fenotip resesif[2] minimal dua dari tiga sifat yang ada, kita dapat menggunakan aturan penjumlahan dan perkalian. Mula-mula, kita membuat daftar semua genotip[3] yang mungkin muncul, yaitu *ppyyRr, ppYyrr, Ppyyrr, PPyyrr,* dan *ppyyrr*. Selanjutnya, digunakan aturan perkalian untuk menghitung peluang individu untuk setiap genotip dari penyilangan *PpYyRr X Ppyyrr.* Kemudian digunakan aturan penjumlahan untuk menggabungkan peluang yang memenuhi syarat dua sifat resesif tadi. Perhatikan tabel berikut :

Genotip	Peluang	Hasil
ppyyRr	**¼ (pp) × ½ (yy) × ½ (Rr)**	**1/16**
ppYyrr	**¼ (pp) × ½ (Yy) × ½ (rr)**	**1/16**
Ppyyrr	**½ (Pp) × ½ (yy) × ½ (rr)**	**2/16**
PPyyrr	**¼ (PP) × ½ (yy) × ½ (rr)**	**1/16**
ppyyrr	**¼ (pp) × ½ (yy) × ½ (rr)**	**1/16**
Peluang sifat resesif ≥ 2		**6/16**

Dengan menggunakan teknik dasar menghitung kombinatorial, memecahkan masalah-masalah genetika seperti di atas lebih mudah daripada menggambarnya dalam bentuk skema atau tabel [1].

Jika kita perhatikan penjelasan menganai penurunan sifat Mendel di atas, kita dapat juga menemukan fenomena permutasi dan kombinasi di dalamnya. Permutasi ditunjukkan dalam hal urutan alel, untuk gabungan alel yang sama dihitung dua alel. Misalnya pada gambar 2, alel *YYRR* dan *yyrr.* Alel *YR* dan *yr* pada turunan generasi keduanya memiliki nilai ¼ pada ovum maupun sperma. Mengapa bukan ½ ? Karena dua huruf YY yang berpasangan dengan dua huruf RR dihitung dua alel. Y pertama bergabung dengan R pertama atau sebaliknya dan Y kedua bergabung dengan R kedua atau sebaliknya. Walaupun hasilnya sama, YR, masing-masing tetap dihitung satu. Hal serupa juga terjadi pada *yy* dan *rr*.

Teori kombinasi juga secara implisit ditunjukkan dalam analisis genetika Mendelian. Misalnya, pada dua sifat beda yang menghasilkan 4 alel untuk

[2] Fenotip resesif adalah sifat yang tampak dari organisme yang sifatnya lemah (tidak dominan)
[3] Genotip adalah sifat tidak tampak (penyusun genetik) organisme

keturunan F_2-nya, akan menghasilkan 16 sel anak. Jumlah 16 itu sesungguhnya berasal dari 2^4 karena jika kita ambil tiga karakter yang berbeda, alelnya berjumlah 8, maka sel anak yang dihasilkan juga sebanyak 2^n, yaitu 2^8= 64 sel anak. Hal ini sesuai dengan penerapan kombinasi pada himpunan. Himpunan bagian dari suatu himpunan merupakan bentuk kombinasi. Misalkan ada sebuah himpunan yang memuat 5 elemen, kita simbolkan elemen=n, maka jumlah himpunan bagiannya adalah 2^n elemen. Banyak himpunan bagian tersebut dihitung dari elemen-elemen yang berbeda, bukan dari susunan atau urutan yang berbeda.

5. KESIMPULAN

Analisis genetika Mendelian merupakan aplikasi konsep-konsep dalam teori kombinatorial yang berhubungan erat dengan teori probabilitas. Dengan cara kombinatorial, pekerjaan analisis genetika menjadi lebih mangkus karena tidak harus merepresentasikan semua kemungkinan jawaban dalam diagram, tabel atau gambar.

Selama mencari bahan untuk makalah ini dan setelah menulis makalah ini, penulis dapat mengetahui bahwa penerapan teori kombinatorial sangat luas, tidak hanya dalam matematika saja tetapi juga di bidang ilmu lainnya. Selain itu, teori kombinatorial juga banyak teraplikasikan dalam kehidupan nyata sehari-hari.

DAFTAR REFERENSI

[1] Campbell, Neil A., Jane B.Reece, Lawrene G. Mitchell. “Biologi”, Edisi Kelima, Jilid 1. Penerbit Erlangga, Jakarta, 2000.

[2] Rosen, Kenneth H. “Discrete Mathematics and Its Applications”, Fifth Edition. The McGraw-Hill Companies, 2003.

[3] Munir, Rinaldi. “Bahan Kuliah IF2153 Matematika Diskrit”. Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2004.

[4] *Anonim. http://www.math.itb.ac.id/~diskrit/Kuliah6baru.ppt*
Waktu akses : 26 Desember 2007, 16.12

[5] Anonim. “Permutation”, Wikipedia, *http://en.wikipedia.org/wiki/Permutation.htm.*
Waktu akses : 26 Desember 2007, 16.18

[6] Anonim. “Combinatorics”, Wikipedia, *http://en.wikipedia.org/wiki/Combinatorics.htm.*
Waktu akses : 26 Desember 2007, 16.42

[7] Anonim. “Combination”, Wikipedia, *http://en.wikipedia.org/wiki/Combination.htm.*
Waktu akses : 26 Desember 2007, 16.42