

Kombinatorial (Bagian 1)

Bahan Kuliah

IF2120 Matematika Diskrit

Oleh: Rinaldi Munir

**Program Studi Teknik Informatika
STEI - ITB**



Pendahuluan

- Sebuah kata-sandi (*password*) panjangnya 6 sampai 8 karakter. Karakter boleh berupa huruf atau angka. Berapa banyak kemungkinan kata-sandi yang dapat dibuat?

abcdef

aaaade

a123fr

...

erhtgahn

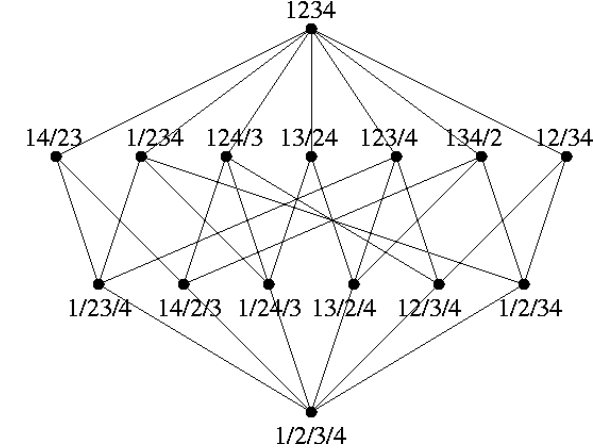
yutresik

...

????

A screenshot of a 'Please Login' dialog box. It has a blue title bar with a question mark, a maximize button, and a close button. The dialog contains a 'Username:' label followed by a text input field containing the word 'Username'. Below that is a 'Password:' label followed by a password input field with six black dots. To the right of the password field is a checkbox labeled 'Remember Password'. At the bottom are two buttons: 'Login' and 'Cancel'.

Definisi Kombinatorial



Kombinatorial adalah cabang matematika untuk menghitung (*counting*) jumlah penyusunan objek-objek tanpa harus mengenumerasi semua kemungkinan susunannya.

Contoh-contoh persoalan kombinatorial

1. Nomor PIN kartu ATM bank adalah 6 angka. Berapa jumlah PIN yang dapat dibuat?
2. Kode buku sebuah perpustakaan terdiri dari dua huruf dan diikuti 4 angka. Berapa jumlah buku yang dapat dikodekan?
3. Berapa banyak cara membentuk sebuah komisi beranggotakan 10 orang yang dipilih dari 100 anggota DPR jika ketua DPR harus termasuk di dalamnya?

Kaidah Dasar Menghitung

- Kaidah perkalian (*rule of product*)

Percobaan 1: p hasil

Percobaan 2: q hasil

Percobaan 1 **dan** percobaan 2: $p \times q$ hasil

- Kaidah penjumlahan (*rule of sum*)

Percobaan 1: p hasil

Percobaan 2: q hasil

Percobaan 1 **atau** percobaan 2: $p + q$ hasil

Contoh 1. Ketua angkatan IF 2019 hanya 1 orang (pria atau wanita, tidak bias gender). Jumlah pria IF2019 = 65 orang dan jumlah wanita = 15 orang. Berapa banyak cara memilih ketua angkatan?

Penyelesaian: $65 + 15 = 80$ cara.

Contoh 2. Dua orang perwakilan IF2019 mendatangi Bapak Rektor untuk protes kenaikan UKT. Wakil yang dipilih 1 orang pria dan 1 orang wanita. Berapa banyak cara memilih 2 orang wakil tersebut?

Penyelesaian: $65 \times 15 = 975$ cara.

Perluasan Kaidah Dasar Menghitung

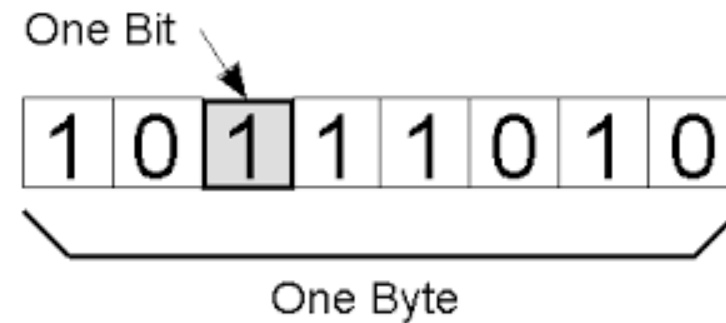
Misalkan ada n percobaan, masing-masing dengan p_i hasil

1. Kaidah perkalian (*rule of product*)

$$p_1 \times p_2 \times \dots \times p_n \text{ hasil}$$

2. Kaidah penjumlahan (*rule of sum*)

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n \text{ hasil}$$



Contoh 3. Bit biner hanya 0 dan 1. Berapa banyak *string* biner yang dapat dibentuk jika:

- (a) panjang *string* 5 bit
- (b) panjang *string* 8 bit (= 1 *byte*)

Penyelesaian:

- (a) $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^5 = 32$ buah
- (b) $2^8 = 256$ buah

Contoh 4. Berapa banyak bilangan ganjil antara 1000 dan 9999 (termasuk 1000 dan 9999 itu sendiri) yang

(a) semua angkanya berbeda

(b) boleh ada angka yang berulang.

Penyelesaian: ____ ____ ____ ____

(a) posisi satuan: 5 kemungkinan angka (1, 3, 5, 7, 9)

posisi ribuan: 8 kemungkinan angka

posisi ratusan: 8 kemungkinan angka

posisi puluhan: 7 kemungkinan angka

Banyak bilangan ganjil seluruhnya = $(5)(8)(8)(7) = 2240$ buah.

(b) posisi satuan: 5 kemungkinan angka (yaitu 1, 3, 5, 7 dan 9);

posisi ribuan: 9 kemungkinan angka (1 sampai 9)

posisi ratusan: 10 kemungkinan angka (0 sampai 9)

posisi puluhan: 10 kemungkinan angka (0 sampai 9)

Banyak bilangan ganjil seluruhnya = $(5)(9)(10)(10) = 4500$

Contoh 5. Kata-sandi (*password*) sistem komputer panjangnya 6 sampai 8 karakter. Tiap karakter boleh berupa huruf atau angka; huruf besar dan huruf kecil tidak dibedakan. Berapa banyak kata-sandi yang dapat dibuat?

Penyelesaian:

Jumlah karakter kata-sandi = 26 huruf (A-Z) + 10 angka (0-9) = 36 karakter.

Jumlah kemungkinan kata-sandi dengan panjang 6 karakter: _ _ _ _ _ _

$$(36)(36)(36)(36)(36)(36) = 36^6 = 2.176.782.336$$

Jumlah kemungkinan kata-sandi dengan panjang 7 karakter: _ _ _ _ _ _ _

$$(36)(36)(36)(36)(36)(36)(36) = 36^7 = 78.364.164.096$$

Jumlah kemungkinan kata-sandi dengan panjang 8 karakter: _ _ _ _ _ _ _ _

$$(36)(36)(36)(36)(36)(36)(36)(36) = 36^8 = 2.821.109.907.456$$

Jumlah seluruh kata-sandi (kaidah penjumlahan) adalah

$$2.176.782.336 + 78.364.164.096 + 2.821.109.907.456 = 2.901.650.833.888 \text{ buah.}$$

Latihan:

1. (a) Berapa banyak bilangan genap yang disusun oleh 2 angka?
(b) Berapa banyak bilangan ganjil 2-angka dengan setiap angka berbeda?
2. Dari 100.000 buah bilangan bulat positif pertama, berapa banyak bilangan yang mengandung tepat satu buah angka 3, satu buah angka 4, dan satu buah angka 5?

Jawaban:

1. ____

(a) $9 \times 5 = 45$

(b) $8 \times 5 = 40$

2. ____

Angka 3 dapat ditempatkan dengan 5 cara

Angka 4 dapat ditempatkan dengan 4 cara

Angka 5 dapat ditempatkan dengan 3 cara

Angka keempat dapat diisi dengan 7 cara (7 angka lain)

Angka kelima dapat diisi dengan 7 cara (7 angka lain)

Jumlah seluruh bilangan = $5 \times 4 \times 3 \times 7 \times 7 = 2940$

3. Tersedia 6 huruf: a, b, c, d, e, f . Berapa jumlah susunan 3-huruf jika:
- (a) tidak ada huruf yang diulang;
 - (b) boleh ada huruf yang berulang;
 - (c) tidak boleh ada huruf yang diulang, tetapi huruf e harus ada;
 - (d) boleh ada huruf yang berulang, huruf e harus ada

Jawaban: _____

$$(a) 6 \times 5 \times 4 = 120$$

$$(b) 6 \times 6 \times 6 = 6^3 = 216$$

$$(c) 3 \times (5 \times 4) = 60$$

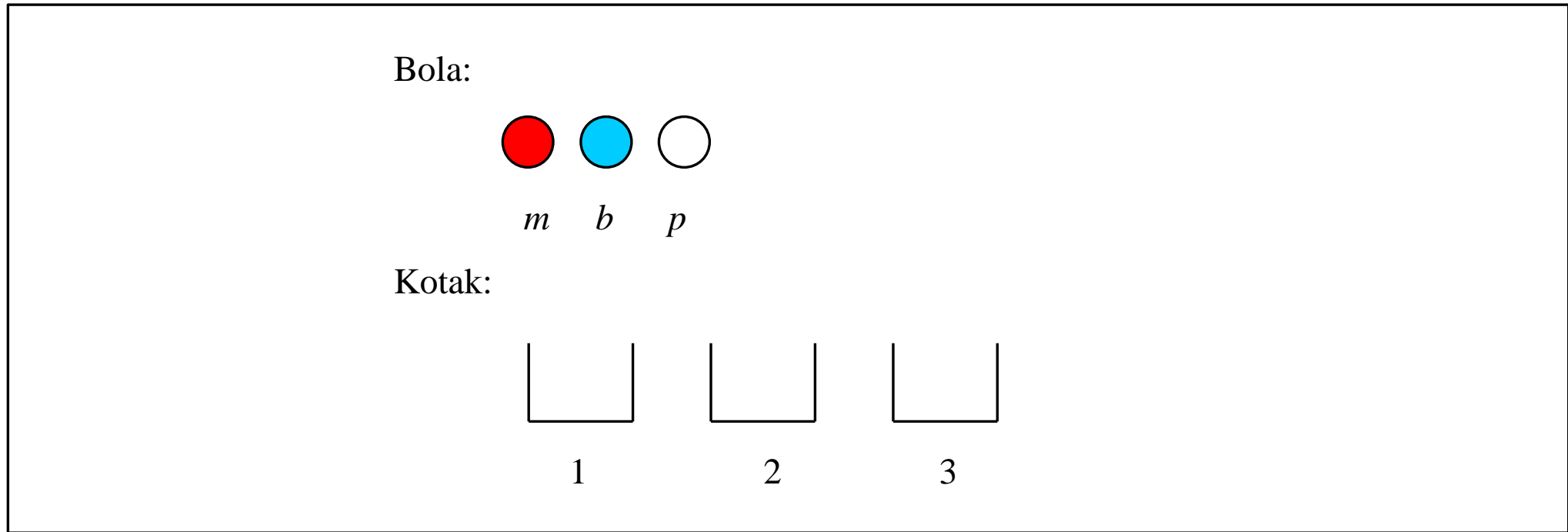
$$(d) (6 \times 6) + (5 \times 6) + (5 \times 5) = 91$$

4. Tentukan banyak cara pengaturan agar 3 orang mahasiswa Prodi Teknik Informatika (IF), 4 orang mahasiswa Teknik Kimia (TK), 4 orang mahasiswa Teknik Geologi (GL), dan 2 orang mahasiswa Farmasi (FA) dapat duduk dalam satu baris sehingga mereka dari Prodi yang sama duduk berdampingan?

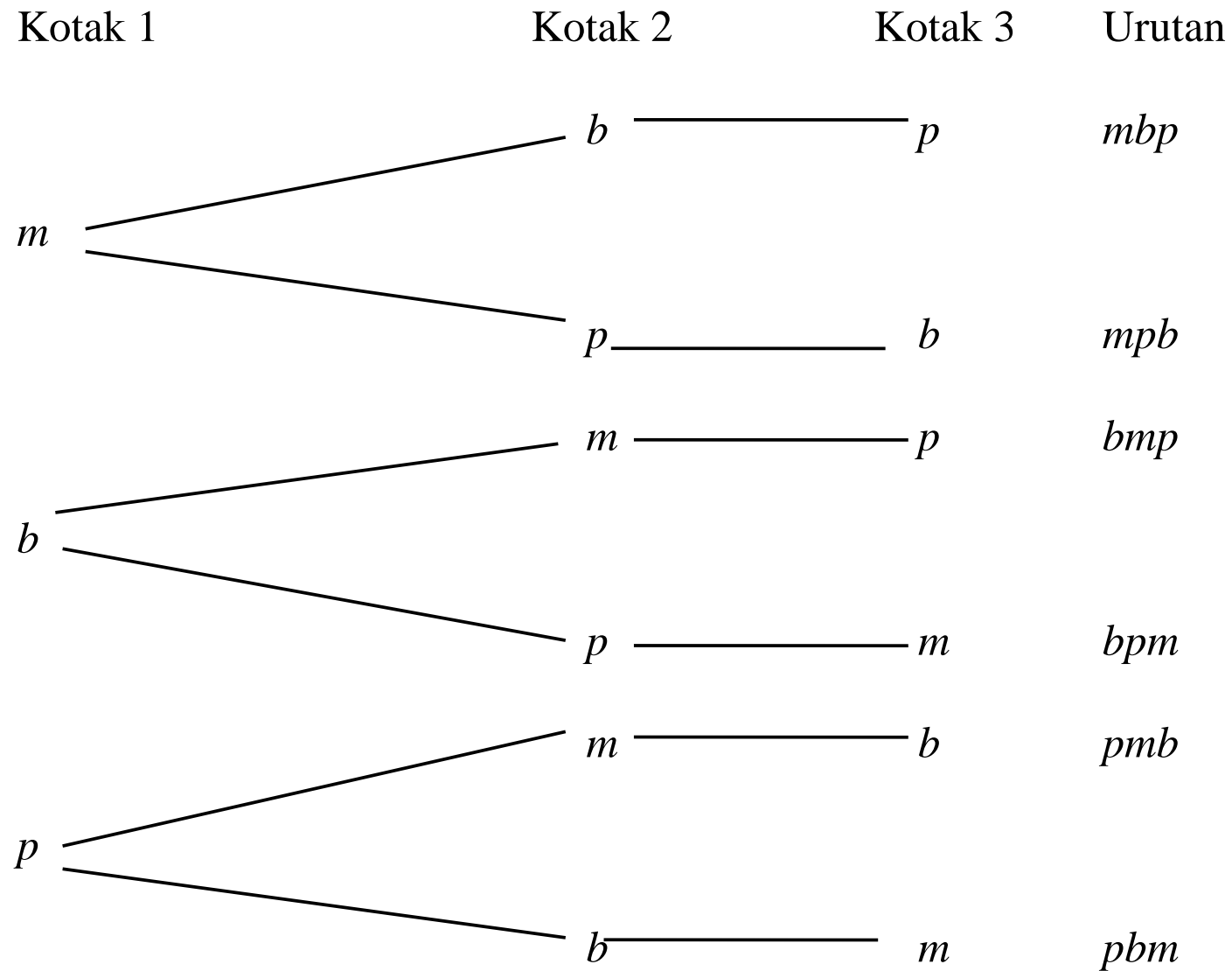
Jawaban: _____

Ada $4!$ cara menempatkan kelompok Prodi mahasiswa di dalam susunan
Masing-masing $3!$ cara, $4!$ cara, $4!$ cara, dan $2!$ cara menempatkan mahasiswa Prodi yang sama di dalam susunannya. Total seluruh cara pengaturan = $(4!)(3!)(4!)(4!)(2!)$

Permutasi



Berapa jumlah urutan berbeda yang mungkin dibuat dari penempatan bola ke dalam kotak-kotak tersebut?



Jumlah kemungkinan urutan berbeda dari penempatan bola ke dalam kotak adalah $(3)(2)(1) = 3! = 6$.

Definisi 1: Permutasi adalah jumlah urutan berbeda dari pengaturan objek-objek.

- Permutasi merupakan bentuk khusus aplikasi kaidah 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,
 - ✓ ...
 - ✓ urutan terakhir dipilih dari 1 objek yang tersisa.

Menurut kaidah perkalian, permutasi dari n objek adalah

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

Contoh 6. Berapa banyak “kata” yang terbentuk dari huruf-huruf kata “HAPUS”?

Penyelesaian: ____

Cara 1: $(5)(4)(3)(2)(1) = 120$ buah kata

Cara 2: $5! = 120$ buah kata

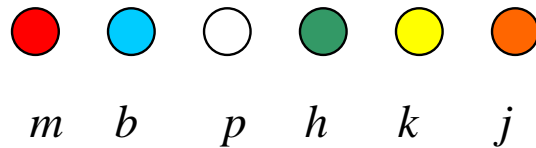
Contoh 7. Berapa banyak cara mengurutkan nama 25 orang mahasiswa?

Penyelesaian: 25!

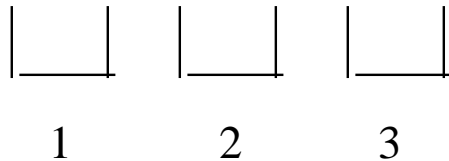
Permutasi r dari n elemen

Ada enam buah bola yang **berbeda** warnanya dan 3 buah kotak. Masing-masing kotak hanya boleh diisi 1 buah bola. Berapa jumlah urutan berbeda yang mungkin dibuat dari penempatan bola ke dalam kotak-kotak tersebut?

Bola:



Kotak:



Penyelesaian:

kotak 1 dapat diisi oleh salah satu dari 6 bola (ada 6 pilihan);
kotak 2 dapat diisi oleh salah satu dari 5 bola (ada 5 pilihan);
kotak 3 dapat diisi oleh salah satu dari 4 bola (ada 4 pilihan).
Jumlah urutan berbeda dari penempatan bola = $(6)(5)(4) = 120$

Perampatan:

Ada n buah bola yang berbeda warnanya dan r buah kotak ($r \leq n$), maka

kotak ke-1 dapat diisi oleh salah satu dari n bola \rightarrow (ada n pilihan) ;

kotak ke-2 dapat diisi oleh salah satu dari $(n - 1)$ bola \rightarrow (ada $n - 1$ pilihan);

kotak ke-3 dapat diisi oleh salah satu dari $(n - 2)$ bola \rightarrow (ada $n - 2$ pilihan);

...

kotak ke- r dapat diisi oleh salah satu dari $(n - (r - 1))$ bola \rightarrow (ada $n - r + 1$ pilihan)

Jumlah urutan berbeda dari penempatan bola adalah: $n(n - 1)(n - 2) \dots (n - (r - 1))$

Definisi 2. 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.

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

Contoh 7. Berapakah jumlah kemungkinan membentuk bilangan 3-angka dari 5 angka berikut: 1, 2, 3, 4, 5, jika:

(a) tidak boleh ada pengulangan angka, dan

(b) boleh ada pengulangan angka.

Penyelesaian:

(a) Dengan kaidah perkalian: $(5)(4)(3) = 60$ buah

Dengan rumus permutasi $P(5, 3) = 5!/(5 - 3)! = 60$

(b) Tidak dapat diselesaikan dengan rumus permutasi.

Dengan kaidah perkalian: $(5)(5)(5) = 5^3 = 125$.

Contoh 8. Kode buku di sebuah perpustakaan panjangnya 7 karakter, terdiri dari 4 huruf berbeda dan diikuti dengan 3 angka yang berbeda pula?

Penyelesaian: $P(26, 4) \times P(10, 3) = 258.336.000$

Latihan:

Sebuah mobil mempunyai 4 tempat duduk. Berapa banyak cara 3 orang didudukkan jika diandaikan satu orang harus duduk di kursi sopir?



Jawaban:

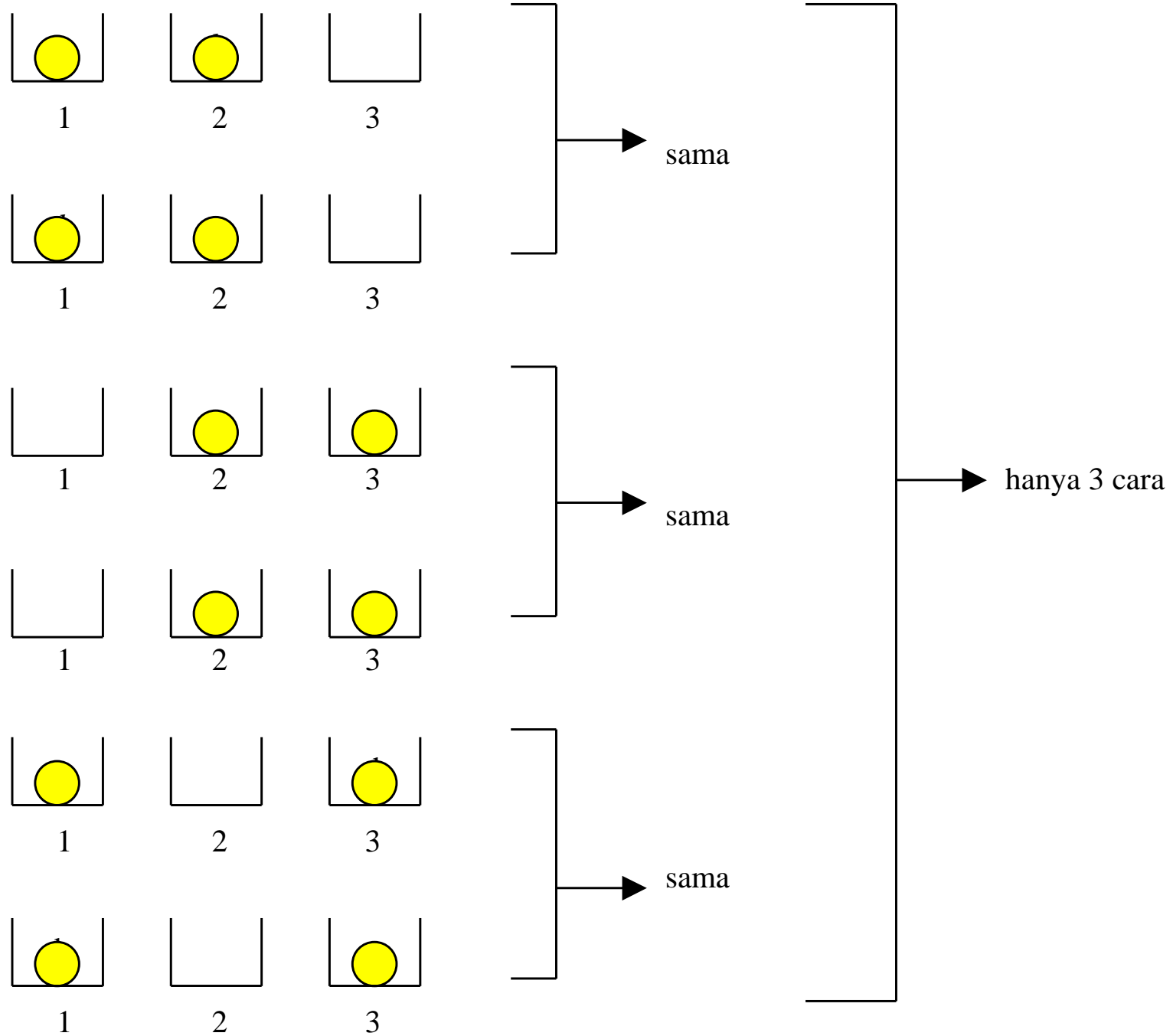
Kursi supir dapat diisi dengan salah satu dari 3 orang (atau 3 cara). Sekarang tersisa tiga buah kursi lagi. Tiga kursi ini dapat diisi oleh dua orang lainnya. Maka jumlah cara mendudukkan tiga orang adalah $3 \times P(3, 2) = 3 \times (3!/(1!)) = 18$.

Kombinasi

- Bentuk khusus dari permutasi adalah **kombinasi**. Jika pada permutasi urutan kemunculan diperhitungkan, maka pada kombinasi urutan kemunculan diabaikan.
- Misalkan ada 2 buah bola yang warnanya **sama** dan 3 buah kotak. Setiap kotak hanya boleh berisi *paling banyak* satu buah bola.

Jumlah cara memasukkan bola ke dalam kotak =

$$\frac{P(3,2)}{2} = \frac{P(3,2)}{2!} = \frac{\frac{3!}{1!}}{2!} = \frac{(3)(2)}{2} = 3.$$



- Bila sekarang jumlah bola 3 dan jumlah kotak 10, maka jumlah cara memasukkan bola ke dalam kotak adalah

$$\frac{P(10,3)}{3!} = \frac{10!}{3!7!} = \frac{(10)(9)(8)}{3!}$$

karena ada $3!$ cara memasukkan bola yang warnanya sama.

- Secara umum, jumlah cara memasukkan r buah bola yang berwarna sama ke dalam n buah kotak adalah

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

- $C(n, r)$ sering dibaca " n diambil r ", artinya r objek diambil dari n buah objek.
- **Definisi 3.** Kombinasi r elemen dari n elemen, atau $C(n, r)$, adalah jumlah pemilihan yang tidak terurut r elemen yang diambil dari n buah elemen.

Interpretasi Kombinasi

1. $C(n, r)$ = banyaknya himpunan bagian yang terdiri dari r elemen yang dapat dibentuk dari himpunan dengan n elemen.

Misalkan $A = \{1, 2, 3\}$

Jumlah Himpunan bagian dengan 2 elemen:

$$\begin{array}{l} \{1, 2\} = \{2, 1\} \\ \{1, 3\} = \{3, 1\} \\ \{2, 3\} = \{3, 2\} \end{array} \bigg\rangle 3 \text{ buah}$$

$$\text{atau } C(3,2) = \frac{3!}{(3-2)!2!} = \frac{3!}{1!2!} = 3 \text{ buah}$$

2. $C(n, r)$ = cara memilih r buah elemen dari n buah elemen yang ada, tetapi urutan elemen di dalam susunan hasil pemilihan tidak penting.

Contoh 9: Berapa banyak cara membentuk panitia (komite, komisi, dsb) yang beranggotakan 5 orang dari sebuah fraksi di DPR yang beranggotakan 25 orang?

Penyelesaian:

Panitia atau komite adalah kelompok yang tidak terurut, artinya setiap anggota di dalam panitia kedudukannya sama.

Misalkan lima orang yang dipilih adalah A, B, C, D, dan E, maka urutan penempatan masing-masingnya di dalam panitia tidak penting (ABCDE sama saja dengan BACED, ADCEB, dan seterusnya). Banyaknya cara memilih anggota panitia yang terdiri dari 5 orang anggota adalah $C(25,5) = 53130$ cara.

Contoh 10. Di antara 10 orang mahasiswa Teknik Informatika Angkatan 2019, berapa banyak cara membentuk sebuah perwakilan yang beranggotakan 5 orang sedemikian sehingga:

- a) mahasiswa bernama *A* selalu termasuk di dalamnya;
- b) mahasiswa bernama *A* tidak termasuk di dalamnya;
- c) mahasiswa bernama *A* selalu termasuk di dalamnya, tetapi *B* tidak;
- d) mahasiswa bernama *B* selalu termasuk di dalamnya, tetapi *A* tidak;
- e) mahasiswa bernama *A* dan *B* termasuk di dalamnya;
- f) setidaknya salah satu dari mahasiswa yang bernama *A* atau *B* termasuk di dalamnya.

Penyelesaian:

a) mahasiswa bernama *A* selalu termasuk di dalamnya;

Masukkan *A* ke dalam perwakilan (1 cara), maka tersisa 9 orang. Dari 9 orang ini dipilih 4 anggota perwakilan lainnya, ini ada sebanyak $C(9,4)$ cara. Sehingga terdapat $1 \times C(9, 4) = C(9, 4) = 126$ cara untuk membentuk perwakilan yang beranggotakan 5 orang sedemikian sehingga *A* selalu termasuk di dalamnya.

b) mahasiswa bernama *A* tidak termasuk di dalamnya;

Keluarkan *A* dari 10 orang, sehingga tersisa 9 orang. Ada $C(9, 5) = 126$ cara untuk membentuk perwakilan yang beranggotakan 5 orang sedemikian sehingga *A* tidak termasuk di dalamnya.

c) mahasiswa bernama *A* selalu termasuk di dalamnya, tetapi *B* tidak;

Masukkan *A* ke dalam perwakilan, keluarkan *B* sehingga tersisa 8 orang. Dari 8 orang pilih 4 perwakilan lagi, jadi ada $C(8, 4) = 70$ cara untuk membentuk perwakilan yang beranggotakan 5 orang sedemikian sehingga *A* termasuk di dalamnya, tetapi *B* tidak.

- d) mahasiswa bernama *B* selalu termasuk di dalamnya, tetapi *A* tidak;
Sama seperti soal c di atas, ada $C(8, 4) = 70$ cara untuk membentuk perwakilan yang beranggotakan 5 orang sedemikian sehingga *B* termasuk di dalamnya, tetapi *A* tidak.
- e) mahasiswa bernama *A* dan *B* termasuk di dalamnya;
Masukkan *A* dan *B* ke dalam perwakilan sehingga tersisa 8 orang. Dari 8 orang ini pilih tiga perwakilan lagi. Ada $C(8, 3) = 56$ cara untuk membentuk perwakilan yang beranggotakan 5 orang sedemikian sehingga *A* dan *B* selalu termasuk di dalamnya.

f) setidaknya salah satu dari mahasiswa bernama *A* atau *B* termasuk di dalamnya.

Jumlah cara membentuk perwakilan sedemikian sehingga setidaknya salah satu dari *A* atau *B* termasuk di dalamnya

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah cara membentuk perwakilan sehingga } A \text{ termasuk di dalamnya, } B \text{ tidak} \\ &+ \text{jumlah cara membentuk perwakilan sehingga } B \text{ termasuk di dalamnya, } A \text{ tidak} \\ &+ \text{jumlah cara membentuk perwakilan sehingga } A \text{ dan } B \text{ termasuk di dalamnya} \\ &= 70 + 70 + 56 = 196 \end{aligned}$$

Cara kedua adalah dengan menggunakan prinsip inklusi-eksklusi:

X = jumlah cara membentuk perwakilan yang menyertakan *A*

Y = jumlah cara membentuk perwakilan yang menyertakan *B*

$X \cap Y$ = jumlah cara membentuk perwakilan yang menyertakan *A* dan *B*,

maka

$$|X| = C(9, 4) = 126; \quad |Y| = C(9, 4) = 126; \quad |X \cap Y| = C(8, 3) = 56;$$

$$|X \cup Y| = |X| + |Y| - |X \cap Y| = 126 + 126 - 56 = 196$$

Latihan:

1. Kursi-kursi di sebuah bioskop disusun dalam baris-baris, satu baris berisi 10 buah kursi. Berapa banyak cara mendudukkan 6 orang penonton pada satu baris kursi:

(a) jika bioskop dalam keadaan terang

(b) jika bioskop dalam keadaan gelap

Petunjuk: dalam keadaan gelap, orang-orang di dalam bioskop tidak dapat dibedakan

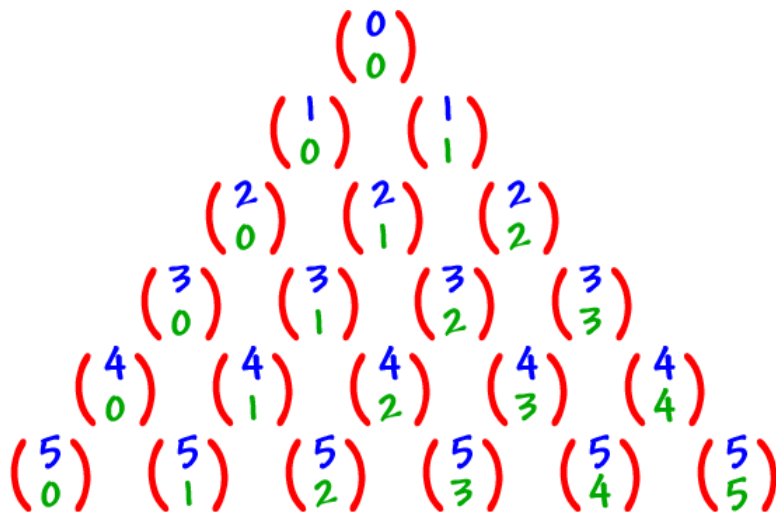
Jawaban:

(a) $P(10, 6) = 10!/(10 - 6)! = 151200$

(b) $C(10, 6) = 10!/(6!4!) = 210$



2. Ada 5 orang mahasiswa jurusan Matematika dan 7 orang mahasiswa jurusan Informatika. Berapa banyak cara membentuk sebuah panitia yang beranggotakan 4 orang jika:
- (a) tidak ada batasan jurusan di dalam panitia tersebut
 - (b) semua anggota panitia harus dari jurusan Matematika
 - (c) semua anggota panitia harus dari jurusan Informatika
 - (d) semua anggota panitia harus dari jurusan yang sama
 - (e) 2 orang mahasiswa per jurusan harus mewakili.
3. Berapa banyak cara membentuk sebuah panitia yang beranggotakan 5 orang yang dipilih dari 7 orang pria dan 5 orang wanita, jika di dalam panitia tersebut paling sedikit beranggotakan 2 orang wanita?



Kombinatorial (Bagian 2)

Bahan Kuliah

IF2120 Matematika Diskrit

Oleh: Rinaldi Munir

Program Studi Teknik Informatika
STEI - ITB

Permutasi dan Kombinasi Bentuk Umum

Misalkan: ada n buah bola yang tidak seluruhnya berbeda warna (jadi, ada beberapa bola yang warnanya sama - *indistinguishable*).

n_1 bola diantaranya berwarna 1,
 n_2 bola diantaranya berwarna 2,
 \vdots
 n_k bola diantaranya berwarna k ,

dan $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$.

Berapa jumlah cara pengaturan n buah bola ke dalam kotak-kotak tersebut (tiap kotak berisi satu buah bola)?

Jika n buah bola itu kita anggap berbeda semuanya, maka jumlah cara pengaturan n buah bola ke dalam n buah kotak adalah:

$$P(n, n) = n!.$$

Dari pengaturan n buah bola itu,

ada $n_1!$ cara memasukkan bola berwarna 1

ada $n_2!$ cara memasukkan bola berwarna 2

\vdots

ada $n_k!$ cara memasukkan bola berwarna k

Permutasi n buah bola yang mana n_1 diantaranya berwarna 1, n_2 bola berwarna 2, ..., n_k bola berwarna k adalah:

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

Jumlah cara pengaturan seluruh bola kedalam kotak adalah:

$$\begin{aligned}
 C(n; n_1, n_2, \dots, n_k) &= C(n, n_1) C(n - n_1, n_2) C(n - n_1 - n_2, n_3) \\
 &\quad \dots C(n - n_1 - n_2 - \dots - n_{k-1}, n_k) \\
 &= \frac{n!}{n_1!(n - n_1)!} \frac{(n - n_1)!}{n_2!(n - n_1 - n_2)!} \\
 &\quad \frac{(n - n_1 - n_2)!}{n_3!(n - n_1 - n_2 - n_3)!} \\
 &\quad \dots \frac{(n - n_1 - n_2 - \dots - n_{k-1})!}{n_k!(n - n_1 - n_2 - \dots - n_{k-1} - n_k)!} \\
 &= \frac{n!}{n_1!n_2!n_3!\dots n_k!}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

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

Jika $n_1 = n_2 = \dots = n_k = 1$, maka, bentuk rumus di atas menjadi permutasi n elemen yang berbeda, yaitu

$$P(n; 1, 1, \dots, 1) = C(n; 1, 1, \dots, 1) = \frac{n!}{1!1!\dots1!} = n!$$

Contoh 10. Berapa banyak “kata” yang dapat dibentuk dengan menggunakan huruf-huruf dari kata *MISSISSIPPI*?

Penyelesaian:

$$S = \{M, I, S, S, I, S, S, I, P, P, I\}$$

huruf $M = 1$ buah (n_1)

huruf $I = 4$ buah (n_2)

huruf $S = 4$ buah (n_3)

huruf $P = 2$ buah (n_4)

$$n = 1 + 4 + 4 + 2 = 11 \text{ buah} = |S|$$



Cara 1: Jumlah *string* = $P(11; 1, 4, 4, 2)$

$$= \frac{11!}{(1!)(4!)(4!)(2!)} = 34650 \text{ buah.}$$

Cara 2: Jumlah *string* = $C(11, 1)C(10, 4)C(6, 4)C(2, 2)$

$$= \frac{11!}{(1!)(10!)} \cdot \frac{10!}{(4!)(6!)} \cdot \frac{6!}{(4!)(2!)} \cdot \frac{2!}{(2!)(0!)}$$

$$= \frac{11!}{(1!)(4!)(4!)(2!)}$$

$$= 34650 \text{ buah}$$

Contoh 11. Berapa banyak cara membagikan delapan buah mangga kepada 3 orang anak, bila Billy mendapat empat buah mangga, dan Andi serta Toni masing-masing memperoleh 2 buah mangga.

Penyelesaian: Mangga Billy: **BBBB**, mangga Andi: **AA**, mangga Toni: **TT**

$$n = 8, n_1 = 4, n_2 = 2, n_3 = 2, \text{ dan } n_1 + n_2 + n_3 = 4 + 2 + 2 = 8$$

$$\text{Jumlah cara membagi seluruh mangga} = \frac{8!}{(4!)(2!)(2!)} = 420 \text{ cara}$$

Contoh 12. 12 buah lampu berwarna (4 merah, 3 putih, dan 5 biru) dipasang pada 18 buah soket dalam sebuah baris (sisanya 6 buah soket dibiarkan kosong). Berapa jumlah cara pengaturan lampu?

Penyelesaian:

$n = 18$; $n_1 = 4$, $n_2 = 3$, $n_3 = 5$, dan $n_4 = 6$ (*socket* kosong)

Jumlah cara pengaturan lampu = $\frac{18!}{(4!)(3!)(5!)(6!)}$ cara



Latihan:

1. 100 orang mahasiswa dikirim ke 5 negara, masing-masing negara 20 orang mahasiswa. Berapa banyak cara pengiriman mahasiswa?

Jawaban: $n = 100, n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = 20,$

$$P(100; 20, 20, 20, 20, 20) = 100! / (20! 20! 20! 20! 20!)$$

2. Berapa banyak *string* yang dapat dibentuk dari huruf-huruf kata “CONGRESS” sedemikian sehingga dua buah huruf “S” tidak terletak berdampingan?

Jawaban: $P(8; 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2) - 7!$

3. Tentukan banyaknya cara agar 4 buku matematika berbeda, 3 buku sejarah berbeda, 3 buku kimia berbeda, dan 2 buku sosiologi berbeda dapat disusun dalam satu baris sedemikian sehingga (untuk masing-masing soal)

(a) semua buku yang topiknya sama letaknya bersebelahan,

(b) urutan buku dalam susunan bebas.

Jawaban: (a) $(4!)(4!)(3!)(3!)(2!)$

(b) $12!$

Kombinasi Dengan Pengulangan

Misalkan terdapat r buah bola yang semua berwarna sama dan tersedia n buah kotak.

Tinjau dua kasus berikut:

(i) Jika masing-masing kotak hanya boleh diisi *paling banyak satu* buah bola, maka jumlah cara memasukkan bola: $C(n, r)$.

(ii) Jika masing-masing kotak boleh *lebih dari satu* buah bola (tidak ada pembatasan jumlah bola), maka jumlah cara memasukkan bola adalah $C(n + r - 1, r)$. Perhatikan bahwa

$$C(n + r - 1, r) = C(n + r - 1, n - 1)$$

Contoh 13. Pada persamaan $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 12$, x_i adalah bilangan bulat ≥ 0 . Berapa jumlah kemungkinan solusinya?

Penyelesaian:
 x_1 x_2 x_3 x_4

Analogi: 12 buah bola akan dimasukkan ke dalam 4 buah kotak (dalam hal ini, $n = 4$ dan $r = 12$).

Bagilah keduabelas bola itu ke dalam tiap kotak. Misalnya, salah satu cara pembagiannya adalah sbb:

Kotak 1 diisi 3 buah bola ($x_1 = 3$)

Kotak 2 diisi 5 buah bola ($x_2 = 5$)

Kotak 3 diisi 2 buah bola ($x_3 = 2$)

Kotak 4 diisi 2 buah bola ($x_4 = 2$)

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3 + 5 + 2 + 2 = 12$$

Itu hanya salah satu solusinya. Semuanya ada sebanyak

$$C(n + r - 1, r) = C(4 + 12 - 1, 12) = C(15, 12) = 15! / (12! 3!) = 455$$

buah solusi.

Contoh 14: Berapa banyak solusi bilangan bulat $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 12$ jika $x_1 \geq 2$ dan x_i lainnya ≥ 0 .

Penyelesaian:

Analogi: 12 buah bola akan dimasukkan ke dalam 4 buah kotak.

Namun karena $x_1 \geq 2$, maka masukkan 2 bola terlebih dahulu ke dalam kotak x_1 agar x_1 dijamin terisi minimal 2 buah bola.

Bola yang tersisa adalah $12 - 2 = 10$. Sepuluh bola ini dibagi lagi ke dalam 4 kotak (termasuk kotak x_1).

Sekarang $n = 4$ dan $r = 10$, sehingga jumlah seluruh solusinya adalah sebanyak

$$C(4 + 10 - 1, 10) = C(13, 10) = 13!/(10! 3!) = 286$$

buah solusi.

Contoh 15. 20 buah apel dan 15 buah jeruk dibagikan kepada 5 orang anak, tiap anak boleh mendapat lebih dari 1 buah apel dan jeruk, atau tidak sama sekali. Berapa jumlah cara pembagian yang dapat dilakukan?

Penyelesaian:

$n = 5$, $r_1 = 20$ (apel) dan $r_2 = 15$ (jeruk)

Membagi 20 apel kepada 5 anak: $C(5 + 20 - 1, 20)$ cara,

Membagi 15 jeruk kepada 5 anak: $C(5 + 15 - 1, 15)$ cara.

Jumlah cara pembagian kedua buah itu adalah

$$C(5 + 20 - 1, 20) \times C(5 + 15 - 1, 15) = C(24, 20) \times C(19, 15)$$

Latihan:

1. Ada 10 soal di dalam ujian akhir *Matematika Diskrit*. Berapa banyak cara pemberian nilai (bilangan bulat) pada setiap soal jika jumlah nilai keseluruhan soal adalah 100 dan setiap soal mempunyai nilai paling sedikit 5. (Khusus untuk soal ini, nyatakan jawaban akhir anda dalam $C(a, b)$ saja, tidak perlu dihitung nilainya)
2. Di perpustakaan Teknik Informatika terdapat 3 jenis buku: buku Algoritma dan Pemrograman, buku Matematika Diskrit, dan buku Basisdata. Perpustakaan memiliki paling sedikit 10 buah buku untuk masing-masing jenis. Berapa banyak cara memilih 10 buah buku?
3. Dari sejumlah besar koin 25-an, 50-an, 100-an, dan 500-an, berapa banyak cara lima koin dapat diambil?
4. Berapa banyak solusi bilangan bulat $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 20$ jika $0 \leq x_1 \leq 4$, $x_2 > 1$, $x_3 = 2$, dan x_i lainnya ≥ 0 .

Koefisien Binomial

$$(x + y)^0 = 1$$

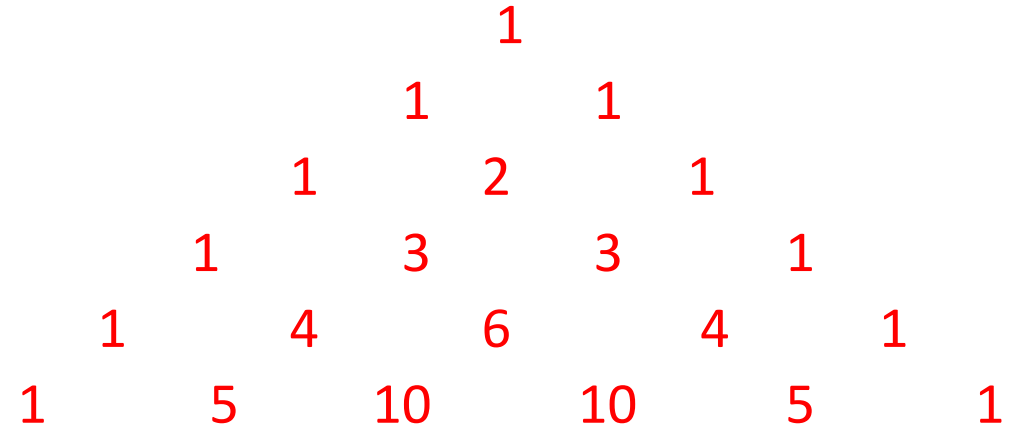
$$(x + y)^1 = x + y$$

$$(x + y)^2 = x^2 + 2xy + y^2$$

$$(x + y)^3 = x^3 + 3x^2y + 3xy^2 + y^3$$

$$(x + y)^4 = x^4 + 4x^3y + 6x^2y^2 + 4xy^3 + y^4$$

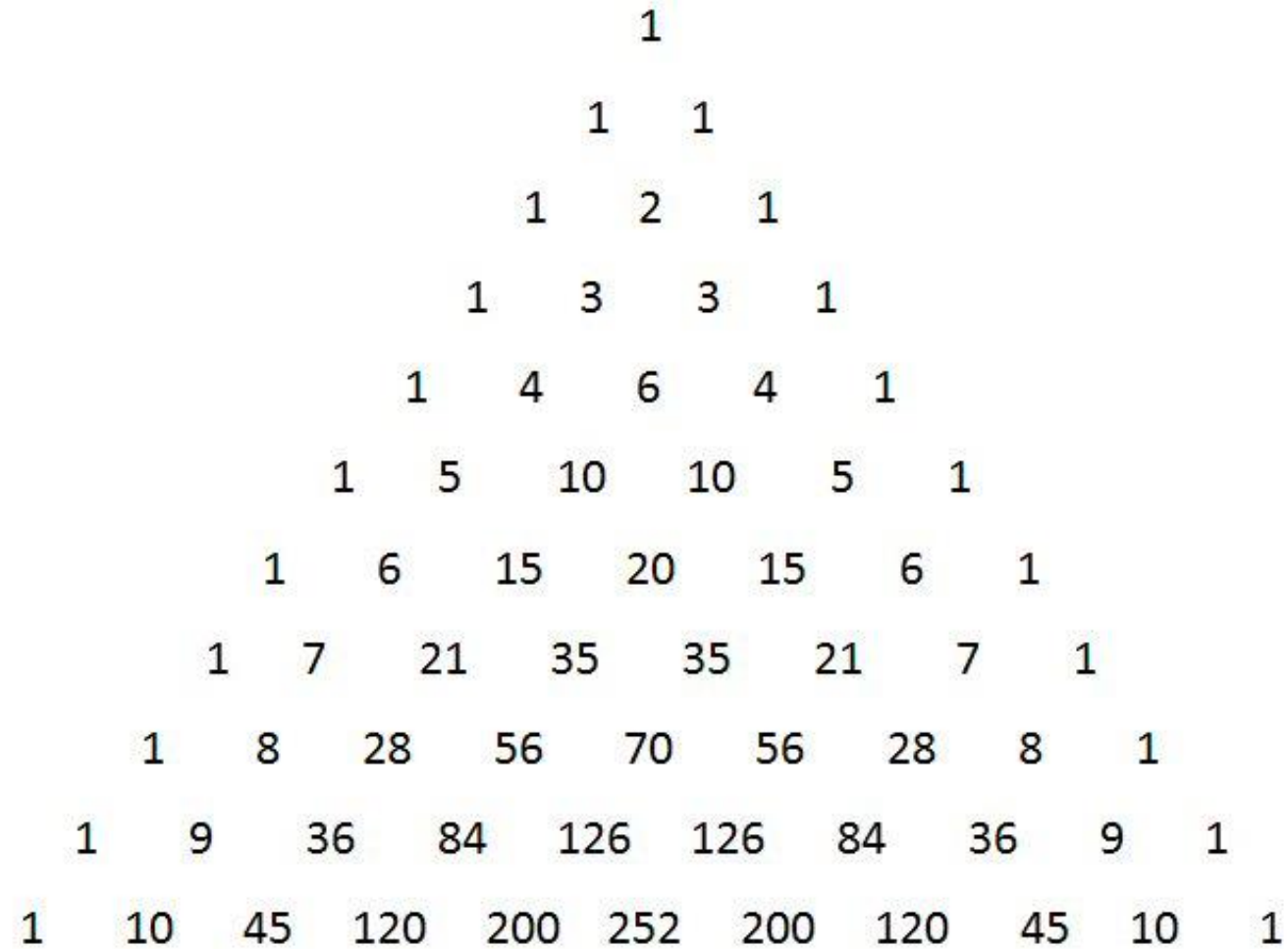
$$(x + y)^5 = x^5 + 5x^4y + 10x^3y^2 + 10x^2y^3 + 5xy^4 + y^5$$



$$(x + y)^n = C(n, 0) x^n + C(n, 1) x^{n-1} y + C(n, 2) x^{n-2} y^2 \dots + C(n, k) x^{n-k} y^k + \dots + C(n, n) y^n$$
$$= \sum_{k=0}^n C(n, k) x^{n-k} y^k$$

Koefisien untuk $x^{n-k} y^k$ adalah $C(n, k)$. Bilangan $C(n, k)$ disebut **koefisien binomial**.

Segitiga Pascal



A diagram of Pascal's Triangle, also known as Segitiga Pascal. It consists of 10 rows of numbers arranged in a triangular shape. Each row starts and ends with the number 1. The numbers in each row are the sum of the two numbers directly above them from the previous row. The triangle is centered on the page.

				1						
			1		1					
		1		2		1				
	1		3		3		1			
	1	4		6		4		1		
	1	5	10		10	5		1		
	1	6	15	20		15	6		1	
	1	7	21	35	35	21	7		1	
	1	8	28	56	70	56	28	8		1
	1	9	36	84	126	126	84	36	9	1
1	10	45	120	200	252	200	120	45	10	1

Pascal's Triangle - Symmetry (Mirror Image)

Central "spine" numbers (blue) are equal to the "binomial coefficient sum":
Central binomial coefficients: $C(2n, n) = (2n)! / (n!)^2$.

$$S_{n+1} = (2n)! / (n!)^2$$

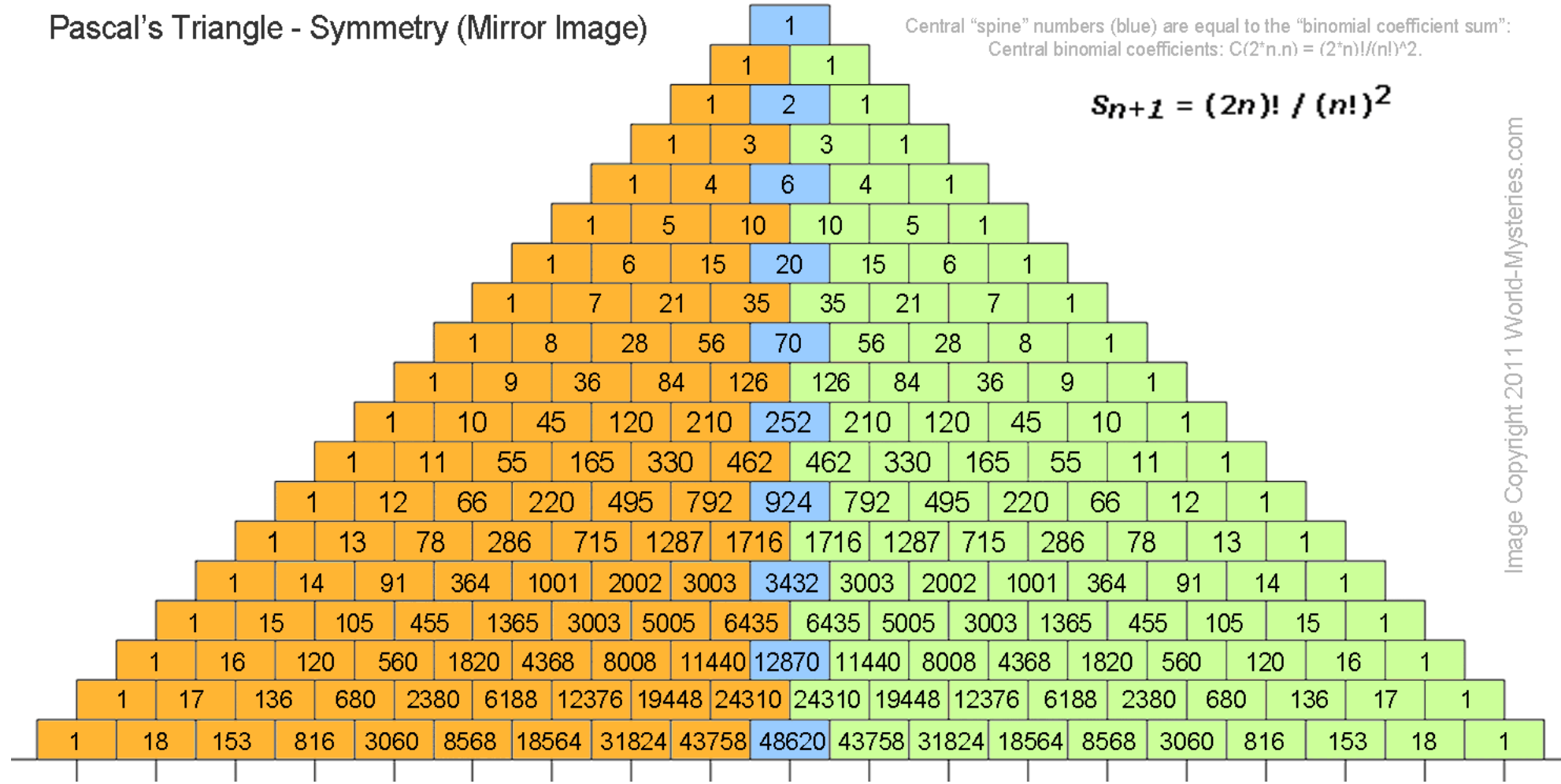


Image Copyright 2011 World-Mysteries.com

$$(x + y)^n = C(n, 0) x^n + C(n, 1) x^{n-1} y + C(n, 2) x^{n-2} y^2 \dots + C(n, k) x^{n-k} y^k + \dots + C(n, n) y^n$$

Contoh 16. Jabarkan $(3x - 2)^3$.

Penyelesaian:

Misalkan $a = 3x$ dan $b = -2$,

$$\begin{aligned}(a + b)^3 &= C(3, 0) a^3 + C(3, 1) a^2 b^1 + C(3, 2) a^1 b^2 + C(3, 3) b^3 \\&= 1 (3x)^3 + 3 (3x)^2 (-2) + 3 (3x) (-2)^2 + 1 (-2)^3 \\&= 27 x^3 - 54x^2 + 36x - 8\end{aligned}$$

$$(x + y)^n = C(n, 0) x^n + C(n, 1) x^{n-1} y + C(n, 2) x^{n-2} y^2 \dots + C(n, k) x^{n-k} y^k + \dots + C(n, n) y^n$$

Contoh 17. Tentukan suku keempat dari penjabaran perpangkatan $(x - y)^5$.

Penyelesaian:

$$(x - y)^5 = (x + (-y))^5.$$

Suku keempat adalah: $C(5, 3) x^{5-3} (-y)^3 = -10x^2y^3$.

Contoh 18. Buktikan bahwa $\sum_{k=0}^n C(n, k) = 2^n$.

Penyelesaian:

Dari persamaan binomial, ambil $x = y = 1$, sehingga

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

$$\Leftrightarrow (1 + 1)^n = \sum_{k=0}^n C(n, k) 1^{n-k} 1^k = \sum_{k=0}^n C(n, k)$$

$$\Leftrightarrow 2^n = \sum_{k=0}^n C(n, k)$$

Latihan: Perlihatkan bahwa $\sum_{k=0}^n 2^k C(n, k) = 3^n$

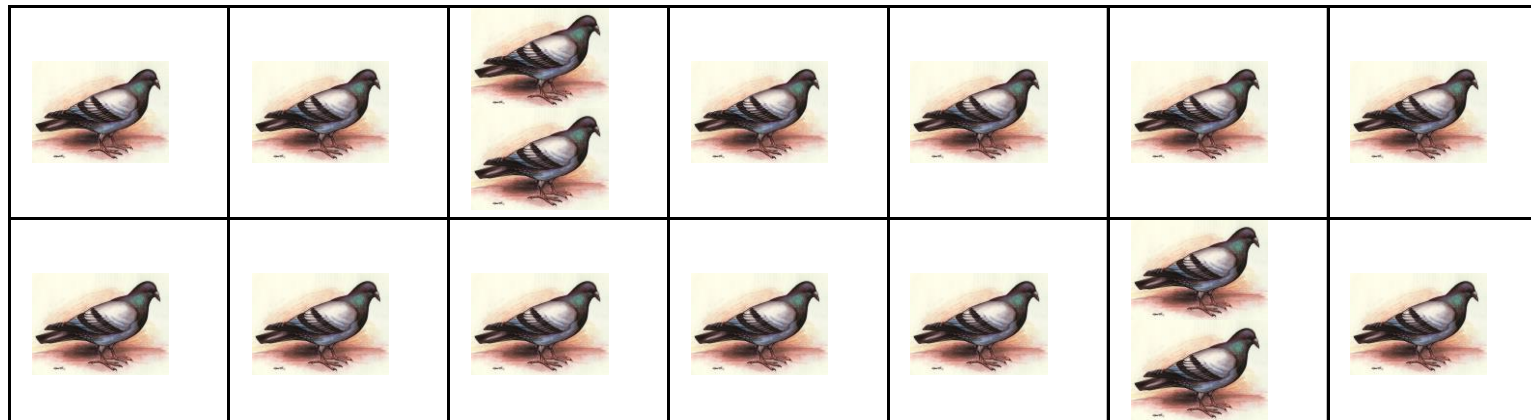
Pigeonhole Principle

- *Pigeonhole principle* = prinsip sarang burung merpati



- **Prinsip Sarang Merpati.** Jika $n + 1$ atau lebih objek ditempatkan di dalam n buah kotak, maka paling sedikit terdapat satu kotak yang berisi dua atau lebih objek.

Bukti: Misalkan tidak ada kotak yang berisi dua atau lebih objek. Maka, total jumlah objek paling banyak adalah n . Ini kontradiksi, karena jumlah objek paling sedikit $n + 1$.



Gambar Kandang merpati dengan 14 buah sarang (*pigeonhole*) dan 16 ekor merpati.

- Prinsip sarang merpati, jika diterapkan dengan baik, akan memberikan hanya objek-objek yang ada, dan bukan memberitahukan bagaimana mencari objek tersebut dan berapa banyak.
- Pada masalah sarang burung merpati, prinsip ini tidak memberitahukan di sarang merpati mana yang berisi lebih dari satu ekor merpati.

Contoh 19. Dari 27 orang mahasiswa, paling sedikit terdapat dua orang yang namanya diawali dengan huruf yang sama, karena hanya ada 26 huruf dalam alfabet.

Jika kita menganggap 27 huruf awal dari nama-nama mahasiswa sebagai merpati dan 26 huruf alfabet sebagai 26 buah sarang merpati, kita bisa menetapkan pemasangan 27 huruf awal nama ke 26 huruf alfabet seperti halnya pemasangan merpati ke sarang merpati.

Menurut prinsip sarang merpati, beberapa huruf awal alfabet dipasangkan dengan paling sedikit dua huruf awal nama mahasiswa.

Contoh 20. Misalkan terdapat banyak bola merah, bola putih, dan bola biru di dalam sebuah kotak. Berapa paling sedikit jumlah bola yang diambil dari kotak (tanpa melihat ke dalam kotak) untuk menjamin bahwa sepasang bola yang berwarna sama terambil?

Penyelesaian:

Jika setiap warna dianggap sebagai sarang merpati, maka $n = 3$. Karena itu, jika orang mengambil paling sedikit $n + 1 = 4$ bola (merpati), maka dapat dipastikan sepasang bola yang berwarna sama ikut terambil. Jika hanya diambil 3 buah, maka ada kemungkinan ketiga bola itu berbeda warna satu sama lain. Jadi, 4 buah bola adalah jumlah minimum yang harus diambil dari dalam kotak untuk menjamin terambil sepasang bola yang berwarna sama.

Prinsip Sarang Merpati yang Dirampatkan. Jika M objek ditempatkan di dalam n buah kotak, maka paling sedikit terdapat satu kotak yang berisi minimal $\lceil M/n \rceil$ objek.

- **Contoh 21.** Di antara 50 orang mahasiswa, terdapat paling sedikit $\lceil 50/12 \rceil = 5$ orang yang lahir pada bulan yang sama.

Contoh 22. Tinjau kembali Contoh 20. Berapa paling sedikit jumlah bola yang harus diambil dari dalam kotak sehingga 3 pasang bola yang setiap pasanganya berwarna sama terambil?

Penyelesaian:

Tiga pasang bola yang setiap pasang berwarna sama berarti semuanya 6 buah bola. Pada masalah ini, n masih tetap sama dengan 3 (yaitu jumlah warna), dan kita perlu mengambil paling sedikit M buah bola untuk memastikan bahwa $\lceil M/3 \rceil = 6$ bola mengandung setiap pasang bola yang berwarna sama.

Nilai $M = 3 \cdot 5 + 1 = 16$. Jika kita hanya mengambil 15 bola, maka mungkin saja hanya terambil 2 macam bola yang berwarna sama.

Jadi, jumlah 16 buah bola adalah jumlah minimal yang perlu kita ambil dari dalam kotak untuk memastikan bahwa 3 pasang bola yang setiap pasang berwarna sama terambil.

TAMAT