



Pengantar ke PERANCANGAN
PERCOBAAN (EXPERIMENTAL
DESIGN)

Memberikan input dan
mengambil respon sebagai
data

Metode Pengumpulan data



sensus

survei



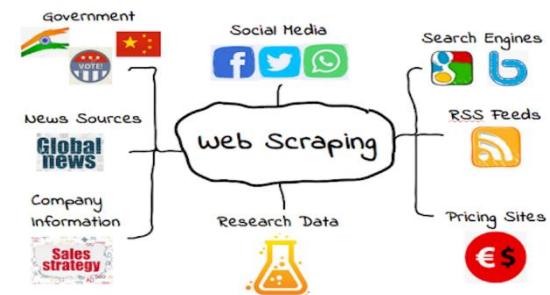
percobaan



observasi

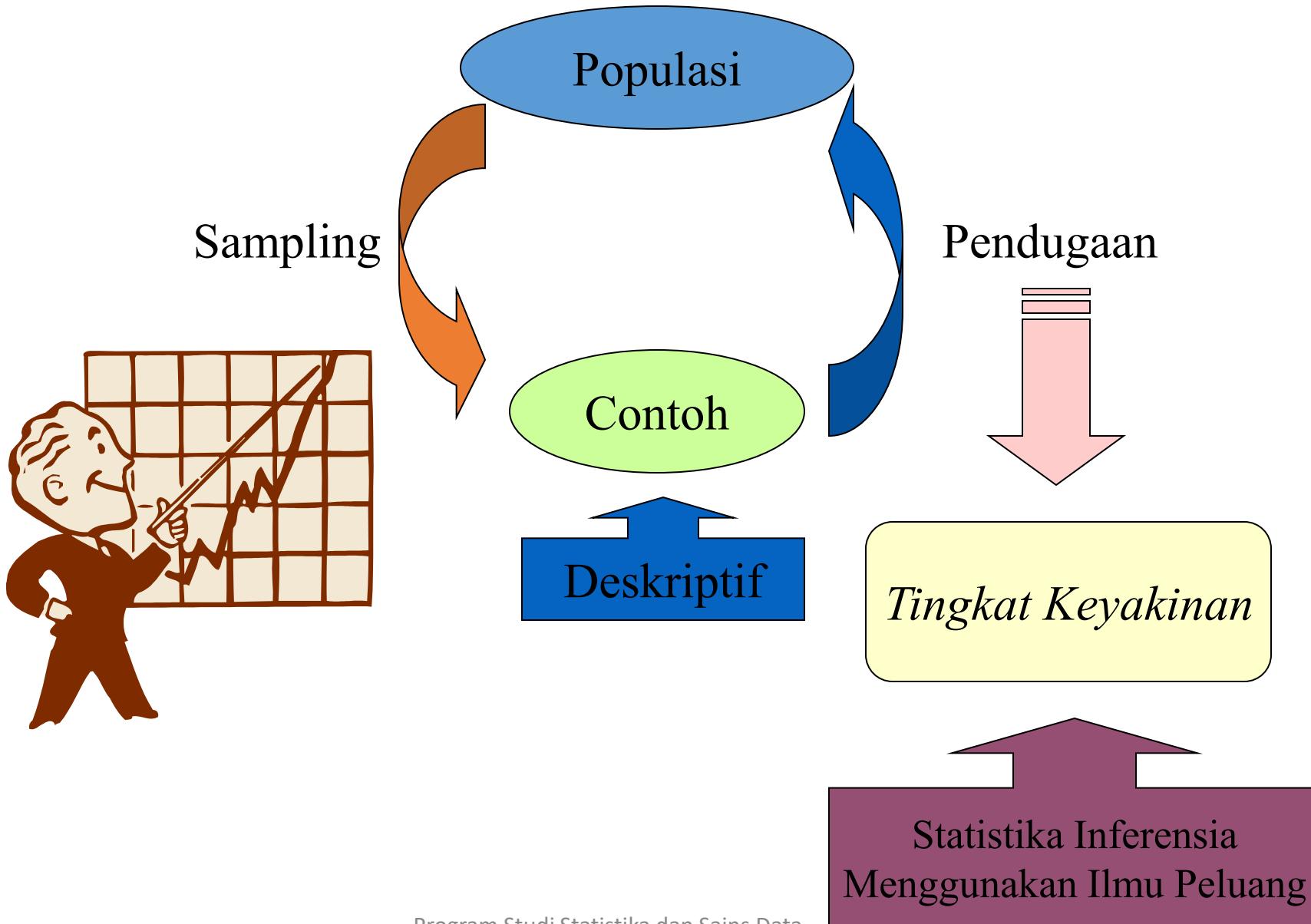


database
(administrasi, transaksi,
tangkapan aktivitas)



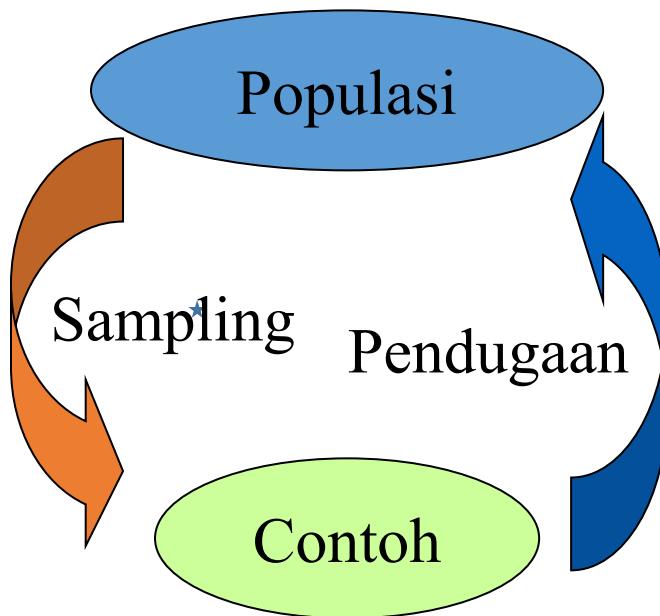
web scraping

Statistika

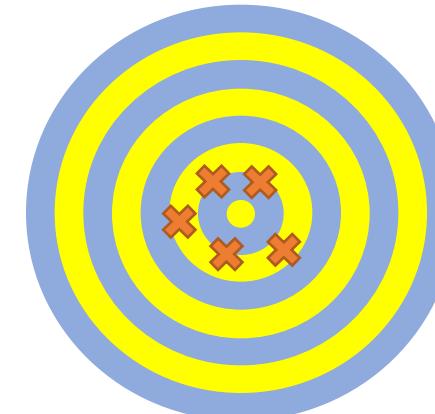


Kenapa perlu rancangan pengumpulan data?

Statistika



- Untuk mendapatkan penduga yang tidak berbias, (keakuratan)
- Untuk meningkatkan presisi kesimpulan
- Kesimpulan dapat digeneralisasi ke populasi target (representatif) *(error nya kecil)*



Observasi vs Percobaan



Pengamatan terhadap perubahan warna

Sumber foto:
https://carecorner.weebly.com/uploads/7/0/4/2/7042382/6001608_orig.jpg



Apakah jika diberikan warna yang berbeda, maka perubahan warnanya akan sesuai dengan warna yang diberikan?

Sumber foto: <https://i.ytimg.com/vi/KV4YuzuXpjQ/maxresdefault.jpg>

Observasi vs Percobaan



Observasi : data dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap fenomena yang terjadi dilapangan



Percobaan : data yang dikumpulkan merupakan respon dari objek/individu/unit yang dikondisikan tertentu



Experiment vs Experimental design

- An experiment is a type of research method in which you manipulate one or more independent variables and measure their effect on one or more dependent variables.
..
- **Experimental design** means creating a set of procedures to test a hypothesis.

Sumber : <https://www.scribbr.com/methodology/experimental-design/>

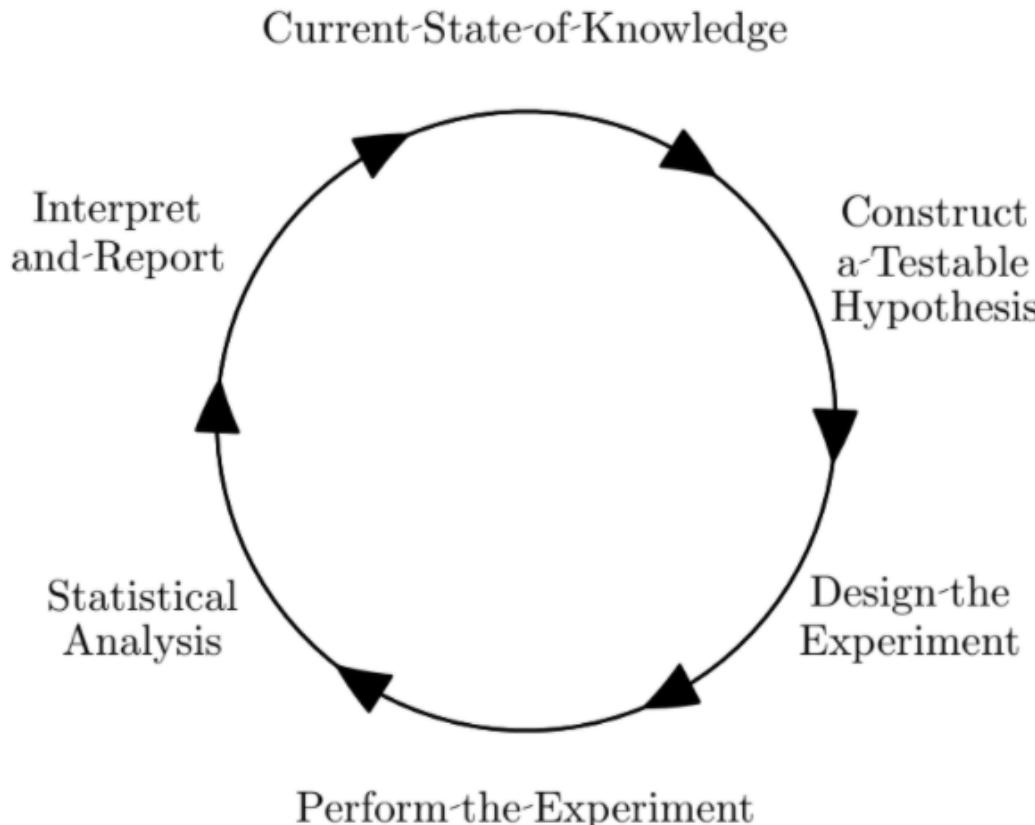
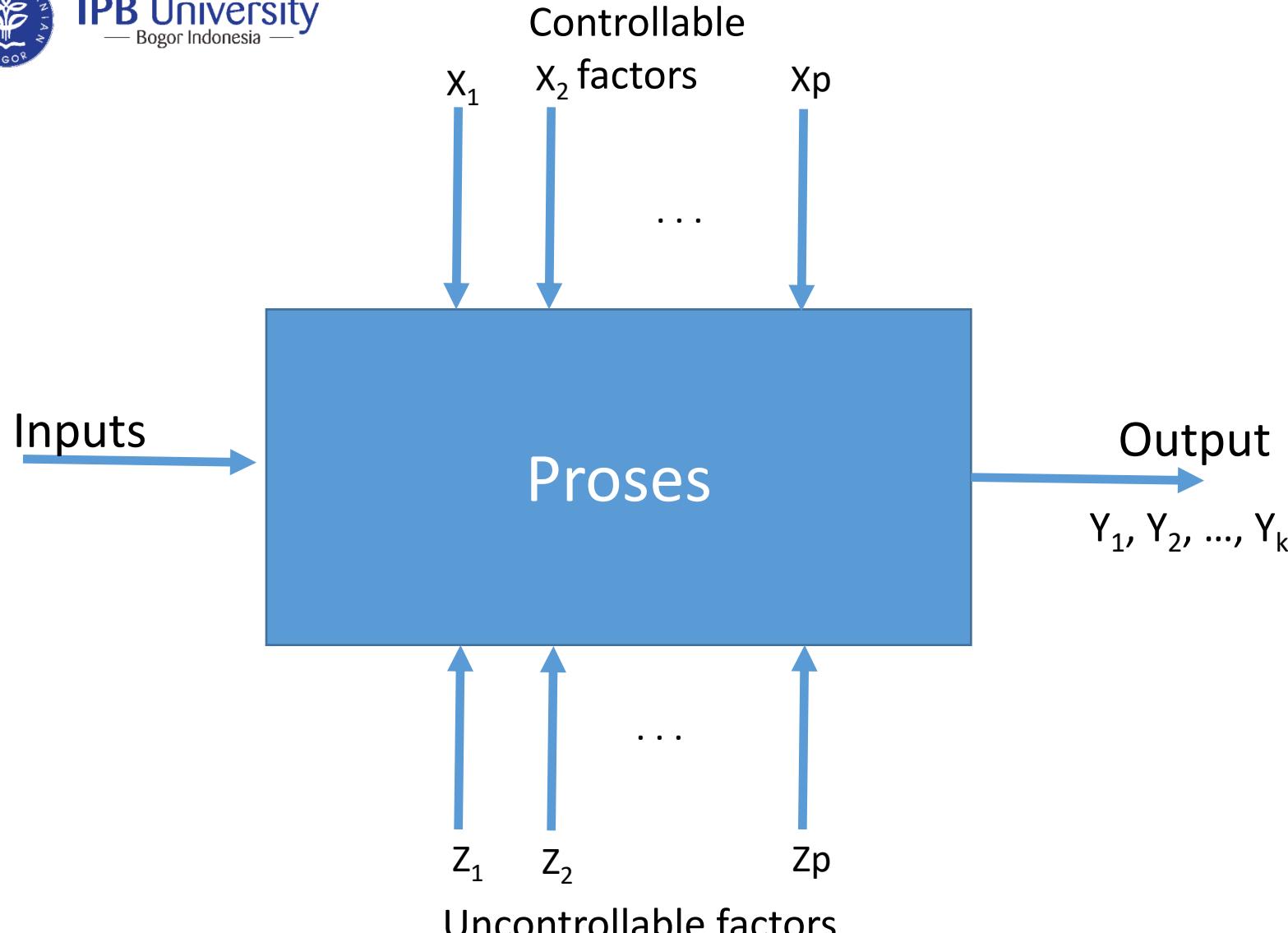


Figure 1.1: The circular flow of scientific learning

- Source :
<http://www.stat.cmu.edu/~hseltman/309/Book/Book.pdf>

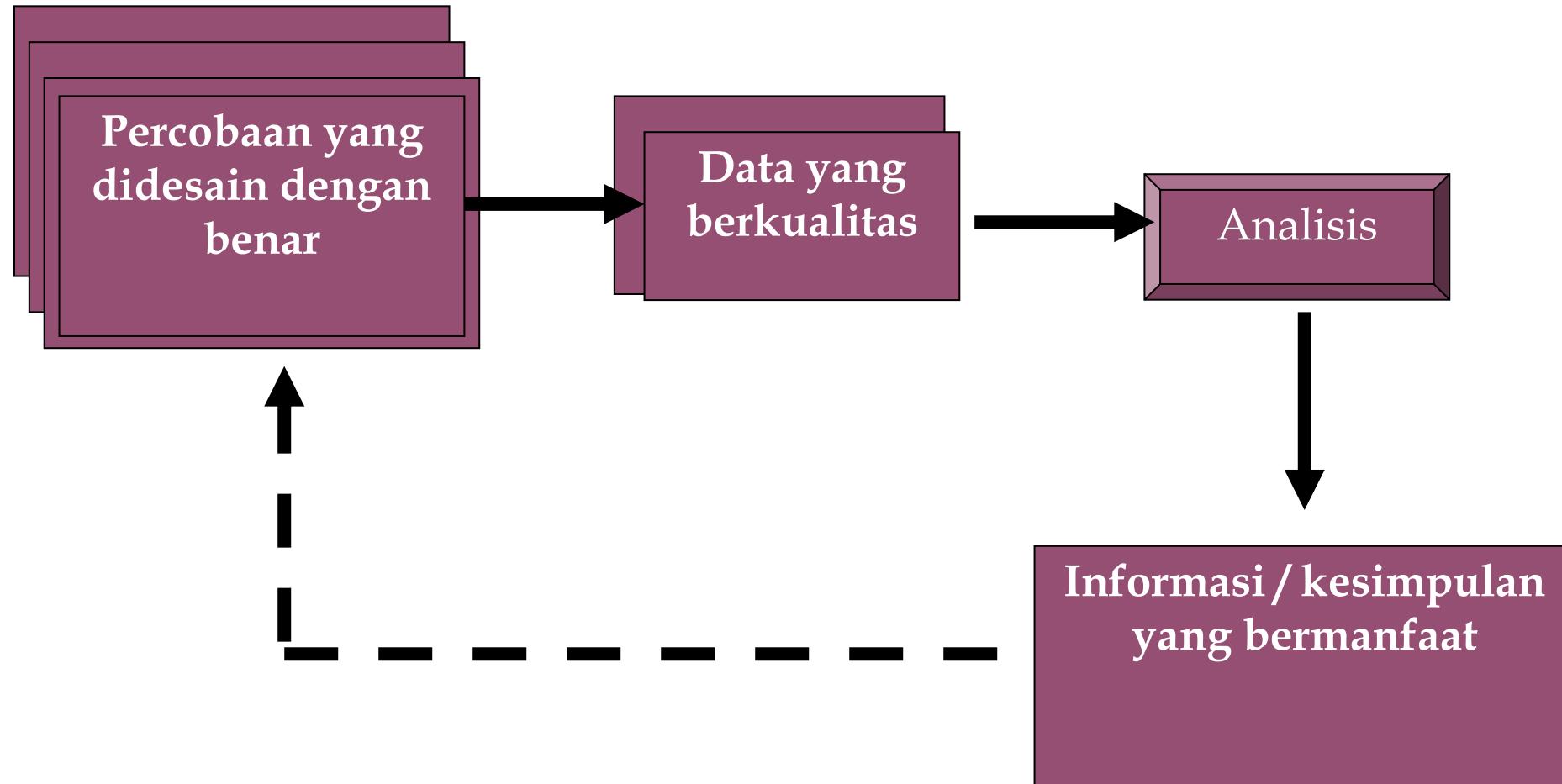
APA ITU PERANCANGAN PERCOBAAN?

- Merupakan suatu metode yang sistematik yang di dalamnya terdapat uji atau sederetan uji dimana suatu proses atau sistem mengakibatkan terjadinya perubahan yang cukup berarti dari variabel input, yang dapat diamati melalui respon yang muncul.
- Perencanaan (planning) suatu percobaan untuk memperoleh informasi yang relevan dengan tujuan dari penelitian



Sumber: Montgomery, 2013.
Design and analysis of experiments 8th edition. Wiley

Perlunya Perancangan Percobaan



Percobaan pembuatan roti



Model umum

- Dalam perancangan percobaan adalah mencari hubungan sebab akibat
- Merupakan pendekatan regresi
- Model secara umum dalam notasi matrik

$$E(\underline{y}) = \mathbf{X}\underline{\beta} + \underline{\varepsilon}, \quad \underline{\varepsilon} \sim N(0, \sigma^2 I), \quad \underline{y} \sim N(\mathbf{X}\underline{\beta}, \sigma^2 I)$$

- Dimana

\underline{y} = vector pengamatan respon

\mathbf{X} = matrik model yang berukuran $n \times p$ dimana n adalah banyaknya pengamatan dan p adalah banyaknya parameter dalam model

$\underline{\beta}$ = vektor koefisien model

$\underline{\varepsilon}$ = vektor dari error (komponen acak)

σ^2 = galat percobaan



Tujuan dari Perancangan Percobaan

1. Memilih peubah terkendali (X) yang paling berpengaruh terhadap respon (Y)
2. Memilih gugus peubah X yang paling mendekati nilai harapan Y
3. Memilih gugus peubah X yang menyebabkan keragaman respon (σ^2) paling kecil
4. Memilih gugus peubah X yang mengakibatkan pengaruh peubah tak terkendali paling kecil.



Prinsip Perancangan Percobaan



Randomization
(Pengacakan)



Replication
(Ulangan)



Local Control



Praktek Perancangan Percobaan

- Silakan maju dua orang mahasiswa sebagai volunteer
- Kemudian pilih tiga orang temannya sebagai tim
- Desain suatu pesawat terbang dengan menggunakan kertas
- Diskusikan bagaimana cara menguji jarak tempuh dari pesawat terbang yang dibuat!
- Bahas apakah pengujian yang dilakukan mengikuti kaidah perancangan percobaan!

Randomization (Pengacakan)

Definisi : setiap unit percobaan memiliki peluang yang sama untuk diberikan suatu perlakuan.

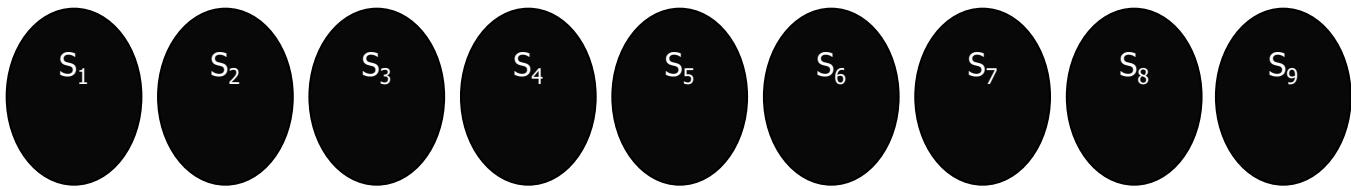
Tujuan pengacakan

- Menghindari galat sistematis
- Meningkatkan validitas kesimpulan (pemenuhan asumsi kebebasan)

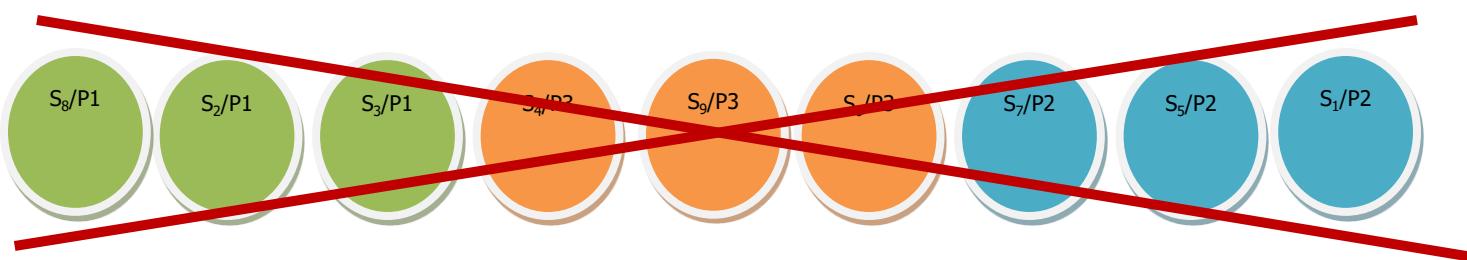
Caranya: lotere, tabel bilangan acak, komputer

ILUSTRASI

- Kembali ke percobaan ekstraksi daun salam untuk obat. Ingin diketahui pengaruh waktu terhadap kadar flavonoids. Waktu yang dicobakan adalah 30, 40, dan 60, sedangkan daya diseting pada kondisi 30% dan nisbah bahan pelarutnya pada kondisi 30. Dilakukan pengulangan tiga kali. Maka dibutuhkan 9 satuan percobaan

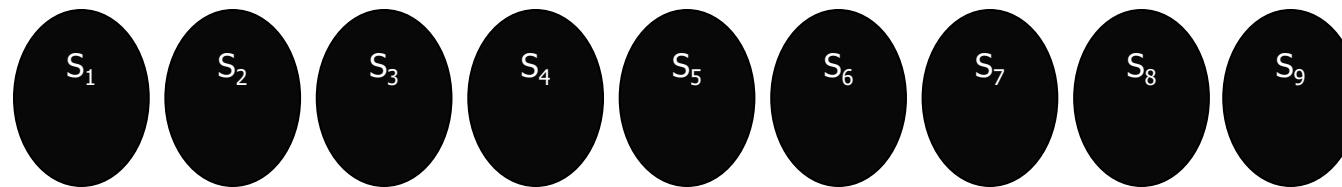


Satuan percobaan yang tersedia



Salah satu penempatan perlakuan pada satuan percobaan

Bagaimana Pengacakannya?



Pengacakan dilakukan dengan bantuan komputer
atau kertas undian

Prosedur kertas undian:

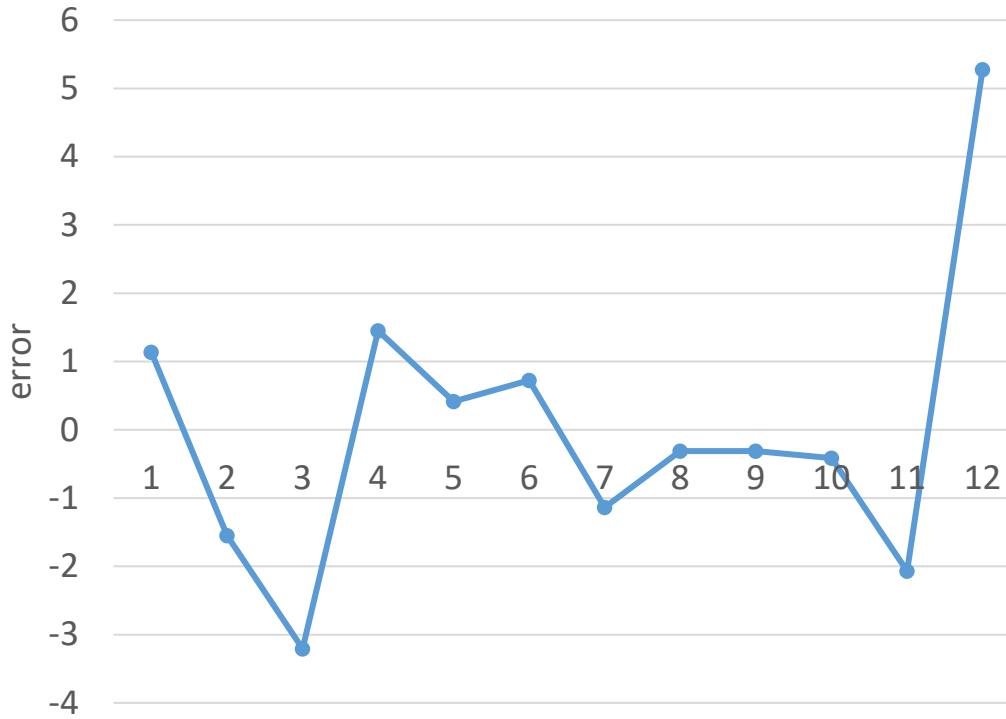
1. Siapkan 9 lembar kecil kertas kosong
2. Tuliskan “perlakuan 1”, “perlakuan 2”, dan “perlakuan 3” masing-masing pada 3 lembar
3. Kemudian ambil secara acak satu lembar, dan berikan tanda pada S1 perlakuan apa yang tertulis pada lembar yang terambil.
4. Lakukan terus pengambilan lembaran kertas secara acak satu-persatu sampai seluruh satuan percobaan mendapatkan perlakuan.

Salah satu contoh hasil pengacakan

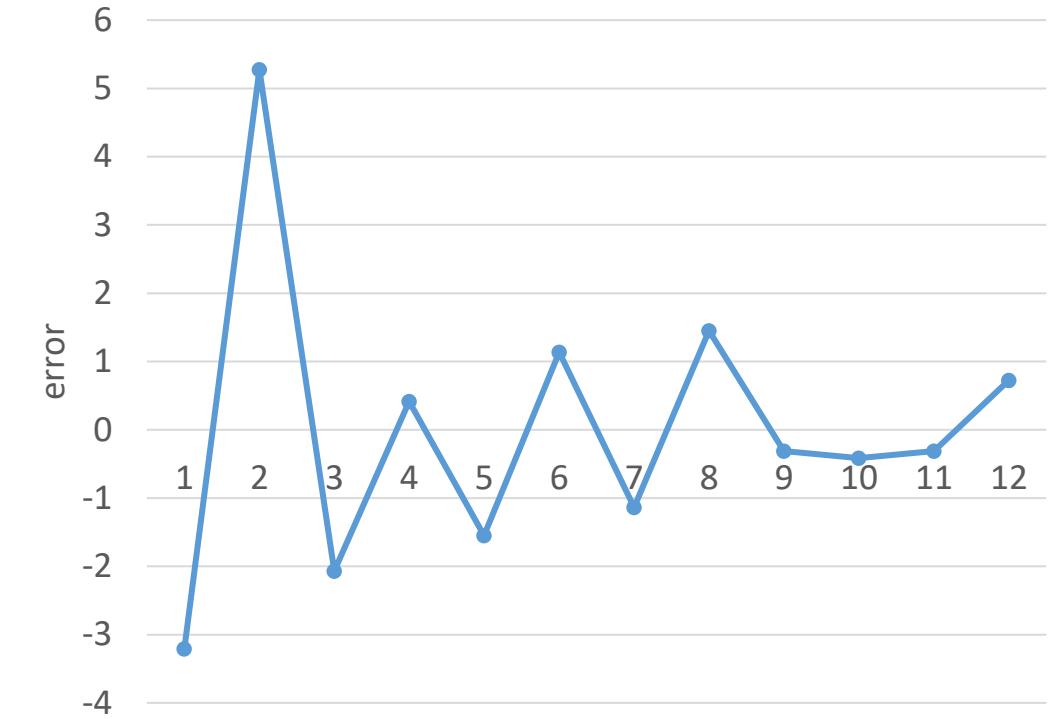


Penting : Setiap orang kemungkinan akan menghasilkan hasil pengacakan yang berbeda

Apa yang dimaksud galat sistematik?



Distribusi galat dimana terdapat pengacakan perlakuan



Distribusi galat dimana tidak terdapat pengacakan perlakuan

Terdapat galat sistematik karena semakin besar urutan perlakuan, maka error-nya semakin kecil

Replication (Ulangan)

- Penerapan perlakuan terhadap beberapa unit percobaan.
- Tujuan pengulangan :

- Untuk menduga galat percobaan $\hat{\sigma}^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2 + \dots + (n_p-1)s_p^2}{(n_1-1) + (n_2-1) + \dots + (n_p-1)}$

- Untuk menduga standard error rataan perlakuan $\hat{\sigma}_{\bar{y}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$

- Untuk meningkatkan presisi kesimpulan $t_h = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \delta_0}{s_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}}$

$$s_{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \sqrt{\hat{\sigma}^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

↓
Semakin kecil maka t_h akan semakin besar, cenderung untuk tolak H0



Bagaimana menentukan ulangan?

1. Minimal 3
2. Minimal db-galat 15

Misalkan db-galat pada faktor tunggal dalam rancangan acak lengkap = $t(r-1)$ dimana r = banyaknya ulangan, dan t = banyaknya perlakuan

Misalkan $t = 5$, maka $t(r-1) \geq 15 \rightarrow 5(r-1) \geq 15 \rightarrow r = 15/5 + 1 = 4$

Banyaknya ulangan yang dibutuhkan untuk masing-masing perlakuan minimal adalah 4

Bagaimana menentukan ulangan?

- Gunakan formula

$$r \geq 2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2$$

- Misalkan pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa $\sigma=3$. Berapakah ulangan yang diperlukan pada $\alpha= 5\%$ dan $\beta=10\%$ dan maksimal perbedaan rataan yang diinginkan adalah 5 ($\delta =5$)

$$r \geq 2(z_{0.025} + z_{0.1})^2 \left(\frac{\sigma}{\delta} \right)^2 \rightarrow r \geq 2(1.96 + 1.28)^2 \left(\frac{3}{5} \right)^2 = 3.779 \approx 4$$

=normsinv(0,975)

=normsinv(0,1)

Fungsi di excel

Local Control

- ▶ Pengendalian kondisi-kondisi lingkungan yang berpotensi mempengaruhi respon dari perlakuan. Strategi yang digunakan yaitu dengan metode pengelompokan.

Rancangan Acak Lengkap

- Digunakan pada saat semua unit percobaan homogen

Rancangan Acak Kelompok

- Digunakan jika terdapat satu keragaman pada unit percobaan

Rancangan Bujur Sangkar Latin

- Digunakan jika terdapat dua sumber keragaman pada unit percobaan



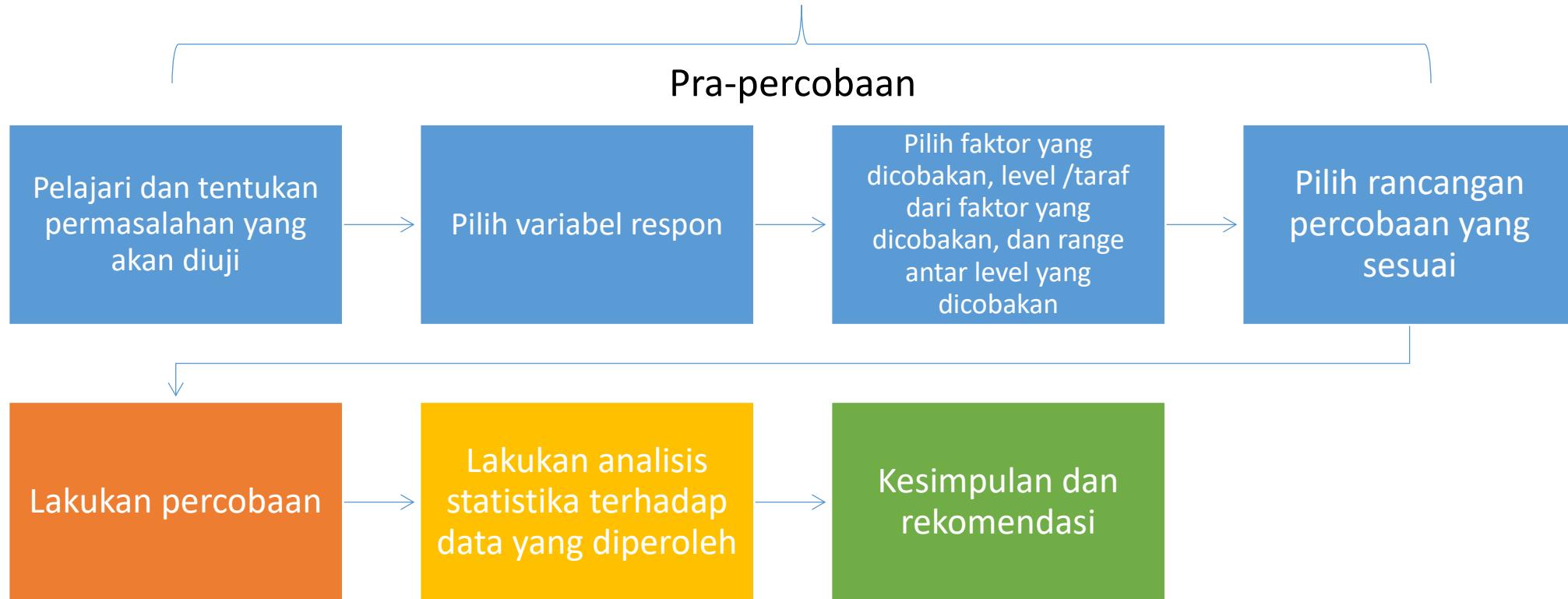
Istilah dalam Perancangan Percobaan

-satuan percobaan (<i>experimental unit</i>)	satu set/individu/objek yang memperoleh perlakuan tertentu dari peneliti.
-satuan pengamatan (<i>observational unit</i>)	Anak gugus dari satuan percobaan tempat dimana respon diukur
-ulangan (<i>replication</i>)	Pengalokasian suatu perlakuan tertentu terhadap beberapa satuan percobaan pada kondisi yang seragam
-perlakuan (<i>treatment</i>)	Suatu prosedur / metode yang diterapkan pada satuan percobaan → sesuatu yang ingin dilihat pengaruhnya
-variabel respon (<i>response variable</i>)	Variabel yang diamati / diukur dari perlakuan yang diberikan pada satuan percobaan
-galat (<i>error</i>)	Sumber keragaman yang tidak bisa diidentifikasi oleh peneliti

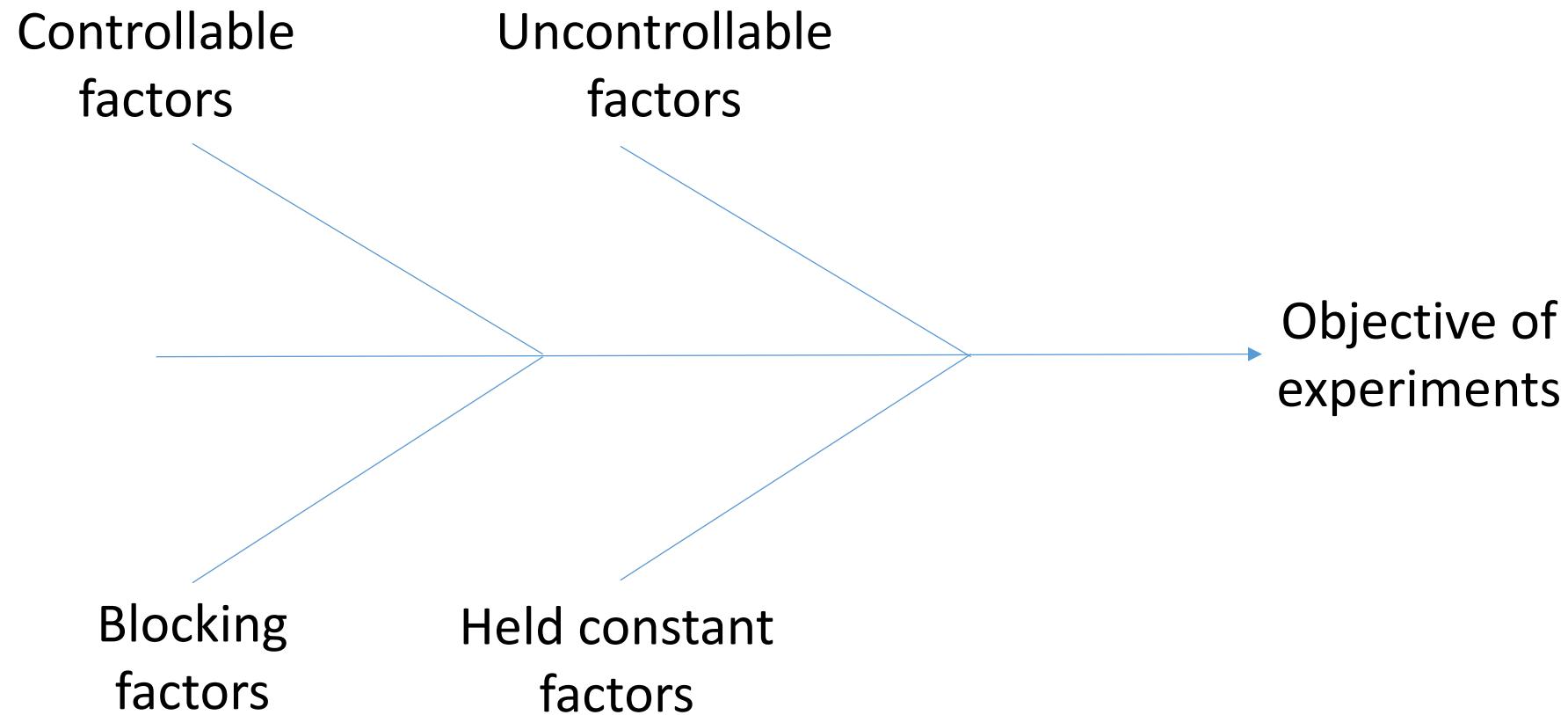
Istilah dalam Perancangan Percobaan

- Faktor	Peubah bebas yang dicobakan dalam percobaan sebagai penyusun struktur perlakuan
- Taraf	Nilai-nilai dari peubah bebas (faktor) yang dicobakan dalam percobaan
- Interaksi	Pengaruh dari level suatu faktor pada level faktor yang lain adalah berbeda
- Model acak	Model dimana faktor yang dicobakan merupakan faktor acak
- Model tetap	Model dimana faktor yang dicobakan merupakan faktor tetap
- Model campuran	Model dimana faktor yang dicobakan ada yang merupakan faktor tetap dan faktor acak

Tahapan dalam Perancangan Percobaan



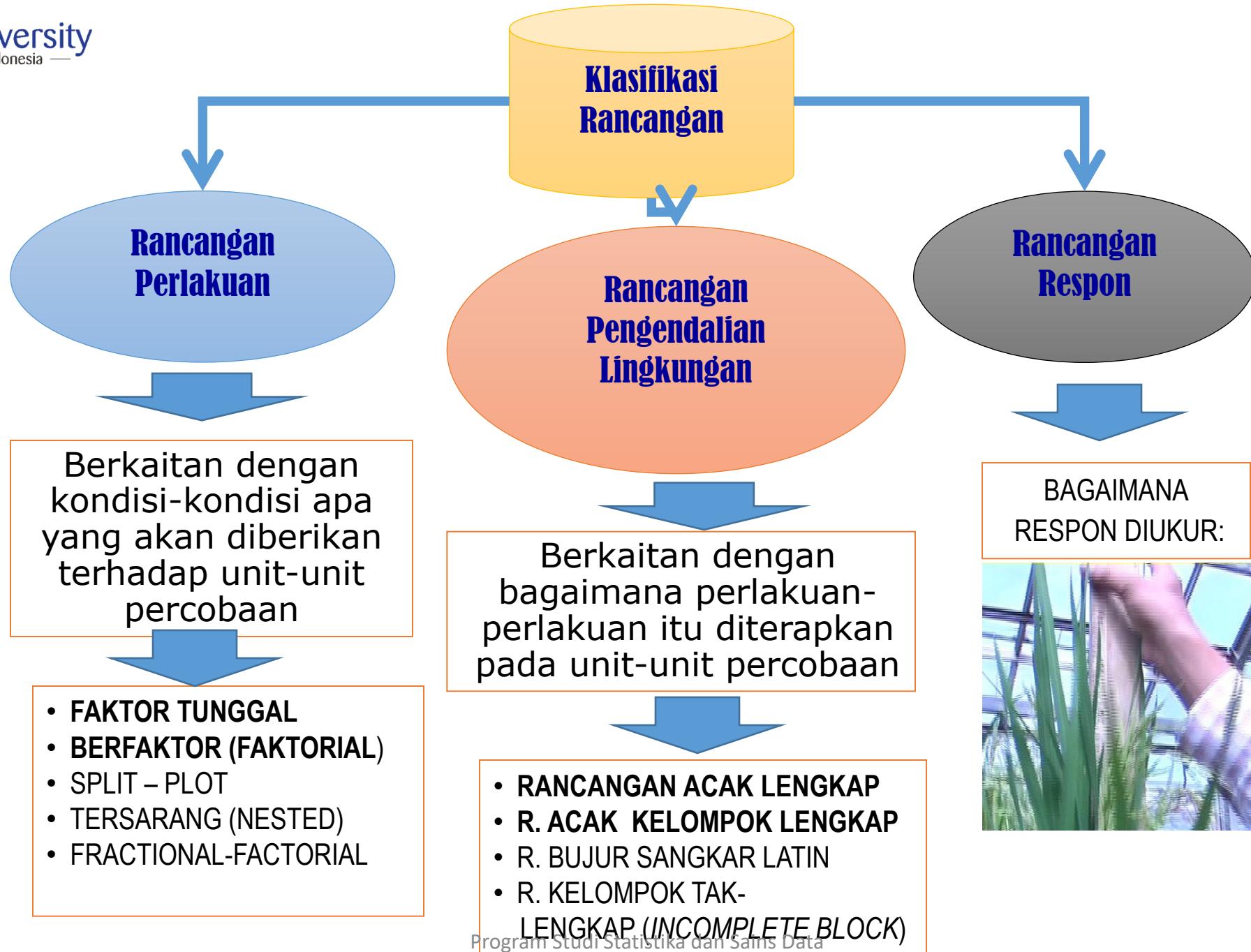
Cause and Effects Diagram



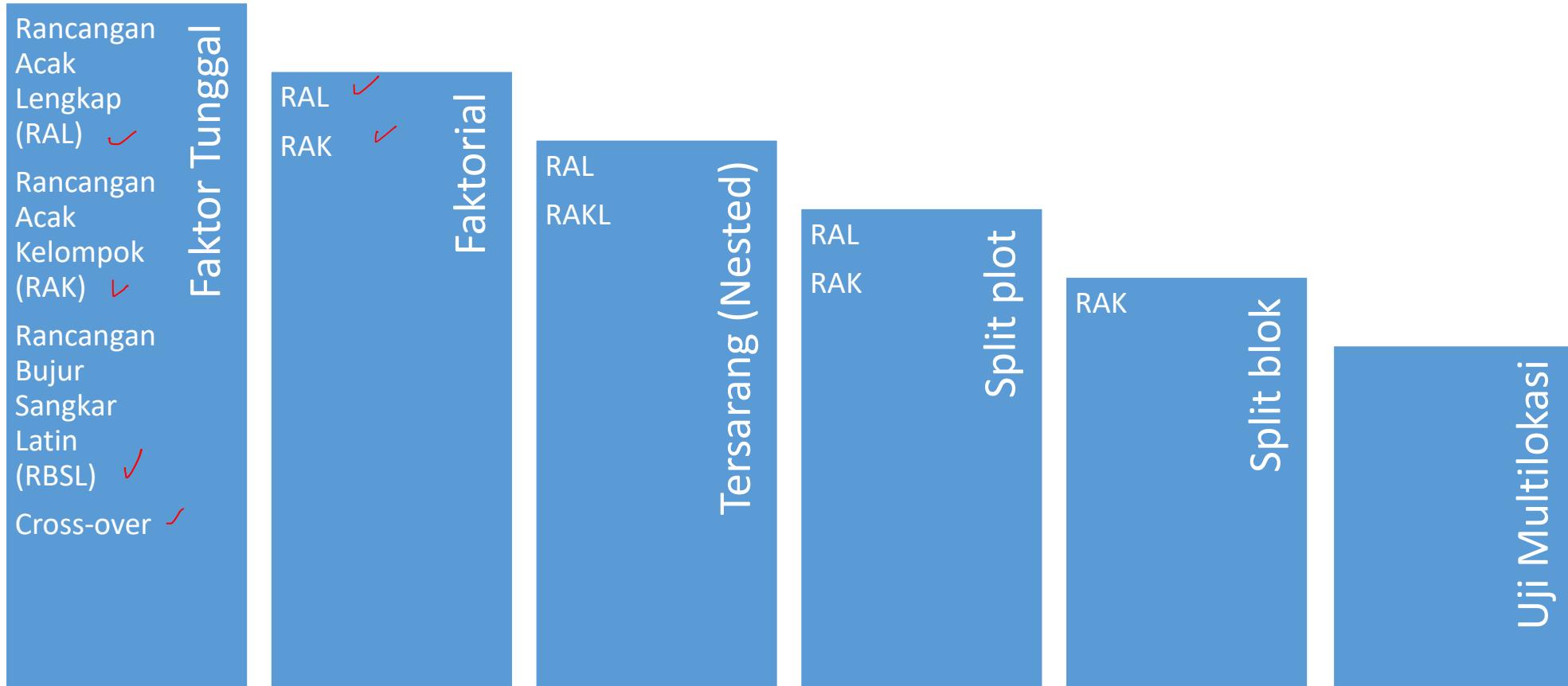


Yang perlu diperhatikan

- Gunakan pengetahuan di luar statistik untuk mendefinisikan permasalahan
- Pilih rancangan dan analisis statistika sesederhana mungkin
- Kenali perbedaan dari sisi praktis dan dari sisi statistik
- Percobaan biasanya bersifat iteratif



Beberapa Jenis Rancangan Percobaan yang Populer



Gabungan antara rancangan perlakuan dengan rancangan pengendalian lingkungan

Tahapan Analisis

- Analisis Deskriptif / Eksploratif
- Analisis Ragam
- Pemeriksaan Asumsi
 - Kenormalan
 - Kehomogenan ragam
 - Keaditifan
- Jika asumsi tidak terpenuhi, lakukan transformasi data, kemudian lakukan analisis ragam kembali
- Uji lanjutan
 - Perlakuan kualitatif: BNT, TUKEY, DMRT, Dunnett
 - Perlakuan kuantitatif: Kontras polynomial ortogonal, Kurva Respon (Response Surface)
- Khusus Uji multilokasi
 - Analisis Ragam Gabungan (Composite Analysis of Variance)
 - Analisis Kestabilan
 - AMMI (additive main effect and multiplication interactions)



Terima kasih