

Materi yang sudah dibahas

- Pengumpulan data primer: Survey vs percobaan
- Beberapa istilah penting dalam Rancob
- Rancangan: perlakuan, lingkungan, respons
- Tiga azas perancangan percobaan: ulangan, pengacakan, kontrol lokal
- Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merancang suatu percobaan

Contoh Percobaan

Review

1. Suatu percobaan dilakukan untuk menguji keampuhan 3 macam hormon pertumbuhan stek tanaman bunga mawar. Stek tanaman tersebut ditumbuhkan di polibag, dan diamati beberapa minggu setelah tanam. Percobaan diulang 5 kali.

Pertanyaannya:

- Apa perlakuannya?
- Apa satuan percobaannya?
- Apa satuan pengukurannya?
- Berapa ulangnya?
- Berapa banyak satuan percobaan yang dibutuhkan?
- Apa saja respon yang diukur?
- Apa saja faktor yang mempengaruhi respon?
- Apa saja bentuk kontrol lokal-nya?

Contoh Percobaan (PR)

per kelompok
Review

1. Suatu percobaan dilakukan untuk menguji cara sosialisasi (S1, S2, S3) yang efektif terhadap ibu menyusui. Respons yang diukur adalah status gizi dari bayi-nya. Ulangannya sebanyak 10 kali.
2. Suatu percobaan dilakukan untuk menguji 15 calon varietas padi untuk memilih mana varietas-varietas yang memberikan performans (pertumbuhan tanaman, jumlah anakan, produktivitas, dan kualitas gabah) yang baik. Percobaan dilakukan di lahan percobaan Sawah Baru Darmaga, dan ulangannya sebanyak 3 kali.

Perancangan Percobaan

Model paling sederhana dalam rancangan percobaan:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} ; i = 1, 2, \dots, p ; j = 1, 2, \dots, r.$$

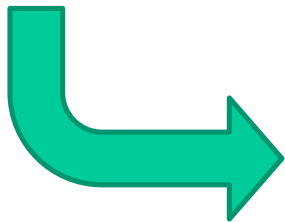
dengan :

Y_{ij} = respons pada perlakuan ke - i, ulangan ke - j

μ = rata-rata umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke - i

ε_{ij} = error atau galat pada perlakuan ke - i, ulangan ke - j



**Rancangan
Acak Lengkap
(RAL)**

Penting supaya bisa
menggunakan model RAL:

- Kapan digunakan?
- Cara pengacakan?

Rancangan Acak Lengkap

Teladan 1. Percobaan varietas (V1, V2, V3, V4) dilakukan untuk mengetahui varietas mana yang memberikan produktivitas lebih baik.

Ulangan: 3

Keempat varietas ditanam pada lahan yang relatif seragam.

Model RAL:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}; \text{ untuk } i=1,2,3,4 \text{ dan } j=1,2,3$$

Y_{ij} = produktivitas varietas ke-i dan ulangan ke-j

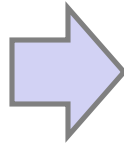
- Mengapa menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)?
- Bagaimana cara mengacak perlakuan ke satuan percobaan?

- **Menggunakan RAL** karena satuan percobaannya (petak-petak lahan yang ditanami) seragam.
- **Cara mengacaknya:**
 1. Ada 4 perlakuan & ada 3 ulangan → butuh $4 \times 3 = 12$ satuan percobaan (petak lahan).
 2. Petak lahan diberi nomor 1 sd 12.
 3. Perlakuan ke-1 (V1) ditempatkan secara acak (menggunakan “Tabel Bilangan Acak” atau random dengan komputer) ke petak lahan; misalnya terpilih di petak nomor 5.
 4. Ulangi pengacakan V1 sebanyak ulangan yang dibutuhkan (total 3 kali).
 5. Lakukan pengacakan V2 sebanyak 3 kali, V3 sebanyak 3 kali, dan V4 sebanyak 3 kali.

Hasil Proses Pengacakan

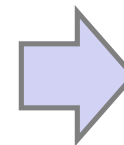
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

Penomoran petak



1	2	3
4	V1	6
7	8	9
10	11	12

Mengacak V1 ulangan ke-1



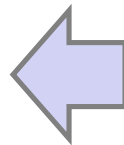
1	2	V1
4	V1	6
7	8	9
V1	11	12

Mengacak V1 ulangan ke-2 dan ke-3



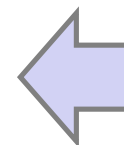
V2	V4	V1
V3	V1	V3
V2	V4	V2
V1	V3	V4

Mengacak V4 ulangan ke-1, 2 dan 3



V2	2	V1
V3	V1	V3
V2	8	V2
V1	V3	12

Mengacak V3 ulangan ke-1, 2 dan 3



V2	2	V1
4	V1	6
V2	8	V2
V1	11	12

Mengacak V2 ulangan ke-1, 2 dan 3

Data hasil pengamatan produktivitas (ton/ha)

Ulangan	V1	V2	V3	V4	
1	6.7	6.5	7.8	7.4	
2	6.9	6.7	7.7	6.9	
3	6.8	6.9	7.6	7.0	
Jumlah	20.4	20.1	23.1	21.3	84.9
Rataan	6.8	6.7	7.7	7.1	7.1

Ujilah apakah ada perbedaan produktivitas antar varietas!
Gunakan taraf nyata pengujian sebesar 5%.

Data hasil percobaan tersebut dalam notasi model RAL:

Y_{11} artinya respons pada perlakuan ke-1 dan ulangan ke-1 = 6.7

$Y_{12} = 6.9$

$Y_{31} = 7.8$

$Y_{33} = 7.0$ dst....

$Y_{1.}$ = jumlah pengamatan pada perlakuan ke-1 = 20.4

$Y_{2.} = 20.1$

$Y_{3.} = 23.1$

$Y_{4.} = 21.3$

$Y_{..}$ = jumlah seluruh pengamatan = 84.9

$\bar{Y}_{1.}$ = Rata-rata perlakuan ke-1 = 6.8

$\bar{Y}_{2.} = 6.7$

$\bar{Y}_{3.} = 7.7$

$\bar{Y}_{4.} = 7.1$

$\bar{Y}_{..}$ = Rataan seluruh pengamatan = 7.1

Dalam perspektif model RAL (lanjutan):

μ merupakan rata-rata umum, yang diduga oleh $\bar{Y}_{..} = 7.1$

τ_i = pengaruh perlakuan ke - i diduga dengan $\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}$

$$\hat{\tau}_1 = 6.8 - 7.1 = -0.3$$

$$\hat{\tau}_2 = 6.7 - 7.1 = -0.4$$

$$\hat{\tau}_3 = 7.7 - 7.1 = 0.6$$

$$\hat{\tau}_4 = 7.1 - 7.1 = 0$$

- Apa hipotesisnya?

Hipotesis yang akan diuji:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$$

H_1 : Paling sedikit ada satu $\tau_i \neq 0$

- Bagaimana cara menguji hipotesis tersebut?

➔ Diuji menggunakan uji F ➔ ANOVA

Sesuai model RAL, ada tiga sumber keragaman, yaitu perlakuan (varietas), error (acak), dan total. Bentuk Tabel Anovanya sebagai berikut:

Sumber	Db	JK	KT	F
Varietas				
Error				
Total				

Db = Derajat bebas
JK = Jumlah Kuadrat
KT = Kuadrat Tengah
F = F-hitung

$$\text{Db Varietas} = 4 - 1 = 3$$

$$\text{Db Total} = n - 1 = 12 - 1 = 11$$

$$\text{Db Error} = \text{Db Total} - \text{Db Varietas} = 11 - 3 = 8$$

- Bagaimana cara menguji hipotesis tersebut? (*lanjutan*)

$$\begin{aligned}\text{JK (Total)} &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 \\ &= (6.7-7.1)^2 + (6.9-7.1)^2 + \dots + (7.0-7.1)^2 \\ &= 2.0825\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK (Varietas)} &= \sum_{i=1}^4 3(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 \\ &= 3\{(6.8-7.1)^2 + (6.7-7.1)^2 + (7.7-7.1)^2 + (7.1-7.1)^2\} \\ &= 1.8225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK (Error)} &= \text{JK (Total)} - \text{JK (Varietas)} \\ &= 2.0825 - 1.8225 = 0.2600\end{aligned}$$

$$\text{KT} = \text{JK/Db}$$

$$\text{F hit} = \text{KT (Varietas)} / \text{KT (Error)}$$

Rancangan Acak Lengkap

Sumber	Db	JK	KT	F
Varietas	3	1.8225	0.6075	18.69
Error	8	0.26	0.0325	
Total	11	2.0825		

Nilai F-hitung kita bandingkan dengan F-table, dengan:

F-table = $F_{\alpha}(v_1, v_2)$; dimana $\alpha=0.05$, $v_1=3$, dan $v_2=8$

$$= F_{0.05}(3,8) = 4.07$$

Karena F-hitung > F-tabel \rightarrow Tolak H_0 (H_1 yang benar)

\rightarrow ada perbedaan pengaruh varietas

(antar varietas menghasilkan produktivitas yang berbeda)

Tabel $F_{0.05}(v_1, v_2)$

$F_{0.05, v_1, v_2}$

Degrees of Freedom for the Numerator (v_1)

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73*
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Rancangan Acak Lengkap

Jika menggunakan MINITAB akan diperoleh output seperti ini:

Sources	Df	SS	MS	F	P-Value
Varietas	3	1.8225	0.6075	18.69	0.001
Error	8	0.26	0.0325		
Total	11	2.0825			

Karena $P\text{-Value} < \alpha \rightarrow \text{Tolak } H_0$

\rightarrow ada perbedaan pengaruh varietas

(antar varietas menghasilkan produktivitas yang berbeda)

Tugas-1

Percobaan hujan buatan dilakukan untuk mencari bahan semai yang dapat menghasilkan curah hujan tertinggi

Bahan semai ada 3: A (garam dapur), B (Urea), C (Perak Oksida)

Ulangan: 5

Ketiga bahan semai disemprotkan kepada jenis awan & ketinggian yang relatif sama, kemudian diamati curah hujannya.

Bahan Semai	Curah hujan dari awan					Rataan	Jumlah
	1	2	3	4	5		
A	18	20	15	18	21	18.4	92
B	10	16	12	13	15	13.2	66
C	21	25	18	23	20	21.4	107
						17.7	265

Buatlah ANOVA-nya & lakukan pengujian apakah ketiga bahan semai memberikan hasil yang berbeda?

Tugas-2

Buktikan:

$$JK(Perlakuan) = r \sum_{i=1}^p (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^p \frac{y_{i.}^2}{r} - \frac{y_{..}^2}{n}$$

$$JK(Total) = \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{n}$$

$$JK(Error) = \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 = JK(Total) - JK(Perlakuan)$$

dengan $i=1, 2, \dots, p$
 $j=1, 2, \dots, r$
 $n = p \times r$