



# **RANCANGAN ACAK LENGKAP**

**Oleh  
M. AL HARIS, M.Si**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG**



# Pendahuluan

Peneliti Pertanian ingin mengetahui pengaruh dosis pupuk UREA terhadap hasil panen jagung varietas Arjuna (Ton). Dilakukan percobaan sebagai berikut: Satu lahan tanaman jagung varietas Arjuna diberi pupuk UREA dengan dosis masing-masing 100 Kg/ha, 150 Kg/ha dan 200Kg/ha dan kontrol (tanpa pemupukan) yg masing-masing diulang sebanyak 5 kali.

Pertanyaan:

- Perlakuan ?
- Satuan Percobaan ?
- Satuan Pengamatan ?
- Banyaknya Satuan Percobaan ?
- Bagaimana Rancangan Percobaannya?



# Pendahuluan

- Perlakuan: Pemberian dosis pupuk UREA  
Faktor : Dosis pupuk UREA  
Tarf :  
Dosis 100 Kg/ha, 150 Kg/ha dan 200Kg/ha
- Satuan Percobaan: Kumpulan tanaman jagung pada petak lahan tertentu yang diberi perlakuan secara acak
- satuan Pengamatan:
  - a. Tujuan : Produksi → Sama dengan satuan percobaan
  - b. Tujuan : Tinggi tanaman → Satu tanaman jagung dalam unit percobaan
- Banyaknya satuan percobaan ?
- Bagaimana rancangan percobaannya?



# Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Istilah lain :

- Rancangan Teracak Lengkap (RTL)
- Completely Randomize Designs (CRD)

Fokus Materi : Menyusun Layout Rancangan yang meliputi

- Metode pengacakan
- Model linier aditif
- Pendugaan parameter pengaruh perlakuan
- Tabel analisis ragam (ANOVA)



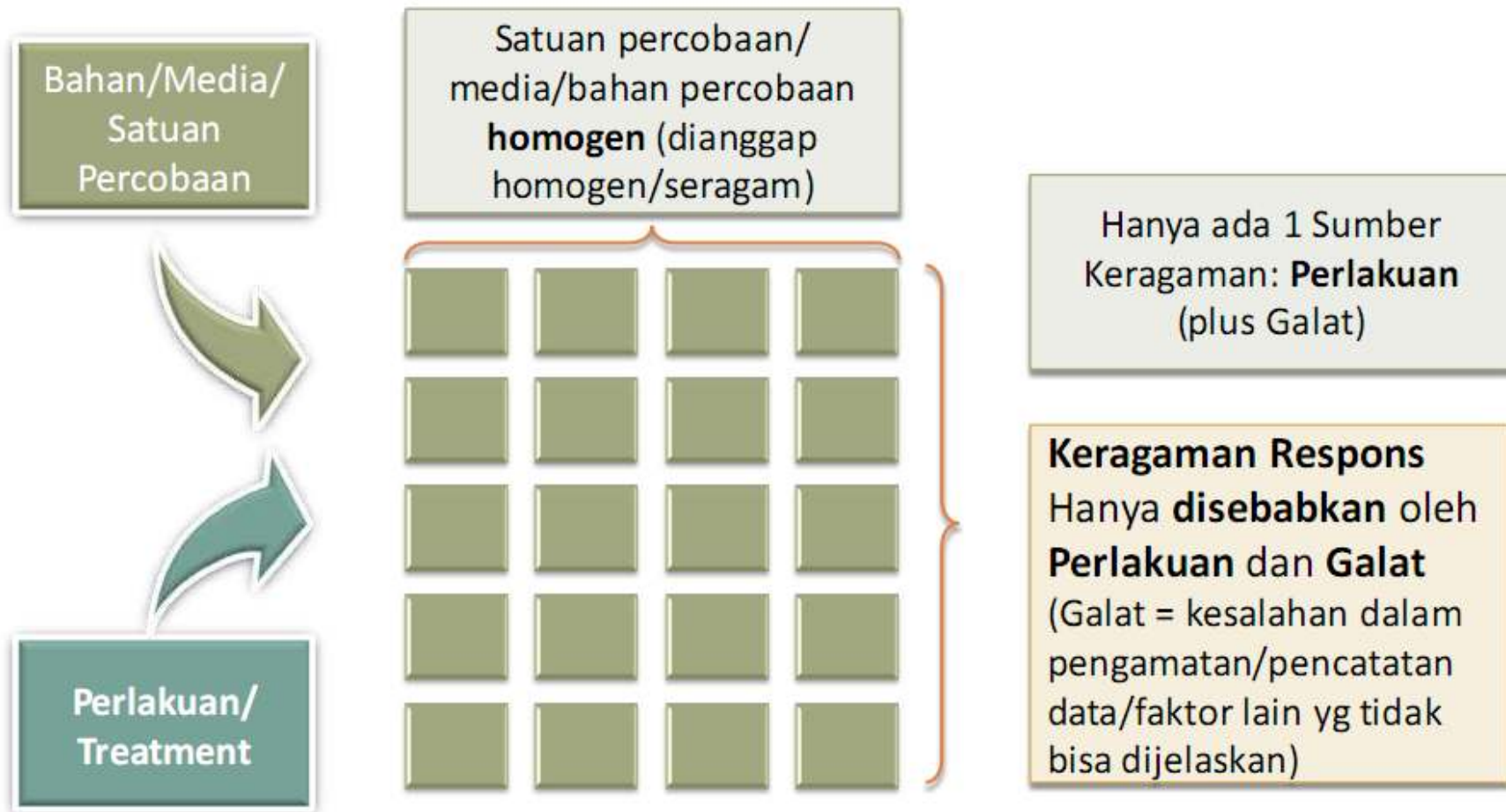
# Rancangan Acak Lengkap (RAL)

## Latar Belakang Penggunaan RAL

- Rancangan Acak Lengkap merupakan jenis rancangan percobaan yang paling sederhana
- Satuan percobaan yang digunakan **homogen** atau tidak ada faktor lain yang mempengaruhi respon selain faktor yang diteliti
- Faktor luar yang dapat mempengaruhi percobaan dapat **dikontrol**.
- Rancangan Acak Lengkap banyak ditemukan di **laboratorium atau rumah kaca**



# Rancangan Acak Lengkap (RAL)





# Rancangan Acak Lengkap (RAL)

## Keuntungan Penggunaan RAL

- Perancangan dan pelaksanaanya mudah
- Analisis datanya sederhana
- Fleksibel dalam hal jumlah perlakuan dan jumlah ulangan
- Permasalahan data hilang lebih mudah ditangani



# Rancangan Acak Lengkap (RAL)

## Kerugian Penggunaan RAL

- Terkadang rancangan ini tidak efisien
- Tingkat keakuratan percobaan mungkin tidak terlalu memuaskan kecuali unit percobaan benar-benar homogen
- Hanya sesuai untuk percobaan dengan jumlah perlakuan yang tidak terlalu banyak
- Pengulangan percobaan yang sama mungkin tidak konsisten (lemah) apabila suatu percobaan tidak benar-benar homogen terutama apabila jumlah ulangnya sedikit



# Metode Pengacakan

Pengacakan dilakukan terhadap penempatan perlakuan pada satuan percobaan secara sederhana

Pengacakan yang bisa dilakukan

- Diundi (lotre)
- Memanfaatkan daftar angka bilangan
- Menggunakan bantuan *software*



# Pengacakan dan Tata Letak Percobaan

Misalkan kita merancang:

Perlakuan (t) : 7 taraf, misal A, B, C, D, E, F, G

Ulangan (r): 4 kali

A1, A2, A3, A4

B1, B2, B3, B4

C1, C2, C3, C4

D1, D2, D3, D4

:

G1, G2, G3, G4

Diperoleh:

$tr = 7 \times 4 = 28$  satuan

percobaan

Perlakuan tersebut kita tempatkan secara acak ke dalam 28 satuan percobaan.



28 satuan percobaan

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28



# Pengacakan dan Tata Letak Percobaan

Misalkan kita merancang:

Perlakuan (t) : 7 taraf, misal A, B, C, D, E, F, G

Ulangan (r): 4 kali

A1, A2, A3, A4

B1, B2, B3, B4

C1, C2, C3, C4

D1, D2, D3, D4

:

G1, G2, G3, G4

Diperoleh:

$tr = 7 \times 4 = 28$  satuan

percobaan

Perlakuan tersebut kita tempatkan secara acak ke dalam 28 satuan percobaan.



28 satuan percobaan

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Setiawan, 2009

## Review Kasus di Pendahuluan

Faktor : Dosis pupuk UREA

Taraf : Dosis 100 Kg/ha, 150 Kg/ha, 200Kg/ha

Satuan Percobaan : Kumpulan petak tanaman jagung

Diulan 5 kali

- Banyaknya satuan percobaan ?
- Bagaimana rancangan percobaannya?



# Pengacakan dan Tata Letak Percobaan

## Cara Pengundian

- Buat 28 gulungan kertas kode perlakuan (A1, A2, A3, ..., G3, G4)
- Lakukan pengundian (tanpa pemulihan).

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

C3	A2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Kode perlakuan yang jatuh pertama kali ditempatkan di kotak no 1, ke-2 ditempatkan di kotak no 2, dst. Misalkan kode **C3** yang jatuh pertama kali, maka kotak no 1 diganti jadi **C3**, kode A2 jatuh pada urutan ke-2, maka kotak no 2 diganti dengan A2. Lakukan terus pengundian sampai kode perlakuan terakhir yang akan ditempatkan di kotak no 28.



# Pengacakan dan Tata Letak Percobaan

## Cara Pengundian

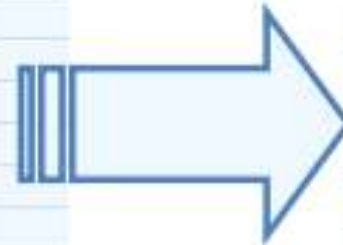
Buat tabel dengan jumlah baris sesuai dengan kombinasi perlakuan Pada kolom ke-3 (C) ditulis Formula “=RAND()”:

1

	B	C	D
1	No	Kode Perlakuan	Angka Acak
2	1	A1	=RAND()
3	2	B1	
4	3	C1	
5	4	D1	
6	5	E1	
7	6	F1	
8	7	G1	
9	8	A2	
10	9	B2	
11	10	C2	
12	11	D2	
13	12	E2	
14	13	F2	
15	14	G2	
16	15	A3	
17	16	B3	
18	17	C3	
19	18	D3	
20	19	E3	

2

	A	B	C
1	No	Kode Perlakuan	Angka Acak
2	1	A1	0.965434742
3	2	B1	0.41965684
4	3	C1	0.559115912
5	4	D1	0.973093149
6	5	E1	0.094130503
7	6	F1	0.351756598
8	7	G1	0.598820562
9	8	A2	0.695933417
10	9	B2	0.254075254
11	10	C2	0.88292186
12	11	D2	0.596539124
13	12	E2	0.950526781
14	13	F2	0.594426761
15	14	G2	0.968056638
16	15	A3	0.263215957
17	16	B3	0.531992941
18	17	C3	0.444400595
19	18	D3	0.045589692
20	19	E3	0.023401445





# Tata Letak Percobaan

E3	D3	E1	A4	G4	B2	A3
F4	C4	F1	B1	C3	B3	C1
F2	D2	G1	E4	A2	B4	D4
G3	F3	C2	E2	A1	G2	D1

(Setiawan, 2009)



# Tabulasi Data

Tabulasi Data Rancangan Acak Lengkap Dengan 7 Perlakuan Dan 4 Ulangan

Ulangan	Perlakuan							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
1	$Y_{11}$	$Y_{21}$	$Y_{31}$	$Y_{41}$	$Y_{51}$	$Y_{61}$	$Y_{71}$	$Y_{.1}$
2	$Y_{12}$	$Y_{22}$	$Y_{32}$	$Y_{42}$	$Y_{52}$	$Y_{62}$	$Y_{72}$	$Y_{.2}$
3	$Y_{13}$	$Y_{23}$	$Y_{33}$	$Y_{43}$	$Y_{53}$	$Y_{63}$	$Y_{73}$	$Y_{.3}$
4	$Y_{14}$	$Y_{24}$	$Y_{34}$	$Y_{44}$	$Y_{54}$	$Y_{64}$	$Y_{74}$	$Y_{.4}$
<b>Total</b>	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	$Y_{3.}$	$Y_{4.}$	$Y_{5.}$	$Y_{6.}$	$Y_{7.}$	$Y_{..}$

E3	D3	E1	A4	G4	$B_2$	A3
F4	C4	F1	B1	C3	B3	C1
F2	D2	G1	E4	A2	B4	D4
G3	F3	C2	E2	$A_1$	G2	D1



# Metode Linier Aditif

- ❑ Analisis hasil percobaan menggunakan model linier aditif
- ❑ Klasifikasi model: model tetap dan model acak
- ❑ Model Tetap
  - Model tetap merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang digunakan dalam percobaan berasal dari populasi yang terbatas dan pemilihan perlakuannya ditentukan secara langsung oleh si peneliti
  - Kesimpulan yang diperoleh dari model tetap terbatas hanya pada perlakuan-perlakuan yang dicobakan saja dan tidak bisa digeneralisasikan
- ❑ Model Acak
  - model acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan contoh acak dari populasi perlakuan
  - Kesimpulan yang diperoleh dari model acak berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan



# Metode Linier Aditif

Bentuk umum

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= \mu_i + \varepsilon_{ij} \\ &= \mu + (\mu_i - \mu) + \varepsilon_{ij} \\ &= \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \end{aligned}$$

$i = 1, 2, \dots, t$ ;  $j = 1, 2, \dots, r_i$ ;  
 $\mu_i$  = mean perlakuan ke-i

$$\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$$

$$E(Y_{ij}) = \mu + \tau_i = \mu_i$$

- $\mu$  = rata-rata umum (mean populasi)
- $\tau_i$  =  $(\mu_i - \mu)$  = Pengaruh aditif dari perlakuan ke-i
- $\varepsilon_{ij}$  = galat percobaan/pengaruh acak dari perlakuan ke-i ulangan ke-j dengan  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$
- $t$  = jumlah perlakuan dan
- $r_i$  = banyaknya ulangan dari perlakuan ke-i, untuk percobaan yang mempunyai ulangan sama,  $r_i = r$ .



# Metode Linier Aditif

## Asumsi

### Model Tetap

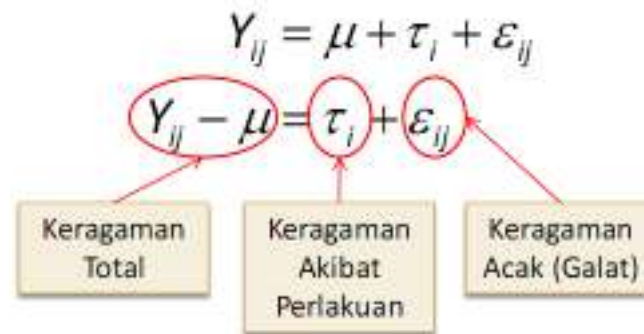
- $\sum \tau_i = 0$
- $var(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2 \forall_{ij}$
- Serta  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

### Model Acak

- $E(\tau_i) = 0$
- $var(\tau_i) = \sigma_\tau^2$
- $var(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2 \forall_{ij}$
- Serta  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$



# Penduga Parameter Pngaruh Perlakuan



- Pendugaan parameter dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil
- Berdasarkan model di atas maka dengan metode kuadrat terkecil penduga dari  $\mu$ ,  $\mu_i$  dan  $\varepsilon_{ij}$  diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \bar{Y}$$
$$\hat{\mu}_i = \bar{Y}_{i.}$$
$$\hat{\varepsilon}_{ij} = e_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}$$



# Penduga Parameter Pngaruh Perlakuan

- Keragaman total diuraikan menjadi

$$Y_{ij} - \bar{Y}_{..} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}$$
$$(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}) = (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})$$

- jika kedua ruas dikuadratkan maka akan diperoleh:

$$(Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2 + 2(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})$$

- kemudian jika dijumlahkan untuk semua pengamatan menjadi:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2$$

- Karena:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}) = 0$$



# Penduga Parameter Pngaruh Perlakuan

- Sehingga

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2$$

Jumlah Kuadrat Total = Jumlah Kuadrat Perlakuan +  
Jumlah Kuadrat Galat

$$JKT = JKP + JKG$$

- Rumusan di atas digunakan sebagai landasan dalam membuat Tabel Analisis Ragam (ANOVA)



# Tabel Analisis Ragam (ANOVA)

- Ringkasan tabel dalam melakukan pengujian hipotesis

Sumber keragaman	Derajat bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F-hitung
<u>Ulangan sama <math>r_1=r_2= \dots = r_t = r</math></u>				
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Galat	t(r-1)	JKG	KTG	
Total	tr-1	JKT		
<u>Ulangan tidak sama <math>r_1 \neq r_2 \neq \dots \neq r_t</math></u>				
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Galat	$\sum(r_i-1)$	JKG	KTG	
Total	$\sum r_i - 1$	JKT		



# Pengujian Hipotesis

- Bentuk hipotesis yang diuji :

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$  (perlakuan tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$H_1$ : Paling sedikit ada satu  $i$  dimana  $\tau_i \neq 0$   
atau

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$  (semua perlakuan memberikan respon yang sama)

$H_1$ : Paling sedikit ada sepasang perlakuan satu ( $i, i'$ )  
dimana  $\mu_i \neq \mu_{i'}$

- Kriteria Pengambilan Keputusan

Jika  $F$ . Hitung  $>$   $F$ . Tabel pada taraf kesalahan  $\alpha$ , maka disimpulkan  $H_0$  ditolak. Artinya minimal ada satu perlakuan yang berbeda nyata atau pemberian perlakuan berpengaruh terhadap respon yang diteliti



# Langkah-langkah Perhitungan

Ulangan setiap perlakuan sama

Ulangan setiap perlakuan tidak sama

FK = Faktor Koreksi

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i.}^2}{n}$$

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{\sum_{i=1}^t r_i}$$

JKT = Jumlah Kuadrat Total

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} Y_{ij}^2 - FK$$

JKP= Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JKP = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum r \bar{Y}_{i.}^2 - FK = \sum \frac{Y_{i.}^2}{r} - FK$$

JKG= Jumlah Kuadrat Galat

$$JKG = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2 = JKT - JKP$$



# Contoh RAL

- Berikut ini adalah hasil pengujian estrogen beberapa larutan yang telah mengalami penanganan tertentu. Berat uterin tikus dipakai sebagai ukuran keaktifan estrogen. Berat uterin dalam miligram dari empat tikus untuk setiap kontrol dan enam larutan yang berbeda dicantumkan dalam tabel berikut )

Perlakuan	Ulangan				Jumlah
	1	2	3	4	
kontrol	89.8	93.8	88.4	112.6	384.6
P1	84.4	116.0	84.0	68.6	353.0
P2	64.4	79.8	88.0	69.4	301.6
P3	75.2	62.4	62.4	73.8	273.8
P4	88.4	90.2	73.2	87.8	339.6
P5	56.4	83.2	90.4	85.6	315.6
P6	65.6	79.4	65.6	70.2	280.8
<b>Jumlah</b>	<b>524.2</b>	<b>604.8</b>	<b>552.0</b>	<b>568.0</b>	<b>2249</b>



# Langkah-langkah Pengujian Hipotesis

- Karena hanya terdapat 7 perlakuan yang tersedia, maka model yang cocok adalah **model tetap**. Model tersebut adalah:
  - $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$  ;  $i = 1, 2, \dots, 7$  dan  $j = 1, 2, 3, 4$
  - dengan
    - $Y_{ij}$  = berat uterin dari tikus ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i
    - $\mu$  = mean populasi berat uterin
    - $\tau_i$  = pengaruh perlakuan ke-i
    - $\varepsilon_{ij}$  = pengaruh acak pada tikus ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i .
- **Asumsi** : lihat asumsi untuk model tetap
- **Hipotesis** yang akan diuji :
  - $H_0$  : Semua  $\tau_i = 0$  (atau tidak ada pengaruh perlakuan terhadap berat uterin tikus)
  - $H_1$  : Tidak semua  $\tau_i = 0$ ; atau minimal ada satu perlakuan yang mempengaruhi berat uterin tikus.



# Perhitungan Analisis Ragam

**Langkah 1: Hitung Faktor Koreksi**

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{rt} = \frac{2249^2}{28} = 180642.89$$

**Langkah 2: Hitung Jumlah Kuadrat Total**

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - FK \\ &= (89.8^2 + 93.8^2 + \dots + 65.6^2 + 70.2^2) - 180642.89 \\ &= 5478.51 \end{aligned}$$



# Perhitungan Analisis Ragam

Langkah 3: Hitung Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$\begin{aligned} JKP &= \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - FK \\ &= \frac{(384.6^2 + 353^2 + 301.6^2 + 273.8^2 + 339.6^2 + 315.6^2 + 280.8^2)}{4} - 180642.89 \\ &= 2415.94 \end{aligned}$$

Langkah 4: Hitung Jumlah Kuadrat Galat

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP \\ &= 3062.57 \end{aligned}$$



# Perhitungan Analisis Ragam

Langkah 5: Buat Tabel Analisis Ragam beserta Nilai F-tabelnya

Tabel Analisis Ragam dari Berat Uterin Tikus

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	Fhitung	Ftabel	
					5%	1%
Perlakuan	6	2415.94	402.66	2.76*	2.573	3.812
Galat	21	3062.57	145.84			
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>5478.51</b>				

Berdasarkan Tabel ANOVA yang dihasilkan diperoleh nilai  $F_{hitung}$  (2,76) >  $F_{tabel}$   $F_{(0,05,6,21)}$  (2,573) pada taraf kesalahan 5% (tingkat kepercayaan 95%), maka disimpulkan  $H_0$  ditolak. Artinya minimal ada satu perlakuan yang berbeda nyata mempengaruhi respon atau pemberian larutan estrogen dapat mempengaruhi berat uterin tikus.

# Teladan



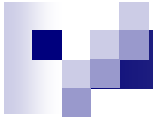
Lembaga Karantina tumbuhan ingin mengetahui pengaruh Fumigan Methyl Bromide ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) sebagai pembasmi serangga terhadap daya tumbuh benih kacang ijo (%), dilakukan percobaan sebagai berikut: benih kacang ijo diberi fumigant dengan dosis 0 (control), 16  $\text{gr}/\text{m}^3$ , 32 $\text{gr}/\text{m}^3$ , 48 $\text{gr}/\text{m}^3$ , 64  $\text{gr}/\text{m}^3$ . Fumugasi dilakukan selama 2 jam. Benih kacang ijo yang sudah difumigasi dikecambahkan dengan metode kertas hisap. Benih yang dikecambahkan diasumsikan homogen. Setelah 7 hari diperoleh hasil perkecambahan sebagai berikut

Tabel Daya Kecambah (%) Benih Kacang Ijo pada Berbagai Dosis  $\text{CH}_3\text{Br}$

Dosis ( $\text{gr}/\text{m}^3$ ) 2 jam	Ulangan								Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100	100	100
32	90	80	92	94	90	88	86	94	90,25
48	80	80	82	78	84	76	82	78	80
64	90	80	92	78	82	88	94	76	85
Rataan umum									91,05

Lakukan pengujian apakah perlakuan fumigasi berpengaruh terhadap daya tahan tumbuh benih kacang ijo ? (Lakukan pengujian dengan tingkat kepercayaan 95 %)

(Susilawati, 2015)



**TERIMA KASIH**