

Sumber Ragam	DB	JK	RJK	F-hit	F .05
Petak Utama					
Kelompok (K)	3	197.110625	65.7035417	3.68 *	3.287
Pupuk (A)	5	1674.79604	334.959208	18.77 **	2.901
Galat(a)	15	267.728125	17.8485417	-	
Anak Petak					
Genotipe (B)	1	0.03520833	0.03520833	0.01 tn	4.414
AxB	5	78.5910417	15.7182083	5.08 **	2.773
Galat(b)	18	55.67875	3.09326389	-	
Total	47	2273.93979			

kk (a) = 10.64 %; kk (b) = 4.43 %;

pengaruh **interaksi nyata** → Langkah selanjutnya adalah memeriksa pengaruh sederhana

$$F_{hit(0.05, 3, 15)} = 3.287$$

$$F_{hit(0.05, 5, 15)} = 2.901$$

$$F_{hit(0.05, 1, 47)} = 4.414$$

$$F_{hit(0.05, 5, 47)} = 2.773$$

$$F_{hit(0.02, 2, 47)} = 5.113$$

$$F_{hit(0.02, 1, 47)} = 4.414$$

$$F_{hit(0.02, 2, 12)} = 5.201$$

$$F_{hit(0.02, 3, 12)} = 3.581$$

Split-Plot

Rancangan Petak Terbagi

Pendahuluan

2

- Percobaan Split-plot merupakan superimpose dari dua jenis satuan percobaan dimana rancangan lingkungan untuk keduanya bisa sama ataupun berbeda.
- Satuan percobaan untuk petak utama bisa dirancang dengan rancangan dasar RAL, RAKL, dan RBSL.
- Demikian juga, satuan percobaan anak petak bisa dirancang dengan ketiga rancangan dasar tersebut.
- Kombinasi rancangan yang sering digunakan di bidang pertanian adalah RAKL baik untuk petak utama maupun anak petaknya.



Alasan pemilihan rancangan RPT

3

- Derajat Ketepatan
- Ukuran Nisbi Mengenai Pengaruh Utama
- Praktek Pengelolaan
- Percobaan yang diulang pada beberapa Lokasi (Split in Space) atau Waktu (Split in Time)



Alasan pemilihan rancangan RPT

4

- Derajat Ketepatan
 - ▣ Petak Utama: Ketepatan lebih rendah
 - ▣ Anak Petak: Ketepatan lebih tinggi

- Ukuran Nisbi Mengenai Pengaruh Utama
 - ▣ Dari informasi sebelumnya, diketahui adanya perbedaan respon yang lebih besar dari salah satu faktor. (Steel dan Torrie, 1991).
 - ▣ Petak Utama: Faktor yg memberikan perbedaan respons lebih besar



Alasan pemilihan rancangan RPT

5

□ Praktek Pengelolaan

- Penempatan perlakuan sebagai petak utama dilakukan berdasarkan pertimbangan praktis di lapangan
 - misalnya satu faktor memerlukan petak yang luas dan sukar sekali dilakukan pada petak yang kecil
 - Pembajakan lahan
 - Dalam suatu percobaan untuk menilai penampilan beberapa varietas padi dengan berbagai taraf pemupukan
 - si peneliti mungkin menempatkan petak utama untuk pemupukan guna memperkecil keperluan pemisahan petakan yang memerlukan taraf pemupukan yang berbeda dan rembesan.



Alasan pemilihan rancangan RPT

6

- Percobaan yang diulang pada beberapa:
 - ▣ Lokasi (Split in Space) → Petak Utama
 - Perlakuan: Anak Petak
 - ▣ Waktu (Split in Time): musim, tahun → Petak Utama
 - Perlakuan: Anak Petak
 - ▣ atau pengamatan pada satuan percobaan yang sama yang dilakukan secara periodik (hari, minggu, bulan, dst) → Anak Petak
 - Perlakuan: Petak Utama



Kerugian:

7

- Pengaruh utama dari petak utama diduga dengan tingkat ketelitian yang lebih rendah dibandingkan pengaruh interaksi dan pengaruh utama dari anak petak-nya.
- Analisis lebih kompleks dibandingkan rancangan faktorial serta interpretasi hasil analisisnya tidak mudah.



8

Pengacakan dan Tata Letak

RAL

9

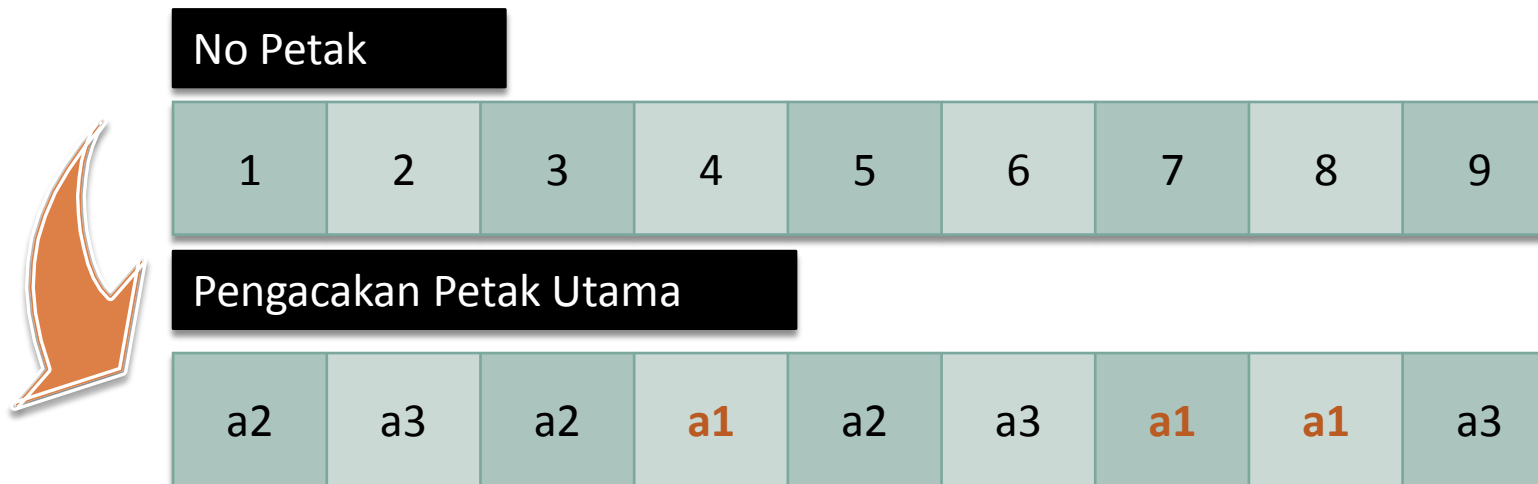
- Pada percobaan ini, RAL ditujukan pada tata letak dari faktor utamanya, artinya petak faktor utama dirancang secara acak lengkap, kemudian petak utama ini dibagi (di-split) menjadi plot-plot faktor tambahan yang letaknya diacak dalam petak faktor utama.
- Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh suatu percobaan faktorial untuk menyelidiki pengaruh pemupukan (A) sebagai faktor yang kurang dipentingkan (Petak Utama) yang terdiri dari tiga taraf, yaitu a1, a2 dan a3.
- Faktor kedua adalah B yang merupakan faktor yang lebih dipentingkan (anak petak) berupa varietas yang terdiri dari dua varietas (2 taraf), yaitu b1, dan b2. Percobaan diulang sebanyak tiga kali.
- Dengan demikian, rancangan perlakuannya:
 - ▣ Pemupukan (A) : 3 taraf (a = 3)
 - ▣ Varietas (B) : 2 taraf (b = 2)
 - ▣ diulang 3 kali. (r = 3)



Pengacakan Pada Petak Utama

10

- Langkah ke-1:
 - ▣ Bagi area percobaan menjadi rxa satuan percobaan, sesuai dengan taraf Faktor A dan banyaknya ulangan. Pada kasus ini dibagi menjadi $3 \times 3 = 9$ petak.
- Langkah ke-2:
 - ▣ Lakukan Pengacakan Petak Utama secara serempak.
 - Prosedur pengacakan bisa dilihat kembali pada pembahasan pengacakan pada RAL.



Pengacakan Pada Anak Petak

11

Langkah ke-3.

- Bagilah setiap petak utama di atas menjadi b petak, sesuai dengan taraf Faktor B.
 - Pada kasus ini, setiap petak utama dibagi menjadi 2 petak.
- Selanjutnya, lakukan Pengacakan Anak Petak pada setiap petak utama secara terpisah dan bebas. Dengan demikian terdapat 9 kali proses pengacakan secara terpisah dan bebas.

a2	a3	a2	a1	a2	a3	a1	a1	a3
a2	a3	a2	a1	a2	a3	a1	a1	a3

Di Split (bagi)
menjadi dua (2
taraf B)

Misalnya hasil pengacakan adalah sebagai berikut:

a2b2	a3b1	a2b2	a1b2	a2b1	a3b1	a1b2	a1b2	a3b2
a2b1	a3b2	a2b1	a1b1	a2b2	a3b2	a1b1	a1b1	a3b1

lakukan
Pengacakan
Anak Petak pada
setiap petak
utama



RAK

12

- Untuk memudahkan pemahaman proses pengacakan dan tata letak RPT dengan rancangan dasar RAK pada petak utamanya, disini diambil kembali contoh kasus yang sama seperti pada kasus RAL. Misalkan Faktor A terdiri dari 3 taraf dan Faktor B 2 taraf diulang 3 kali.
- Rancangan perlakuannya:
 - ▣ Pemupukan (A) : 3 taraf (a = 3)
 - ▣ Varietas (B) : 2 taraf (b = 2)
 - ▣ Kelompok (R) : 3 kali. (r = 3)



Pengacakan Pada Petak Utama

13

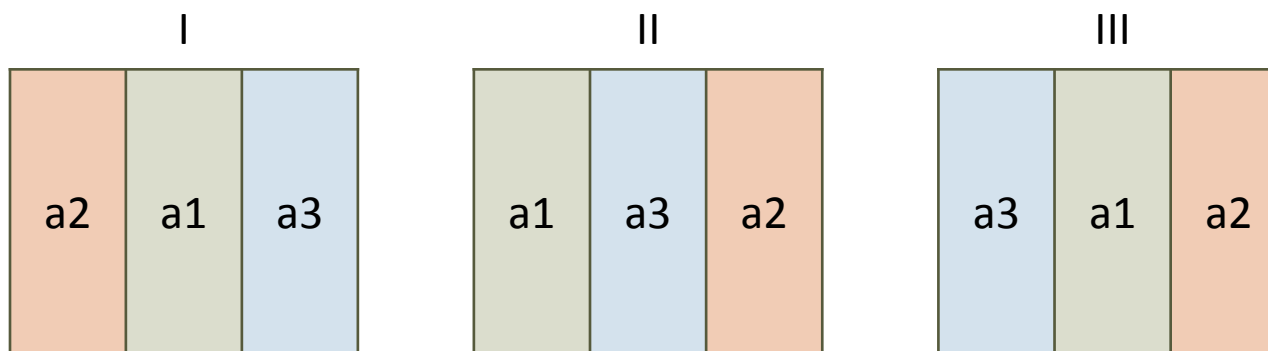
- Langkah ke-1: Bagi area percobaan sesuai dengan banyaknya ulangan. Pada kasus ini dibagi menjadi 3 kelompok (blok). Pembagian kelompok didasarkan pada pertimbangan bahwa keragaman pada setiap kelompok yang sama relatif homogen (lihat kembali pembahasan pada RAKL)
- Langkah ke-2: Setiap kelompok dibagi lagi menjadi a petak, sesuai dengan taraf Faktor A. Pada contoh kasus ini, setiap kelompok dibagi menjadi 3 petak, sehingga keseluruhannya terdapat 9 petak.



Pengacakan Pada Petak Utama

14

- Langkah ke-3. Lakukan Pengacakan Petak Utama pada setiap kelompok secara terpisah.
- Lakukan pengacakan pada kelompok 1 untuk menempatkan taraf Faktor A, selanjutnya lakukan pengacakan kembali untuk kelompok ke-2 dan kelompok ke-3. Dengan demikian terdapat 3 kali proses pengacakan secara terpisah dan bebas. Misalnya hasil pengacakan adalah sebagai berikut:



Pengacakan Pada Anak Petak

15

- Langkah ke-4. Bagilah setiap petak utama di atas menjadi b petak, sesuai dengan taraf Faktor B. Pada kasus ini, setiap petak utama dibagi menjadi 2 petak. Selanjutnya, lakukan Pengacakan Anak Petak pada setiap petak utama secara terpisah. Dengan demikian terdapat 9 kali proses pengacakan secara terpisah dan bebas. Misalnya hasil pengacakan adalah sebagai berikut:

I		
a2	a1	a3
a2b2	a1b1	a3b2
a2b1	a1b2	a3b1

II		
a1	a3	a2
a1b2	a3b1	a2b1
a1b1	a3b2	a2b2

III		
a3	a1	a2
a3b2	a1b2	a2b2
a3b1	a1b1	a2b1



RBSL

16

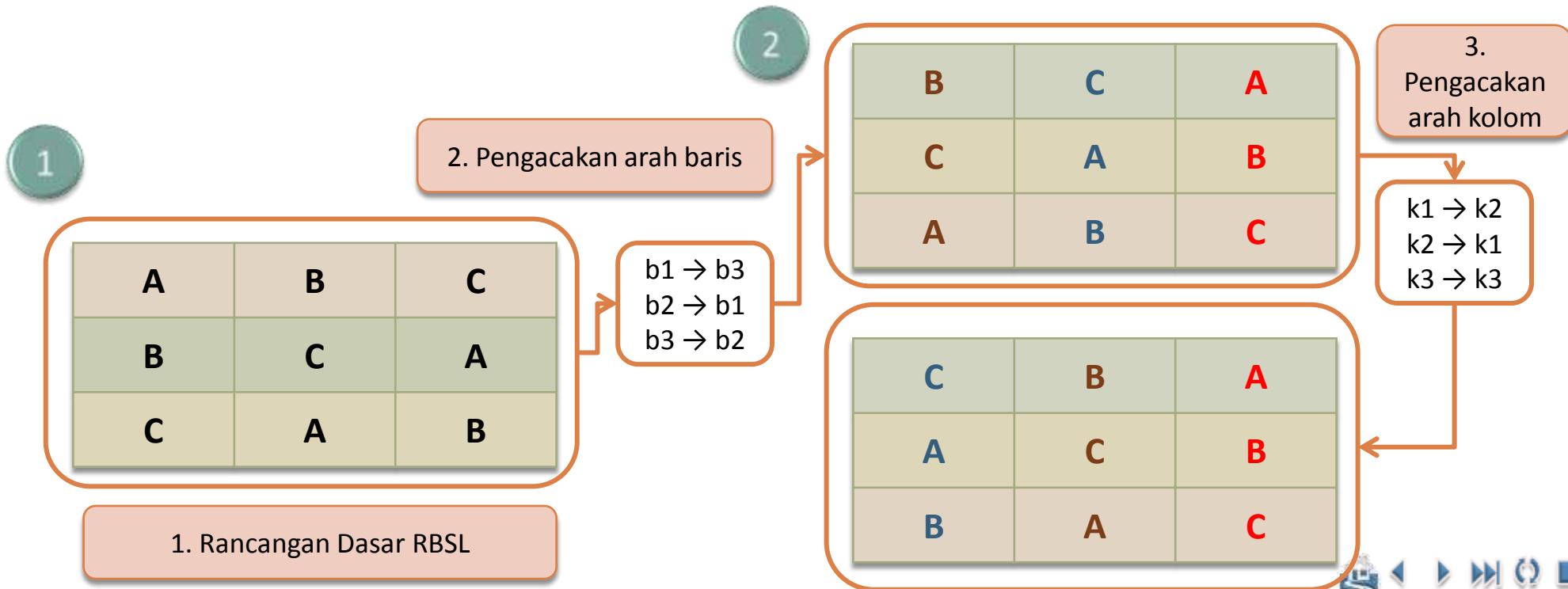
- Prosedur pengacakan petak utama pada rancangan RPT dengan rancangan dasar RBSL sama dengan prosedur pengacakan RSBL. Hanya saja, pada RPT dilanjutkan dengan pengacakan untuk penempatan anak petak pada setiap petak utamanya. Pada contoh kasus ini, digunakan kembali contoh rancangan perlakuan pada RAL dan RAK di atas, yaitu Faktor A terdiri dari 3 taraf dan Faktor B 2 taraf diulang 3 kali. Perhatikan, apabila Petak Utama dirancang dengan menggunakan rancangan dasar RBSL, maka taraf faktor A (petak utama) harus sama dengan banyaknya ulangan, sedangkan taraf faktor B bisa berbeda. Pada contoh kasus di atas, taraf faktor A = taraf ulangannya.
- Rancangan perlakuannya:
 - ▣ Pemupukan (A) : 3 taraf ($a = 3$)
 - ▣ Varietas (B) : 2 taraf ($b = 2$)
 - ▣ Kelompok (R) : 3 kali. ($r = 3$)



Pengacakan pada petak utama

17

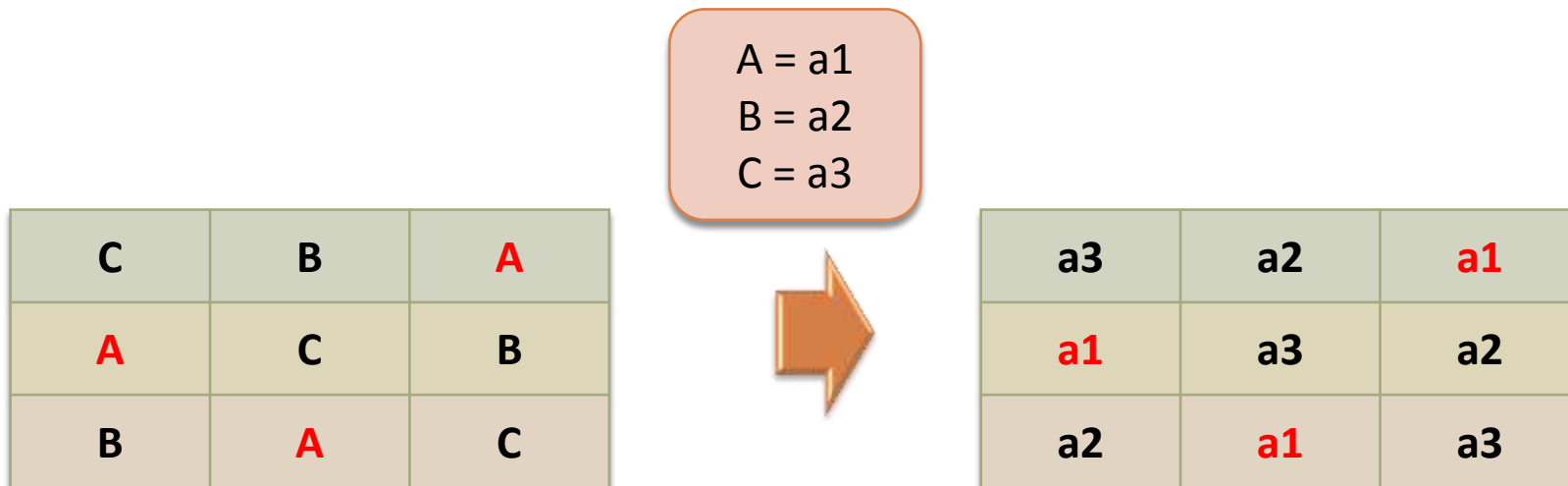
- Langkah ke-1: Pilih rancangan dasar RBSL untuk ukuran 3x3.
- Langkah ke-2: Lakukan pengacakan pada arah baris kemudian arah kolom. Misalkan hasilnya sebagai berikut:



Pengacakan pada petak utama

18

- Langkah ke-3:
 - ▣ Ganti kode di atas dengan kode perlakuan faktor A. Pada contoh kasus ini: $A = a1$; $B = a2$; $C = a3$. Hasilnya sebagai berikut, yang tidak lain adalah tata letak untuk petak utama yang disusun dengan pola RBSL:



Pengacakan Pada Anak Petak:

19

- Langkah ke-4: Bagi setiap satuan percobaan pada petak utama tersebut sesuai dengan taraf dari Faktor B
- Pada kasus ini setiap petak utama dibagi menjadi 2, karena taraf faktor B = 2, sehingga totalnya menjadi $9 \times 2 = 18$ satuan percobaan.
- Lakukan pengacakan secara terpisah pada masing-masing petak utama (pada kasus di atas, terdapat 9 kali pengacakan). Ingat, setiap taraf B harus terdapat pada setiap petak utama.
- Misalnya hasilnya sebagai berikut (perhatikan, ke-2 taraf B, b1 dan b2, terdapat pada setiap taraf Faktor A):

a3b2	a2b1	a1b2
a3b1	a2b2	a1b1
a1b2	a3b1	a2b1
a1b1	a3b2	a2b2
a2b2	a1b2	a3b2
a2b1	a1b1	a3b1

20

Model Linier & Analisis Ragam

RAL

21

- $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$
 - ▣ dengan $i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, r$

Y_{ijk} = pengamatan pada satuan percobaan ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke- i dari faktor A dan taraf ke- j dari faktor B

μ = nilai rata-rata yang sesungguhnya (rata-rata populasi)

α_i = pengaruh aditif taraf ke- i dari faktor A

β_j = pengaruh aditif taraf ke- j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh aditif taraf ke- i dari faktor A dan taraf ke- j dari faktor B

γ_{ik} = pengaruh acak dari petak utama, yang muncul pada taraf ke- i dari faktor A dalam ulangan ke- k . $\gamma_{ik} \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$.

ε_{ijk} = pengaruh acak dari satuan percobaan ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij . $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.



RAK

22

- $Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$
 - ▣ dengan $i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, r$

Y_{ijk} = pengamatan pada satuan percobaan ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke- i dari faktor A dan taraf ke- j dari faktor B

μ = nilai rata-rata yang sesungguhnya (rata-rata populasi)

ρ_k = pengaruh aditif dari kelompok ke- k

α_i = pengaruh aditif taraf ke- i dari faktor A

β_j = pengaruh aditif taraf ke- j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh aditif taraf ke- i dari faktor A dan taraf ke- j dari faktor B

γ_{ik} = pengaruh acak dari petak utama, yang muncul pada taraf ke- i dari faktor A dalam kelompok ke- k . Sering disebut galat petak utama. $\gamma_{ik} \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$.

ε_{ijk} = pengaruh acak dari satuan percobaan ke- k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij . Sering disebut galat anak petak. $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.



RAL

23

Sumber keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Petak Utama					
A	a-1	JK(A)	KT(A)	KT(A)/KTGa	$F_{(\alpha, db-A, db-G)}$
Galat a	a(r-1)	JK(Galat a)	KT(Galat a)		
Anak Petak					
B	b-1	JK(B)	KT(B)	KT(B)/KTGb	$F_{(\alpha, db-B, db-G)}$
AB	(a-1)(b-1)	JK(AB)	KT(AB)	KT(AB)/KTGb	$F_{(\alpha, db-AB, db-G)}$
Galat b	a(r-1)(b-1)	JK(Galat b)	KT(Galat b)		
Total	abr-1	JKT			



RAL vs RAK vs RBSL

24

RAL		RAKL		RBSL	
Sumber	DB	Sumber	DB	Sumber	DB
Petak Utama					
				Baris	r-1
		Kelompok	r-1	Kolom	r-1
A	a-1	A	a-1	A	r-1
Galat A	a(r-1)	Galat A	(a-1)(r-1)	Galat A	(r-1)(r-2)
Total	ra-1	Total	ra-1	Total	r²-1
Anak Petak					
B	b-1	B	b-1	B	b-1
AB	(a-1)(b-1)	AB	(a-1)(b-1)	AB	(r-1)(b-1)
Galat B	a(r-1)(b-1)	Galat B	a(r-1)(b-1)	Galat B	r(r-1)(b-1)
Total	abr-1	Total	abr-1	Total	r²b-1

$$kk(a) = \frac{\sqrt{KT(\text{Galat } a)}}{\bar{Y} \dots} \times 100\%$$

$$kk(b) = \frac{\sqrt{KT(\text{Galat } b)}}{\bar{Y} \dots} \times 100\%$$



Formula Analisis Ragam RAL

25

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

	Definisi	Pengerjaan
FK		$\frac{Y_{...}^2}{abr}$
JKT	$\sum_{i,j,k} (Y_{ijk} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK$
JK(ST)	$b \sum_{i,k} (Y_{i.k} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,k} \frac{Y_{i.k}^2}{b} - FK = \frac{\sum_{i,k} (a_i r_k)^2}{b} - FK$



Formula Analisis Ragam RAL

26

Definisi	Pengerjaan
JK(A)	$rb \sum_i (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y} \dots)^2$ $\sum_i \frac{Y_{i..}^2}{br} - FK = \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK$
JK(Galat a)	$b \sum_{i,k} (\bar{Y}_{i.k} - \bar{Y}_{i..})^2$ <p>JK(ST) – JK(A) atau</p> $\sum_{i,k} \frac{Y_{i.k}^2}{b} - FK - JKA = \frac{\sum_{i,k} (a_i r_k)^2}{b} - FK - JKA$



Formula Analisis Ragam RAL

27

	Definisi	Pengerjaan
JK(B)	$ra \sum_j (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y} \dots)^2$	$\sum_j \frac{Y_{.j}^2}{ar} - FK = \frac{\sum_j (b_j)^2}{ra} - FK$
JK(AB)	$r \sum_{i,j} (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y} \dots)^2$	$\sum_{i,j} \frac{Y_{ij.}^2}{r} - FK - JKA - JKB$ $= \frac{\sum_{i,j} (a_i b_j)^2}{r} - FK - JKA - JKB$
JKG	$\sum_{i,j,k} (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i.k} + \bar{Y}_{i..})^2$	$JKT - JKK - JKA - JKB - JKAB$



Formula Analisis Ragam RAK

28

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

	Definisi	Pengerjaan
FK		$\frac{Y_{...}^2}{abr}$
JKT	$\sum_{i,j,k} (Y_{ijk} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK$
JK(ST)	$b \sum_{i,k} (Y_{i.k} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,k} \frac{Y_{i.k}^2}{b} - FK = \frac{\sum_{i,k} (a_i r_k)^2}{b} - FK$



Formula Analisis Ragam RAK

29

	Definisi	Pengerjaan
JK(R)	$ab \sum_k (\bar{Y}_{..k} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_k \frac{Y_{..k}^2}{ab} - FK = \frac{\sum_k (r_k)^2}{ab} - FK$
JK(A)	$rb \sum_i (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_i \frac{Y_{i..}^2}{br} - FK = \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK$
JK(Galat a)	$b \sum_{i,k} (\bar{Y}_{i.k} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{..k} + \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,k} \frac{Y_{i.k}^2}{b} - FK - JKR - JKA = \frac{\sum_{i,k} (a_i r_k)^2}{b} - FK - JKR - JKA$
		atau :
		JK(ST) – JK(K) – JK(A)



Formula Analisis Ragam RAK

30

	Definisi	Pengerjaan
JK(B)	$ra \sum_j (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y} \dots)^2$	$\sum_j \frac{Y_{.j}^2}{ar} - FK = \frac{\sum_j (b_j)^2}{ra} - FK$
JK(AB)	$r \sum_{i,j} (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y} \dots)^2$	$\sum_{i,j} \frac{Y_{ij}^2}{r} - FK - JKA - JKB$ $= \frac{\sum_{i,j} (a_i b_j)^2}{r} - FK - JKA - JKB$
JKG	$\sum_{i,j,k} (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i.k} + \bar{Y}_{i..})^2$	$JKT - JKK - JKA - JKGa - JKB - JKAB$ $= JKT - JK(ST) - JKB - JKAB$



Formula Analisis Ragam RBSL

31

$$Y_{ijk} = \bar{Y}_{...} + (\bar{Y}_{...k} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + (Y_{i.kl} - \bar{Y}_{...k} - \bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{i..} + 2\bar{Y}_{...}) \\ + (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}) + (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i.k} + \bar{Y}_{i..})$$

	Definisi	Pengerjaan
FK		$\frac{Y_{...}^2}{r^2b}$
JKT	$\sum_{i,j,k,l} (Y_{ijkl} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK$
JK(Baris)	$rb \sum_k (\bar{Y}_{...k} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_k \frac{Y_{...k}^2}{rb} - FK = \frac{\sum_k (Baris_k)^2}{rb} - FK$



Formula Analisis Ragam RBSL

32

	Definisi	Pengerjaan
JK(Kolom)	$rb \sum_l (\bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_k \frac{Y_{...l}^2}{rb} - FK = \frac{\sum_l (Kolom_l)^2}{rb} - FK$
JK(A)	$rb \sum_i (\bar{Y}_{i...} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_i \frac{Y_{i...}^2}{rb} - FK = \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK$
JK(Galat a)	$b \sum_{i,,k,l} (Y_{i.kl} - \bar{Y}_{.k.} - \bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{i...} + 2\bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,,k,l} \frac{Y_{i.kl}^2}{b} - FK - JK(Baris) - JK(Kolom) - JKA$ $= \frac{\sum_{i,,k,l} (a_i Baris_k Kolom_l)^2}{b} - FK$ $- JK(Baris) - JK(Kolom) - JKA$



Formula Analisis Ragam RBSL

33

	Definisi	Pengerjaan
JK(B)	$r^2 \sum_j (\bar{Y}_{.j..} - \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_j \frac{Y_{.j.}^2}{r^2} - FK = \frac{\sum_j (b_j)^2}{r^2} - FK$
JK(AB)	$r \sum_{i,j} (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...})^2$	$\sum_{i,j} \frac{Y_{ij.}^2}{r} - FK - JKA - JKB$ $= \frac{\sum_{i,j} (a_i b_j)^2}{r} - FK - JKA - JKB$
JKG	$\sum_{i,j,k} (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i.k} + \bar{Y}_{i..})^2$	$JKT - JKK - JKA - JKGa - JKB - JKAB$ $= JKT - JK(ST) - JKB - JKAB$



Galat Baku

34

Jenis Perbandingan berpasangan	Contoh	Galat Baku (SED)
Dua rataan petak utama (rata-rata dari seluruh perlakuan anak petak)	$a_1 - a_2$	$\sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } a)}{rb}}$
Dua rataan anak petak (rata-rata dari seluruh perlakuan petak utama)	$b_1 - b_2$	$\sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{ra}}$
Dua rataan anak petak pada perlakuan petak utama yang sama	$a_1b_1 - a_1b_2$	$\sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r}}$
Dua nilai rata-rata petak utama pada perlakuan anak petak yang sama atau berbeda	$a_1b_1 - a_2b_1$ (anak petak sama) $a_1b_1 - a_2b_2$ (anak petak beda)	$\sqrt{\frac{2[(b-1)KT(\text{Galat } b) + KT(\text{Galat } a)]}{rb}}$



- Dari tabel galat baku di atas, terlihat bahwa untuk membandingkan dua nilai rata-rata petak utama pada perlakuan anak petak yang sama atau berbeda digunakan dua jenis $KT(\text{Galat})$, yaitu $KT(\text{Galat } a)$ dan $KT(\text{Galat } b)$. Implikasinya, rasio selisih perlakuan terhadap galat baku tidak mengikuti sebaran t -student sehingga perlu dihitung t gabungan/terboboti.
- Jika t_a dan t_b berturut-turut adalah nilai t yang diperoleh dari tabel student dengan taraf nyata tertentu pada derajat bebas galat a dan derajat bebas galat b , maka nilai t terboboti adalah:

$$t' = \frac{(b - 1)(KT \text{ Galat } b)(t_b) + (KT \text{ Galat } a)(t_a)}{(b - 1)(KT \text{ Galat } b) + (KT \text{ Galat } a)}$$

36

Contoh terapan

Contoh Terapan

37

- Percobaan: Pengaruh kombinasi pemupukan NPK dan genotipe padi terhadap hasil padi (kg/petak). Pengaruh **kombinasi pemupukan NPK (A)** terdiri 6 taraf ditempatkan sebagai **petak utama** (*main plot*) dan **genotipe padi (B)** terdiri dari 2 taraf yang ditempatkan sebagai **anak petak** (*subplot*). Petak utama disusun dengan menggunakan rancangan dasar **RAK**. Percobaan di ulang 3 kali.



Data hasil percobaan

38

Pupuk (A)	Genotipe (B)	Kelompok (K)				Σ
		1	2	3	4	
Kontrol	IR-64	20.7	32.1	29.5	37.7	120.0
	S-969	27.7	33.0	26.3	37.7	124.7
PK	IR-64	30.0	30.7	25.5	36.9	123.1
	S-969	36.6	33.8	27.0	39.0	136.4
N	IR-64	39.9	41.5	46.4	44.5	172.3
	S-969	37.4	41.2	45.4	44.6	168.6
NP	IR-64	40.8	43.5	43.3	43.4	171.0
	S-969	42.2	46.0	45.9	46.2	180.3
NK	IR-64	42.4	45.6	44.8	47.0	179.8
	S-969	39.8	39.5	40.9	44.0	164.2
NPK	IR-64	48.6	49.8	42.6	46.6	187.6
	S-969	42.9	45.9	43.9	45.6	178.3
	Σ	449	482.6	461.5	513.2	1906.3



Perhitungan Analisis Ragam

39

Langkah 1: Hitung Faktor Koreksi

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr} = \frac{(1906.3)^2}{6 \times 2 \times 4} = 75707.9102$$

Langkah 2: Hitung Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK \\ &= (20.7)^2 + (32.1)^2 + \dots + (45.6)^2 - 75707.9102 \\ &= 2273.93979 \end{aligned}$$



Perhitungan Analisis Ragam

40

Langkah 3: Hitung Jumlah Kuadrat Kelompok

$$\begin{aligned}
 JKR &= \frac{\sum_k (r_k)^2}{ab} - FK \\
 &= \frac{(449)^2 + (482.6)^2 + (461.5)^2 + (513.2)^2}{6 \times 2} - 75707.9102 \\
 &= 197.110625
 \end{aligned}$$

Langkah 4: Hitung Jumlah Kuadrat Faktor A

$$\begin{aligned}
 JKA &= \frac{\sum_i (a_i)^2}{rb} - FK \\
 &= \frac{(244.7)^2 + (259.5)^2 + \dots + (365.9)^2}{4 \times 2} - 75707.9102 \\
 &= 1674.79604
 \end{aligned}$$

Pupuk (A)	Kelompok (K)				Total Pupuk (Σa_i)
	1	2	3	4	
Kontrol	48.4	65.1	55.8	75.4	244.7
PK	66.6	64.5	52.5	75.9	259.5
N	77.3	82.7	91.8	89.1	340.9
NP	83.0	89.5	89.2	89.6	351.3
NK	82.2	85.1	85.7	91.0	344.0
NPK	91.5	95.7	86.5	92.2	365.9
Total Kelompok (Σr_k)	449.0	482.6	461.5	513.2	1906.3



Perhitungan Analisis Ragam

41

Langkah 5: Hitung Jumlah Kuadrat Galat Petak Utama (Galat a)

$$\begin{aligned} JK(\text{Galat } a) &= \frac{\sum_{i,k} (a_i r_k)^2}{b} - FK - JKR - JKA \\ &= \frac{(48.4)^2 + (65.1)^2 + \dots + (86.5)^2 + (92.2)^2}{2} - 75707.9102 - 197.110625 - 1674.79604 \\ &= 267.728125 \end{aligned}$$



Perhitungan Analisis Ragam

42

Langkah 6: Hitung Jumlah Kuadrat Faktor B

$$\begin{aligned}
 JKB &= \frac{\sum_j (b_j)^2}{ra} - FK \\
 &= \frac{(953.8)^2 + (952.5)^2}{4 \times 6} - 75707.9102 \\
 &= 0.03520833
 \end{aligned}$$

Langkah 7: Hitung Jumlah Kuadrat Interaksi AB

$$\begin{aligned}
 JK(AB) &= \frac{\sum_{i,j} (a_i b_j)^2}{r} - FK - JKA - JKB \\
 &= \frac{(120.0)^2 + (124.7)^2 + \dots + (187.6)^2 + (178.3)^2}{4} - 75707.9102 - 1674.79604 - 0.03520833 \\
 &= 78.5910417
 \end{aligned}$$

Buat Tabel Untuk Total Perlakuan:

Pupuk (A)	Genotipe (B)		Total A ($\sum a_i$)
	IR-64	S-969	
Kontrol	120.0	124.7	244.7
PK	123.1	136.4	259.5
N	172.3	168.6	340.9
NP	171.0	180.3	351.3
NK	179.8	164.2	344.0
NPK	187.6	178.3	365.9
Total B ($\sum b_j$)	953.8	952.5	1906.3



Perhitungan Analisis Ragam

43

Langkah 8: Hitung Jumlah Kuadrat Galat Anak Petak (Galat b)

$$\begin{aligned} JK(\text{Galat } b) &= JKT - JK(\text{lainnya}) \\ &= JKT - JKK - JKA - JKGa - JKB - JK(AB) \\ &= 2273.93979 - 197.110625 - 1674.79604 - 267.728125 - 0.03520833 - 78.5910417 \\ &= 55.67875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} kk(a) &= \frac{\sqrt{KT(\text{Galat } a)}}{\bar{Y} \dots} = \frac{\sqrt{17.8485}}{39.715} \\ &= 10.64\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} kk(b) &= \frac{\sqrt{KT(\text{Galat } b)}}{\bar{Y} \dots} = \frac{\sqrt{3.09326}}{39.715} \\ &= 4.43\% \end{aligned}$$



Perhitungan Analisis Ragam

44

Langkah 9: Buat Tabel Analisis Ragam beserta Nilai F-tabelnya

Sumber Ragam	DB	JK	RJK	F-hit	F .05
Petak Utama					
Kelompok (K)	3	197.110625	65.7035417	3.68 *	3.287
Pupuk (A)	5	1674.79604	334.959208	18.77 **	2.901
Galat(a)	15	267.728125	17.8485417	-	
Anak Petak					
Genotipe (B)	1	0.03520833	0.03520833	0.01 tn	4.414
AxB	5	78.5910417	15.7182083	5.08 **	2.773
Galat(b)	18	55.67875	3.09326389	-	
Total	47	2273.93979			
kk (a) = 10.64 %; kk (b) = 4.43 %;					

pengaruh **interaksi nyata** → Langkah selanjutnya adalah memeriksa pengaruh sederhana

$$F_{hit(0.05, 3, 15)} = 3.287$$

$$F_{hit(0.05, 5, 15)} = 2.901$$

$$F_{hit(0.05, 1, 47)} = 4.414$$

$$F_{hit(0.05, 5, 47)} = 2.773$$



Kesimpulan

45

□ Langkah 10: Buat Kesimpulan

- Terlebih dahulu, kita periksa apakah Pengaruh Interaksi nyata atau tidak? Apabila nyata, selanjutnya periksalah pengaruh sederhana dari interaksi tersebut, dan abaikan pengaruh utamanya (mandirinya), meskipun pengaruh utama tersebut signifikan! Mengapa? Coba lihat kembali bahasan mengenai pengaruh interaksi dan pengaruh utama! Pengujian pengaruh utama (apabila signifikan) hanya dilakukan apabila pengaruh interaksi tidak nyata.

□ Pengaruh Interaksi AB

- Karena $F_{hitung} (5.08) > 2.773$ maka kita **tolak** $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots$ pada taraf kepercayaan 95% (biasanya diberi satu buah tanda asterisk (*), yang menunjukkan berbeda nyata)

□ Pengaruh Utama

- Karena pengaruh interaksi signifikan, maka pengaruh utamanya tidak perlu dibahas lebih lanjut.



Pemeriksaan Pengaruh Sederhana

46

- Hitung Nilai Pembanding (LSD) yang sesuai:
 - ▣ Untuk membandingkan dua rataan anak petak
 - (antara genotipe padi) pada perlakuan petak utama yang sama (kombinasi pemupukan tertentu):

$$LSD = t_{(\alpha, dbg(a))} \times s_{\bar{y}}$$

$$s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r}}$$

$$\begin{aligned} LSD &= t_{0.05/2;18} \cdot s_{\bar{y}} \\ &= t_{0.05/2;18} \cdot \sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r}} \\ &= 2.101 \times \sqrt{\frac{2(3.0933)}{4}} \\ &= 2.6129 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perbandingan Dua Rataan Petak Utama

47

- ▣ Untuk membandingkan dua rataan petak utama:
 - (pasangan rata-rata kombinasi pemupukan) pada perlakuan anak petak yang sama atau berbeda

$$LSD = t' \times s_y$$

$$\begin{aligned} t' &= \frac{(b-1)(KT \text{ Galat } b)(t_b) + (KT \text{ Galat } a)(t_a)}{(b-1)(KT \text{ Galat } b) + (KT \text{ Galat } a)} \\ &= \frac{(2-1)(3.0933)(2.101) + (17.8485)(2.131)}{(2-1)(3.0933) + (17.8485)} \\ &= 2.1266 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_y &= \sqrt{\frac{2[(b-1)KT(\text{Galat } b) + KT(\text{Galat } a)]}{rb}} \\ &= \sqrt{\frac{2[(18-1)(3.0933) + 17.8485]}{4 \times 2}} \\ &= 2.288111 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_a &= t_{(0.05/2, 15)} = 2.131 \\ t_b &= t_{(0.05/2, 18)} = 2.101 \\ b &= 2 \text{ (taraf anak petak/genotif)} \\ KT(\text{Galat } a) &= 17.8485 \\ KT(\text{Galat } b) &= 3.0933 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LSD &= t' \times s_y \\ &= 2.1266 \times 2.2881 \\ &= 4.8667 \text{ kg} \end{aligned}$$



Perbandingan Dua Rataan Petak Utama

48

1. Perbandingan antara petak utama pada anak petak **Genotipe IR-64**

No Urut	Pupuk	Rata-rata	Kontrol	PK	NP	N	NK	NPK	
			30.00	30.78	42.75	43.08	44.95	46.90	
1	Kontrol	30.00	0.00						a
2	PK	30.78	0.77 tn	0.00					a
4	NP	42.75	12.75*	11.98*	0.00				b
3	N	43.08	13.08*	12.30*	0.33 tn	0.00			b
5	NK	44.95	14.95*	14.18*	2.20 tn	1.88 tn	0.00		b
6	NPK	46.90	16.90*	16.13*	4.15 tn	3.83 tn	1.95 tn	0.00	b

LSD = 4.87 kg



Perbandingan Dua Rataan Petak Utama

49

2. Perbandingan antara petak utama pada anak petak **Genotipe S-969**

No Urut	Pupuk		Kontrol	PK	NK	N	NPK	NP	
			31.18	34.10	41.05	42.15	44.58	45.08	
1	Kontrol	31.18	0.00						a
2	PK	34.10	2.93 tn	0.00					a
5	NK	41.05	9.88 *	6.95*	0.00				b
3	N	42.15	10.98 *	8.05*	1.10 tn	0.00			b
6	NPK	44.58	13.40 *	10.48*	3.53 tn	2.43 tn	0.00		b
4	NP	45.08	13.90 *	10.98*	4.03 tn	2.93 tn	0.50 tn	0.00	b

LSD = 4.87 kg



Perbandingan Dua Rataan Anak Petak

50

- Untuk membandingkan dua rataan anak petak
 - ▣ (antara genotipe padi) pada perlakuan petak utama yang sama (kombinasi pemupukan tertentu):

$$LSD = t_{(\alpha, dbg(a))} \times s_{\bar{y}}$$

$$s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r}}$$

$$\begin{aligned} LSD &= t_{0.05/2;18} \cdot s_{\bar{y}} \\ &= t_{0.05/2;18} \cdot \sqrt{\frac{2KT(\text{Galat } b)}{r}} \\ &= 2.101 \times \sqrt{\frac{2(3.0933)}{4}} \\ &= 2.6129 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perbandingan Dua Rataan Anak Petak

51

- Bandingkan selisih rata-rata perlakuan dengan nilai $LSD = 2.6129$.
- Karena taraf genotipe padi hanya dua, pemeriksaan pengaruh sederhana pada perbandingan dua rataan anak petak bisa disederhanakan.
 - ▣ Berikan huruf yang sama (a) pada dua genotipe apabila selisih rata-rata $\leq LSD$
 - ▣ dan huruf yang berbeda apabila selisih rata-rata $> LSD$

	Pupuk					
	Kontrol	PK	N	NP	NK	NPK
IR-64	30.00 a	30.78 a	43.08 a	42.75 a	44.95 b	46.90 a
S-969	31.18 a	34.10 b	42.15 a	45.08 a	41.05 a	44.58 a
Selisih	1.18	3.33 *	0.93	2.33	3.90 *	2.33

$LSD = 2.6129$



Tabel Interaksi Pupuk x Genotipe

52

Pupuk (P)	Genotipe (G)	
	1	2
Kontrol	30.00 a (a)	31.18 a (a)
PK	30.78 a (a)	34.10 a (b)
N	43.08 b (a)	42.15 b (a)
NK	42.75 b (a)	45.08 b (a)
NP	44.95 b (b)	41.05 b (a)
NPK	46.90 b (a)	44.58 b (a)

Perbandingan:	Sy	BNT 5%
2-rataan P	2.2881	4.8667
2-rataan G	1.2436	2.6128

Keterangan:

Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, membandingkan antara 2 G pada P yang sama
 Huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal, membandingkan antara 2 P pada G yang sama

