

RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN

Perancangan Percobaan

Review

2

- RAL:
 - ▣ Satuan percobaan homogen
 - ▣ Keragaman Respons disebabkan pengaruh perlakuan
- RAK:
 - ▣ Satuan percobaan heterogen
 - ▣ Keragaman Respons disebabkan pengaruh Perlakuan dan Kelompok
 - ▣ Pengaruh dari keragaman lain yang kita ketahui, di luar perlakuan yang kita coba, dihilangkan dari galat percobaan dengan cara pengelompokan satu arah
- RBSL:
 - ▣ Apabila ide RAK diaplikasikan untuk menghilangkan dua sumber keragaman dengan cara pengelompokan dalam dua arah, maka rancangan tersebut disebut dengan RBSL.



Pendahuluan

3

RAL



Tidak ada keragaman (homogen)

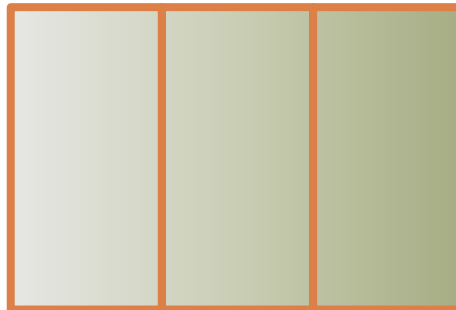
RAK

Satu arah Keragaman

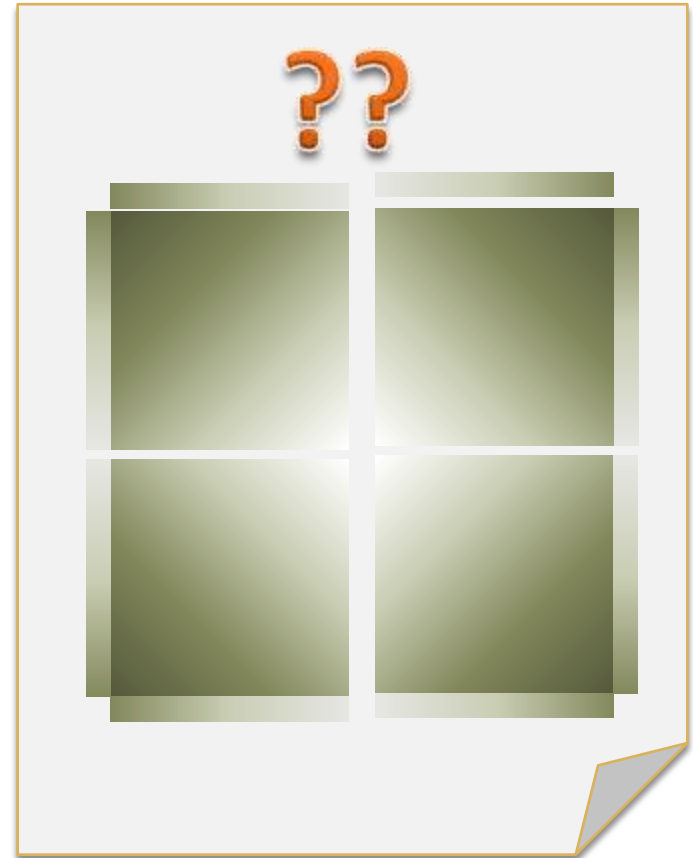


Heterogen

I	II	III
---	----	-----

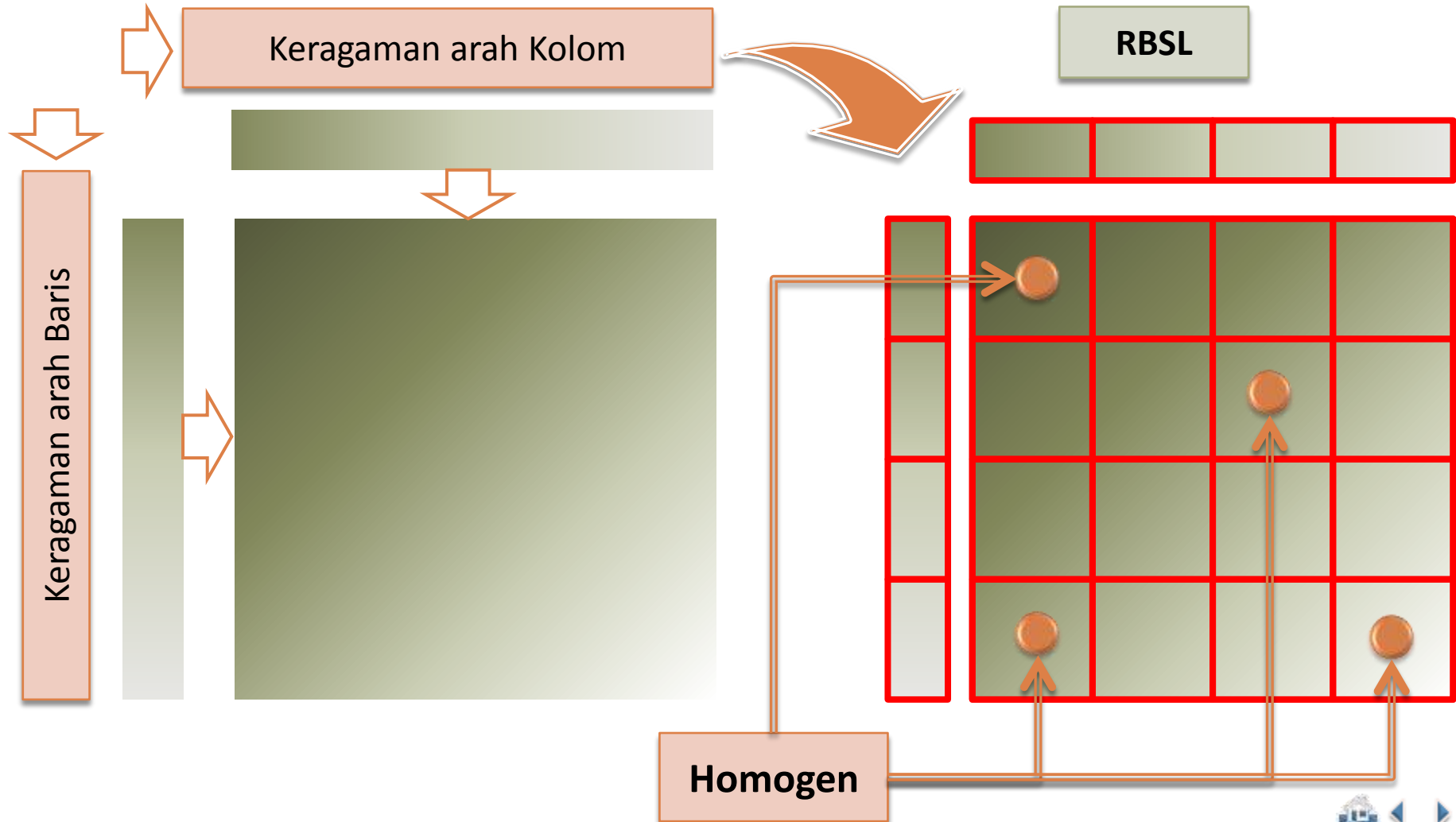


Homogen	Homogen	Homogen
---------	---------	---------



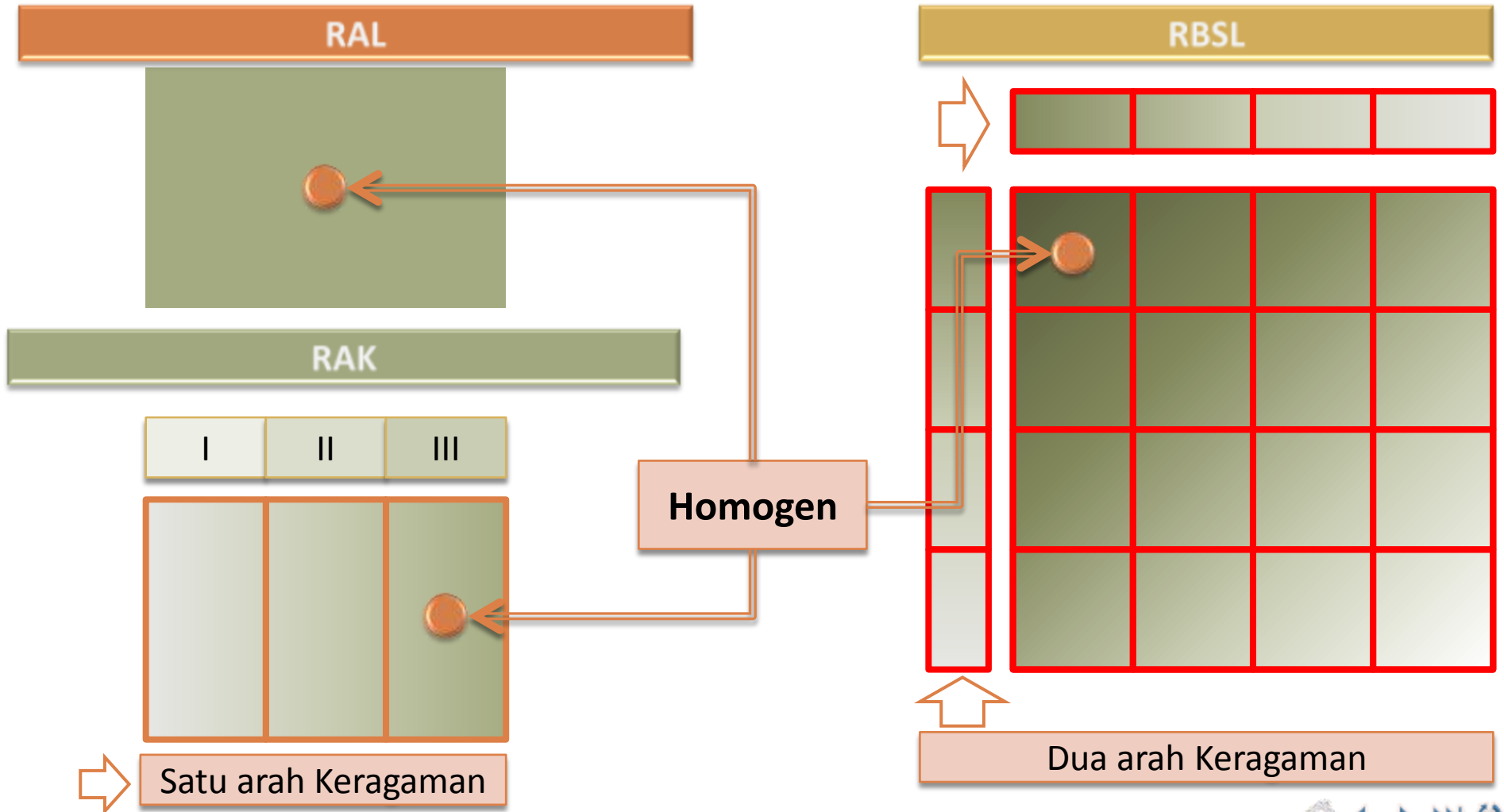
RBSL

4



Perbandingan RAL-RAK-RBSL

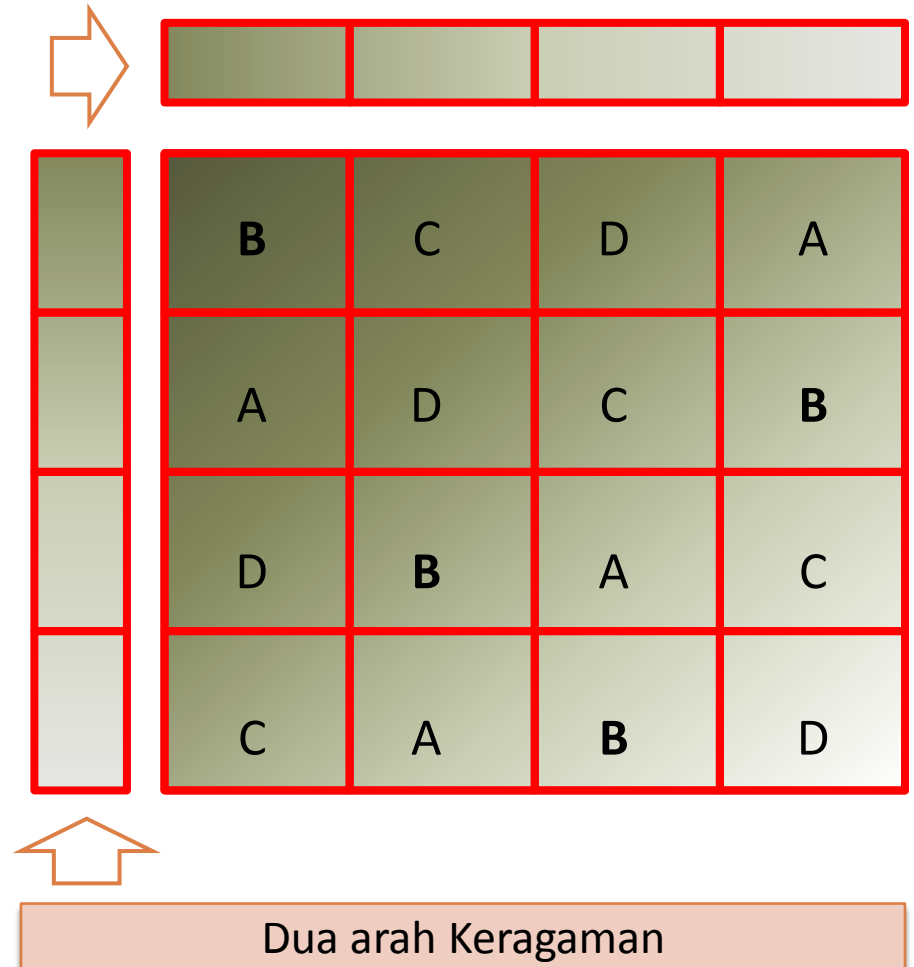
5



Pengertian

6

- **Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)** merupakan suatu rancangan percobaan dengan dua arah pengelompokan, yaitu baris dan kolom.
- **Banyaknya perlakuan = jumlah ulangan** sehingga setiap baris dan kolom akan mengandung semua perlakuan.
- Pada rancangan ini, pengacakan dibatasi dengan mengelompokkannya ke dalam baris dan juga kolom, sehingga **setiap baris dan kolom hanya akan mendapatkan satu perlakuan.**



Keuntungan RBSL

7

- Mengurangi keragaman galat melalui penggunaan dua buah pengelompokan
- Pengaruh perlakuan dapat dilakukan untuk percobaan berskala kecil
- Analisis relatif mudah
- Baris atau kolom bisa juga digunakan untuk meningkatkan cakupan dalam pengambilan kesimpulan



Kelemahan RBSL

8

- Banyaknya baris, kolom dan perlakuan harus sama, sehingga semakin banyak perlakuan, satuan percobaan yang diperlukan juga semakin banyak.
- Apabila banyaknya kelompok bertambah besar, galat percobaan per satuan percobaan juga cenderung meningkat.
- Asumsi modelnya sangat mengikat, yaitu bahwa tidak ada interaksi antara sembarang dua atau semua kriteria, yaitu baris, kolom dan perlakuan.
- Pengacakan yang diperlukan sedikit lebih rumit daripada pengacakan rancangan-rancangan sebelumnya.
- Derajat bebas galatnya yang lebih kecil dibanding dengan rancangan lain yang berukuran sama, akan menurunkan tingkat ketelitian, terutama apabila jumlah perlakuannya berukuran kecil.
- Memerlukan pengetahuan/pemahaman dasar dalam menyusun satuan percobaan yang efektif.
- Apabila ada data hilang, meskipun jumlahnya tidak terlalu banyak, maka hasil analisisnya diragukan karena perlakuan menjadi tidak seimbang.



9

Pengacakan dan Tata Letak

Rancangan Dasar RBSL

10

2 x 2

A	B
B	A

4 x 4

A	B	C	D
B	A	D	C
C	D	B	A
D	C	A	B

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

3 x 3

A	B	C
B	C	A
C	A	B

A	B	C	D
B	D	A	C
C	A	D	B
D	C	B	A

A	B	C	D
B	A	D	C
C	D	A	B
D	C	B	A

Banyaknya rancangan dasar yang mungkin dibentuk :

$$=(t)(t!) (t - 1)!$$

dimana:

t adalah banyaknya perlakuan

Contoh:

jika $t = 4$:

$$=(t)(t!) (t - 1)!$$

$$= (4).(4!).(3!)$$

$$= 576 \text{ kemungkinan}$$

$$t = 2 \rightarrow 4$$

$$t = 3 \rightarrow 36$$

$$t = 4 \rightarrow 576$$

$$t = 5 \rightarrow 14400$$

$$t = 6 \rightarrow 518400$$



Pemilihan Rancangan Dasar

11

- Misal terdapat 4 perlakuan A, B, C, D.
 - ▣ Kita pilih rancangan dasar ukuran 4x4.

Baris\Kolom	1	2	3	4
1	A	B	C	D
2	B	A	D	C
3	C	D	B	A
4	D	C	A	B

Pengacakan pada posisi baris

12

- Misal pengacakan dengan menggunakan fungsi Rand() pada MS Excel didapat urutan baru **4, 3, 1, 2**.
 - ▣ Artinya, baris ke-**4** menjadi baris ke-1, baris ke-**3** menempati posisi baris ke-2, baris ke **1** menempati posisi ke-3, dst.

	A	B	C
1	Urutan Semula	Urutan Pengacakan	Angka Acak
2	1	1	0.926309139
3	2	2	0.988085526
4	3	3	0.641063502
5	4	4	0.307700726
6			

Angka acak setelah diurutkan
dari kecil ke besar

	A	B	C
1	4	0.307700726	
2	3	0.641063502	
3	1	0.926309139	
4	2	0.988085526	

Pengacakan pada posisi baris

13

- Dari hasil pengacakan pada posisi baris tersebut kita mendapatkan urutan urutan baru **4, 3, 1, 2**.

Baris\Kolom	1	2	3	4
1	A	B	C	D
2	B	A	D	C
3	C	D	B	A
4	D	C	A	B

Rancangan Dasar



Baris\Kolom	1	2	3	4
4	D	C	A	B
3	C	D	B	A
1	A	B	C	D
2	B	A	D	C

Pengacakan arah baris

Pengacakan arah kolom

14

- Dengan cara yang sama, kita lakukan pengacakan untuk posisi kolom.
 - ▣ Misalkan kita mendapatkan urutan pengacakan: **4, 2, 1, 3**. Artinya, kolom ke-4 pindah ke kolom 1, kolom ke-2 tetap, kolom ke-1 menjadi kolom ke-3, dst.

Baris\Kolom	1	2	3	4
4	D	C	A	B
3	C	D	B	A
1	A	B	C	D
2	B	A	D	C



Baris\Kolom	4	2	1	3
4	B	C	D	A
3	A	D	C	B
1	D	B	A	C
2	C	A	B	D

Pengacakan arah baris

Pengacakan arah Kolom

Denah percobaan RBSL

15

B	C	D	A
A	D	C	B
D	B	A	C
C	A	B	D

Denah percobaan RBSL

Perhatikan:

Perlakuan B ada di setiap kolom dan setiap baris, tapi tidak ada B yang sama dalam baris yang sama atau kolom yang sama!

16

Model Linier & Analisis Ragam

Model Linier

17

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \kappa_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

μ = rata-rata umum

β_i = pengaruh baris ke- i

κ_j = pengaruh kolom ke- j

τ_k = pengaruh perlakuan ke- k

ε_{ijk} = pengaruh acak dari baris ke- i , kolom ke- k dan perlakuan ke- k

$i = 1, 2, \dots, r$; $j = 1, 2, \dots, r$; $k = 1, 2, \dots, r$

Asumsi dan Hipotesis

18

Asumsi:

Pengaruh perlakuan tetap

$$\sum \beta_i = \sum \kappa_j = \sum \tau_k = 0; \quad \varepsilon_{ijk} \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

Pengaruh perlakuan acak

$$\beta_i \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma_{\beta}^2); \quad \kappa_j \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma_{\kappa}^2);$$

$$\tau_k \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma_{\tau}^2); \quad \varepsilon_{ijk} \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

Hipotesis:

Hipotesis yang Akan Diuji:	Pengaruh perlakuan tetap	Pengaruh perlakuan acak
H_0	Semua $\tau_k = 0$ ($k = 1, 2, \dots, r$)	$\sigma_{\tau}^2 = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi perlakuan)
H_1	Tidak semua $\tau_k = 0$ ($k = 1, 2, \dots, r$)	$\sigma_{\tau}^2 > 0$ (ada keragaman dalam populasi perlakuan)



Analisis Ragam

19

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

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Baris	r-1	JKBaris	JKBaris/(r-1)	KTB/KTG
Kolom	r-1	JKKolom	JKKolom/(t-1)	KTK/KTG
Perlakuan	r-1	JKP	JKP/(r-1)	KTP/KTG
Galat	(r-1)(r-2)	JKG	JKG/(r-1)(r-2)	
Total	r² - 1			



Formula Perhitungan Analisis Ragam

20

	Definisi	Pengerjaan
FK	$\frac{Y_{..}^2}{r^2}$	$\frac{Y_{..}^2}{r^2}$
JKT	$\sum_{i,j} (y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{i,j} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{r^2}$	$\sum_{i,j} Y_{ij}^2 - FK$
JK_{Baris}	$r \sum_i (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_i \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{r^2}$	$\sum_i \frac{Y_{i.}^2}{r} - FK$
JK_{Kolom}	$r \sum_j (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_j \frac{Y_{.j}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{r^2}$	$\sum_j \frac{Y_{.j}^2}{r} - FK$
JKP	$r \sum_k (\bar{Y}_k - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_k \frac{Y_k^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{r^2}$	$\sum_k \frac{Y_k^2}{r} - FK$
JKG	$\sum_{i,j} (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_k + 2\bar{Y}_{..})^2$	JKT - JKBaris - JKKolom - JKP



Galat Baku

21

- Galat baku (Standar error) untuk perbedaan di antara rata-rata perlakuan dihitung dengan formula berikut:

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{2KTG}{t}}$$

22

Contoh Terapan

Contoh Terapan

23

- Untuk memudahkan pemahaman prosedur perhitungan sidik ragam RBSL berikut ini disajikan contoh kasus beserta perhitungan sidik ragamnya. Tabel berikut adalah Layout dan data hasil percobaan RBSL ukuran 4x4 untuk data hasil pipilan jagung hibrida (A, B, dan D) dan penguji (C) (Gomez & Gomez, 1995 hal 34).

No Baris	Hasil Pipilan (t ha ⁻¹)				Jumlah Baris
	1	2	3	4	
1	1.640 (B)	1.210 (D)	1.425 (C)	1.345 (A)	5.620
2	1.475 (C)	1.185 (A)	1.400 (D)	1.290 (B)	5.350
3	1.670 (A)	0.710 (C)	1.665 (B)	1.180 (D)	5.225
4	1.565 (D)	1.290 (B)	1.655 (A)	0.660 (C)	5.170
Jumlah Kolom	6.350	4.395	6.145	4.475	
Jumlah Umum					21.365



Langkah Perhitungan Sidik Ragam

24

- Susun data seperti pada tabel di atas (sesuai dengan layout percobaan di lapangan), sertakan pula penjelasan kode perlakuannya.
- Hitung jumlah baris (B) dan kolom (K) serta jumlah Umum (G) seperti pada contoh tabel di atas.
- Hitung Jumlah dan Rataanya untuk masing-masing Perlakuan.

Perlakuan	Jumlah	Rataan
A	5.855	1.464
B	5.885	1.471
C	4.270	1.068
D	5.355	1.339



Langkah Perhitungan Sidik Ragam

25

- Hitung Jumlah Kuadrat untuk semua sumber keragaman.

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i,j} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{r^2} \\ &= \left[(1.640)^2 + (1.210)^2 + \dots + (0.660)^2 - \frac{(21.365)^2}{4^2} \right] \\ &= 1.413923 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKBaris &= \sum_i \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{r^2} \\ &= \frac{(5.620)^2 + (5.350)^2 + (5.225)^2 + (5.170)^2}{4} - \frac{(21.365)^2}{4^2} \\ &= 0.030154 \end{aligned}$$



Langkah Perhitungan Sidik Ragam

26

$$\begin{aligned} JKKolom &= \sum_j \frac{Y_{.j}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{r^2} \\ &= \frac{(6.350)^2 + (4.395)^2 + (6.145)^2 + (4.475)^2}{4} - \frac{(21.365)^2}{4^2} \\ &= 0.827342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \sum_k \frac{Y_k^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{r^2} \\ &= \frac{(5.855)^2 + (5.885)^2 + (4.270)^2 + (5.355)^2}{4} - \frac{(21.365)^2}{4^2} \\ &= 0.426842 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKBaris - JKKolom - JKP \\ &= 1.413923 - 0.030154 - 0.827342 - 0.426842 \\ &= 0.129585 \end{aligned}$$



Langkah Perhitungan Sidik Ragam

27

Susun Tabel Sidik Ragamnya dan Nilai F-tabel

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Fhitung	F0.05
Baris	3	0.030154	0.010051	0.465393	4.757
Kolom	3	0.827342	0.275781	12.7691*	4.757
Perlakuan	3	0.426842	0.142281	6.58783*	4.757
Galat	6	0.129585	0.021598		
Total	15	1.413923			

$$F_{\text{hit}}(0.05, 3, 6) = 4.757$$

Pada taraf kepercayaan 95%:

□ **Pengaruh Perlakuan : signifikan**

(Fhitung (6.59) > 4.76)

Pengaruh **Perlakuan nyata** → Langkah selanjutnya adalah memeriksa Perbedaan nilai rata-rata perlakuan



Post-Hoc (Tukey HSD)

28

- Langkah 1: Hitung nilai HSD:
 - ▣ Tentukan nilai KTG dan derajat bebasnya yang diperoleh dari Tabel Analisis Ragam.
 - $KTG = 0.021598$
 - $v = db = 6$
 - ▣ Tentukan nilai kritis dari tabel wilayah nyata student.
 - Ada tiga parameter yang dibutuhkan untuk menentukan nilai q_{α} , yaitu taraf nyata (α), p = banyaknya perlakuan yang akan dibandingkan, dan derajat bebas galat (db).
 - Pada contoh ini, $p = 4$, nilai $db = 6$ (lihat db galat pada tabel Analisis Ragamnya) dan $\alpha = 0.05$. Selanjutnya, tentukan nilai $q_{0.05(4, 6)}$.



Post-Hoc (Tukey HSD)

Critical Points for the Studentized Range Statistic -- ALPHA = 0.05

$q_{0.05(p, v)}$

Derajat bebas (v)	2	3	4	5	6	7	8	9	...
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	
8			4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	
9			4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	
10			4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	
11			4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	
12	2.96	3.72	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	

Nilai $q_{0.05(4, 6)}$
 = 4.90

Untuk mencari nilai $q_{0.05(6, 24)}$ kita dapat melihatnya pada tabel Sebaran studentized range pada taraf nyata $\alpha = 0.05$ dengan $p = 4$ dan derajat bebas (v)= 6. Perhatikan gambar untuk menentukan q-tabel.



Post-Hoc (Tukey HSD)

30

Hitung nilai HSD :

$$\begin{aligned}\omega &= q_{\alpha}(p, v) \sqrt{\frac{KTG}{t}} \\ &= 4.90 \times \sqrt{\frac{0.021598}{4}} \\ &= 0.36\end{aligned}$$

Kriteria pengujian:

Bandingkan nilai mutlak selisih kedua rata-rata yang akan kita lihat perbedaannya dengan nilai HSD dengan kriteria pengujian sebagai berikut

Jika $|\mu_i - \mu_j| \begin{cases} > 0.36 & \text{maka hasil uji menjadi nyata} \\ \leq 0.36 & \text{maka hasil uji tidak nyata} \end{cases}$

Post-Hoc (Tukey HSD)

31

Langkah 2: Urutkan tabel rata-rata perlakuan dari kecil ke besar atau sebaliknya. Buat Tabel matriks selisih di antara rata-rata perlakuan dan bandingkan dengan nilai pembanding (Tukey HSD = 0.36)

Perlakuan	Rata-rata	(C) 1.068	(D) 1.339	(A) 1.464	(B) 1.471	Notasi
(C)	1.068	0.000				a
(D)	1.339	0.271 tn	0.000			ab
(A)	1.464	0.396 *	0.125 tn	0.000		b
(B)	1.471	0.404 *	0.133 tn	0.007 tn	0.000	b

Keterangan: abaikan garis merah, karena sudah terwakili oleh garis ke dua (b)

