

Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)

(Latin Square Design)

Ayu Indraswari Nurmayana Putri, S.Si., M.Sc

Pertemuan V

Review

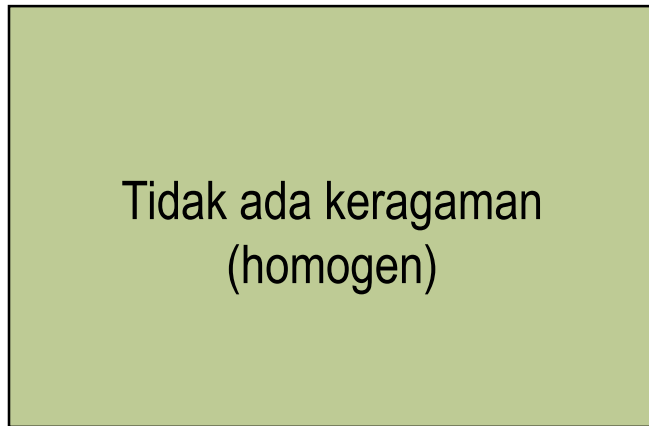
- ❑ RAL
 - ❑ Unit percobaan homogen
 - ❑ Keragaman respon disebabkan oleh pengaruh perlakuan

- ❑ RAK
 - ❑ Unit percobaan heterogen (satu sumber keragaman)
 - ❑ Keragaman respon disebabkan oleh pengaruh perlakuan dan kelompok
 - ❑ Pengaruh keragaman lain (diluar perlakuan yang kita coba) dihilangkan dari galat percobaan dengan cara pengelompokan satu arah

- ❑ RBSL
 - ❑ Unit percobaan heterogen (dua sumber keragaman) sehingga pengelompokan perlakuannya dalam dua arah yaitu baris dan kolom

Perbandingan RAL, RAK, RBSL

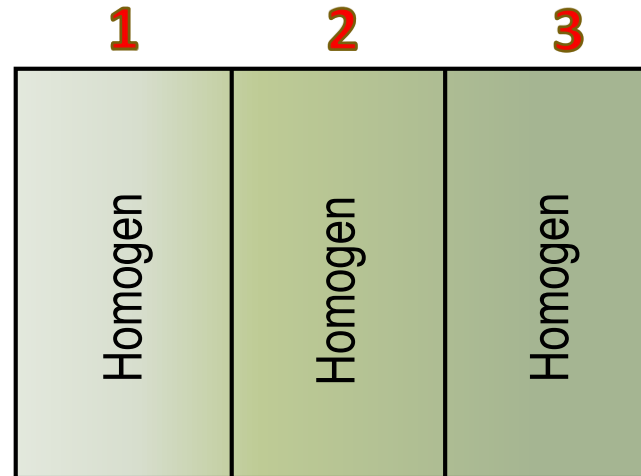
RAL



**Kesuburan tanah
homogen**

(**keragaman dari
perlakuan saja**)

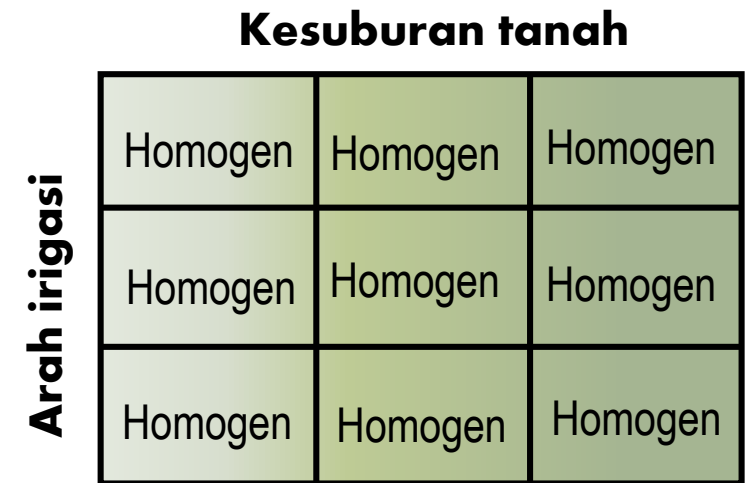
RAK



**Kesuburan tanah
heterogen**

(**satu sumber keragaman**)

RBSL



**Kesuburan tanah & arah
irigasi heterogen**

(**dua sumber keragaman**)

Latar Belakang

- ❑ Di beberapa kasus, memungkinkan kita untuk mengontrol dua atau lebih sumber keragaman.
- ❑ **Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)** merupakan rancangan percobaan yang digunakan apabila terdapat **dua sumber keragaman** yang mempengaruhi unit percobaan. RBSL mengendalikan kedua keragaman tersebut dengan pengelompokan pada arah baris dan kolom.
- ❑ **Jumlah baris = jumlah kolom** atau dengan kata lain **jumlah perlakuan = jumlah ulangan**, sehingga setiap baris dan kolom mengandung semua perlakuan.
Jumlah perlakuan yang ideal untuk rancangan ini adalah 5 sampai 8. Apabila perlakuan yang diuji hanya sedikit (<4) maka penggunaan rancangan ini kurang efisien
- ❑ Pengacakan dibatasi dengan mengelompokkan ke dalam baris dan kolom, sehingga **setiap baris dan kolom hanya akan mendapatkan satu perlakuan**

Kesuburan tanah

	B	C	A
A		B	C
C		A	B

Kesuburan tanah & arah irigasi heterogen
(**dua sumber keragaman**)

Perhatikan kasus berikut

Beberapa penelitian yang menggunakan rancangan ini adalah:

1. Pengujian pengaruh pemberian pupuk dengan dosis yang berbeda terhadap hasil padi, keragaman unit percobaan yaitu **kemiringan lahan berbeda** dan **arah irigasi berbeda**
2. Pengujian pengaruh dosis pemupukan yang berbeda terhadap produksi tanaman jagung dimana menggunakan pengelompokan **lima cara pemupukan berbeda** dan **lima orang tenaga kerja (akan menyebabkan perilaku yang berbeda)**.
3. Percobaan pemberian ransum terhadap bobot sapi dengan menyiapkan **3 ekor sapi berbeda** untuk dicobakan secara bergantian selama **3 periode** waktu.
4. Uji efektivitas mesin fillet otomatis A, B, C dan D terhadap produksi fillet tuna dengan **empat operator berbeda** sebagai kolom dan **empat hari kerja** sebagai baris

Kelebihan & Kelemahan RBSL

Kelebihan

- ❑ Mengurangi keragaman galat melalui penggunaan 2 pengelompokan (baris & kolom).
- ❑ Analisis relatif mudah
- ❑ Baris atau kolom bisa juga digunakan untuk meningkatkan pengambilan keputusan

Kelemahan

- ❑ Banyaknya baris = kolom = perlakuan, sehingga makin banyak perlakuan, unit percobaan yang diperlukan juga semakin banyak.
- ❑ Apabila banyaknya kelompok bertambah besar, galat percobaan per unit percobaan juga cenderung meningkat
- ❑ Apabila perlakuan sedikit (<4) mengakibatkan db galat percobaan menjadi sangat kecil dengan konsekuensi bahwa galat percobaan akan menjadi besar.
- ❑ Akibat dari dua kekurangan sebelumnya, RBSL hanya digunakan untuk percobaan yang menggunakan 4 – 8 perlakuan.

Pengacakan dan Bagan Percobaan

Kasus: suatu penelitian melibatkan 4 perlakuan (A, B, C, D) dimana penempatan perlakuan diacak berdasarkan posisi baris dan kolom.

- Oleh karena Jumlah perlakuan = jumlah baris = jumlah kolom, maka banyak unit percobaan adalah $4 \times 4 = 16$.
- Penempatan perlakuan harus memperhatikan aturan: setiap perlakuan hanya muncul sekali pada arah baris dan sekali pada arah kolom.

Bagaimana Pengacakannya ??

1. Tempatkan perlakuan pada **arah diagonal acak**

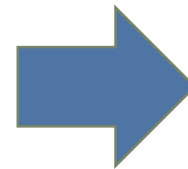
No baris \ No kolom	1	2	3	4
1	A	C	D	B
2	B	A	C	D
3	D	B	A	C
4	C	D	B	A

2. Acaklah penempatan baris

No baris \ No kolom	1	2	3	4
3	D	B	A	C
2	B	A	C	D
4	C	D	B	A
1	A	C	D	B

3. Acaklah penempatan kolom

No baris \ No kolom	2	4	1	3
3	B	C	D	A
2	A	D	B	C
4	D	A	C	B
1	C	B	A	D

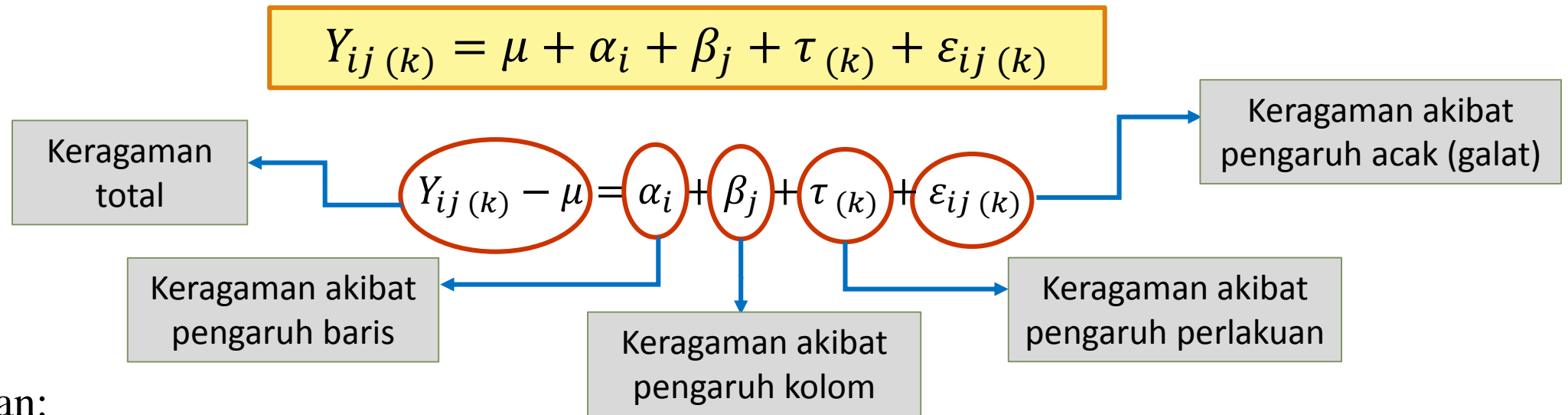


Bagan percobaan terakhir

Tabulasi data dapat disajikan sebagai berikut:

Baris \ Kolom	K1	K2	K3	K4	Total Baris ($Y_{i\cdot(\cdot)}$)
B1	B $Y_{11(2)}$	C $Y_{12(3)}$	D $Y_{13(4)}$	A $Y_{14(1)}$	$Y_{1\cdot(\cdot)}$
B2	A $Y_{21(1)}$	D $Y_{22(4)}$	B $Y_{23(2)}$	C $Y_{24(3)}$	$Y_{2\cdot(\cdot)}$
B3	D $Y_{31(4)}$	A $Y_{32(1)}$	C $Y_{33(3)}$	B $Y_{34(2)}$	$Y_{3\cdot(\cdot)}$
B4	C $Y_{41(3)}$	B $Y_{42(2)}$	A $Y_{43(1)}$	D $Y_{44(4)}$	$Y_{4\cdot(\cdot)}$
Total kolom ($Y_{\cdot j(\cdot)}$)	$Y_{\cdot 1(\cdot)}$	$Y_{\cdot 2(\cdot)}$	$Y_{\cdot 3(\cdot)}$	$Y_{\cdot 4(\cdot)}$	Total Keseluruhan ($Y_{\cdot\cdot(\cdot)}$)

Model Linier dalam RAKL



Keterangan:

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

$Y_{ij(k)}$: pengamatan pada perlakuan ke k dalam baris ke i dan kolom ke j

μ : rata-rata umum

$\tau_{(k)}$: pengaruh perlakuan ke k dalam baris ke i dan kolom ke j

α_i : pengaruh baris ke i

β_j : pengaruh kolom ke j

ε_{ij} : pengaruh acak pada perlakuan ke k dalam baris ke i dan kolom ke j

i : banyaknya baris
 j : banyaknya kolom
 k : banyaknya perlakuan

Hipotesis

Hipotesis untuk pengaruh perlakuan

$$H_0 : \tau_{(1)} = \dots = \tau_{(r)} = 0$$

(Perlakuan tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } k \text{ dengan } \tau_{(k)} \neq 0$$

(Minimal ada perlakuan berpengaruh terhadap respon yang diamati)

Hipotesis untuk pengaruh baris

$$H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_r = 0$$

(baris tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } i \text{ dengan } \alpha_i \neq 0$$

(Minimal ada baris berpengaruh terhadap respon yang diamati)

Hipotesis untuk pengaruh kolom

$$H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_r = 0$$

(kolom tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } j \text{ dengan } \beta_j \neq 0$$

(Minimal ada kolom yang berpengaruh terhadap respon yang diamati)

FK : Faktor Koreksi

$$FK = \frac{Y_{\bullet\bullet(\cdot)}^2}{r^2}$$

JKT : Jumlah Kuadrat Total

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r Y_{ij(k)}^2 - FK$$

JKP : Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JKP = \sum_{k=1}^r \frac{Y_{\bullet\bullet(k)}^2}{r} - FK$$

JKB : Jumlah Kuadrat Baris

$$JKB = \sum_{i=1}^r \frac{Y_{i\bullet(\cdot)}^2}{r} - FK$$

JKK : Jumlah Kuadrat Kolom

$$JKK = \sum_{j=1}^r \frac{Y_{\bullet j(\cdot)}^2}{r} - FK$$

JKG : Jumlah Kuadrat Galat

$$JKG = JKT - JKP - JKB - JKK$$

Struktur tabel sidik ragam/tabel anova dapat disajikan sebagai berikut:

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kudarat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Perlakuan	$t-1$	JKP	KTP	KTP/KTG
Baris	$r - 1$	JKB	KTB	KTB/KTG
Kolom	$r - 1$	JKK	KTK	KTK/KTG
Galat	$(r - 1)(r - 2)$	JKG	KTG	
Total	$r^2 - 1$	JKT		

Pengujian Hipotesis

Kriteria Keputusan:

1. H_0 ditolak jika: (untuk perlakuan)

$$F_{hitung} > F_{\alpha ; r-1 ; (r-1)(r-2)}$$

2. H_0 ditolak jika: (untuk baris)

$$F_{hitung} > F_{\alpha ; r-1 ; (r-1)(r-2)}$$

3. H_0 ditolak jika: (untuk kolom)

$$F_{hitung} > F_{\alpha ; r-1 ; (r-1)(r-2)}$$

Efisiensi Relatif (ER) dari RBSL



- Besaran ini menunjukkan besarnya peningkatan ulangan yg diperlukan jika rancangan menerapkan RAK

$$ER = \frac{(db_l + 1)(db_b + 3)}{(db_l + 3)(db_b + 1)} \times \frac{\hat{\sigma}_b^2}{\hat{\sigma}_l^2}$$

Keterangan:

db_l : derajat bebas galat RBSL

db_b : derajat bebas galat RAK

$\hat{\sigma}_l^2 = KTG$: ragam galat RBSL

$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{(r-1)KTK + [(r-1) + (r-1)(r-2)]KTG}{r(r-1)}$: ragam galat RAK



Misal, jika nilai $ER = 5$ berarti untuk memperoleh sensitivitas RAK agar sama dengan RBSL, ulangan yang digunakan untuk menerapkan RAK adalah **5x banyaknya kolom yang digunakan dalam RBSL**.

Contoh Kasus

Seorang peneliti ingin mengetahui keefektifan mesin fillet otomatis **A,B,C,D** terhadap produksi fillet tuna. Produksi dipengaruhi oleh adanya **operator** dan **hari kerja** yang berbeda. Peneliti memutuskan membuat desain dengan empat **operator** sebagai **kolom** dan empat **hari kerja** sebagai **baris**. Ujilah dengan taraf nyata 5%, apakah mesin fillet, operator, dan hari kerja yang berbeda berpengaruh terhadap produksi fillet tuna.

Baris	Hasil produksi fillet tuna (ton)				Jumlah
	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	
1	1,64 (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
Σ kolom	6,350	4,395	6,145	4,475	-
Σ total					21,365

$$FK = \frac{Y_{..(\cdot)}^2}{r^2} = \frac{21,365^2}{4^2} = \frac{456,46}{16} = 28,528$$

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r Y_{ij(k)}^2 - FK = 1,64^2 + 1,475^2 + \dots + 0,660^2 - FK = 1,4139$$

$$JKP = \sum_{k=1}^r \frac{Y_{..(k)}^2}{r} - FK = (8,57 + 8,65 + 4,56 + 7,16) - 28,528 = 28,94 - 28,528 = 0,412$$

$$JKB = \sum_{i=1}^r \frac{Y_{i\cdot(\cdot)}^2}{r} - FK = 0,03015$$

$$JKK = \sum_{j=1}^r \frac{Y_{\cdot j(\cdot)}^2}{r} - FK = 0,82734$$

$$JKG = JKT - JKP - JKB - JKK = 0,129584$$

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kudarat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Perlakuan (mesin filet)	3	0,412	0,14	6,51 ~ 4,76
Baris (hari kerja)	3	0,03015	0,01005	0,47 ~ 4,76
Kolom (operator)	3	0,827	0,27	12,56 ~ 4,76
Galat	6	0,129	0,0215	
Total	15	1,4139		