

III. PERCOBAAN FAKTORIAL

A. Pendahuluan

Mengapa peneliti memilih melakukan percobaan factorial ? atau bagaimana kalau beberapa factor penelitian ingin diterapkan sekaligus dalam percobaan ? Untuk menjawab pertanyaan ini marilah kita membayangkan seandainya kita menerapkan 2 faktor penelitian sekaligus terhadap suatu percobaan (misalnya 2 faktor), dengan kondisi ini marilah kita lihat :

1. Data pengamatan berubah (naik atau turun tergantung efek factor) dengan berubahnya taraf tingkat factor A pada setiap taraf tingkat factor B, demikian sebaliknya.
Perubahan ini disebut pengaruh tunggal kalau yang diamati adalah perubahan peringkat factor, dan disebut pengaruh interaksi jika diamati secara keseluruhan.
2. Data pengamatan berubah dengan berubahnya taraf tingkat factor A pada semua tingkat factor B, demikian pula sebaliknya, perubahan ini disebut pengaruh utama A atau B. Pengamatan terhadap perubahan ini dilakukan seolah-olah kita melakukan percobaan faktor tunggal A atau B karena disini fokus kita hanya melihat perubahan akibat faktor A saja atau B saja

Dari uraian di atas terlihat bahwa percobaan faktorial mempunyai kelebihan dibanding percobaan factor tunggal yaitu :

1. Dengan percobaan factorial efek/pengaruh factor tunggal dan efek interaksi dapat diketahui sekaligus, sehingga lebih efektif dan efisien dalam hal penggunaan waktu, bahan, alat, tenaga kerja dan biaya yang tersedia.
2. Oleh karena setiap tingkat factor A diterapkan terhadap setiap tingkat factor B dan sebaliknya maka, maka setiap tingkat factor A atau B akan terulang pada semua tingkat factor lainnya, ini disebut ulangan tersembunyi. Hal ini jelas akan meningkatkan derajat ketelitian pengamatan terhadap pengaruh factor-faktor yang diteliti.

Sehubungan dengan adanya kombinasi perlakuan dari 2 faktor atau lebih maka terjadi 2 tipe interaksi yaitu :

1. Saling pengaruh mempengaruhi antara pengaruh/fungsi factor A dan B terhadap suatu objek penelitian.
2. Pengaruh peningkatan suatu factor terhadap pengaruh/fungsi factor lainnya, misalnya factor A meningkatkan pengaruh factor B atau sebaliknya.

Kedua macam interaksi ini dapat bersifat positif bila meningkatkan pengaruh factor utama dan negatif bila sebaliknya.

Sebagai ilustrasi, dibawah ini adalah data hipotetik sebuah percobaan faktorial 2 x 2 dengan r ulangan yang masing-masing menunjukkan status pengaruh interaksi dalam percobaan yaitu :

Tabel 1. Nilai rata-rata 3 set data produksi padi (ton/ha) yang menunjukkan status interaksi dalam percobaan faktorial 2 x 2 dengan r ulangan

Varietas Padi	Dosis N		Efek Dosis N
	N (0 Kg N/ha)	(60 Kg N/ha)	
	(a) tidak ada interaksi		
X	1,0	3,0	2,0
Y	2,0	4,0	2,0
Efek varietas	1,0	1,0	
	(b) interaksi positif		
X	1,0	1,4	0,4
Y	2,0	4,0	0,2
Efek varietas	1,0	3,0	
	(c) interaksi negatif		
X	1,0	1,4	0,4
Y	2,0	0,8	1,2
Efek varietas	1,0	0,6	

Gambar 1. Tipe-tipe pengaruh interaksi antara varietas dan nitrogen

B. Percobaan Faktorial dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Model umum : $Y = \mu + \alpha + \beta + \alpha\beta + \epsilon$

Dimana : Y = hasil pengamatan

μ = rata-rata umum

α = efek dari faktor A

β = efek perlakuan faktor B

$\alpha\beta$ = efek interaksi perlakuan A dan B

ϵ = Kesalahan percobaan / galat / eksperimental error

1. Tata Letak Percobaan dan Teknik Randomisasi

Dalam penataan letak percobaan factorial hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu jumlah faktor dan jumlah kelompok/ulangan (r), dengan tahap-tahap pelaksanaan sebagai berikut :

Tahap 1 Areal percobaan disiapkan berupa satu blok percobaan, sebaiknya berbentuk bujur sangkar yang luasnya disesuaikan dengan jumlah perlakuan

Tahap 2 Tempatkan kombinasi perlakuan sesuai faktor-faktor yang sudah direncanakan
Misalnya akan dilakukan percobaan terhadap 2 faktor perlakuan yang terdiri atas faktor A dan faktor B, yaitu :

Faktor Perlakuan A, terdiri atas 2 taraf/level yaitu a_1, a_2

Faktor Perlakuan B, terdiri atas 2 taraf/level yaitu b_1, b_2

Setiap unit percobaan (kombinasi perlakuan) diulang sebanyak 3 kali, sehingga seluruhnya ada $A \times B \times r$ atau $2 \times 2 \times 3 = 12$ unit percobaan.

Tahap 3 Setiap kombinasi perlakuan (unit percobaan) diberi nomor sesuai jumlah kombinasi yang ada seperti contoh di bawah ini :

(1) $a_1 b_1 (k_1)$ (2) $a_1 b_2 (k_1)$ (3) $a_2 b_1 (k_1)$ (4) $a_2 b_2 (k_1)$

(5) $a_1 b_1 (k_2)$ (6) $a_1 b_2 (k_2)$ (7) $a_2 b_1 (k_2)$ (8) $a_2 b_2 (k_2)$

(9) $a_1, b_1 (k_3)$ (10) $a_2, b_1 (k_3)$ (11) $a_1, b_2 (k_3)$ (12) $a_2, b_2 (k_3)$

Tahap 4 Lakukan peletakan seluruh perlakuan/unit percobaan secara random pada blok percobaan yang tersedia, dengan menggunakan undian atau bilangan random sebagaimana di bawah ini :

Blok Percobaan Faktorial RAL

1	2	3	4
$a_1 b_1 (k_1)$	$a_2 b_2 (k_1)$	$a_2 b_1 (k_2)$	$a_2 b_2 (k_2)$
5	6	7	8
$a_2 b_2 (k_3)$	$a_1 b_1 (k_3)$	$a_1 b_2 (k_1)$	$a_2 b_1 (k_1)$
9	10	11	12
$a_1 b_1 (k_2)$	$a_1 b_2 (k_2)$	$a_2 b_2 (k_3)$	$a_1 b_2 (k_3)$

2. Tabel 2. Analisis Ragam Untuk Contoh Kasus di Atas

No.	Sumber Variasi	Derajat bebas (Db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
1.	Perlakuan				
	A	a - 1	JK A	JK A/(a-1)	KR A/KR G
	B	b - 1	JK B	JK B/(b-1)	KR B/KR G
	AB	(a-1)(b-1)	JK AB	JK AB/(a-1)(b-1)	KR AB/KR G
2.	Galat	ab(r - 1)	JK G	JK G/ab(r-1)	
3.	Total	abr - 1			

3. Kriteria Penilaian :

Bila **F hitung** ≤ F tabel (0.05) berbeda tidak signifikan

Bila F tabel (0.01) > **F hitung** > F tabel (0.05) berbeda signifikan

Bila **F hitung** > F tabel (0.01) berbeda sangat signifikan

$$\sqrt{KTG}$$

4. Koefisien Keragaman : $KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\text{Rataan umum}} \times 100 \%$

5. Contoh kasus :

Suatu percobaan dilakukan untuk menentukan efek atau pengaruh Waktu Menanam dan Macam Pupuk yang digunakan terhadap produksi kacang. Perlakuan WAKTU MENANAM (A) ada dua taraf yaitu ; a1 (mendahului masa tanam) dan a2 (melampaui masa tanam). Perlakuan PUPUK (B) ada tiga macam ditambah satu control (4 taraf), yaitu ; bo (kontrol), b1 (Na), b2 (K) dan b3 (N). Sebanyak 32 petak tanah yang keadaannya homogen telah disediakan untuk lokasi penanaman. Karena ada 2 x 4 kombinasi perlakuan, maka untuk tiap kombinasi perlakuan tersedia 4 petak tanah yang juga berfungsi sebagai ulangan.

Untuk menentukan di petak mana salah satu pupuk harus digunakan (termasuk kontrol) dan kapan menanam harus dilakukan, maka secara acak tiap taraf kedua faktor tersebut diambil atau dikenakan terhadap petak. Dengan demikian diperoleh faktorial 2 x 4 acak sempurna.

Hasil produksi / panen kacang sesuai masing kombinasi perlakuan yang diterapkan adalah sebagaimana tabel di bawah ini :

Tabel 3. Hasil Panen Kacang (dalam Kg)

Waktu Tanam (A)	Macam Pupuk (B)				Jumlah	Rata-rata
	Kontrol	N	Na	K		
Mendhului masa tanam (a1)	28.6	29.1	28.4	29.2		
	36.8	29.2	27.4	28.2		
	32.7	30.6	26.0	27.7		
	32.6	29.1	29.3	32.0		
Jumlah	130.7	118.0	111.1	117.1	476.9	
Rata-rata	32.68	29.50	27.78	2.28		29.81
Melampaui masa tanam	30.3	32.7	30.3	32.7		
	32.3	30.8	32.7	31.7		
	31.6	31.0	33.0	31.8		
	30.9	33.8	33.9	29.4		
Jumlah	125.1	128.3	129.9	125.6	508.9	
Rata-rata	31.28	32.08	32.48	31.4		31.81
Total Perlk	255.8	246.3	241.0	242.7	985.8	
Rata-rata	31.98	30.79	30.13	30.34		30.81

Analisis jumlah kuadrat :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{(985)^2}{2 \times 4 \times 4} = 30.368,80$$

$$\text{JK Total} = (28,6)^2 + (36,8)^2 + \dots + (29,4)^2 = 30.529,34$$

$$\text{JK A} = \frac{(476,9)^2 + (508,9)^2}{4 \times 4} - \text{FK} = 32,00$$

$$\text{JK B} = \frac{(255,8)^2 + (246,3)^2 + (241,0)^2 + (242,7)^2}{2 \times 4} - \text{FK} = 16,40$$

Tabel 4. Penyajian Faktor-faktor dan Kombinasi Perlakuan AxB

Waktu Tanam (A)	PUPUK (B)				Jumlah
	Kontrol (b1)	N (b1)	Na (b2)	K (b3)	
a1	130,7	118,0	111,1	117,1	476,9
a2	125,1	128,3	129,9	125,6	508,9
Jumlah	255,8	246,3	241,0	242,7	985,8

$$JK \text{ Interaksi AB} = \frac{(130,7)^2 + (118,0)^2 + \dots + (125,6)^2}{4} - FK - JK A - JK B = 38,40$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK A - JK B - JK AB = 73,74$$

Tabel 5. Analisis Ragam

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F table	
					0.05	0.01
Perlakuan						
A	1	32,00	32,00	10,42	4,26	7,82
B	3	16,40	5,47	1,78	3,01	4,72
AB	3	38,40	12,80	4,17	3,01	4,72
Galat	24	73,74	3,07			
Jumlah	32	30.529,34	-			

$$\text{Koefisien Keragaman (KK)} = \frac{\sqrt{73,74}}{30,81} \times 100 \% = 27,87 \%$$

Kesimpulan Hasil Uji F :

- Efek Faktor A : **F hitung** > F tabel (0.01) berbeda sangat signifikan
- Efek Faktor B : **F hitung** < F tabel (0.05) berbeda tidak signifikan
- Efek Interaksi A x B : F tabel (0.05) < **F hitung** < F tabel (0.01) berbeda signifikan

C. Percobaan Faktorial dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Model umum : $Y = \mu + K + \alpha + \beta + \alpha\beta + \epsilon$

Dimana : Y = hasil pengamatan

μ = rata-rata umum

K = efek dari pengelompokan

α = efek dari faktor A

β = efek perlakuan faktor B

$\alpha\beta$ = efek interaksi perlakuan A dan B

ϵ = Kesalahan percobaan / galat / eksperimental error

1. Tata Letak Percobaan dan Teknik Randomisasi

Dalam penataan letak percobaan factorial hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu jumlah faktor dan jumlah kelompok/ulangan (k), dengan tahap-tahap pelaksanaan sebagai berikut :

Tahap 1 Areal percobaan dibagi menjadi sebanyak k kelompok, kemudian masing-masing kelompok dibagi lagi menjadi sebanyak m kombinasi perlakuan

Tahap 2 Susun kombinasi perlakuan sesuai faktor-faktor yang sudah direncanakan
Misalnya akan dilakukan percobaan terhadap 2 faktor perlakuan yang terdiri atas :

Faktor Perlakuan pertama A, terdiri atas 2 taraf/level yaitu a_1, a_2

Faktor Perlakuan pertama B, terdiri atas 2 taraf/level yaitu b_1, b_2

Tahap 3 Setiap kombinasi perlakuan (unit percobaan) diberi nomor sesuai jumlah kombinasi yang ada dan jumlah kelompok (misalnya 3 kelompok) sehingga seluruh unit percobaan adalah :

$a_1 b_1 (k_1)$ $a_1 b_1 (k_2)$ $a_1, b_1 (k_3)$ $a_2 b_1 (k_1)$ $a_2 b_1 (k_2)$ $a_2, b_1 (k_3)$

$a_1 b_2 (k_1)$ $a_1 b_2 (k_2)$ $a_1, b_2 (k_3)$ $a_2 b_2 (k_1)$ $a_2 b_2 (k_2)$ $a_2, b_2 (k_3)$

Tahap 4 Lakukan peletakan perlakuan secara random pada setiap kelompok sesuai kombinasi perlakuan yang tersedia dia atas, dengan menggunakan undian atau bilangan random, unit-unit percobaan di bawah ini :

Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III												
<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">$a_1 b_1 (k_1)$</td> <td style="padding: 5px;">$a_2 b_2 (k_1)$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$a_1 b_2 (k_1)$</td> <td style="padding: 5px;">$a_2 b_1 (k_1)$</td> </tr> </table>	$a_1 b_1 (k_1)$	$a_2 b_2 (k_1)$	$a_1 b_2 (k_1)$	$a_2 b_1 (k_1)$	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">$a_2 b_1 (k_2)$</td> <td style="padding: 5px;">$a_2 b_2 (k_2)$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$a_1 b_1 (k_2)$</td> <td style="padding: 5px;">$a_1 b_2 (k_2)$</td> </tr> </table>	$a_2 b_1 (k_2)$	$a_2 b_2 (k_2)$	$a_1 b_1 (k_2)$	$a_1 b_2 (k_2)$	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">$a_2 b_2 (k_3)$</td> <td style="padding: 5px;">$a_1 b_1 (k_3)$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$a_2 b_2 (k_3)$</td> <td style="padding: 5px;">$a_1 b_2 (k_3)$</td> </tr> </table>	$a_2 b_2 (k_3)$	$a_1 b_1 (k_3)$	$a_2 b_2 (k_3)$	$a_1 b_2 (k_3)$
$a_1 b_1 (k_1)$	$a_2 b_2 (k_1)$													
$a_1 b_2 (k_1)$	$a_2 b_1 (k_1)$													
$a_2 b_1 (k_2)$	$a_2 b_2 (k_2)$													
$a_1 b_1 (k_2)$	$a_1 b_2 (k_2)$													
$a_2 b_2 (k_3)$	$a_1 b_1 (k_3)$													
$a_2 b_2 (k_3)$	$a_1 b_2 (k_3)$													

Contoh kasus :

Seorang peneliti bermaksud melakukan percobaan faktorial tentang pengaruh pupuk kandang dan pengapuran terhadap ketersediaan P (fosfor) di tanah masam podsolik merah kuning bekas padang alang-alang yang ditanami kedelai.

Berdasarkan data dan informasi terdahulu maka dirumuskanlah hipotesis sebagai berikut :

1. Pupuk kandang akan berpengaruh positif nyata terhadap ketersediaan P dan akan optimum pada takaran 10 ton/ha. (Hipotesis H_1)
2. Kapur akan berpengaruh positif nyata terhadap ketersediaan P dan akan optimum pada takaran setara 1 x Al-dd.
3. Pupuk kandang dan Kapur akan berinteraksi secara nyata dalam meningkatkan ketersediaan P dan akan optimum pada kombinasi perlakuan 10 ton/ha dan setara dengan 1 x Al-dd.

Perhatikan :

1. Hipotesis (H_1) diajukan berdasarkan salah satu kemungkinan hasil uji F yang kemudian dilanjutkan dengan salah satu kemungkinan hasil uji lanjutan (beda pengaruh tingkat faktor).
2. Hipotesis ini menunjukkan bahwa derajat kepentingan pengaruh utama A, pengaruh utama B dan pengaruh interaksi AB dalam percobaan ini sama besar.

Maka kombinasi perlakuan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Faktor pupuk kandang (A), terdiri atas taraf perlakuan :

A0 = tanpa pupuk kandang
A1 = 5 ton/ha pupuk kandang
A2 = 10 ton/ha pupuk kandang
A3 = 15 ton/ha pupuk kandang

2. Faktor Kapur (B), terdiri atas taraf perlakuan :

B0 = tanpa kapur
B1 = 0,5 x Al-dd
B2 = 1,0 x Al-dd
B3 = 1,5 x Al-dd

Hasil analisis ketersediaan P setelah dilakukan percobaan adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Data ketersediaan P dalam tanah menurut kelompok x kombinasi perlakuan

Kombinasi Perlakuan		Kelompok			Jumlah	Rataan
Pupuk	Kapur	I	II	III		
A0	B0	2.0	3.1	3.3	8.5	2.83
	B1	2.3	2.9	3.7	8.9	2.97
	B2	2.5	3.0	3.8	9.3	3.10
	B3	2.0	1.5	1.7	5.2	1.73
A1	B0	3.1	3.2	3.4	9.7	3.23
	B1	3.3	3.9	3.8	11.0	3.67
	B2	3.7	3.8	3.6	11.1	3.70
	B3	3.5	3.2	3.3	10.0	3.33
A2	B0	4.0	4.5	4.1	12.6	4.20
	B1	4.7	5.1	5.2	15.0	5.00
	B2	7.5	8.1	7.6	23.2	7.73
	B3	7.6	7.9	7.9	23.4	7.80
A3	B0	4.2	4.1	4.2	12.5	4.17
	B1	4.5	4.7	4.5	13.7	4.57
	B2	6.2	6.3	6.0	18.5	6.17
	B3	6.0	6.0	6.1	18.1	6.03
Jumlah		62.7	71.3	72.2	210.7	4.39

Analisis jumlah kuadrat :

$$1. \text{FK} = \frac{210,7^2}{4 \times 4 \times 3} = 924,88521$$

$$2. \text{JK Total} = (2,1^2 + 2,3^2 + \dots + 6,1^2) - \text{FK} = 141,115$$

$$3. \text{JK Kelompok} = \frac{67,2^2 + 71,3^2 + \dots + 72,2^2}{4 \times 4} - \text{FK} = 0,888$$

Kemudian untuk memudahkan perhitungan selanjutnya maka dibuat tabel kombinasi perlakuan seperti berikut Ini :

Tabel 7. Penyajian Faktor-faktor dan Kombinasi Perlakuan

Faktor B	Faktor A				Jumlah	Rataan
	A0	A1	A2	A3		
B0	8.5	9.7	12.6	12.5	43.3	3.61
B1	8.9	11.0	15.0	13.7	48.6	4.05
B2	9.3	11.1	23.2	18.5	62.1	5.17
B3	5.2	10.0	23.4	18.1	56.7	4.72
Jumlah	32.9	41.8	74.2	62.8	210.7	-
Rataan	2.66	3.48	6.18	5.23	-	4.39

$$4. \text{ JK Kombinasi} = \frac{8,5^2 + 8,9^2 + \dots + 18,1^2}{3} - \text{FK} = 137,331$$

$$5. \text{ JK galat} = \text{JK total} - \text{JK kelompok} - \text{JK kombinasi} = 141,115 - 0,888 - 137,331 = 2,896$$

$$6. \text{ JK faktor pupuk (A)} = \frac{32,9^2 + 41,8^2 + 74,2^2 + 62,8^2}{4 \times 3} - \text{FK} = 92,979$$

$$7. \text{ JK faktor kapur (B)} = \frac{43,3^2 + 48,6^2 + 62,1^2 + 56,7^2}{4 \times 3} - \text{FK} = 17,461$$

$$8. \text{ JK interaksi AxB} = \text{JK kombinasi AB} - \text{JK faktor A} - \text{JK faktor B} = 137,33 - 92,979 - 17,461 = 26,891$$

Analisis Sidik Ragam :

Tabel 8. Hasil analisis sidik ragam pengaruh utama dan interaksi pupuk kandang dan kapur pertanian terhadap ketersediaan P dalam tanah.

Sumber Keragaman	derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengan	F hitung	F tabel	
Kelompok	$r - 1 = 2$	0,888	0,444	4,601	3,32	5,39
Kombinasi AxB	$(a \times b) - 1 = 15$	17,3331	9,155	94,875	2,06	2,79
- Pupuk kandang	$(a - 1) = 3$	92,976	30,992	321,161	2,92	4,51
- Kapur pertanian	$(b - 1) = 3$	17,461	5,820	60,314	2,92	4,51
- Interaksi	$(a - 1) \times (b - 1) = 9$	26,894	2,988	30,966	2,21	3,06
Galat	30	2,896	0,0965			
Total	$(a \times b \times r) - 1 = 47$	141,115				

Keterangan : ** berbeda sangat signifikan, * berbeda signifikan

$$\text{Koefisien Keragaman : (KK)} = \frac{\sqrt{KTg}}{\text{Rataan}} \times 100\% = 7,08 \%$$

Kesimpulan hasil uji F :

1. Semua faktor utama dan interaksi pupuk kandang dan kapur berpengaruh sangat signifikan terhadap ketersediaan P tanah, sehingga semua H_1 umum diterima pada taraf uji 5% dan 1% (sasaran utama uji F). Atas dasar kesimpulan ini dapat disarankan bahwa pupuk kandang dan kapur dapat diterapkan secara terpisah, salah satu atau secara bersama-sama.
2. Pengaturan lokal kontrol menurut kelompok berpengaruh signifikan terhadap peningkatan P, berarti pengelompokan satuan percobaan ini berhasil memisahkan pengaruh keragaman dalam areal percobaan dari galat, sehingga ketelitian, keandalan dan kebenaran percobaan meningkat.
3. Dengan KK yang kecil (=7,08%) menunjukkan percobaan mempunyai derajat ketelitian yang tinggi, sehingga uji lanjutan cukup dengan uji BNJ yang berderajat ketelitian rendah.