



Analisis Rancangan Dalam Pemuliaan Tanaman

PENERAPAN STATISTIKA DALAM PENELITIAN PEMULIAAN TANAMAN

P.K. Dewi Hayati

ANALISIS RANCANGAN DALAM PEMULIAAN TANAMAN: Penerapan Statistika dalam Penelitian Pemuliaan Tanaman

Penulis	: P.K. Dewi Hayati
Desain Sampul	: Syamsul Hidayat
Tata Letak	: Syamsul Hidayat Dyans Fahrezionaldo Ikhsanul Anwar
ISBN	: 978-602-6953-51-3
Ukuran Buku	: 15,5 x 23 cm
Tahun Terbit	: Desember 2018
Cetakan	: Pertama
Anggota :	: Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

Dicetak dan diterbitkan oleh :
Andalas University Press
Jl. Situjuh No. 1, Padang 25129
Telp/Faks. : 0751-27066
email : cebitunand@gmail.com

Hak Cipta Pada Penulis © 2018

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebahagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

**ANALISIS RANCANGAN
DALAM PEMULIAAN TANAMAN :
Penerapan Statistika dalam Penelitian
Pemuliaan Tanaman**

P.K. Dewi Hayati



DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PRINSIP DASAR PEMULIAAN TANAMAN.....	1
1.1 Pengertian Pemuliaan Tanaman.....	1
1.2 Metode Pemuliaan Tanaman.....	8
1.3 Tahapan Program Pemuliaan Tanaman	10
1.4 Evaluasi.....	15
BAB II STATISTIKA UNTUK PENGUKURAN KERAGAMAN.....	17
2.1 Statistika dan Pemuliaan Tanaman	17
2.2 Pemusatan dan Penyebaran Data.....	19
2.3 Beberapa Statistik Penting Berkaitan dengan Pengujian.....	29
2.4 Evaluasi.....	40
BAB III RANCANGAN PERCOBAAN UNTUK PENELITIAN PEMULIAAN TANAMAN	43
3.1 Rancangan Percobaan.....	43
3.2 Prinsip Perancangan Percobaan.....	44
3.3 Rancangan Acak Lengkap.....	46
3.4 Rancangan Acak Kelompok.....	54
3.5 Rancangan Augmented.....	64
3.6 Rancangan Latis.....	90
3.7 Perbandingan Antar Rancangan	92
3.8 Evaluasi.....	95
BAB IV VARIABILITAS GENETIK.....	97
4.1 Variabilitas.....	97
4.2 Variabilitas Genetik.....	102
4.3 Penilaian Variabilitas	104
4.4 Evaluasi.....	108

BAB V	ANALISIS RAGAM DAN PERAGAM	109
	5.1 Ragam dan Peragam	109
	5.2 Analisis Peragam	110
	5.3 Evaluasi.....	115
BAB VI	KORELASI ANTAR KARAKTER	117
	6.1 Pengertian Korelasi.....	117
	6.2 Berbagai Tipe Korelasi.....	118
	6.3 Korelasi Fenotipik dan Genotipik.....	122
	6.4 Penghitungan Koefisien Korelasi.....	125
	6.5 Pentingnya Korelasi dalam Pemuliaan Tanaman	132
	6.6 Evaluasi.....	134
BAB VII	HERITABILITAS DAN KEMAJUAN GENETIK	135
	7.1 Heritabilitas.....	135
	7.2 Pengukuran Heritabilitas.....	139
	7.3 Heritabilitas dan Kemajuan Genetik	171
	7.4 Kemajuan Genetik.....	173
	7.5 Evaluasi	179
BAB VIII	INTERAKSI G X E	181
	8.1 Interaksi Genetik dengan Lingkungan.....	181
	8.2 Stabilitas, Adaptasi dan Adaptabilitas	184
	8.3 Analisis Gabung	186
	8.4 Analisis Stabilitas.....	197
	8.5 Evaluasi.....	201
BAB IX	KEMAMPUAN DAYA GABUNG DAN PERSILANGAN DIALEL.....	203
	9.1 Kemampuan Daya Gabung.....	203
	9.2 Rancangan Persilangan untuk Kemampuan Daya Gabung	205
	9.3 Rancangan Persilangan Dialel.....	206
	9.4 Analisis Dialel Metode Griffing.....	209
	9.5 Evaluasi.....	233

BAB X	HETEROSIS DAN TEKANAN SILANG DALAM	235
	10.1 Inbreeding dan Outbreeding	235
	10.2 Tekanan Silang Dalam	237
	10.3 Heterosis.....	239
	10.4 Pendugaan Heterosis.....	241
	10.5 Evaluasi	244
	DAFTAR PUSTAKA	245
	GLOSARIUM	251

Sub Pokok Bahasan:

- 5.1 Ragam dan Peragam
- 5.2 Analisis Peragam (ANCOVA)
- 5.3 Evaluasi

5.1 Ragam dan Peragam

Pada bab sebelumnya dalam Rancangan Percobaan untuk penelitian pemuliaan, kita sudah mengenal apa yang dimaksud dengan ragam atau *variance*. Ragam yang dianalisis merupakan ragam untuk masing-masing karakter yang selanjutnya akan dipilih sebagai kriteria seleksi. Analisisnya disebut analisis ragam atau sidik ragam atau ANOVA (*Analysis of Variance*).

Pada tanaman, tidak ada dua karakter yang saling bebas satu sama lain. Hal ini berkaitan dengan keterkaitan antara satu gen dengan gen lainnya dalam mengendalikan suatu karakter. Sebagai contoh produksi padi yang diukur sebagai hasil gabah meningkat ketika jumlah biji per malai meningkat, jumlah malai meningkat atau jumlah anakan meningkat. Atau pada jagung, hasil biji meningkat ketika bobot tongkol meningkat, jumlah tongkol per tanaman meningkat, jumlah biji per baris meningkat atau jumlah baris per tongkol meningkat. Karakter hasil biji dalam hal ini dipengaruhi oleh karakter-karakter seperti jumlah biji per malai, jumlah malai, jumlah anakan, bobot tongkol, jumlah tongkol dan lain-lain. Contoh lainnya adalah umur panen yang dipengaruhi oleh umur berbunga tanaman; terutama umur berbunga betina atau umur munculnya *silk* pada

tanaman jagung atau kandungan protein biji yang dipengaruhi oleh kandungan lisin.

Hasil biji, kandungan protein, umur panen merupakan contoh peubah tidak bebas (*dependent variable*), sedangkan jumlah anakan, jumlah biji per malai, kandungan lysin, umur berbunga betina merupakan contoh peubah bebas (*independent variable*). Peubah tidak bebas (akibat) dan peubah bebas (penyebab) saling berkaitan satu sama lain. Hubungan antara kedua variable tersebut bisa diukur atau dihitung menggunakan statistika tertentu.

Variasi yang terdapat secara simultan pada dua variable atau karakter disebut sebagai peragam atau *covariance*. Peragam merupakan salah satu parameter statistik penting karena peragam akan digunakan pada berbagai analisis seperti koefisien korelasi dan regresi, beberapa analisis untuk variabilitas dan analisis stabilitas.

Peragam dapat dihitung atau diukur menggunakan analisis yang disebut Analisis Peragam atau ANCOVA (*Analysis of Covariance*). Tahapan prosedur analisis yang digunakan sama dengan analisis ragam, demikian juga dengan penghitungan derajat bebas.

5.2 Analisis Peragam

Analisis peragam (analisis covarian) dilakukan dengan prosedur yang sama sebagaimana melakukan analisis ragam. Analisis covarian ditampilkan dalam bentuk tabel ANCOVA sama halnya dengan analisis ragam yang ditampilkan dalam bentuk tabel ANOVA.

Sama juga dengan komponen ragam pada Anova, maka komponen peragam atau covarian juga terdiri dari covarian fenotipik (Cov_p), covarian genotipik (Cov_g) dan covarian lingkungan (Cov_e). Masing-masing komponen covarian dapat dihitung dari nilai Kuadrat Tengah sebagai mana penghitungan komponen ragam pada Anova. Tabel Ancova serta komponen covarian (Cov) yang diperoleh dari E (*Expected*) Nilai Harapan Kuadrat Tengah adalah sebagai berikut:

Tabel 24. Sidik peragam (ANCOVA) dan Nilai Harapan Kuadrat Tengah

Sumber keragaman	d.b.	JK	KT	E (KT)
Blok	$r - 1$	JKB	KTB	
Genotipe	$(g-1)$	JKG	KTG	$Cov_e + r \cdot Cov_g$
Galat	$(g-1)(r-1)$	JKe	KTe	Cov_e

Keterangan: d.b. = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadrat, KT = Kuadrat Tengah, E (KT) = Nilai Harapan Kuadrat Tengah, r = jumlah ulangan (blok), g = jumlah genotipe, JKB = Jumlah Kuadrat Blok, JKG = Jumlah Kuadrat Genotipe, JKe = Jumlah Kuadrat Galat, KTB = Kuadrat Tengah Blok, KTG = Kuadrat Tengah Genotipe, KTe = Kuadrat Tengah Galat, cov_e = covarian lingkungan, cov_g = covarian Genotipe

Data berikut ini diambil dari hasil penelitian Putra (2016) yang melakukan evaluasi terhadap 10 hibrida silang tunggal jagung di lahan masam dalam Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Data yang dianalisis adalah data panjang tongkol (cm) dan bobot biji jagung (t/ha) sebagaimana Tabel 25. Prosedur ANOVA untuk masing-masing karakter diselesaikan menggunakan prosedur analisis untuk Rancangan Acak Kelompok. Hasil analisis ragam untuk masing-masing karakter ditampilkan pada Tabel 26.

Tabel 25. Data panjang tongkol dan bobot biji per ha 10 hibrida silang tunggal jagung yang dievaluasi di lahan masam

Hibrida	Panjang tongkol (X)			Total
	1	2	3	T_{X_i}
H1	15.3	13.1	10.2	38.6
H2	12.9	12.6	13.8	39.3
H3	14.2	15.5	12.1	41.9
H4	14.9	15.8	13.0	43.8
H5	15.0	15.6	10.1	40.7
H6	14.5	13.3	10.0	37.8
H7	15.3	13.8	11.4	40.4
H8	13.0	11.7	10.4	35.1
H9	15.3	16.5	14.1	45.9
H10	14.8	14.2	13.1	42.0
Total	145.2	142	118.2	405.4
	RTX1	RTX2	RTX3	GTX

Hibrida	Bobot biji (Y)			Total
	1	2	3	T_{Y_i}
H1	5.86	3.83	3.45	13.1
H2	3.11	3.58	3.23	9.9
H3	5.69	5.74	3.83	15.3
H4	5.75	5.66	4.05	15.4
H5	4.51	5.10	3.37	13.0
H6	5.01	4.42	3.52	13.0
H7	4.14	4.44	3.32	11.9
H8	3.62	4.00	3.08	10.7
H9	5.52	5.65	3.87	15.0
H10	4.11	5.76	4.93	14.8
Total	47.3	48.2	36.6	132.1
	RTY1	RTY2	RTY3	GTY

Tabel 26. Nilai kuadrat tengah karakter panjang tongkol dan bobot biji jagung 10 hibrida silang tunggal yang dievaluasi di lahan masam

Sumber keragaman	d.b.	Kuadrat Tengah	
		Panjang tongkol	Bobot biji
Blok	2	21.77	4.12
Genotipe	9	3.18	1.26
Galat	18	1.39	0.36

Prosedur Analisis Peragam (ANCOVA)

a. Hitung Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 FK &= (GTX \times GTY) / gr \\
 &= 405.4 \times 132.1 / (10 \times 3) \\
 &= 1785.663
 \end{aligned}$$

b. Hitung Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned}
 JKT &= \sum \sum X_{ij} \times Y_{ij} - FK \\
 &= (15.3 \times 5.86) + (13.1 \times 3.83) + \dots (13.1 \times 4.93) - FK \\
 &= 1823.84 - 1785.663 \\
 &= 38.17
 \end{aligned}$$

c. Hitung Jumlah Kuadrat Genotipe (JKG)

$$\begin{aligned}
 JKG &= \sum TX_i \times RTX_i / r - FK \\
 &= ((38.6 \times 13.1) + (39.3 \times 9.9) + \dots (42 \times 14.8)) / 3 - 1785.663 \\
 &= (5397.77 / 3) - 1785.66 \\
 &= 13.59
 \end{aligned}$$

d. Hitung Jumlah Kuadrat Blok (JKB)

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \sum (\text{RTX}_j \times \text{RTX}_j) / n - \text{FK} \\ &= ((145.2 \times 47.3) + (142 \times 48.2) + (118.2 \times 36.6)) / 10 \\ &\quad - 1785.66 \\ &= (18043.31 / 10) - 1785.66 \\ &= 18.67 \end{aligned}$$

e. Hitung Jumlah Kuadrat Galat (JKe)

$$\begin{aligned} \text{JKe} &= \text{JKT} - \text{JKB} - \text{JKB} \\ &= 38.17 - 13.59 - 18.67 \\ &= 5.91 \end{aligned}$$

f. Selesaikan tabel sidik peragam untuk karakter panjang tongkol dan bobot biji

Tabel 27. ANCOVA karakter panjang tongkol (X) dan bobot biji (X) 10 hibrida silang tunggal jagung

Sumber keragaman	d.b.	JK	KT	E (KT)
Blok	2	18.67	9.34	
Genotipe	9	13.59	1.51	$\text{Cov}_e + r \cdot \text{Cov}_g$
Galat	18	5.91	0.33	Cov_e
Total	29	38.17		

Komponen kovarian dihitung dari nilai Kuadrat Tengah.

- Kovarian lingkungan (Cov_e) = $KTe = 0.33$
- Kovarian genotipik (Cov_g) di hitung dari;

$$KTG = Cov_e + r Cov_g$$

$$1.51 = 0.33 + 3 \times Cov_g$$

$$Cov_g = \frac{KTG - cov_e}{r}$$

$$Cov_g = \frac{1.51 - 0.33}{3} = 0.4$$

- Kovarian fenotipik (Cov_p) dihitung dari

$$Cov_p = Cov_g + Cov_e$$

$$= 0.4 + 0.33$$

$$= 0.73$$

5.3 Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan peubah bebas dan peubah tidak bebas berkaitan dengan karakter-karakter yang terdapat pada populasi
2. Terangkan apa yang dimaksud dengan peragam
3. Apa beda antara ragam dengan peragam? Bagaimana dengan analisisnya?
4. Apa saja kegunaan analisis peragam dalam pemuliaan tanaman?
5. Karakter jumlah cabang primer dan bobot basah polong yang diperoleh dari 4 varietas kedelai yang dianalisis menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan ditampilkan pada tabel berikut:

Data jumlah cabang primer pada 4 varietas kedelai

Varietas	R1	R2	R3	Total
A	7.5	7.2	7.7	22.4
B	6.3	6.5	6.8	19.6
C	6.9	6.7	6.9	20.5
D	4.4	3.9	4.5	12.8
Total	25.1	24.3	25.9	75.3

Data bobot basah polong pada 4 varietas kedelai

Varietas	R1	R2	R3	Total
A	8.4	8.2	8.4	25
B	6.8	6.5	6.7	20
C	8.1	7.9	8.4	24.4
D	5.7	4.7	6.1	16.5
Total	29	27.3	29.6	85.9

6. Lakukan analisis ragam (ANOVA) untuk masing-masing karakter
7. Tentukan ragam genetik dan fenotipik masing-masing karakter tersebut
8. Tentukan juga peragam (covariance) genetik dan fenotipik untuk kedua karakter.
9. Lakukan analisis terhadap variabilitas karakter cabang primer dan bobot polong dari ke-empat genotipe yang dievaluasi
10. Bagaimana variabilitas karakter cabang primer dan bobot polong dari ke-empat genotipe yang dievaluasi ?

Sub Pokok Bahasan:

- 6.1 Pengertian Korelasi
- 6.2 Berbagai Tipe Korelasi
- 6.3 Korelasi Fenotipik dan Genotipik
- 6.4 Penghitungan Koefisien Korelasi Sederhana
- 6.5 Pentingnya Korelasi dalam Pemuliaan Tanaman
- 6.6 Evaluasi

6.1 Pengertian Korelasi

Korelasi (*correlation*) antara dua peubah atau antara dua karakter adalah hubungan linear (*association*) antara kedua karakter tersebut. Koefisien Korelasi (*correlation coefficient*) merupakan pengukuran statistik yang digunakan untuk mendapatkan derajat atau kekuatan (*degree*) dan arah (*direction*) hubungan antara dua atau lebih peubah/karakter. Koefisien korelasi disimbolkan dengan huruf **r**. Nilai positif dari **r** menunjukkan bahwa dua peubah memiliki arah yang sama, artinya nilai yang tinggi pada satu peubah berasosiasi dengan nilai yang tinggi pula pada peubah yang lain dan sebaliknya. Ketika **r** negatif, maka kedua peubah memiliki arah yang berlawanan, yaitu ketika nilai yang tinggi pada satu peubah berasosiasi dengan nilai yang rendah pada peubah yang lain dan sebaliknya.

Korelasi memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Merupakan unit pengukuran yang bebas
2. Nilai koefisien korelasi berkisar antara 1 dan -1
3. Mengukur tingkat/kekuatan dan arah hubungan antara dua peubah.

Pleiotropy atau linkage bisa saja melibatkan dua karakter yang sama-sama kita inginkan. Kondisi ini akan sangat menguntungkan pemulia karena perbaikan kedua karakter bisa dilakukan pada waktu yang bersamaan. Tetapi jika karakter yang satu menguntungkan sedangkan karakter yang satu merugikan, maka kondisi ini akan menghambat kemajuan program pemuliaan tanaman.

Hubungan atau asosiasi antar 2 karakter yang muncul karena pengaruh ragam lingkungan disebut sebagai korelasi lingkungan. Korelasi tipe ini tidak penting bagi pemulia karena tidak stabil dan tidak diwariskan.

Interpretasi Beberapa Nilai Koefisien Korelasi

- 1) Jika nilai r antara dua karakter nyata, asosiasi atau hubungan antara kedua karakter tinggi.
- 2) Jika nilai r bertanda negatif, maka peningkatan pada satu karakter akan diikuti oleh penurunan pada karakter yang lain. Hal yang sama jika r bertanda positif maka peningkatan pada satu karakter akan diikuti oleh peningkatan pada karakter yang lain.
- 3) Jika nilai Koefisien Korelasi Genotipik (r_g) lebih besar dari nilai Koefisien Korelasi Fenotipik (r_p), ini mengindikasikan bahwa ada hubungan yang erat antara kedua karakter secara genetik. Akan tetapi nilai fenotipik diperkecil oleh adanya interaksi yang nyata antara kedua karakter dengan lingkungan.
- 4) Jika nilai Koefisien Korelasi Fenotipik (r_p) lebih besar dari nilai Koefisien Korelasi Genotipik (r_g), ini mengindikasikan bahwa hubungan yang terlihat antara kedua karakter tidak hanya disebabkan oleh gen-gen, tetapi juga oleh pengaruh lingkungan yang menguntungkan bagi kedua karakter.

- 5) Jika nilai Koefisien Korelasi Lingkungan (r_e) lebih besar dari nilai Koefisien Korelasi Genotipik (r_g) dan Fenotipik (r_p), ini mengindikasikan hubungan yang erat antara kedua karakter disebabkan karena pengaruh yang menguntungkan dari lingkungan tertentu. Hubungan ini mungkin akan berubah seiring dengan perubahan kondisi lingkungan.
- 6) Jika nilai r adalah nol atau tidak nyata, maka kedua karakter berarti saling bebas. Hal yang sama jika r_g , r_p dan r_e , semuanya tidak nyata, maka kedua karakter secara alamiah memang saling bebas.

6.4 Penghitungan Koefisien Korelasi

Seluruh tipe korelasi baik korelasi sederhana, parsial dan berganda bisa dihitung dari data yang menggunakan replikasi di dalam suatu rancangan lingkungan tertentu ataupun tanpa replikasi. Selama ada dua atau lebih karakter yang akan dibandingkan dan ada sejumlah n sampel, maka nilai koefisien korelasi dapat dicari. Namun korelasi genotipik hanya bisa dihitung atau diketahui dari data yang memiliki replikasi atau pengulangan di dalam suatu rancangan tertentu.

Data di bawah ini diambil dari data tingkat kematangan buah, bobot buah dan daya berkecambah benih buah naga (Putri, 2014). Peneliti ingin mengetahui apakah karakter bobot buah (X) berkorelasi dengan daya berkecambah benihnya (Y). Data dimodifikasi menjadi 5 sampel untuk memudahkan analisis sebagaimana Tabel 28 berikut:

Tabel 28. Data bobot buah naga (X) dan daya berkecambah benih (Y)

Sampel	Karakter		$X - \bar{X}$	$Y - \bar{Y}$	$(X - \bar{X})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$	$(X - \bar{X}) \times (Y - \bar{Y})$
	X	Y					
1	275.6	47.2	-151.5	-22.0	22946.8	483.1	3329.6
2	287.0	62.1	-140.0	-7.0	19602.0	49.4	984.2
3	395.0	72.6	-32.0	3.4	1026.8	11.9	-110.4
4	590.4	87.3	163.4	18.2	26692.4	331.1	2972.7
5	587.2	76.5	160.2	7.4	25649.8	54.3	1180.3
Mean	427.0	69.1					
Total					95917.8	929.8	8356.4

$$r_{xy} = \frac{8356.4}{\sqrt{95917.8 \times 929.8}} = \frac{8356.4}{9443.7} = 0.88$$

Untuk menguji apakah nilai $r = 0.88$ nyata atau tidak, maka nilai r dibandingkan dengan nilai Tabel r pada derajat bebas = $n - 2$. Nilai Tabel $r_{0.05}$ pada $db=3$ adalah 0.87

Karena $r_{hitung} > r_{table}$, maka dapat disimpulkan bahwa ada korelasi antara karakter bobot buah dengan daya berkecambah benih.

Jika tidak tersedia Tabel r , maka Uji t dapat dilakukan dengan prosedur:

$$t_{hitung} = \frac{r}{SE(r)}$$

$$SE = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{1 - 0.88^2}{5 - 2}} = 0.2742$$

$$t_{hitung} = \frac{0.88}{0.2742} = 3.21$$

$$t_{tabel (0.05) \text{ pada } db=4} = 2.77$$

$$t_{hitung} > t_{tabel},$$

maka dapat disimpulkan bahwa ada korelasi yang nyata antara bobot buah naga dengan daya berkecambah benih.

Jika menginginkan analisis regresi dengan bantuan perangkat/software SAS, maka perintah atau *command list* pada Editor adalah sebagai berikut:

DATA KORELASI;

INPUT SAMPLE BB DK;

CARDS;

1	275.6	47.2
2	287	62.1
3	395	72.6
4	590.4	87.3
5	587.2	76.5

;

TITLE 'Korelasi Bobot buah dengan Daya berkecambah benih Okra';

PROC PRINT;

PROC MEANS;

VAR BB DK;

PROC MEANS MEAN;

VAR BB DK;

PROC CORR;

VAR BB DK;

RUN;

ingin mengetahui apakah ada korelasi fenotipik dan genotipik antara karakter panjang tongkol (cm) dengan bobot biji (t/ha). Analisis ragam ANOVA untuk karakter panjang tongkol dan bobot biji serta analisis covarian untuk kedua karakter panjang tongkol dan bobot biji tersebut sudah dilakukan sebelumnya pada Bab V. Nilai kuadrat tengah untuk karakter panjang tongkol (X) dan bobot biji (Y) serta kedua karakter (XY) ditampilkan pada Tabel 29. Ragam genotipik, fenotipik dan lingkungan dari karakter panjang tongkol dan bobot biji, serta peragam genotipik, fenotipik dan lingkungan dari kedua karakter panjang tongkol dan bobot biji ditampilkan pada Tabel 30.

Tabel 29. Nilai kuadrat tengah karakter panjang tongkol (X), bobot biji (Y) serta kedua karakter (XY)

Sumber keragaman	d.b.	Kuadrat Tengah		
		Panjang tongkol (X)	XY	Bobot biji (Y)
Blok	2	21.77	9.34	4.12
Genotipe	9	3.18	1.51	1.26
Galat	18	1.39	0.33	0.36

Tabel 30. Ragam masing-masing karakter panjang tongkol dan bobot biji serta peragam karakter panjang tongkol dan bobot biji

Komponen	Ragam (var)		Peragam (cov)
	Ragam Panjang tongkol	Ragam Bobot biji	Panjang Tongkol dan Bobot biji
Fenotipik	1.99	0.66	0.72
Genotipik	0.60	0.30	0.39
Lingkungan	1.39	0.36	0.33

- Korelasi genotipik (r_g)

$$r_g = \frac{\text{cov}_g(XY)}{\sqrt{(\text{var}_g X)(\text{var}_g Y)}}$$

$$r_g = \frac{0.39}{\sqrt{(0.6)(0.3)}} = \frac{0.39}{\sqrt{0.18}} = \frac{0.39}{0.42} = 0.93$$

- Korelasi fenotipik (r_p)

$$r_p = \frac{\text{cov}_p(XY)}{\sqrt{(\text{var}_p X)(\text{var}_p Y)}}$$

$$r_p = \frac{0.72}{\sqrt{(1.99)(0.66)}} = \frac{0.72}{\sqrt{1.31}} = \frac{30.72}{1.14} = 0.63$$

- Korelasi lingkungan (r_e)

$$r_e = \frac{\text{cov}_e(XY)}{\sqrt{(\text{var}_e X)(\text{var}_e Y)}}$$

$$r_p = \frac{0.33}{\sqrt{(1.39)(0.36)}} = \frac{0.33}{\sqrt{0.5}} = \frac{0.33}{0.707} = 0.47$$

r tabel_{0.05} pada db=18 adalah 0.44

r tabel_{0.01} pada db=18 adalah 0.56

Tabel r menunjukkan bahwa korelasi genotipik $r_g = 0.93^{**}$ dan korelasi fenotipik $r_p = 0.63^{**}$ sangat nyata, sementara koefisien korelasi lingkungan juga nyata ($r_e = 0.47^*$).

Korelasi genotipik yang sangat nyata antara panjang tongkol dan bobot biji menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat

erat antara kedua karakter secara genetik. Gen-gen yang bertanggung jawab untuk kedua karakter kemungkinan merupakan gen-gen yang sama. Lebih rendahnya nilai koefisien korelasi fenotipik dibandingkan dengan nilai koefisien korelasi genotipik menunjukkan adanya interaksi yang nyata antara genetik kedua karakter dengan lingkungan tempat tumbuhnya sehingga nilai fenotipiknya menjadi lebih rendah. Hubungan yang erat antara karakter bobot buah dengan daya berkecambah benih juga dipengaruhi oleh lingkungan, ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi lingkungan yang walaupun kecil namun nyata. Namun demikian, tentu saja pengaruh genetik kedua karakter jauh lebih besar dibandingkan dengan pengaruh lingkungan.

6.5 Pentingnya Korelasi dalam Pemuliaan Tanaman

Studi mengenai korelasi memberikan pemahaman mengenai komponen hasil yang akan membantu pemulia selama seleksi. Contoh pemanfaatan analisis korelasi salah satunya adalah pada seleksi yang bertujuan untuk meningkatkan hasil suatu populasi tanaman. Hasil adalah salah satu karakter yang biasanya memiliki heritabilitas rendah sehingga seleksi tidak dapat dilakukan pada generasi awal. Seleksi dapat dilakukan secara tidak langsung (*indirect selection*) terhadap karakter-karakter lain yang berasosiasi dengan hasil. Tentu saja dengan syarat karakter tersebut memiliki heritabilitas yang tinggi.

Menurut Simmonds (1979) ada tiga implikasi penting korelasi di dalam pemuliaan tanaman, yaitu;

1. Korelasi positif antara karakter-karakter yang diinginkan membantu pemulia dalam melakukan perbaikan terhadap kedua karakter tersebut. Sebaliknya korelasi negatif antara dua karakter yang sama-sama diinginkan menjadi halangan. Dalam kondisi

seperti ini, maka beberapa pertimbangan ekonomis harus dibuat untuk memutuskan mana karakter yang akan diseleksi.

2. Perbaikan genetik terhadap karakter tidak bebas dapat dilakukan dengan cara melakukan seleksi yang ketat terhadap karakter bebas yang memiliki korelasi genotipik dengan karakter tersebut (*correlated response*).
3. Karakter-karakter tertentu yang berkorelasi dengan suatu karakter namun memiliki heritabilitas rendah, maka karakter tersebut tidak dipilih dalam seleksi. Karakter yang dipilih adalah karakter yang memiliki heritabilitas tinggi, sehingga seleksi terhadap karakter tersebut akan efektif. Dengan demikian perbaikan genetik dilakukan melalui seleksi secara tidak langsung (*indirect selection*) dilakukan melalui komponen karakter yang memiliki heritabilitas yang tinggi.

Studi korelasi juga memiliki batasan tertentu karena kadangkadangkang koefisien korelasi memberikan hasil yang meragukan atau bahkan tidak bermakna. Hal ini bisa terjadi karena jumlah sampel yang kecil. Dalam beberapa kasus, koefisien korelasi bernilai nol, walaupun antara dua karakter yang memiliki hubungan linear. Untuk ini maka korelasi sebaiknya dipelajari dengan cara membuat diagram pencar (*scatter plot*) terlebih dahulu sebelum melakukan pengukuran/analisis korelasi lebih lanjut.

6.6 Evaluasi

1. Terangkan apa yang dimaksud dengan korelasi.
2. Apa perbedaan antara korelasi dan regresi
3. Terangkan berbagai tipe korelasi yang sudah didiskusikan
4. Apa pentingnya studi korelasi dalam pemuliaan tanaman
5. Apa perbedaan antara korelasi sederhana, parsial dan berganda
6. Mengapa koefisien korelasi yang tinggi dan nyata bisa saja tidak bermakna. Apa yang harus dilakukan untuk

BAB VII | HERITABILITAS DAN KEMAJUAN GENETIK

Sub Pokok Bahasan:

- 7.1 Heritabilitas
- 7.2 Pengukuran Heritabilitas
- 7.3 Heritabilitas dan Kemajuan Genetik
- 7.4 Kemajuan Genetik
- 7.5 Evaluasi

7.1 Heritabilitas

Efektifitas seleksi untuk suatu karakter tertentu tergantung pada faktor genetik dan non-genetik yang mempengaruhi ekspresi karakter tersebut pada setiap genotipe dalam suatu populasi. Konsep ini bisa diterjemahkan sebagai bagian tertentu dari faktor fenotipik yang bisa diwariskan, dan bagian inilah yang berperan penting menentukan efektif atau tidaknya suatu program seleksi. Inilah yang dikenal sebagai heritabilitas atau keterwarisan (h^2 atau H), yaitu kemampuan dari suatu tetua untuk mewariskan karakter tertentu kepada progeni atau keturunannya.

Heritabilitas merupakan teknik yang bagus untuk memprediksi transmisi/ perpindahan suatu karakter dari tetua kepada turunannya. Pendugaan heritabilitas membantu pemulia tanaman dalam memilih genotipe elit (tertentu) dari populasi genetik yang beragam. Heritabilitas suatu karakter juga menentukan metode pemuliaan yang akan dipilih untuk perbaikan populasi dan berbagai aspek seleksi.

Tabel 51. Rata-rata hasil 12 genotipe jagung yang dievaluasi pada dua lokasi

Genotipe	Lokasi		Rata-rata
	Ophir	Tongar	
H1	7.06	3.31	5.18
H2	9.39	4.38	6.89
H3	8.32	3.56	5.94
H4	9.44	3.97	6.70
H5	7.86	5.09	6.47
H6	9.11	5.15	7.13
H7	7.79	4.93	6.36
H8	8.64	4.32	6.48
H9	8.75	5.01	6.88
H10	8.68	4.33	6.50
Smrg	7.85	4.92	6.39
Hibrida komersial	9.89	4.59	7.24
Rata-rata	8.57	4.46	6.51

Prosedur Analisis:

1. Selesaikan sidik ragam berdasarkan tabel data di atas.

a. Hitung JK ulangan dalam lokasi (R/L)

$$\begin{aligned}
 &= \sum JKB_i = JKB_{LA} + JKB_{LB} \\
 &= 0.86 + 8.12 \\
 &= 8.98
 \end{aligned}$$

b. Hitung JK error gabungan (Error)

$$\begin{aligned}
 &= \sum JKe_i \\
 &= JKe_{LA} + JKe_{LB}
 \end{aligned}$$

$$= 10.92 + 7.26$$

$$= 18.15$$

c. Tentukan Faktor Koreksi (FK)

$$= rlv (R)^2$$

$$= 3 \times 2 \times 12 \times (6.51)^2 = 3051.37$$

d. Hitung JK_{Lokasi} (L)

$$= r.v (\sum L_i^2) - FK$$

$$= 3 \times 12 \times [(8.57)^2 + (4.46)^2] - 3051.37$$

$$= 302.58$$

e. Hitung JK_{Varietas} (V)

$$= r.l (\sum V_i^2) - FK$$

$$= 3 \times 2 \times [(5.18)^2 + (6.89)^2 + \dots + (7.24)^2] - 3051.37$$

$$= 20.1$$

f. Hitung JK_{Lokasi X Varietas} (L X V)

$$= r(\sum \sum LM_i^2) - FK - JK_L - JK_V$$

$$= 3 \times [(7.06)^2 + (3.31)^2 + \dots + (4.59)^2] - FK - JK_L - JK_V$$

$$= 14.32$$

g. Lengkapi sidik ragam gabungan sebagai berikut:

Tabel 52. Sidik ragam (ANOVA) gabungan karakter hasil 12 genotipe jagung yang dievaluasi pada dua lokasi

Sumber keragaman	d.b	JK	KT	F hitung	F tabel	
					0.05	0.01
Lokasi (L)	1	302.58	302.58	733.38**	4.08	7.31
Blok (Lokasi)	4	8.98	2.25	5.44*	2.61	5.67
Genotipe (G)	11	20.06	1.82	4.42**	2.04	2.56
G x L	11	14.32	1.30	3.17**	2.04	2.56
Galat	44	18.15	0.41			

*, ** berbeda nyata pada taraf 0.05 dan 0.01

Jika menginginkan analisis gabung dengan bantuan perangkat/software SAS, maka perintah atau *command list* pada Editor adalah sebagai berikut, sedangkan Hasil analisis gabung ditampilkan pada tabel sidik ragam gabungan.

DATA COMBINED ANALYSIS;

INPUT GENOTYPE\$ BLOCK YIELD LOCATION;

CARDS;

H1	1	6.9	1
H1	2	6.8	1
H1	3	7.4	1
H2	1	8.1	1
H2	2	10.2	1
H2	3	9.8	1
H3	1	8.3	1
H3	2	8.1	1
H3	3	8.6	1
H4	1	9.9	1
H4	2	9.9	1
H4	3	8.5	1

karena itu dibutuhkan perangkat statistik pemuliaan yang dapat membantu pemulia dalam menganalisis kemampuan daya gabung tetua dalam perakitan hibrida untuk berbagai kondisi lingkungan.

Sebagai contoh analisis menggunakan perangkat Diallel SAS berikut adalah penelitian yang dilakukan Dewi-Hayati (2015) untuk mengetahui kemampuan daya gabung dari 9 tetua galur inbred jagung. Evaluasi dilakukan terhadap 36 hibrida beserta 9 tetua. *Command list* atau perintah pada Editor SAS adalah sebagai berikut:

```
OPTIONS PS=56 LS=100 mlogic pageno=1;
```

```
DATA dt1;
```

```
INPUT I J REP ENTRY PEDIGREE$ GY ENV;
```

```
if I=J then AVGH=0;else AVGH=1;
```

```
cards;
```

1	2	1	1	H1	5.69	1
1	2	2	1	H1	4.00	1
1	2	3	1	H1	5.78	1
1	3	1	2	H2	5.32	1
1	3	2	2	H2	5.19	1
1	3	3	2	H2	5.29	1
1	4	1	3	H3	5.96	1
1	4	2	3	H3	5.63	1
1	4	3	3	H3	6.57	1
1	5	1	4	H4	5.86	1
1	5	2	4	H4	4.89	1
1	5	3	4	H4	6.05	1
1	6	1	5	H5	6.41	1
1	6	2	5	H5	4.44	1
1	6	3	5	H5	4.55	1
1	7	1	6	H6	6.52	1
1	7	2	6	H6	4.42	1
1	7	3	6	H6	6.09	1
1	8	1	7	H7	6.16	1
1	8	2	7	H7	5.25	1
1	8	3	7	H7	6.05	1
1	9	1	8	H8	8.01	1
1	9	2	8	H8	7.28	1
1	9	3	8	H8	6.99	1
2	3	1	9	H9	7.64	1
2	3	2	9	H9	5.77	1

2	3	3	9	H9	6.58	1
2	4	1	10	H10	6.32	1
2	4	2	10	H10	6.15	1
2	4	3	10	H10	6.83	1
2	5	1	11	H11	5.85	1
2	5	2	11	H11	5.33	1
2	5	3	11	H11	6.54	1
2	6	1	12	H12	6.47	1
2	6	2	12	H12	5.14	1
2	6	3	12	H12	6.68	1
2	7	1	13	H13	5.73	1
2	7	2	13	H13	5.04	1
2	7	3	13	H13	5.52	1
2	8	1	14	H14	6.23	1
2	8	2	14	H14	5.80	1
2	8	3	14	H14	6.50	1
2	9	1	15	H15	6.59	1
2	9	2	15	H15	4.99	1
2	9	3	15	H15	5.47	1
3	4	1	16	H16	5.48	1
3	4	2	16	H16	5.13	1
3	4	3	16	H16	5.65	1
3	5	1	17	H17	6.29	1
3	5	2	17	H17	5.23	1
3	5	3	17	H17	5.50	1
3	6	1	18	H18	5.52	1
3	6	2	18	H18	4.37	1
3	6	3	18	H18	5.98	1
3	7	1	19	H19	5.50	1
3	7	2	19	H19	5.08	1
3	7	3	19	H19	6.04	1
3	8	1	20	H20	5.72	1
3	8	2	20	H20	5.23	1
3	8	3	20	H20	5.52	1
3	9	1	21	H21	7.77	1
3	9	2	21	H21	6.78	1
3	9	3	21	H21	7.08	1
4	5	1	22	H22	6.61	1
4	5	2	22	H22	6.03	1
4	5	3	22	H22	6.42	1
4	6	1	23	H23	6.09	1
4	6	2	23	H23	4.50	1
4	6	3	23	H23	5.81	1
4	7	1	24	H24	6.24	1

Sub pokok bahasan:

- 10.1 Inbreeding dan Outbreeding
- 10.2 Tekanan Silang Dalam
- 10.3 Heterosis
- 10.4 Pendugaan Heterosis
- 10.5 Evaluasi

10.1 Inbreeding dan Outbreeding

Inbreeding merupakan perkawinan antar individu-individu yang berkerabat dekat. Bentuk perkawinan paling dekat dari inbreeding adalah penyerbukan sendiri (*selfing*). Bentuk lainnya adalah perkawinan saudara kandung (*full sib*) dan saudara tiri (*half sib*). Ada beberapa karakter morfologi dan fisiologi yang mendorong terjadinya inbreeding pada tanaman, antara lain seperti homogamy, cleistogamy dan bisexuality. Inbreeding sangat berguna untuk pemurnian ras-ras.

Sebaliknya *outbreeding* merupakan perkawinan antar individu yang tidak berkerabat. Penyerbukan silang (*open pollination*) atau allogamy merupakan contoh dari *outbreeding*. Beberapa kondisi yang menyebabkan tanaman melakukan *outbreeding* antara lain adalah dichogamy, heterostyly, self incompatibility dan male sterility. *Outbreeding* merupakan metode yang baik untuk menggabungkan gen-gen dari dua/lebih galur ke dalam satu galur tunggal.

Data contoh berikut ini merupakan hasil penyerbukan sendiri dari dua populasi dasar jagung. Populasi dasar pada A merupakan varietas bersari bebas sedangkan populasi dasar pada B merupakan populasi F2 yang berasal dari generasi bersegregasi suatu hibrida.

Tabel 68. Nilai rata-rata bobot biji beberapa generasi selfing jagung yang berasal dari 2 populasi dasar

Populasi	S0	S1	S2	S3
A	210	165	145	135
B	198	132	112	100

Tingkat inbreeding populasi A pada setiap generasi silang dalam (selfing) adalah sebagai berikut:

$$I_A \text{ pada } S_1 = \frac{(210 - 165)}{210} \times 100\% = 21.4 \%$$

$$I_A \text{ pada } S_2 = \frac{(165 - 145)}{165} \times 100\% = 12.1 \%$$

$$I_A \text{ pada } S_3 = \frac{(145 - 135)}{145} \times 100\% = 6.9 \%$$

Sedangkan tingkat inbreeding populasi B pada setiap generasi silang dalam adalah:

$$I_B \text{ pada } S_1 = \frac{(198 - 132)}{198} \times 100\% = 33.3 \%$$

$$I_B \text{ pada } S_2 = \frac{(132 - 112)}{132} \times 100\% = 15.2 \%$$

$$I_B \text{ pada } S_3 = \frac{(112 - 100)}{112} \times 100\% = 10.7 \%$$

Respon terhadap silang dalam tergantung pada jenis populasi sumber yang digunakan. Selain itu setiap karakter juga mengalami tingkat/respon depresi silang dalam yang berbeda-beda. Misalnya depresi silang dalam pada karakter hasil jauh lebih besar dibandingkan depresi silang dalam pada karakter tinggi tanaman (Dewi-Hayati *et al.* 2011). Tekanan silang dalam pada populasi bersari bebas juga lebih besar dibandingkan dengan tekanan silang dalam yang diperlihatkan oleh hibrida, terutama hibrida silang tunggal. Tanaman yang memperlihatkan depresi silang dalam yang besar tidak bisa dipertahankan. Hanya tanaman-tanaman yang vigor saja yang dipertahankan untuk diserbuki sendiri kembali pada generasi selanjutnya (S2 hingga S5).

10.3 Heterosis

Istilah heterosis diperkenalkan pertama kali oleh Shull tahun 1952. Heterosis didefinisikan sebagai superioritas hibrida pada satu atau lebih karakter dibandingkan dengan kedua tetuanya. Heterosis mengacu pada peningkatan fitness dan vigor melebihi kedua tetuanya sehingga heterosis juga diistilahkan sebagai *hybrid vigor*. Fenomena heterosis sendiri merupakan kebalikan dari tekanan silang dalam (*inbreeding depression*). *Hybrid vigor* ditunjukkan dengan peningkatan pada ukuran dan penampilan sebagai hasil dari peningkatan heterozigositas pada generasi F1 hasil persilangan antara dua galur inbred.

Ada berbagai teori yang mencoba menerangkan penyebab heterosis, baik secara fisiologis, biokemis hingga genetika. Dua teori utama yang menjelaskan fenomena heterosis secara genetika adalah hipotesis dominan dan overdominans, yang keduanya didasarkan pada teori *single locus*. Selain dari kedua teori dominans dan overdominans tersebut, epistasis juga dilaporkan berkontribusi terhadap heterosis.

10.5 Evaluasi

1. Terangkan konsekuensi genetik dari tanaman yang melakukan penyerbukan sendiri dan yang melakukan penyerbukan silang
2. Jelaskan bagaimana keadaan *deleterious recessive genes* pada proses inbreeding dan outbreeding
3. Kenapa tanaman menyerbuk sendiri tidak mengalami *inbreeding depression*
4. Mengapa fenomena heterosis merupakan kebalikan dari depresi inbreeding
5. Terangkan kenapa heterosis pada tanaman menyerbuk sendiri jarang yang melebihi heterosis pada tanaman menyerbuk silang? Bagaimana cara untuk meningkatkan level heterosis pada hibrida tanaman menyerbuk sendiri?
6. Buat penjelasan ringkas mengenai: overdominan, epistasis, heterobeltiosis, basis genetik, dan level atau magnitude heterosis
7. Bedakan antara:
 - a. inbreeding dengan outbreeding
 - b. heterosis dengan depresi inbreeding
 - c. dominan dan overdominan
8. Jelaskan pengaruh dari variabilitas genetik terhadap level heterosis
9. Apa perlunya pendugaan heterosis menggunakan standard heterosis dan useful/economic heterosis
10. Terangkan dengan ringkas tiga basis genetik dari heterosis.

Analisis Rancangan Dalam Pemuliaan Tanaman

PENERAPAN STATISTIKA DALAM PENELITIAN PEMULIAAN TANAMAN



Analisis Rancangan dalam Pemuliaan Tanaman berisikan materi Statistika yang berkaitan dengan Pemuliaan Tanaman, baik yang merupakan Rancangan Percobaan maupun Rancangan Genetik yang sama-sama digunakan dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Buku ini disusun mulai dari tahapan pembentukan populasi, seleksi hingga evaluasi dan tahapan pelepasan varietas. Materi yang disampaikan disesuaikan dengan kebutuhan seorang calon pemulia terhadap pemahaman mengenai genetika dan pemuliaan tanaman, dan statistika yang diperlukan dalam setiap tahapan program pemuliaan tanaman. Kelebihan dari buku ini adalah adanya evaluasi permasalahan dan contoh penerapan statistika dalam penelitian pemuliaan tanaman beserta analisis yang diperlukan yang diselesaikan baik dengan cara manual maupun menggunakan perangkat statistik (*software*).

