

SELANG KEPERCAYAAN HERITABILITAS BERDASARKAN NILAI TENGAH UNTUK DATA RANCANGAN PERCOBAAN

Confidence Interval of Mean Basis Heritabilities for Experimental Design Data

Edizon Jambormias

Program Studi Agroteknologi Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233
edy_jambormias@yahoo.com

ABSTRACT

Jambormias, E. 2014. Confidence Interval of Mean Basis Heritabilities for Experimental Design Data. *Jurnal Budidaya Pertanian* 10: 1-5.

Confidence interval $(1-\alpha)$ 100% for the heritability (H) plays an important role in inference about the magnitude of hereditary that can be inherited from a parent population to their descendent. In Indonesia, inference about the heritability is often based on descriptive categories: low ($H < 0.2$), moderate ($0.2 < H \leq 0.5$), and high ($H > 0.5$). Whereas the value of $H > 0.5$ is not necessarily equal to zero, especially for prediction from small-sized samples. Confidence interval $(1 - \alpha)$ 100% H increase the precision of inference because it is based on the probability approach. One approach is mean basis confidence interval $(1 - \alpha)$ 100% H . Application examples of the experimental data shows different conclusions between the confidence interval $(1 - \alpha)$ 100% H approach with the heritability descriptive categories approach.

Key words: Random linear model, analysis of variance, variance component, expected mean square, n -factor experiment.

PENDAHULUAN

Heritabilitas merupakan alat pengukur yang sangat penting dalam pemuliaan tanaman untuk menilai apakah keragaman fenotipe lebih disebabkan oleh faktor genetik ataukah faktor lingkungan. Semakin tinggi heritabilitas mengindikasikan besarnya keragaman fenotipe yang disebabkan oleh faktor genetik, yang memberikan petunjuk keberhasilan program pemuliaan tanaman. Di Indonesia, sebagian besar publikasi ilmiah mendasari kesimpulannya hanya secara deskriptif mengenai heritabilitas ini. Umumnya kesimpulan itu didasarkan pada deskripsi Stanfield (1991) dimana heritabilitas tinggi apabila bernilai lebih dari 0,5, sedang bila bernilai antara 0,2-0,5, dan rendah bila bernilai kurang dari 0,2. Deskripsi ini bersifat umum, tanpa mempertimbangkan ukuran contoh bahan genetik yang dilibatkan dalam percobaan.

Inferensia mengenai heritabilitas telah berkembang cukup lama. Sahai & Ojeda (2005) mengemukakan beberapa pembuktian para ahli untuk mengunda selang kepercayaan bagi korelasi intrakelas (*intra-class correlation*) yang merupakan salah satu metode pendugaan heritabilitas, diantaranya prosedur Wald tahun 1940, Thomas & Hultquist pada tahun 1978, Doner tahun 1979, Burdick, Maqsood & Graybill tahun 1986, dan Doner & Welsh pada tahun 1986.

Terdapat dua pendekatan dalam pendugaan heritabilitas, yaitu berdasarkan plot (*plot basis heritability*) dan berdasarkan nilai tengah (*mean basis heritability*). Pendugaan berdasarkan korelasi intrakelas merupakan prosedur berdasarkan plot. Namun, prosedur yang lebih sering digunakan pemulia tanaman adalah pendugaan berdasarkan nilai tengah. Knapp *et al.* (1985) mengemukakan metode selang kepercayaan heritabilitas berdasarkan nilai tengah zuriat (*progeny mean basis*) yang relevan dengan seleksi famili, penerapannya untuk rancangan persilangan dua faktor pada lingkungan tunggal (Knapp, 1986), dan beberapa rancangan persilangan dan percobaan petak terpisah dalam waktu (*split plot in time*) (Knapp & Bridges, 1987).

Tulisan ini bertujuan untuk menjelaskan metode selang kepercayaan heritabilitas pada data beberapa rancangan percobaan sederhana yang umumnya digunakan dengan melibatkan bahan genetik, yaitu pada percobaan 1-faktor, 2-faktor, dan 3-faktor pada satu musim dan lokasi, dengan asumsi model bagi rancangan-rancangan ini adalah acak. Gambaran sederhana ini dapat dikembangkan untuk model-model bagi rancangan percobaan n -faktor lainnya yang lebih kompleks.

GAMBARAN UMUM

Knapp & Bridges (1987) menjelaskan bahwa heritabilitas untuk rancangan persilangan dan percobaan

dapat direduksi menjadi fungsi konstanta dan nisbah harapan kuadrat tengah jika datanya setimbang. Bentuk umum heritabilitas ini adalah:
 $H = 1 - E(M')/E(M'')$, (1)

dimana $E(M'')$ = suatu harapan kuadrat tengah tunggal dan $E(M')$ = suatu fungsi linear harapan kuadrat tengah yang tidak melibatkan $E(M'')$. $E(M')$ didefinisikan sebagai: $E(M') = \sum k_i E(M_i)$, dimana k_i = konstanta yang diketahui dan $E(M_i)$ = harapan kuadrat tengah untuk $i = 1, 2, \dots, n$. Hasil sebaran peluangnya digunakan untuk memperoleh penduga selang H. Andaikan f_i, M_i , dan $E(M_i)$ masing-masing merupakan derajat bebas, kuadrat tengah dan harapan kuadrat tengah untuk pengaruh-pengaruh dalam model linear acak setimbang yang digunakan untuk menerangkan rancangan persilangan dan percobaan yang dikaji, maka M' dan M'' merupakan fungsi M_i dan masing-masing digunakan untuk menduga $E(M')$ dan $E(M'')$.

Knapp & Bridges (1987) juga menjelaskan bahwa jika pengaruh-pengaruh model menyebar normal maka peubah acak $U_i = f_i M_i / E(M_i)$ menyebar chi-kuadrat (χ^2) dengan derajat bebas f_i . M'' melibatkan hanya satu M_i , sehingga peubah acak $U^{2''} = f'' M'' / E(M'')$ menyebar χ^2 dengan derajat bebas f'' . Di lain pihak sebaran peubah acak $U^{2'} = f' M' / E(M')$ tidak jelas karena M' merupakan suatu fungsi linear dari beberapa M_i penyusunnya. Namun, Satterthwaite (1946) dapat menyusun fungsi linear bagi M' ini dengan derajat bebas:

$$f' = (M')^2 / [\sum (k_i M_i)^2 / f_i]^{-1}$$

dimana f_i merupakan derajat bebas untuk M_i .

Kendala dari pendekatan Satterthwaite (1946) ini adalah apabila fungsi linear itu negatif, khususnya jika nisbah dua ragam menyebar F . Namun Knapp & Bridges (1987) memperlihatkan bahwa jika peubah acak $U_i = f_i M_i / E(M_i)$ dan $U_j = f_j M_j / E(M_j)$ adalah bebas dan menyebar χ^2 maka peubah acak

$$F = (U_i / f_i) / (U_j / f_j) = [M_i / E(M_i)] / [M_j / E(M_j)]$$

menyebarkan F dengan derajat bebas f_i dan f_j . Peubah acak $U^{2''}$ dan $U^{2'}$ masing-masing bebas dan mendekati sebaran χ^2 , sehingga

$$F' = (U^{2''} / f'') / (U^{2'} / f') = [M'' / E(M'')] / [M' / E(M')]$$

yang mendekati sebaran- F dengan derajat bebas f'' dan f' (Searle, 1971), dengan selang kepercayaan:

$$P\{F_{1-\alpha/2; f'', f'} < [M'' / E(M'')] / [M' / E(M')] < F_{\alpha/2; f'', f'}\} \cong 1 - \alpha \dots (2)$$

dimana $F_{1-\alpha/2; f'', f'}$ dan $F_{\alpha/2; f'', f'}$ berturut-turut merupakan kuantil ke $(1-\alpha/2)$ dan ke $(\alpha/2)$ sebaran- F dengan derajat bebas pembilang f'' dan penyebut f' . Suatu persamaan yang secara aljabar ekuivalen dengan Persamaan (2) adalah (Knapp & Bridges, 1987):

$$P\{1 - F_{\alpha/2; f'', f'} M'' / M' \leq 1 - [E(M'') / E(M')] \leq 1 - F_{1-\alpha/2; f'', f'} M'' / M'\} \cong 1 - \alpha$$

Suatu pendekatan dugaan selang $(1-\alpha)100\%$ bagi $H = 1 - E(M')/E(M'')$ adalah

$$1 - F_{\alpha/2; f'', f'} M'' / M', \quad 1 - F_{1-\alpha/2; f'', f'} M'' / M' \dots \dots \dots (3)$$

Selang Kepercayaan Heritabilitas Pada Percobaan 1-Faktor

Andaikan suatu percobaan 1-Faktor dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap berblok (*randomized completely block design*) dengan faktor yang dicobakan adalah varietas dan dengan asumsi varietas bersifat acak, maka dengan struktur tabel analisis ragam (ANOVA) seperti pada Tabel 1, penguraian nilai harapan kuadrat tengah dapat digunakan untuk memperoleh komponen ragam lingkungan, genotipe dan fenotipe sebagai berikut:

$$\sigma_g^2 = (M_G - M_E) / r$$

$$\sigma_e^2 = M_E$$

$$\sigma_{p(\text{mean basis})}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 / r$$

Tabel 1. Struktur ANOVA model acak untuk Percobaan 1-Faktor yang menggunakan rancangan acak lengkap berblok

Sumber	db	JK	KT	E(KT)
Blok	$f_r = r - 1$	JK_R	M_R	-
Varietas	$f_g = g - 1$	JK_G	M_G	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$
Galat	$f_e = (r - 1)(g - 1)$	JK_E	M_E	σ_e^2
Total	$rg - 1$	JK_T		

Heritabilitas yang dihitung secara klasik dan dengan menggunakan Persamaan (1) adalah:

$$H_{\text{mean basis}} = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2 / r) = 1 - (M_E / M_G)$$

Selang kepercayaan $(1-\alpha)100\%$ H adalah:

$$P\left(1 - F_{\alpha/2; f_g, f_r} \frac{M_E}{M_G} \leq H \leq 1 - F_{1-\alpha/2; f_g, f_r} \frac{M_E}{M_G}\right) = 1 - \alpha$$

Suatu teladan anova untuk hasil biji (Tabel 2) dapat digunakan untuk menghasilkan ragam-ragam yang diperlukan untuk perhitungan heritabilitas berdasarkan nilai tengah dari nilai harapan kuadrat tengah sebagai berikut:

$$\sigma_g^2 = (892,624 - 72,167) / 4 = 205,114, \quad \sigma_e^2 = 72,167 \text{ dan}$$

$$\sigma_{p(\text{mean basis})}^2 = 205,111 + 72,164 / 4.$$

Tabel 2. ANOVA untuk Hasil Biji (Singh & Chaudhary, 1979)

Sumber	db	JK	KT	E(KT)
Blok	3	369,841	123,380	-
Varietas	7	6248,368	892,624	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$
Galat	21	1515,501	72,167	σ_e^2
Total	31	8133,710		

Ragam-ragam ini digunakan untuk menghitung heritabilitas, yang hasilnya adalah:
 $H_{mean\ basis} = 205,114/(205,114 + 72,164/4) = 0,919$,

atau dengan menggunakan pendekatan Knapp & Bridges (1987) diperoleh:

$$H = 1 - 72,164/892,624 = 0,919$$

Selang kepercayaan 95% bagi nilai heritabilitas di atas adalah:

$$1 - F_{0,025(7;21)} M_E/M_G \leq H \leq 1 - F_{0,975(7;21)} M_E/M_G$$

$$1 - 2,97(72,167/892,624) \leq H \leq 1 - 0,225(72,167/892,624)$$

$$0,760 \leq H \leq 0,982$$

Inferensia mengenai selang kepercayaan di atas adalah dengan tingkat kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa heritabilitas mengambil nilai antara 0,76 sampai dengan 0,98. Nilai heritabilitas ini tidak meliputi nilai nol, yang sebenarnya menunjukkan adanya pengaruh nyata. Heritabilitas yang nyata mengindikasikan adanya kontribusi genetik terhadap keragaman fenotipe, sehingga seleksi varietas terbaik cenderung berhasil.

Selang Kepercayaan Heritabilitas pada Percobaan 2-Faktor

ANOVA percobaan 2-faktor dalam rancangan acak lengkap berblok, dengan asumsi faktor A dan faktor B bersifat acak adalah (Tabel 3).

Tabel 3. Struktur ANOVA model acak untuk Percobaan 2-Faktor yang menggunakan rancangan acak lengkap berblok

Sumber	db	JK	KT	E(KT)
Blok	$f_r = r - 1$	JK_R	M_R	-
Faktor A	$f_a = a - 1$	JK_A	M_A	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ab}^2 + rb\sigma_a^2$
Faktor B	$f_b = b - 1$	JK_B	M_B	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ab}^2 + ra\sigma_b^2$
A x B	$f_{ab} = (a-1)(b-1)$	JK_{AB}	M_{AB}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ab}^2$
Galat	$f_e = (r-1)(ab-1)$	JK_E	M_E	σ_e^2
Total	$rab - 1$	JK_T		

Penguraian komponen ragam di atas, andaikan Faktor A bertalian dengan faktor genetik, maka ragam genotipe, ragam interaksi genotipe x faktor B, ragam galat dan ragam fenotipe adalah sebagai berikut:

$$\sigma_a^2 = (M_A - M_{AB})/rb, \sigma_{ab}^2 = (M_{AB} - M_E)/r, \sigma_e^2 = M_E, \text{ dan}$$

$$\sigma_{p(mean\ basis)}^2 = \sigma_a^2 + \sigma_{ab}^2/b + \sigma_e^2/rb. \text{ Dalam hal ini, yang}$$

$$\text{merupakan ragam lingkungan adalah: } \sigma_{e*}^2 = \sigma_{ab}^2/b + \sigma_e^2/rb.$$

Heritabilitas yang dihitung secara klasik dan dengan Persamaan (1) adalah:

$$H_{mean\ basis} = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{ab}^2/b + \sigma_e^2/rb) = 1 - (M_{AB}/M_G)$$

Selang kepercayaan (1- α)100% bagi heritabilitas adalah:

$$P \left(1 - F_{\alpha/2(f_a, f_{ab})} \frac{M_{AB}}{M_A} \leq H \leq 1 - F_{1-\alpha/2(f_a, f_{ab})} \frac{M_{AB}}{M_A} \right) = 1 - \alpha$$

Suatu hasil Percobaan 2-Faktor dalam rancangan acak lengkap berblok dari peubah hasil gabah 3 varietas padi (Tabel 4) digunakan sebagai teladan.

Tabel 4. ANOVA untuk Hasil Gabah Tanaman Padi yang mendapat perlakuan 5 taraf pemupukan nitrogen (Gomez & Gomez, 2007)

Sumber	db	JK	KT	E(KT)
Blok	3	2,599	0,866	-
Varietas	2	1,052	0,526	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gb}^2 + rb\sigma_g^2$
Faktor B	4	41,234	10,308	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gb}^2 + ra\sigma_b^2$
A x B	8	2,292	0,286	$\sigma_e^2 + r\sigma_{gb}^2$
Galat	42	6,353	0,151	σ_e^2
Total	59	53,530		

Penguraian komponen ragam yang bertalian dengan faktor varietas ini adalah:

$$\sigma_g^2 = (0,526 - 0,286)/(4)(5) = 0,012,$$

$$\sigma_{gb}^2 = (0,286 - 0,151)/4 = 0,03375,$$

$$\sigma_e^2 = 0,151, \text{ dan}$$

$$\sigma_p^2 = 0,012 + 0,003375/5 + 0,151/(4)(5) = 0,0263,$$

sehingga diperoleh heritabilitas sebagai berikut:

$$H_{mean\ basis} = 0,012/[0,012 + 0,003375/5 + 0,151/(4)(5)] = 0,46,$$

atau dengan menggunakan pendekatan Knapp & Bridges (1987) diperoleh $H = 1 - (0,286/0,526) = 0,456$.

Selang kepercayaan 95% bagi heritabilitas di atas adalah:

$$1 - F_{0,025(7;8)} 0,286/0,526 \leq H \leq 1 - F_{0,975(7;8)} 0,286/0,526$$

$$1 - 6,06(0,286/0,526) \leq H \leq 1 - (1/39,37)(0,286/0,526)$$

$$-2,295 \leq H \leq 0,986$$

Selang kepercayaan 95% bagi heritabilitas ini meliputi nilai nol, yang mengindikasikan bahwa nilai heritabilitas contoh sebesar 0,456 sebenarnya tidak berbeda dari nilai 0. Seleksi varietas terbaik cenderung gagal karena kontribusi lingkungan yang besar. Perhatikan bahwa jika menggunakan deskripsi Stanfield (1991), maka heritabilitas ini jatuh pada kategori sedang.

Selang Kepercayaan Heritabilitas pada Percobaan 3-Faktor

ANOVA percobaan 3-faktor, dengan asumsi masing-masing faktor A, faktor B dan faktor C acak, disajikan pada Tabel 5. Andaikan Faktor C merupakan faktor genetik, maka penguraian komponen ragam menghasilkan ragam genotipe, ragam interaksi genotipe x faktor A, ragam interaksi genotipe x faktor B, ragam

interaksi genotipe × faktor A × faktor B, ragam galat dan ragam fenotipe sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_c^2 &= (M_C - M_{AC} - M_{BC} + M_{ABC})/rab \\ \sigma_{ac}^2 &= (M_{AC} - M_{ABC})/rb \\ \sigma_{bc}^2 &= (M_{BC} - M_{ABC})/ra \\ \sigma_e^2 &= M_E, \text{ dan} \\ \sigma_{Fenotipe}^2 &= \sigma_c^2 + \sigma_{ac}^2/a + \sigma_{bc}^2/b + \sigma_{abc}^2/ab + \sigma_e^2/rab \end{aligned}$$

Heritabilitas bila faktor C merupakan pengaruh genetik adalah:

$$H_{mean\ basis} = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_{ac}^2/a + \sigma_{bc}^2/b + \sigma_{abc}^2/ab + \sigma_e^2/rab)$$

atau bila menggunakan pendekatan Knapp & Bridges (1987) diperoleh:

$$H_{mean\ basis} = 1 - (M_{AC} + M_{BC} - M_{ABC})/M_C$$

Derajat bebas pembilang (f_q) dan penyebut (f_p) untuk tujuan menentukan selang kepercayaan $(1-\alpha)100\%$ bagi heritabilitas sesuai persamaan $(M_{AC} + M_{BC} - M_{ABC})/M_C$ menurut Satterthwaite (1946) adalah:

$$f_q = [M_{AC} + M_{BC} - M_{ABC}]^2 / [M_{AC}^2/f_{ac} + M_{BC}^2/f_{bc} + (-M_{ABC})^2/f_{abc}]$$

dan $f_p = f_c$, sehingga selang kepercayaan $(1-\alpha)100\%$ bagi heritabilitas adalah:

$$P(1 - F_{1-\alpha/2(f_q, f_p)} [M_{AC} + M_{BC} - M_{ABC}] / M_C \leq H \leq 1 - F_{\alpha/2(f_q, f_p)} [M_{AC} + M_{BC} - M_{ABC}] / M_C) = 1 - \alpha$$

Hasil percobaan faktorial 3-faktor yang menggunakan rancangan acak lengkap dengan masing-masing kombinasi taraf faktor diulang 2 kali (Tabel 6) digunakan sebagai teladan.

Asumsikan bahwa Faktor C merupakan faktor genetik atau varietas. Penguraian komponen ragam terhadap Faktor C, yaitu faktor varietas, menghasilkan komponen-komponen ragam genetik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_g^2 &= (34552,67 - 1874,47 - 3213,58 + 578,60)/(2)(3)(3) = 1669,07 \\ \sigma_{ga}^2 &= (1874,47 - 578,60)/(2)(3) = 215,98 \\ \sigma_{gb}^2 &= (3213,58 - 578,60)/(2)(3) = 439,16 \\ \sigma_{gab}^2 &= (578,60 - 426,50)/2 = 76,05 \\ \sigma_e^2 &= 426,50, \text{ dan} \\ \sigma_{Fenotipe}^2 &= 1669,07 + 215,98/3 + 439,16/3 + 76,05/(3)(3) + 426/(2)(3)(3) = 1919,59. \end{aligned}$$

Heritabilitas berbasis rata-rata perhitungan ini adalah:

$$H_{mean\ basis} = 1669,07/1919,59 = 0,87$$

Namun bila menggunakan pendekatan Knopp & Bridges (1987) diperoleh:

$$H_{mean\ basis} = 1 - [(1874,47 + 3213,58 - 578,60)/34552,67] = 0,87.$$

Derajat bebas pembilang f_q dan penyebut f_p bagi persamaan ini, masing-masing adalah:

$$f_q = \frac{[1874,43 + 3213,58 - 578,60]^2}{1874,43^2/4 + 3213,58^2/4 + (-578,60)^2/8}$$

= 5,8 ≈ 6, dan $f_p = 2$, sehingga selang kepercayaan 95% bagi heritabilitas ini adalah:

$$P(1 - F_{0,025(2;6)} [1874,47 + 3213,58 - 578,60]/34552,67 \leq H$$

Tabel 5. Struktur ANOVA model acak untuk Percobaan 3-Faktor yang menggunakan rancangan acak lengkap berblok

Sumber	Db	JK	KT	E(KT)
Blok	$f_r = r - 1$	JK _R	M _R	-
A	$f_a = a - 1$	JK _A	M _A	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2 + rc\sigma_{ab}^2 + rb\sigma_{ac}^2 + rbc\sigma_a^2$
B	$f_b = b - 1$	JK _B	M _B	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2 + rc\sigma_{ab}^2 + ra\sigma_{bc}^2 + rac\sigma_b^2$
C	$f_c = c - 1$	JK _C	M _C	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2 + rb\sigma_{ac}^2 + ra\sigma_{bc}^2 + rab\sigma_c^2$
A × B	$f_{ab} = (a - 1)(b - 1)$	JK _{AB}	M _{AB}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2 + rc\sigma_{ab}^2$
A × C	$f_{ac} = (a - 1)(c - 1)$	JK _{AC}	M _{AC}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2 + rb\sigma_{ac}^2$
B × C	$f_{bc} = (b - 1)(c - 1)$	JK _{BC}	M _{BC}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2 + ra\sigma_{bc}^2$
A × B × C	$f_{abc} = (a - 1)(b - 1)(c - 1)$	JK _{ABC}	M _{ABC}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abc}^2$
Galat	$f_e = (r-1)(abc - 1)$	JK _E	M _E	σ_e^2
Total	$rabc - 1$	JK _T		

Tabel 6. ANOVA Percobaan 3-Faktor yang menggunakan rancangan acak lengkap dengan asumsi Faktor C adalah Faktor Genetik (Gomez & Gomez, 2007)

Sumber	db	JK	KT	E(KT)
A	2	993,7	496,89	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2 + rc\sigma_{ab}^2 + rb\sigma_{ag}^2 + rbg\sigma_a^2$
B	2	61190,33	30595,17	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2 + rc\sigma_{ab}^2 + ra\sigma_{bg}^2 + rag\sigma_b^2$
Varietas	2	69105,33	34552,67	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2 + rb\sigma_{ag}^2 + ra\sigma_{bg}^2 + rab\sigma_g^2$
A × B	4	6300,90	1575,22	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2 + rg\sigma_{ab}^2$
A × Varietas	4	7513,90	1878,47	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2 + rb\sigma_{ag}^2$
B × Varietas	4	12854,34	3213,58	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2 + ra\sigma_{bg}^2$
A × B × Varietas	8	4628,76	578,60	$\sigma_e^2 + r\sigma_{abg}^2$
Galat	27	11515,50	426,50	σ_e^2
Total	53	174102,83		

$$\leq 1 - F_{0.975(2;6)} [1874.47 + 3213.58 - 578.60] / 34552.67 = 1 - \alpha$$

$$P(1 - (1.76) [1874.47 + 3213.58 - 578.60] / 34552.67 \leq H$$

$$\leq 1 - (1/3.31) [1874.47 + 3213.58 - 578.60] / 34552.67 = 0.95$$

$$0.77 \leq H \leq 0.96$$

Sama seperti pada percobaan 1 faktor, selang kepercayaan 95% heritabilitas ini tidak meliputi nilai nol, yang mengindikasikan bahwa terdapat proporsi ragam genetik yang besar dalam ragam fenotipe. Seleksi yang dilakukan untuk memilih varietas terbaik cenderung menunjukkan keberhasilan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Nilai heritabilitas merupakan suatu statistik sehingga tidak dapat digunakan untuk memberikan inferensia mengenai besaran ragam fenotipe disebabkan oleh faktor genetik.
2. Selang kepercayaan heritabilitas merupakan suatu ukuran peluang bahwa parameter heritabilitas yang tidak diketahui, berada pada suatu kisaran nilai tertentu dengan tingkat keyakinan sebesar $(1 - \alpha)$ 100%.
3. Selang kepercayaan heritabilitas dapat menduga parameter heritabilitas sehingga dapat digunakan untuk memberikan inferensia mengenai besaran ragam genetik dalam ragam fenotipe.

Saran

Sifat-sifat kuantitatif bernilai ekonomis penting umumnya mempunyai heritabilitas yang rendah. Penggunaan selang kepercayaan heritabilitas memungkinkan evaluasi sifat-sifat bernilai ekonomis yang benar-benar beragam secara genetik. Sifat-sifat bernilai ekonomis yang heritabilitasnya tidak nyata, dapat diperbaiki melalui

perbaikan sifat-sifat kuantitatif lainnya yang tidak bernilai ekonomis penting tetapi mempunyai heritabilitas yang nyata dan memiliki hubungan genetik dengan sifat-sifat bernilai ekonomis itu. Sifat-sifat tak bernilai ekonomis ini merupakan indikator seleksi bagi sifat yang bernilai ekonomis penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Gomez, K.A., & A.A. Gomez. 2007. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Alih Bahasa Sjamsudin, E., JS. Baharsyah. UI-Press, Jakarta.
- Knapp, S.J. & W. C. Bridges. 1987. Confidence interval estimators for heritability for several mating and experiment designs. *Theor. Appl. Genet.* 73:759-763.
- Knapp, S.J., W.W. Stroup, & W.M. Ross. 1985. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. *Crop. Sci.* 25:192-194.
- Knapp, S.J. 1986. Confidence intervals for heritability for two factor mating design single environment linear models. *Theor. Appl. Genet.* 72:587-591.
- Montgomery, D.C. 2001. Design and Analysis of Experiment. 5rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sahai, H., & M.G. Ojeda. 2005. Analysis of Variance for Random Models. Unbalanced Data. Birkhäuser, Boston.
- Satterthwaite, F.E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics Bull.* 2:110-114.
- Searle, S.R. 1971. Linear models. Wiley and Sons, Inc., New York.
- Singh, R.K., & B.D. Chaudary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers, Ludhiana.
- Stanfield, W.D. 1991. Genetika. Ed-2. Alih bahasa M. Apandi & L.T. Hardy. Erlangga, Jakarta.