

ANALISIS VARIAN PERCOBAAN FAKTORIAL DUA FAKTOR RAKL DENGAN METODE *FIXED ADDITIVE MAIN EFFECTS AND MULTIPLICATIVE INTERACTION*

Akhmad Zaki¹, Triastuti Wuryandari², Suparti³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

²Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Factorial experiment is an experiment where is in a condition (experiment unit) were attempted simultaneously from several single experiment. Two-factor factorial experiment with the basic design CRBD (Completely Randomized Block Design) is used to assess the interaction of genotype and environment on multi-location trials. The analysis can be applied in multi-location trials is AMMI analysis (additive main effects and multiplicative interaction). AMMI analysis in the calculations using analysis of variance in a factorial experiment to test the effect of the interaction and Principal Component Analysis (PCA) to elucidate the effect of the interaction with the interpretation of the results using the biplot-AMMI. Based on research with seven genotypes of rice (S382b-2-2-3, 3-2-3-1 S2389d-, S24871-65-4, S2824-1d-6, S2945f-59, Poso, and C22) and four locations (Sukamandi 94, Batang 94, Taman Bogo 94, and Garut 94) there is the influence of genotype, location, and interaction with genotype and location on rice production. Obtained three Principal Component Interactions (KUI1, KUI2 and KUI3) with the contribution of diversity respectively 78.29%, 13.94% and 7.77%. Interpretation of the AMMI Biplot is obtained genotype 1 (S382b-2-2-3) very suitable to be planted in a location 4 (Garut 94), genotype 2 (S2389d-3-2-3-1) very suitable to be planted in a location 3 (Taman Bogo 94), genotype 3 (S24871-65-4) is more suitable to be planted in locations 2 (Batang 94), genotype 4 (S2824-1d-6) are very suitable to be planted in a location 4 (Garut 94), genotype 5 (S2945f-59) is more suitable to be planted in locations 2 (Batang 94), genotype 6 (Poso) very suitable to be planted in a location 1 (Sukamandi 94) and genotype 7 (C22) is very suitable to be planted in locations 2 (Batang 94).

Keywords: Factorial Experiment, CRBD, AMMI, Analysis of Variance, PCA, Biplot

1. PENDAHULUAN

Rancangan faktorial adalah rancangan dimana dalam satu keadaan dicobakan secara bersamaan dari dua atau lebih percobaan-percobaan tunggal. Pada percobaan faktorial, selain dapat diketahui masing-masing pengaruh faktor, juga dapat diketahui pengaruh gabungan (interaksi) dari faktor yang dicobakan. Percobaan faktorial dengan dua faktor sering ditemukan dalam percobaan lokasi ganda (*multilocation*). Faktor-faktor yang digunakan dalam rancangan ini adalah faktor genotip dan faktor lokasi. Analisis statistika yang biasa digunakan dalam percobaan lokasi ganda adalah analisis varian/*Analysis Of Variance* (ANOVA) dan Analisis Komponen Utama (AKU), namun kedua metode ini dianggap kurang efektif dalam menganalisis struktur data yang kompleks. Analisis varian hanya menjelaskan keefektifan pengaruh utama dan menguji pengaruh interaksi tetapi tidak mampu menentukan pola genotip atau lokasi untuk meningkatkan pengaruh interaksi. Sedangkan analisis komponen utama hanya efektif menjelaskan pengaruh interaksi tanpa menerangkan

pengaruh utamanya. Dengan demikian, untuk memperoleh gambaran secara luas dari struktur data faktorial diperlukan pendekatan lain yaitu analisis *Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI)*.

AMMI sangat efektif menjelaskan interaksi genotip dengan lokasi. Analisis *AMMI* menggabungkan pengaruh utama aditif pada analisis varian dan pengaruh multiplikatif untuk pengaruh interaksi pada analisis komponen utama. Penguraian pengaruh interaksi dilakukan dengan model bilinear, sehingga kesesuaian tempat tumbuh bagi genotip akan dapat dipetakan dengan jelas. Terlihat dengan jelas dalam pemetaan genotip dan lokasi secara simultan dengan menggunakan biplot.

Perkembangan metode *AMMI* sampai saat ini sudah dapat diterapkan untuk model tetap (*Fixed-AMMI*) yaitu jika genotipe dan lokasi ditentukan secara subyektif oleh peneliti dan kesimpulan yang diharapkan hanya terbatas pada genotipe dan lokasi yang dicobakan saja. Model campuran (*Mixed-AMMI*) yang salah satu dari genotipe atau lokasi bersifat acak dan kesimpulan untuk faktor acak berlaku untuk populasi taraf dari faktor acak. Model kategorik (*GLM-AMMI/Generalized Linear Model AMMI*) yaitu jika respon yang diamati bersifat kategorik seperti tingkat serangan hama (ringan, sedang dan berat). Di samping itu, *AMMI* juga telah dikembangkan untuk menangani data hilang yaitu dengan *EM-AMMI (Expectation Maximitation AMMI)*.

Dalam penelitian ini permasalahan yang akan dibahas adalah mengenai penguraian interaksi hasil produksi tujuh genotip padi sawah (S382b-2-2-3, S2389d-3-2-3-1, S24871-65-4, S2824-1d-6, S2945f-59, Poso, dan C22) yang ditanam di empat lokasi yaitu Sukamandi 94, Batang 94, Taman Bogo 94, dan Garut 94 dengan diasumsikan lokasi yang dicobakan bersifat tetap. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan genotip dan lokasi sebagai pengaruh utama. Analisis varian percobaan faktorial RAKL digunakan untuk menguji pengaruh interaksi antara padi sawah yang dicobakan dengan lokasi penanamannya. Untuk menguraikan pengaruh interaksi padi sawah dengan lokasinya digunakan Analisis Komponen Utama (AKU). Interpretasi model *Fixed-AMMI* dapat dilihat pada biplot yang terbentuk dengan sebelumnya mencari data rata-rata terkoreksi berdasarkan penguraian nilai singularnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rancangan Faktorial RAKL

Percobaan faktorial adalah percobaan yang semua (hampir semua) perlakuan suatu faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) perlakuan tiap faktor lainnya yang ada pada percobaan itu (*Sudjana, 2002*). Model linier untuk percobaan faktorial yang terdiri dari dua faktor (faktor A dan Faktor B) dengan rancangan dasar RAKL adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \rho_k + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dengan : $i=1,2,\dots, a$

$j=1,2,\dots, b$

$k=1,2,\dots, r$

Keterangan :

Y_{ijk} = pengamatan pada kelompok ke-k yang mendapat perlakuan faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j

μ = rata-rata umum

α_i = pengaruh faktor A taraf ke-i

β_j = pengaruh faktor B taraf ke-j

ρ_k = pengaruh kelompok ke-k

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j
 ε_{ijk} = komponen galat

Diambil model tetap dengan asumsi:

- $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \beta_j = 0, \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0, \sum_{k=1}^r \rho_k = 0$
- $\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

Dengan hipotesis yang dapat diambil:

1. Pengaruh kelompok
 $H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0$ (tidak ada pengaruh kelompok terhadap respon yang diamati)
 H_1 : paling sedikit ada satu k dengan $\rho_k \neq 0$ (ada pengaruh perlakuan kelompok terhadap respon yang diamati)
2. Pengaruh utama faktor A
 $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$ (tidak ada pengaruh faktor A terhadap respon yang diamati)
 H_1 : paling sedikit ada satu i dengan $\alpha_i \neq 0$ (ada pengaruh faktor A terhadap respon yang diamati)
3. Pengaruh utama faktor B
 $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$ (tidak ada pengaruh faktor B terhadap respon yang diamati)
 H_1 : paling sedikit ada satu j dengan $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh faktor B terhadap respon yang diamati)
4. Pengaruh interaksi faktor A dan faktor B
 $H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0$ (tidak ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B terhadap respon yang diamati)
 H_1 : paling sedikit ada pasangan (i,j) dengan $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ (ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B terhadap respon yang diamati)

2.2 Analisis Komponen Utama

Analisis komponen utama merupakan suatu teknik analisis statistik untuk mentransformasikan variabel-variabel awal yang masih saling berkorelasi satu dengan yang lain menjadi satu himpunan variabel baru yang tidak berkorelasi lagi (*Johnson & Wichern, 2007*). Variabel-variabel baru itu dinamakan komponen utama (*Principal Component*). Total keragaman komponen utama adalah $\text{Var}(Y) = \alpha_{11} + \alpha_{22} + \dots + \alpha_{qq} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_q$ dengan λ_1, λ_2 sampai λ_q adalah nilai eigen dari komponen utama.

2.3 Analisis Biplot

Analisis biplot merupakan teknik statistik deskriptif dimensi ganda yang dapat disajikan secara visual dengan menyajikannya secara simultan segugus objek pengamatan dan peubah dalam suatu grafik pada suatu bidang datar sehingga ciri-ciri peubah dan objek pengamatan serta posisi relatif antara objek dan pengamatan dengan peubah dapat dianalisis. Jadi dengan biplot dapat ditunjukkan hubungan antar peubah, kemiripan relatif antar objek pengamatan, serta posisi relatif antara objek pengamatan dengan peubah (*Jolliffe, 1986 & Rawlings, 1986*). Biplot adalah upaya membuat gambar di ruang berdimensi banyak menjadi gambar di ruang dimensi dua. Pereduksian dimensi ini menyebabkan menurunnya besarnya informasi yang terkandung dalam biplot. Biplot yang mampu memberikan informasi sebesar 70% dari

seluruh informasi dianggap cukup. Informasi yang dapat diperoleh dari tampilan biplot adalah Kedekatan antar objek, Keragaman variabel dan Korelasi antar variabel.

2.4 Additive Main Effect Multiplicative Interaction (AMMI)

Analisis *AMMI* merupakan suatu teknik analisis data percobaan dua faktor dengan pengaruh utama perlakuan bersifat aditif sedangkan pengaruh interaksi dimodelkan dengan model bilinear. Analisis *AMMI* menggabungkan analisis ragam bagi pengaruh utama perlakuan dengan analisis komponen utama ganda dengan pemodelan bilinear bagi pengaruh interaksi yang memanfaatkan penguraian nilai singular (SVD) pada matriks interaksi. Model linear untuk rancangan faktorial dengan menggunakan metode *AMMI* adalah (Crossa, 1990) :

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{r=1}^n \sqrt{\lambda_r} \varphi_{gr} \rho_{er} + \vartheta_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

$$= \mu + \alpha_g + \beta_e + \sqrt{\lambda_1} \varphi_{g1} \rho_{e1} + \sqrt{\lambda_2} \varphi_{g2} \rho_{e2} + \dots + \sqrt{\lambda_n} \varphi_{gn} \rho_{en} + \vartheta_{ge}$$

Dengan : $g = 1, 2, \dots, a$

$e = 1, 2, \dots, b$

$r = 1, 2, \dots, n$

Keterangan :

Y_{ger} = nilai pengamatan dari ulangan ke-r, taraf ke-g dari faktor A, dan taraf ke-e dari faktor B

(μ, α_g, β_e) = komponen aditif dari pengaruh utama faktor A dan faktor B parameter

$\sqrt{\lambda_n}$ = nilai singular untuk komponen bilinear ke-n

φ_{gn} = pengaruh ganda faktor A ke-g melalui komponen bilinear ke-n

ρ_{en} = pengaruh ganda faktor B ke-e melalui komponen bilinear ke-n dengan kendala :

- $\sum_{g=1}^a \varphi_{gn}^2 = \sum_{e=1}^b \rho_{en}^2 = 1$; untuk $n = 1, 2, \dots, m$

- $\sum_{g=1}^a \varphi_{gn} \varphi_{gn} = \sum_{e=1}^b \rho_{en} \rho_{en} = 0$; untuk $n \neq n$; ϑ_{ge} ; simpangan dari pemodelan bilinear

Penguraian Bilinear Pengaruh Interaksi

Pengaruh interaksi genotip dan lokasi dimodelkan dengan pemodelan bilinear. Pemodelan bilinear bertujuan untuk menguraikan jumlah kuadrat interaksi genotip dan lokasi menjadi jumlah kuadrat KUI. Langkah-langkah pemodelan bilinear bagi pengaruh interaksi genotip dengan lokasi adalah sebagai berikut :

1. Menyusun data rata-rata dalam bentuk matriks dengan genotip sebagai baris dan lokasi sebagai kolom.

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \dots & \gamma_{1b} \\ \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{a1} & \dots & \gamma_{ab} \end{bmatrix}$$

γ_{ij} = elemen matriks data rata-rata pengamatan dalam baris ke-i kolom ke-j matriks γ

2. Melakukan penguraian bilinear terhadap matriks data rata-rata dengan menggunakan analisis komponen utama.

$$Y_{ge} = \sum_{r=1}^n \sqrt{\lambda_r} \varphi_{gr} \rho_{er} \vartheta_{ge}$$

$$= \sqrt{\lambda_1} \varphi_{g1} \rho_{e1} + \sqrt{\lambda_2} \varphi_{g2} \rho_{e2} + \dots + \sqrt{\lambda_n} \varphi_{gn} \rho_{en} + \vartheta_{ge}$$

Perhitungan Jumlah Kuadrat

Jumlah kuadrat untuk pengaruh interaksi komponen ke-n adalah nilai eigen ke-n pada pemodelan bilinear (λ_n) jika analisis varian dilakukan terhadap data rata-rata per genotipe dan

lokasi. Bila analisis varian dilakukan terhadap data asal maka jumlah kuadratnya adalah banyak ulangan kali nilai eigen ke-n ($r\lambda_n$). Pengujian masing-masing komponen ini dilakukan dengan membandingkannya terhadap kuadrat tengah galat gabungan.

Penguraian Derajat Kebebasan

Derajat bebas untuk setiap komponen utama interaksi adalah $a+b-1-2n$. Besaran derajat bebas ini diturunkan berdasarkan jumlah parameter yang diduga dikurangi dengan jumlah kendala. Banyaknya parameter yang diduga adalah $a+b-1$ sedangkan banyak kendala untuk komponen ke-n adalah $2n$ (Matjik dan Sumertadjaya, 2000).

Penguraian Nilai Singular/Singular Value Decomposition (SVD)

SVD merupakan proses penguraian suatu matriks menjadi 3 buah matriks yang salah satunya adalah matriks nilai singular matriks asal. Misalkan ada suatu matriks asal Z berukuran $n \times p$ yang sudah terkoreksi terhadap rataannya dimana n adalah banyaknya objek pengamatan dan p adalah banyaknya peubah bebasnya, maka penerapan konsep SVD terhadap matriks Z adalah:

$$Z = US A'$$

Dengan:

Z : matriks data rata-rata berukuran $n \times p$

S : matriks diagonal akar dari nilai eigen ($D(\sqrt{\lambda_n})$) bukan nol dari $Z'Z$ berukuran $r \times r$.
Akar nilai eigen disebut dengan nilai singular

A : matriks ortonormal dengan kolom-kolom matriks $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ adalah vector eigen $Z'Z$

U : matriks ortonormal yang diperoleh dari perkalian matriks-matriks

$$U = ZAS^{-1} = (Za_1/\sqrt{\lambda_1})(Za_2/\sqrt{\lambda_2}) \dots (Za_n/\sqrt{\lambda_n})$$

Nilai Komponen AMMI

Unsur-unsur diagonal matriks S merupakan penduga untuk λ_n . Nilai komponen ke- n genotip ke- i adalah $\lambda_n^k \alpha_{in}$ dan untuk lokasi ke- j adalah $\lambda_n^k \beta_{jn}$. Dengan mendefinisikan $S(0 \leq k \leq 1)$ sebagai matriks diagonal yang elemen-elemen diagonalnya adalah elemen-elemen matriks S dipangkatkan demikian juga dengan matriks S^{1-k} dan $G = US^k$ serta $H = AS^{1-k}$ maka penguraian nilai singular tersebut dapat ditulis $Z = GH'$. Dengan demikian skor komponen untuk faktor A adalah kolom-kolom matriks G sedangkan skor komponen untuk faktor B adalah kolom-kolom matriks H . Nilai k yang digunakan pada analisis AMMI adalah $1/2$.

Penentuan Banyak Komponen AMMI

Dua metode penentuan banyaknya sumbu komponen utama yang sudah cukup untuk penduga, yaitu *Postdictive Success* dan *Predictive Success* (Crossa, 1990). *Postdictive success* berhubungan dengan kemampuan suatu model yang tereduksi untuk menduga data yang digunakan dalam membangun model tersebut. *Predictive success* berhubungan dengan kemampuan suatu model dugaan untuk memprediksi data lain yang sejenis tetapi tidak digunakan dalam membangun model tersebut (data validasi). Banyaknya komponen utama yang terbaik adalah yang rata-rata akar kuadrat tengah sisa (RMSPD = *Root Mean Square Predictive Different*) dari data validasi paling kecil.

3. METODOLOGI

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diambil dari Penelitian Sukamto yang diperoleh dari Balai Penelitian Padi Sukamandi. Penelitian dilakukan dengan tujuh genotip dan sembilan lokasi tanam (Wahyuningrum, 2003).

Variabel yang digunakan pada penelitian ini dengan hanya mengambil tujuh genotip sawah (S382b-2-2-3, S2389d-3-2-3-1, S24871-65-4, S2824-1d-6, S2945f-59, Poso, dan C22) dan empat lokasi penanaman (Sukamandi 94, Batang 94, Taman Bogo 94, dan Garut 94) dengan pengelompokan berupa kondisi lahan.

Tahapan analisis statistika yang digunakan dalam Analisis Percobaan Faktorial RAKL Dua Faktor dengan Metode *Fixed Additive Main Effects and Multiplicative Interaction* adalah:

1. Pembentukan analisis varian percobaan faktorial Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL).
2. Pengujian asumsi-asumsi hasil analisis ragam.
3. Penguraian bilinear pengaruh interaksi genotip dan lokasi dengan Analisis Komponen Utama (AKU)
4. Pembentukan analisis varian gabungan dengan model *Fixed-AMMI*
5. Penentuan banyaknya Komponen Utama Interaksi (KUI) yang masuk ke dalam model.
6. Penguraian nilai singular.
7. Interpretasi biplot *Fixed-AMMI* model dengan data rata-rata terkoreksi.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan perhitungan Jumlah Kuadrat, Kuadrat Rata-rata, Derajat Bebas, F_{hitung} dan F_{tabel} dapat dibentuk tabel ANOVA sebagai berikut:

Tabel 1 Analisis Varian RAKL

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	F_{tabel} (5%)
Kelompok	2	0.2056	0.1028	1.83	3.17
Genotip	6	40.4145	6.7357	120.12	2.27
Lokasi	3	13.4545	4.4848	79.98	2.78
Genotip*Lokasi	18	40.8595	2.2700	40.48	1.80
Galat	54	3.0280	0.0561		
Total	83	97.9621			

Maka dapat disimpulkan berdasarkan Tabel 1:

1. Tidak ada pengaruh kelompok tanah terhadap hasil produksi padi.
2. Ada pengaruh faktor genotip terhadap hasil produksi padi
3. Ada pengaruh faktor lokasi terhadap hasil produksi padi
4. Ada pengaruh interaksi bersama faktor genotip dan faktor lokasi

Hasil perhitungan dengan menggunakan software *Minitab* dengan taraf signifikansi 5% untuk asumsi normalitas galat, kesamaan varian galat dan independensi galat terpenuhi.

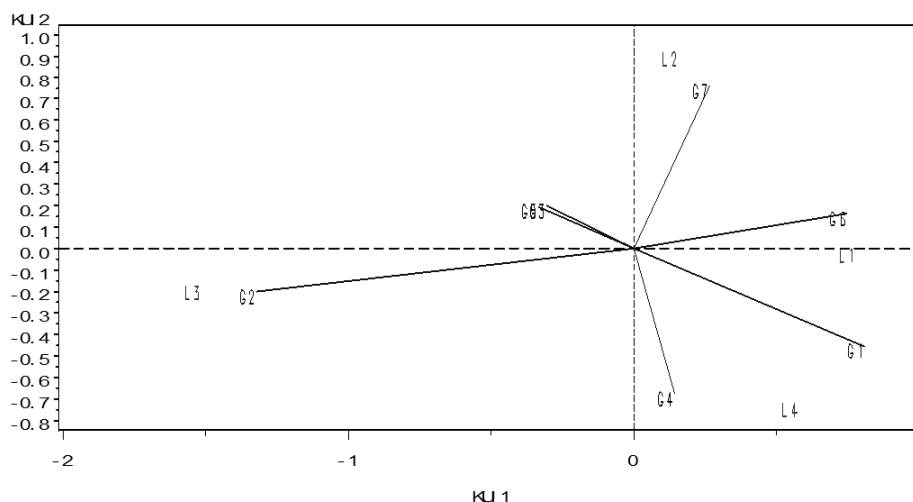
Penguraian bilinear pengaruh interaksi didapatkan Analisis Varian Gabungan AMMI seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Analisis Varian Gabungan

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	$F_{tabel(5\%)}$
Kelompok	2	0.2056	0.1028	1.83	3.17
Genotip	6	40.4145	6.7357	120.12	2.27
Lokasi	3	13.4545	4.4848	79.98	2.78
Genotip*lokasi	18	40.8595	2.2700	40.48	1.80
KU1	8	31.9896	3.9987	71.27	2.12
KU2	6	5.6968	0.9495	16.92	2.27
KU3	4	3.1731	0.7932	14.14	2.54
Galat	54	3.0304	0.0561		
Total	83	97.9462			

Berdasarkan metode *postdictive success* yaitu dengan membandingkan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} , apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka KUI tersebut signifikan. Pada Tabel 2 diketahui bahwa untuk KUI₁, KUI₂, dan KUI₃, nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semua komponen (KUI₁, KUI₂, dan KUI₃) signifikan, maka diperoleh model AMMI₃. Alat yang digunakan untuk menginterpretasikan hasil dari metode AMMI adalah biplot.

Biplot AMMI



Gambar 1 Biplot AMMI

Interpretasi Biplot pada gambar 1 didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Genotip 3 (S24871-65-4) dan genotip 5 (S2945f-59) memiliki kesamaan karakteristik karena memiliki posisi yang berdekatan. Genotip 2 (S2389d-3-2-3-1) digambarkan sebagai vektor yang panjang, oleh karena itu genotip 2 memiliki keragaman terbesar sedangkan genotip 3 memiliki keragaman terkecil karena digambarkan sebagai vektor yang pendek.
2. Genotip 1 (S382b-2-2-3) sangat cocok ditanam di lokasi 4 (Garut 94), genotip 2 (S2389d-3-2-3-1) sangat cocok ditanam di lokasi 3 (Taman Bogo 94), genotip 3 (S24871-65-4) lebih cocok ditanam di lokasi 2 (Batang 94), genotip 4 (S2824-1d-6) sangat cocok ditanam di lokasi 4 (Garut 94), genotip 5 (S2945f-59) lebih cocok

ditanam di lokasi 2 (Batang 94), genotip 6 (Poso) sangat cocok ditanam di lokasi 1 (Sukamandi 94) dan genotip 7 (C22) sangat cocok ditanam di lokasi 2 (Batang 94).

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pengaruh utama faktor genotip, lokasi serta pengaruh interaksi faktor genotip dan lokasi pada percobaan faktorial dua faktor RAKL berpengaruh nyata terhadap hasil produksi padi sedangkan pengaruh kelompok tanah tidak berpengaruh nyata terhadap hasil produksi padi.
2. Diperoleh tiga Komponen Utama Interaksi (KUI) yang berpengaruh nyata berdasarkan analisis varian gabungan AMMI yaitu KUI1, KUI2 dan KUI3.
3. Berdasarkan Biplot AMMI dapat dianalisa hubungan antara faktor genotip dan lokasi. Untuk Genotip 1 (S382b-2-2-3) sangat cocok ditanam di lokasi 4 (Garut 94), genotip 2 (S2389d-3-2-3-1) sangat cocok ditanam di lokasi 3 (Taman Bogo 94), genotip 3 (S24871-65-4) lebih cocok ditanam di lokasi 2 (Batang 94), genotip 4 (S2824-1d-6) sangat cocok ditanam di lokasi 4 (Garut 94), genotip 5 (S2945f-59) lebih cocok ditanam di lokasi 2 (Batang 94), genotip 6 (Poso) sangat cocok ditanam di lokasi 1 (Sukamandi 94) dan genotip 7 (C22) sangat cocok ditanam di lokasi 2 (Batang 94).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H. 2005. *Elementary Linear Algebra* (9th ed). Drexel University.
- Crossa, J. 1990. *Statistical Analysis of Multilocation Trials*. Adv. In Agron.
- Gaspersz, V. 1991. *Metode Perancangan Percobaan*. Bandung : CV Armico.
- Gujarati, D. 2002. *Ekonometrika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Johnson, RA. & Wichern, DW. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis* (6th ed). New Jersey: Prentice-Hall.
- Jolliffe and Rowlings 1986. *Principal Component Analysis*. New York: Springer Verlag.
- Mattjik, AA, & Sumertajaya IM. 2000. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB jilid 1*. Bogor: IPB Press.
- Montgomery, D 2005. *Design And Analysis Of Experiment 6th edition*. New York: John Willey and Sons.
- Sudjana. 2002. *Desain dan Analisis Eksperimen* (edisi IV). Bandung: Tarsito.
- Sumertajaya, IM. 2007. *Analisis Statistik Interaksi Genotipe dengan Lingkungan*. Departemen Statistik . Fakultas Matematika dan IPA. Bogor: IPB.
- Wahyuningrum, E. 2003. *AMMI Campuran dan Blup untuk Memprediksi Daya Hasil Interaksi Genotip Tanaman Padi dengan Lingkungan pada Percobaan Lokasi Ganda*. Tesis. Bogor: Program Pascasarjana, IPB.