

Analisis Kovarians dalam Desain Pengukuran Berulang untuk Mengevaluasi Efek Perlakuan Pupuk terhadap Produksi Tanaman Teh

Analysis of Covariance in Repeated Measurement Designs to Evaluate Treatment Effects on Tea Production

¹Wiwit Widiyanti, ²Suwanda, ³Siti Sunendiari

^{1,2,3}*Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116*

email: ¹wiwitwidiyanti22@gmail.com, ²wanda_100358@yahoo.com, ³sunen_diari@yahoo.com

Abstract. When in the experiments there are noncontrollable concomitant variable but can be observed along with the response variable and there is a linear relationship between the concomitant variable and the response variable then it becomes the basis for performing the analysis of covariance, whereas in response to the same experimental unit measured at several different times were reviewed on repeated measurement designs. In repeated measurement designs, consider the sum of the squares between-subjects and within-subjects so that the sum of squares of error becomes reduced and the test becomes more sensitive in determining the small effect difference. This paper discusses analysis of covariance with repeated measurements applied to evaluate the effects of treatment on tea production (gram), the response is measured at 13 different times. There are 6 levels of treatment that is control, standard garden, mineral, organo mineral, bio organo mineral, and bio mineral and a concomitant variable is the number of pecco shoots. The results show that only a significant time effect whereas the treatment and interaction effects of treatment with time are not significant.

Keywords : concomitant variable, analysis of covariance, repeated measurement designs, evaluate the effects.

Abstrak. Ketika dalam percobaan terdapat variabel penyerta yang tidak dapat dikontrol tetapi dapat diamati bersama dengan variabel respon dan terdapat hubungan linier antara variabel penyerta dengan variabel respon maka itu menjadi dasar untuk melakukan analisis kovarians (anakova), sedangkan dalam hal respon pada unit eksperimen yang sama diukur pada beberapa waktu yang berbeda dikaji pada desain pengukuran berulang. Dalam desain pengukuran berulang, mempertimbangkan jumlah kuadrat *between-subjects* dan *within-subjects* sehingga jumlah kuadrat kekeliruan menjadi tereduksi dan pengujian menjadi lebih sensitif dalam menentukan perbedaan efek yang kecil. Makalah ini membahas anakova dengan pengukuran berulang yang diaplikasikan pada evaluasi efek dari perlakuan pupuk terhadap produksi tanaman teh (gram), respon diukur pada 13 waktu yang berbeda. Terdapat 6 taraf perlakuan yaitu kontrol, standar kebun, mineral, mineral organo, mineral bio organo, serta mineral bio dan sebuah variabel penyerta yaitu jumlah pucuk peko. Hasilnya menunjukkan bahwa hanya efek waktu yang signifikan sedangkan efek perlakuan dan interaksi perlakuan dengan waktu tidak signifikan.

Kata Kunci : variabel penyerta, analisis kovarians, desain pengukuran berulang, evaluasi efek.

A. Pendahuluan

Dalam eksperimen dimungkinkan terdapat faktor gangguan yang berkontribusi dalam variabilitas respon, faktor gangguan tersebut bisa diketahui bisa juga tidak diketahui. Faktor gangguan tersebut bisa diketahui atau bisa juga tidak diketahui. Faktor gangguan yang tidak diketahui itu dapat dikendalikan dengan cara menerapkan prinsip dasar eksperimen. Untuk faktor gangguan yang diketahui, ada yang bisa dikontrol dan ada juga yang tidak bisa dikontrol.

Menurut Montgomery (2001) pengacakan adalah teknik desain yang digunakan untuk mencegah faktor gangguan. Ketika faktor gangguan diketahui dan dapat dikontrol, teknik perancangan yang disebut pemblokkan dapat digunakan untuk menghilangkan pengaruhnya. Namun saat faktor gangguan diketahui tapi tidak dapat dikontrol, jika setidaknya kita dapat mengamati nilai yang timbul dari faktor gangguan

pada setiap percobaan, kita dapat mengimbangnya dalam analisis statistik dengan menggunakan analisis kovarians.

Menurut Suwanda (2011) dalam hal faktor gangguan yang tidak dapat dikontrol, faktor tersebut harus dilibatkan sebagai variabel penyerta. Bersama-sama dengan variabel respon, variabel penyerta ini akan memberikan nilai kovarians, sehingga pengujian efek faktor dilakukan melalui analisis kovarians. Analisis kovarians dibangun dengan cara menyesuaikan variabel respon yang diamati terhadap pengaruh dari variabel penyerta (variabel konkomitan). Jika penyesuaian seperti itu tidak dilaksanakan, variabel penyerta dapat meningkatkan kuadrat tengah kekeliruan, dan uji menjadi tidak sensitif. Prosedur analisis kovarians dibuat dengan mengombinasikan analisis varians dan analisis regresi.

Dilain pihak, eksperimen dapat dilakukan dengan unit eksperimen yang sama responnya diukur pada beberapa kondisi atau beberapa waktu pengamatan, contohnya pada kasus pengobatan pasien. Desain yang digunakan untuk kasus ini adalah desain dengan pengukuran berulang (*Repeated Measurement*). Menurut Davis (2002) kekuatan utama dari desain pengukuran berulang adalah memungkinkan memperoleh informasi mengenai perubahan pada pola individual. Pada desain pengukuran berulang mempertimbangkan jumlah kuadrat *between-subjects* (antar subjek) dan *within-subject* (dalam subjek), karena sumber variasi *between-subjects* dapat dihilangkan dari kesalahan eksperimen pengujian menjadi lebih sensitif.

Model dasar dari desain pengukuran berulang adalah untuk melihat pengaruh dari sebuah terapi, sebuah pupuk, sebuah obat dan lainnya. Dalam praktek dimungkinkan desain pengukuran berulang untuk beberapa taraf dengan variabel penyerta yang tidak dapat dikontrol (anakova). Oleh karena itu perlu sebuah rancangan yang mengombinasikan efek perlakuan dan efek waktu.

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah (1) Bagaimana mendesain kasus analisis kovarians dalam konteks desain pengukuran berulang ? (2) Bagaimana efek dari perlakuan, waktu pengamatan dan juga interaksinya pada data produksi teh ?

Berdasarkan identifikasi masalah maka tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan makalah ini adalah untuk (1) mendesain kasus analisis kovarians dalam konteks desain pengukuran berulang (2) menguji efek dari perlakuan, waktu pengamatan dan juga interaksinya pada data produksi teh.

B. Landasan Teori

Analisis kovarians (anakova) adalah suatu teknik yang bermanfaat untuk meningkatkan ketepatan dari suatu eksperimen. Jika dalam satu percobaan terdapat variabel respon dan ada variabel lain yang tidak dapat dikontrol tetapi dapat diamati bersama variabel respon serta terdapat hubungan linear antara kedua variabel tersebut, maka variabel lain tersebut disebut suatu kovariat atau variabel penyerta (variabel konkomitan). Menurut Suwanda (2011) analisis kovarians melibatkan, menyesuaikan, mengamati variabel respon yang diamati terhadap pengaruh dari variabel konkomitan. Jadi analisis kovarians adalah suatu metode tentang upaya menyesuaikan terhadap pengaruh suatu variabel gangguan yang tak dapat dikendalikan.

Suatu eksperimen dapat dilakukan dengan unit eksperimen yang sama responnya diukur pada beberapa kondisi atau beberapa waktu pengamatan, desain yang digunakan untuk kasus ini adalah desain dengan pengukuran berulang. Desain pengukuran berulang bisa digunakan untuk beberapa taraf dengan variabel penyerta yang tidak dapat dikontrol (anakova). Oleh karena itu perlu sebuah rancangan yang

mengkombinasikan efek perlakuan dan efek waktu. Analisis kovarians dalam desain pengukuran berulang, digunakan jika terdapat satu faktor dengan p taraf yang didalamnya terdapat beberapa subjek, n_i dinotasikan sebagai jumlah subjek dari setiap grup dan $n = \sum_{i=1}^p n_i$, dan setiap subjek diamati selama t waktu pengamatan. Menurut Ceurvorst dan Stock (1978) model untuk analisis kovarians dalam desain pengukuran berulang adalah

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \pi_{k(i)} + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + (\gamma\pi)_{jk(i)} + \beta(x_{ijk} - \bar{x}_{...}) + \varepsilon_{ijk}, \quad \begin{cases} i = 1, \dots, p \\ j = 1, \dots, t \\ k = 1, \dots, n_i \end{cases} \quad (1)$$

dimana :

- y_{ijk} = Nilai respon untuk untuk grup ke- i , waktu pengamatan ke- j dan subjek ke- k
- μ = efek rata – rata umum
- τ_i = efek untuk grup ke- i
- $\pi_{k(i)}$ = efek untuk subjek ke- k dalam grup ke- i
- γ_j = efek untuk waktu pengamatan ke- j
- $(\tau\gamma)_{ij}$ = efek untuk interaksi grup ke- i dengan waktu pengamatan ke- j
- $(\gamma\pi)_{jk(i)}$ = efek untuk interaksi waktu pengamatan ke- j dengan subjek ke- k dalam grup ke- i
- β = koefisien regresi linier yang menunjukkan ketergantungan y_{ijk} pada x_{ijk}
- x_{ijk} = variabel penyerta untuk grup ke- i , waktu pengamatan ke- j dan subjek ke- k
- $\bar{x}_{...}$ = mean dari x_{ijk}
- ε_{ijk} = kekeliruan acak.

Dengan asumsi efek kekeliruan acak berdistribusi normal $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, koefisien regresi sama untuk setiap taraf perlakuan, terdapat hubungan linear antara x dan y , variabel konkomitan tidak dipengaruhi oleh perlakuan dan efek grup, waktu pengamatan serta interaksinya adalah tetap.

Menurut Winer (1991) pada analisis kovarians dalam desain pengukuran berulang jumlah kuadrat dapat dipartisi menjadi $JKT = JK_{\text{antar subjek}} + JK_{\text{dalam subjek}}$, untuk jumlah kuadrat total dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$JKT_{yy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2, \quad (2)$$

$$JKT_{xx} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (x_{ijk} - \bar{x}_{...})^2 \quad (3)$$

$$JKT_{xy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (x_{ijk} - \bar{x}_{...})(y_{ijk} - \bar{y}_{...}), \quad (4)$$

untuk jumlah kuadrat antar subjek dapat diuraikan menjadi jumlah kuadrat grup dan jumlah kuadrat subjek dalam grup, jumlah kuadrat grup dapat didefinisikan sebagai:

$$JKG_{yy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2, \quad (5)$$

$$JKG_{xx} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{i..} - \bar{x}_{...})^2, \quad (6)$$

$$JKG_{xy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{i..} - \bar{x}_{...})(\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}), \quad (7)$$

dan jumlah kuadrat subjek dalam grup dapat didefinisikan sebagai:

$$JKS(G)_{yy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i..})^2 \quad (8)$$

$$JKS(G)_{xx} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{i.k} - \bar{x}_{i..})^2 \quad (9)$$

$$JKS(G)_{xy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{i.k} - \bar{x}_{i..})(\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i..}) \quad (10)$$

sedangkan jumlah kuadrat dalam subjek dapat diuraikan menjadi jumlah kuadrat waktu pengamatan, interaksi antara grup dengan waktu pengamatan serta jumlah kuadrat kekeliruan, jumlah kuadrat waktu pengamatan dapat didefinisikan sebagai:

$$JKW_{yy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{...})^2, \quad (11)$$

$$JKW_{xx} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{...})^2, \quad (12)$$

$$JKW_{xy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{...})(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{...}), \quad (13)$$

jumlah kuadrat interaksi grup dengan waktu pengamatan :

$$JKGW_{yy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{...})^2, \quad (14)$$

$$JKGW_{xx} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i..} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{...})^2, \quad (15)$$

$$JKGW_{xy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i..} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{...})(\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{...}). \quad (16)$$

Persamaan regresi untuk antar subjek yaitu : $\bar{y}_{k(i)}' = \hat{\beta}_{b.s} (\bar{x}_{i.k} - \bar{x}_{i..}) + \bar{y}_{i..}$, penduga koefisien regresi untuk antara subjek ($\hat{\beta}_{b.s}$) dapat dinyatakan dengan :

$$\hat{\beta}_{b.s} = \frac{JKS(G)_{xy}}{JKS(G)_{xx}}, \quad (17)$$

dan jumlah kuadrat terkoreksi untuk subjek dalam grup :

$$JKS(G)_{yy}' = JKS(G)_{yy} - \frac{JKS(G)_{xy}^2}{JKS(G)_{xx}}. \quad (18)$$

Jumlah kuadrat kekeliruan untuk dalam subjek dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$JKE_{yy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2 - JKS(G), \quad (19)$$

$$JKE_{xx} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2 - JKS(G), \quad (20)$$

$$JKE_{xy} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^{n_i} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})(y_{ijk} - \bar{y}_{ij}) - JKS(G)_{xy}, \quad (21)$$

penduga koefisien regresi untuk dalam subjek ($\hat{\beta}_{w.s}$) dapat dinyatakan dengan :

$$\hat{\beta}_{w.s} = \frac{JKE_{xy}}{JKE_{xx}}, \tag{22}$$

dan jumlah kuadrat kekeliruan terkoreksi adalah :

$$JKE_{yy}' = JKE_{yy} - \frac{JKE_{xy}^2}{JKE_{xx}}. \tag{23}$$

Untuk mendapatkan jumlah kuadrat terkoreksi yang lainnya diperoleh dengan menambahkan kekeliruan ke bentuk jumlah kuadrat dan jumlah hasil kali, untuk jumlah kuadrat grup terkoreksi didapat :

$$JKG_{yy}' = \left((JKG_{yy} + JKS(G)_{yy}) - \frac{(JKG_{xy} + JKS(G)_{xy})^2}{JKG_{xx} + JKS(G)_{xx}} \right) - JKS(G)_{yy}' \tag{24}$$

untuk jumlah kuadrat waktu pengamatan terkoreksi didapat :

$$JKW_{yy}' = \left((JKW_{yy} + JKE_{yy}) - \frac{(JKW_{xy} + JKE_{xy})^2}{JKW_{xx} + JKE_{xx}} \right) - JKE_{yy}' \tag{25}$$

untuk jumlah kuadrat interaksi grup dengan waktu pengamatan terkoreksi di dapat :

$$JKGW_{yy}' = \left((JKGW_{yy} + JKE_{yy}') - \frac{(JKGW_{xy} + JKE_{xy})^2}{JKGW_{xx} + JKE_{xx}} \right) - JKE_{yy}' \tag{26}$$

Hasil uraian diatas dapat diringkas ke dalam tabel analisis kovarians sebagai berikut :

Tabel 1. Tabel Analisis Kovarians dalam Desain Pengukuran Berulang

Antar Subjek (*between subjek*)

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F
Grup	JKG_{yy}'	$p - 1$	$KTG' = \frac{JKG_{yy}'}{p-1}$	$F_G = \frac{KTG'}{KTS(G)'}$
Subjek (Grup)	$JKS(G)_{yy}'$	$n - p - 1$	$KTS(G)' = \frac{JKS(G)_{yy}'}{n-p-1}$	

Dalam Subjek (*within subjek*)

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F
Waktu Pengamatan	JKW_{yy}'	$t - 1$	$KTW' = \frac{JKW_{yy}'}{t-1}$	$F_w = \frac{KTW'}{KTE'}$
Interaksi Grup dengan Waktu Pengamatan	$JKGW_{yy}'$	$(p - 1)(t - 1)$	$KTGW' = \frac{JKGW_{yy}'}{(p-1)(t-1)}$	$F_{GW} = \frac{KTGW'}{KTE'}$
Kekeliruan	JKE_{yy}'	$(t-1)(n-p)-1$	$KTE' = \frac{JKE_{yy}'}{(t-1)(n-p)-1}$	

Statistik uji F dapat digunakan untuk menguji perbedaan dari efek grup, waktu pengamatan dan interaksi antara grup dengan waktu pengamatan dengan rumusan hipotesisnya adalah

$$H_0 : \lambda_h = 0 ; \text{ untuk setiap } \lambda_h$$

$$H_1 : \lambda_h \neq 0 ; \text{ paling sedikit untuk satu } \lambda_h , \quad (27)$$

dimana λ_h adalah efek untuk grup (τ_i), efek untuk waktu pengamatan (γ_j) dan efek untuk interaksi grup dengan waktu pengamatan ($(\tau\gamma)_{ij}$). Dengan taraf nyata α , tolak H_0 jika $F > F_{tabel}$.

C. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan untuk mengaplikasikan desain ini adalah data sekunder, yaitu data pengamatan pupuk peko pada aplikasi pupuk bio organo mineral yang didapat dari penelitian di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA). Berikut adalah hasil analisis datanya :

Tabel 2. Tabel Analisis Kovarians dalam Desain Pengukuran Berulang untuk data Pengamatan Pupuk Peko pada Aplikasi Pupuk Bio Organo Mineral

Antara Subjek				
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F
Grup	129,4584645	5	25,8916929	2,37886
Subjek (Grup)	185,0293321	17	10,88407836	
Dalam Subjek				
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F
Waktu Pengamatan	2147,040486	12	178,9200405	19,9117
Interaksi Grup dengan Waktu Pengamatan	435,7284425	60	7,262140709	0,80819
Kekeliruan	1931,924597	215	8,985695802	

Berdasarkan **Tabel 2.** dapat dilakukan pengujian hipotesis sebagai berikut :

1. Efek Perlakuan

Dengan $\alpha = 5\%$ maka H_0 diterima, karena $F_G < F_{tabel}$ yaitu $2,37886 < 2,81$. Artinya, secara rata-rata perbedaan pupuk tidak memberikan efek yang berbeda terhadap produksi teh.

2. Efek Waktu Pengamatan

Dengan $\alpha = 5\%$ maka H_0 ditolak, karena $F_W > F_{tabel}$ yaitu $19,9117 > 1,79742$. Artinya, secara rata-rata perbedaan waktu pemetikan memberikan efek yang berbeda terhadap produksi teh.

3. Efek Interaksi Perlakuan dengan Waktu Pengamatan

Dengan $\alpha = 5\%$ maka H_0 ditolak, karena $F_{GW} < F_{tabel}$ yaitu $0,80819 < 1,79742$.

Artinya, secara rata-rata tidak ada interaksi antara pupuk dengan waktu pemetikan.

Uji asumsi untuk analisis kovarians dalam desain pengukuran berulang :

1. Untuk menguji hipotesis nol bahwa koefisien regresi homogen untuk setiap perlakuan digunakan statistik uji

$$F = \frac{S_2 / (pt - 1)}{S_1 / t(n - 2p)}$$

Dengan $\alpha = 5\%$ maka H_0 diterima, karena $F < F_{tabel}$ yaitu $15,818 < 1,37055$.

Artinya, koefisien regresi homogen untuk setiap perlakuan.

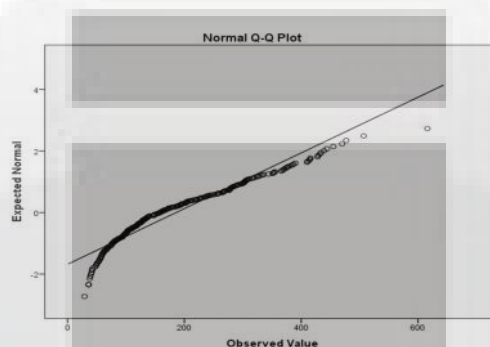
2. Untuk menguji hipotesis nol bahwa variabel penyerta tidak dipengaruhi oleh perlakuan digunakan statistik uji

$$F = \frac{JKG_{xx} / (p - 1)}{JKE_{xx} / (p(t - 1))}$$

Dengan $\alpha = 5\%$ maka H_0 diterima, karena $F < F_{tabel}$ yaitu $1,19041 < 2,34183$.

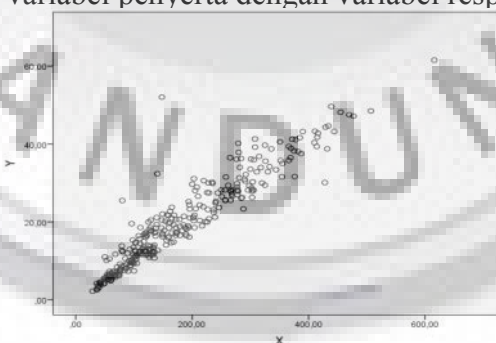
Artinya, variabel penyerta tidak dipengaruhi oleh perlakuan.

3. Kekeliruan berdistribusi normal



Gambar 1. Q-Q Plot Normal

4. Hubungan antara variabel penyerta dengan variabel respon bersifat linier



Gambar 2. Plot antara Y (variabel respon) dengan X (variabel penyerta)

Dari plot diatas dapat dilihat bahwa ada hubungan linier antara variabel penyerta dengan variabel respon.

5. Untuk hipotesis nol bahwa variabel penyerta tidak mempengaruhi variabel respon statistik uji yang digunakan adalah

$$F = \frac{JKE_{xy}^2 / JKE_{xx}}{JKE' / (t(n - p) - 1)}$$

dengan $\alpha = 5\%$ maka H_0 diterima, karena $F > F_{tabel}$ yaitu $1051,45 > 3,88168$. Artinya, variabel penyerta mempengaruhi variabel respon.

D. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang di sudah diperoleh, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis kovarians dalam desain pengukuran membagi jumlah kuarat total menjadi jumlah kuadrat antar subjek dan dalam subjek. Untuk jumlah kuadrat antar subjek diuraikan menjadi jumlah kuadrat grup dan jumlah kuadrat subjek dalam grup. Untuk jumlah kuadrat dalam subjek diuraikan menjadi jumlah kuadrat waktu pengamatan, jumlah kuadrat interaksi waktu dengan grup dan jumlah kuadrat kekeliruan.
2. Dari data produksi teh dengan pucuk peko sebagai variabel penyerta didapat bahwa secara rata-rata waktu pemetikan memberikan efek yang berbeda sedangkan pupuk tidak memeberikan efek yang berbeda, serta tidak terdapat interaksi antara pupuk dengan waktu pengamatan.

Saran

Dalam penulisan jurnal ini, penulis hanya melakukan pengujian analisis kovarians dengan satu variabel penyerta dalam desain pengukuran berulang. Pembaca yang tertarik untuk melanjutkan permasalahan selanjutnya, penulis menyarankan untuk melakukan analisis kovarians dengan lebih dari satu variabel penyerta dalam desain pengukuran berulang.

Daftar Pustaka

- Ceurvorst, R.W. dan Stock, W.A. (1978). *Comments On The Analysis Of Covariance With Repeated Measures Designs*. Multivariate Behavioral Research, 509-512.
- Davis, C.S. (2002). *“Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements”*. Springer, California.
- Montgomery, D.C. (2001). *“Design and Analysis of Experiments”*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Suwanda. (2011). *“Desain Eksperimen untuk Penelitian Ilmiah”*. Alfabeta, Bandung.
- Winer, B.J. (1991). *“Statistical Principles in Experimental Design”*. McGraw-Hill, Inc. Printed in the United States of America, New York.