

ANALISIS VARIAN DUA FAKTOR DALAM RANCANGAN PENGAMATAN BERULANG (*REPEATED MEASURES*)

Alif Hartati¹, Triastuti Wuryandari^{2*}, Yuciana Wilandari³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRACT

The experimental design is a series of tests, both using descriptive statistics and inferential statistics that aims to transform the input variables into an output which is the response of the experiment. In one study, the response sometimes observed in every experiment performed more than once at different times during the study called with Repeated Measures. Observation time as if viewed as an additional factor, resulting in a repeated measures seen as a two-factor design with split-plot patterns. Factors that attempted allocated as main plots and allocated observation time as a subplot. Step-by-step analysis to test the normality of the error, test the homogeneity of variance, determine the degrees of freedom, sum of squares and mean squares of each factor. The next hypothesis to test for factor a, factor b and interaction affect both whether the observed response. If any effect, it is necessary to further test the Duncan test. The data used are secondary data on the effect of temperature, time of observation and interaction both the amylase enzyme produced by the bacterium bacillus subtilis. Results obtained by the analysis of temperature, time of observation and interaction both significantly influence the observed response.

Keywords : Experimental Design, Split-plot, Repeated Measures

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode ilmiah adalah penerapan logika dan obyektivitas dalam mempelajari atau usaha untuk mengerti tentang fenomena. Bagian terpenting dalam metode ilmiah adalah penyajian sesuatu yang telah diketahui atau diduga dan dirumuskan dalam bentuk hipotesis–hipotesis melalui percobaan atau pengamatan. Untuk mempelajari atau memahami fenomena diperlukan adanya penelitian ilmiah. Pelaksanaan penelitian itu sendiri dapat melalui survei, percobaan atau bahkan hanya pengamatan sesuai dengan disiplin ilmu yang diteliti. Oleh sebab itu diperlukan perencanaan atau perancangan yang betul–betul memadai sehingga kesimpulan yang dihasilkan dapat mewakili populasi yang diteliti.

Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), perancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistika deskriptif maupun statistika inferensia, yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut. Tujuan akhir dari percobaan tersebut adalah untuk mengetahui apakah perlakuan dari percobaan itu signifikan atau tidak signifikan terhadap respon.

Dalam suatu penelitian, kadang–kadang respon yang diamati dalam setiap satuan percobaan dilakukan lebih dari satu kali pada waktu yang berbeda selama penelitian. Hal semacam ini biasa disebut dengan pengamatan berulang atau *Repeated Measures*. Waktu pengamatan seolah-olah dipandang sebagai faktor tambahan, sehingga dalam *Repeated Measures* dipandang sebagai rancangan dua faktor dengan pola split-plot. Faktor yang dicobakan dialokasikan sebagai petak utama dan waktu pengamatan dialokasikan sebagai anak petak (Gomez & Gomez, 1995). Tujuan dari pengamatan berulang adalah untuk mengetahui kecepatan perubahan respon dari suatu periode waktu ke periode waktu lainnya. Selain itu ingin diketahui apakah ada pengaruh interaksi antara

perlakuan dan periode waktu pengamatan. Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), percobaan yang melibatkan pengamatan berulang memerlukan penanganan model analisis yang lain dari model rancangan dasar agar informasi yang diperoleh lebih luas. Percobaan seperti ini sering diberi nama sesuai dengan rancangan dasar yang dipakai ditambah “dalam waktu” (*in time*). Karena rancangan percobaan dengan metode pengamatan berulang sangat banyak dijumpai didalam kehidupan sehari-hari, maka penulis ingin mengkaji lebih dalam tentang pengaruh perlakuan, waktu pengamatan dan interaksi antara keduanya terhadap respon yang diamati.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh perlakuan terhadap respon yang diamati.
2. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh waktu pengamatan terhadap respon yang diamati.
3. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh interaksi perlakuan dan waktu pengamatan terhadap respon yang diamati.
4. Untuk mengetahui bagaimana aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perancangan Percobaan

Perancangan percobaan merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas (Sudjana, 1991). Menurut Suwanda (2011), tujuan yang ingin dicapai dalam perancangan percobaan adalah untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penyelidikan persoalan yang akan dibahas. Dalam perancangan percobaan ada beberapa istilah yang dipergunakan dan sebaiknya dipahami terlebih dahulu sebelum membicarakan perancangan percobaan secara lebih rinci. Istilah-istilah tersebut yaitu perlakuan, satuan percobaan, satuan amatan dan galat percobaan. Asas-asas atau prinsip dasar dari perancangan percobaan adalah pengulangan (*replication*), pengacakan (*randomization*) dan pengendalian lingkungan (*local control*). Prinsip ini diperlukan untuk pendugaan yang valid dari galat percobaan dan usaha meminimumkan galat percobaan guna meningkatkan ketelitian percobaan. Menurut Montgomery (2009), hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih rancangan untuk suatu percobaan adalah :

1. Perlakuan yang akan dicobakan
2. Unit percobaan yang digunakan
3. Pengukuran dari respon yang diamati

2.2 Analisis Varian (Anova)

Analisis varian merupakan proses aritmatika untuk membagi jumlah kuadrat total menjadi beberapa komponen yang berhubungan dengan sumber keragaman yang diketahui. Menurut Neter, *et al.* (1996), model analisis varian digunakan untuk menganalisis pengaruh peubah bebas terhadap peubah tak bebas. Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), asumsi – asumsi yang digunakan dalam anova adalah :

1. Galat percobaan menyebar secara normal
2. Galat percobaan memiliki keragaman yang sama
3. Galat percobaan adalah bebas
4. Pengaruh aditif

2.3 Repeated Measures

2.3.1 Pengertian

Dalam suatu penelitian, kadang–kadang respon yang diamati dalam setiap satuan percobaan dilakukan lebih dari satu kali pada waktu yang berbeda selama penelitian. Hal semacam ini biasa disebut dengan pengamatan berulang atau *Repeated Measures*. Waktu pengamatan seolah olah dipandang sebagai faktor tambahan, sehingga dalam *Repeated Measures* dipandang sebagai rancangan dua faktor dengan pola split-plot. Faktor yang dicobakan dialokasikan sebagai petak utama dan waktu pengamatan dialokasikan sebagai anak petak (Gomez & Gomez, 1995).

Menurut Neter, *et al.* (1996), pengukuran berulang merupakan suatu cara pengukuran dimana setiap karakteristik atau peubah diukur secara berulang pada waktu berbeda pada subjek (tanaman, data penjualan, orang dan lain lain) yang sama. Tujuan dari pengamatan berulang adalah untuk mengetahui kecepatan perubahan respon dari suatu periode waktu ke periode waktu lainnya. Selain itu ingin diketahui apakah ada pengaruh interaksi antara perlakuan dan periode waktu pengamatan. Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), percobaan yang melibatkan pengamatan berulang memerlukan penanganan model analisis yang lain dari model rancangan dasar agar informasi yang diperoleh lebih luas. Percobaan seperti ini sering diberi nama sesuai dengan rancangan dasar yang dipakai ditambah “dalam waktu” (*in time*).

2.3.2 Asumsi

Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), jika digunakan model tetap maka asumsi dalam rancangan pengamatan berulang adalah :

1. $\sum_{j=1}^a \alpha_j = 0 ; \sum_{k=1}^b \beta_k = 0$
2. $\sum_{j=1}^a (\alpha\beta)_{jk} = \sum_{k=1}^b (\alpha\beta)_{jk} = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b (\alpha\beta)_{jk} = 0$
3. $\rho_{i(j)} \sim N(0, \sigma^2_{\rho})$
4. $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

2.3.3 Uji Asumsi

1) Uji Normalitas

Menurut Daniel (1989), pemeriksaan asumsi kenormalan dilakukan dengan membuat plot antara galat dengan nilai probabilitas normal. Asumsi ini dapat diperiksa dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

Hipotesis :

$H_0 : F_N(x) = F_0(x)$ (galat berdistribusi normal)

$H_1 : F_N(x) \neq F_0(x)$ (galat tidak berdistribusi normal)

dengan

$F_N(x)$ adalah fungsi distribusi empirik (berdasarkan sampel)

$F_0(x)$ adalah fungsi distribusi teoritik (sesuai yang dihipotesiskan)

Statistik Uji :

$$D = \sup_x |F_N(x) - F_0(x)|$$

Kriteria Uji :

Tolak H_0 jika $D > D_{\alpha;N}$, dengan $D_{\alpha;N}$ adalah nilai kritis dari tabel Kolmogorov-Smirnov dengan jumlah pengamatan N dan diuji pada taraf nyata α .

2) Uji Homogenitas Varian

Menurut Brown (1974), pemeriksaan asumsi homogenitas varian dilakukan menggunakan uji Levene. Uji Levene merupakan metode pengujian homogenitas varians yang hampir sama dengan uji Bartlett. Perbedaan uji Levene dengan uji Bartlett yaitu bahwa data yang diuji dengan uji Levene tidak harus berdistribusi normal, namun harus kontinu.

Hipotesis :

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ (varian homogen)

H_1 : paling sedikit ada satu $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ (varian tidak homogen)

Statistik uji :

$$W = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}$$

dengan

N = jumlah pengamatan

k = banyaknya kelompok

$Z_{ij} = |Y_{ij} - \bar{Y}_i|$

\bar{Y}_i = rata-rata dari kelompok ke- i

\bar{Z}_i = rata-rata kelompok dari Z_i

$\bar{Z}_{..}$ = rata-rata menyeluruh dari Z_{ij}

Kriteria Uji :

Tolak H_0 jika $W > F_{(\alpha, k-1, N-k)}$

2.3.4 Model Linier

Menurut Neter, *et al.* (1996), model dibentuk dari pengaruh acak ulangan dan pengaruh tetap untuk faktor A dan faktor B. α_j dan β_k masing-masing menunjukkan pengaruh utama faktor A dan faktor B dan ρ menunjukkan pengaruh utama ulangan. Perlu dikenali bahwa pengaruh ulangan dalam rancangan ini bersarang dalam faktor A. Untuk itu, efek ini akan ditunjukkan dengan $\rho_{i(j)}$. Diasumsikan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan dan ulangan. Jadi, model yang bisa menggabungkan spesifikasi diatas sebagai berikut :

Model linier : $y_{ijk} = \mu + \rho_{i(j)} + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{(ijk)}$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, a$; $k = 1, 2, \dots, b$

dengan :

y_{ijk} = nilai pengamatan pada ulangan ke- i , perlakuan ke- j , dan waktu pengamatan ke- k

μ = rata-rata umum

$\rho_{i(j)}$ = pengaruh acak dari ulangan ke- i pada perlakuan ke- j yang menyebar normal $(0, \sigma^2_\rho)$

α_j = pengaruh perlakuan ke- j

β_k = pengaruh waktu ke- k

$(\alpha\beta)_{jk}$ = pengaruh interaksi perlakuan ke- j dan waktu ke- k

$\varepsilon_{(ijk)}$ = pengaruh acak dari interaksi waktu dengan perlakuan yang menyebar normal $(0, \sigma^2)$

2.3.5 Layout Data Pengamatan

Tabel 2.1 Layout Data Pengamatan

Faktor A	Ulangan	Faktor B (Waktu)			
		B ₁	B ₂	....	B _b
A ₁	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	....	y _{11b}
	2	y ₂₁₁	y ₂₁₂	....	y _{21b}

	n	y _{n11}	y _{n12}	....	y _{n1b}
....
A _a	1	y _{1a1}	y _{1a2}	....	y _{1ab}
	2	y _{2a1}	y _{2a2}	....	y _{2ab}

	n	y _{na1}	y _{na2}	....	y _{nab}

Perhitungan-perhitungan sederhana untuk menyusun tabel anova :

$$\begin{aligned}
 \text{Derajat bebas total} &= abn-1 \\
 \text{Derajat bebas faktor A} &= a-1 \\
 \text{Derajat bebas galat a} &= a(n-1) \\
 \text{Derajat bebas faktor B} &= b-1 \\
 \text{Derajat bebas interaksi A*B} &= (a-1)(b-1) \\
 \text{Derajat bebas galat b} &= a(n-1)(b-1)
 \end{aligned}$$

$$FK = \frac{y \dots^2}{abn}$$

$$JKT = \sum_i^n \sum_j^a \sum_k^b y_{ijk}^2 - FK$$

$$JKA = \sum_j^a \frac{y_{.j.}^2}{bn} - FK$$

$$JKPU = \sum_i^n \sum_j^b \frac{y_{ij.}^2}{b} - FK$$

$$JKGa = JKPU - JKA$$

$$JKB = \sum_k^b \frac{y_{.k.}^2}{an} - FK$$

$$JKAB = \sum_j^a \sum_k^b \frac{y_{.jk}^2}{n} - FK - JKA - JKB$$

$$JKGb = JKT - JKA - JKGa - JKB - JKAB$$

$$KTA = \frac{JKA}{(a-1)} \quad ; \quad KTGa = \frac{JKGa}{a(n-1)}$$

$$KTB = \frac{JKB}{(b-1)} \quad ; \quad KTAB = \frac{JK(AB)}{(a-1)(b-1)}$$

$$KTGb = \frac{JKGb}{a(b-1)(n-1)}$$

$$F_{hA} = \frac{KTA}{KTGa} \quad ; \quad F_{hB} = \frac{KTB}{KTGb} \quad ; \quad F_{hAB} = \frac{KT(AB)}{KTGb}$$

2.3.6 Uji Pengaruh

Uji pengaruh diperoleh dengan membandingkan nilai F-hitung dan F-tabel, jika F-hitung > F-tabel maka harus menolak H_0 . Jadi dapat disimpulkan bahwa faktor berpengaruh terhadap respon.

2.3.7 Uji Lanjut

Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), jika dalam kesimpulan uji pengaruh yang diambil H_0 ditolak atau H_1 diterima, maka selanjutnya dilakukan uji perbandingan berganda (uji lanjut) untuk menentukan perlakuan mana yang menyebabkan H_0 ditolak. Salah satu uji lanjut yang sering digunakan yaitu *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) atau uji perbandingan berganda Duncan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari Iwan Indriyanto (1995), yang berjudul “Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Produksi Enzim α -amilase oleh *Bacillus subtilis* dalam Media Bekatul”. Faktor A adalah suhu yang mempunyai 3 taraf faktor dan masing-masing diulang sebanyak 3 kali. Faktor B adalah waktu pengamatan yang mempunyai 3 taraf faktor serta unit percobaan dikondisikan homogen.

3.2 Metode Analisis

Langkah-langkah dalam menganalisis rancangan pengamatan berulang ini adalah :

1. Menguji kenormalan galat dengan Uji Kolmogorov Smirnov, jika galat tidak normal maka bisa dilakukan transformasi pada data.
2. Menguji kehomogenan varian dengan Uji Levene.
3. Menguji hipotesis untuk masing-masing faktor A, faktor B atau waktu pengamatan serta interaksi keduanya apakah mempunyai pengaruh terhadap respon yang diamati.
4. Jika pada uji hipotesis kesimpulan yang diambil adalah menolak H_0 atau menerima H_1 , maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perlakuan mana yang menyebabkan H_0 ditolak.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Asumsi

A. Uji Normalitas Galat

Hipotesis :

H_0 : galat berdistribusi normal

H_1 : galat tidak berdistribusi normal

Taraf Signifikansi :

$\alpha = 0.05$

Statistik Uji :

P-value = > 0.150

Daerah Kritis :

Tolak H_0 jika P-value < α

Keputusan dan Kesimpulan :

Karena P-value (0.150) > α (0.05), maka H_0 diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa galat berasal dari distribusi normal.

B. Uji Homogenitas Varian

Hipotesis :

H_0 : variansi homogen

H_1 : variansi tidak homogen

Taraf Signifikansi :

$\alpha = 0.05$

Statistik Uji :

P-value = 0.823

Daerah Kritis :

Tolak H_0 jika P-value $< \alpha$

Keputusan dan Kesimpulan :

Karena P-value (0.823) $> \alpha$ (0.05), maka H_0 diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa variansi homogen.

4.2 Perhitungan-Perhitungan

4.2.1 Derajat Bebas

Derajat bebas total	= $abn - 1 = 3.3.3 - 1 = 26$
Derajat bebas faktor A (suhu)	= $a - 1 = 3 - 1 = 2$
Derajat bebas galat a	= $a(n - 1) = 3(3 - 1) = 6$
Derajat bebas faktor B (waktu)	= $b - 1 = 3 - 1 = 2$
Derajat bebas interaksi A * B	= $(a - 1)(b - 1) = 2.2 = 4$
Derajat bebas galat b	= $a(b - 1)(n - 1) = 3.2.2 = 12$

4.2.2 Jumlah Kuadrat

$$JKT = \sum_i^n \sum_j^a \sum_k^b y_{ijk}^2 - FK = 4930.199$$

$$JKA = \sum_j^a \frac{y_{.j.}^2}{bn} - FK = 1267.79$$

$$JKPU = \sum_i^n \sum_j^b \frac{y_{ij.}^2}{b} - FK = 1580.012$$

$$JKGa = JKPU - JKA = 312.2222$$

$$JKB = \sum_k^b \frac{y_{.k}^2}{an} - FK = 2101.203$$

$$JKAB = \sum_j^a \sum_k^b \frac{y_{.jk}^2}{n} - FK - JKA - JKB = 830.4593$$

$$JKGb = JKT - JKA - JKGa - JKB - JKAB = 418.5244$$

4.2.3 Kuadrat Tengah

KTA	= 633.8948
KTGa	= 52.03704
KTB	= 1050.6015
KTAB	= 207.6148
KTGb	= 34.87704

4.2.4 F-Hitung

$$F_{hA} = \frac{KTA}{KTGa} = \frac{633.8948}{52.03704} = 12.18161$$
$$F_{hB} = \frac{KTB}{KTGb} = \frac{1050.601}{34.87704} = 30.12301$$
$$F_{hAB} = \frac{KTAB}{KTGb} = \frac{207.6148}{34.87704} = 5.952765$$

4.2.5 F-Tabel

$$\text{Faktor A} = F_{(a-1); a(n-1)(\alpha)} = F_{2:6:0.05} = 5.14$$

$$\text{Faktor B} = F_{(b-1); a(b-1)(n-1)(\alpha)} = F_{2:12:0.05} = 3.89$$

$$\text{Faktor A * B} = F_{(a-1)(b-1); a(b-1)(n-1)(\alpha)} = F_{4:12:0.05} = 3.26$$

4.3 Uji Pengaruh

a) Pengaruh suhu

Hipotesis :

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$ (tidak ada pengaruh suhu terhadap produksi enzim amilase)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \alpha_j \neq 0$ (ada pengaruh suhu terhadap produksi enzim amilase),
 $j = 1, 2, 3$

Taraf Signifikansi : $\alpha = 0.05$

Statistik Uji :

P-value = 0.008

Kriteria Uji :

Tolak H_0 jika P-value $< \alpha$

Keputusan dan Kesimpulan :

Karena P-value (0.008) $< \alpha$ (0.05), maka H_0 ditolak. Jadi bisa disimpulkan bahwa suhu mempunyai pengaruh terhadap produksi enzim amilase.

b) Pengaruh waktu pengamatan

Hipotesis :

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (tidak ada pengaruh waktu pengamatan terhadap produksi enzim amilase)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0$ (ada pengaruh waktu pengamatan terhadap produksi enzim amilase), $k = 1, 2, 3$

Taraf Signifikansi : $\alpha = 0.05$

Statistik Uji :

P-value = 0.000

Kriteria Uji :

Tolak H_0 jika P-value $< \alpha$

Keputusan dan Kesimpulan :

Karena P-value (0.000) $< \alpha$ (0.05), maka H_0 ditolak. Jadi bisa disimpulkan bahwa waktu pengamatan mempunyai pengaruh terhadap produksi enzim amilase.

c) Pengaruh interaksi suhu dan waktu pengamatan

Hipotesis :

$H_0 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{33} = 0$ (tidak ada pengaruh interaksi suhu dan waktu pengamatan terhadap produksi enzim amilase)

$H_1 : \text{minimal ada satu } (\alpha\beta)_{jk} \neq 0$ (ada pengaruh interaksi suhu dan waktu pengamatan terhadap produksi enzim amilase), $j = 1,2,3 ; k = 1,2,3$

Taraf Signifikansi : $\alpha = 0.05$

Statistik Uji :

P-value = 0.007

Kriteria Uji :

Tolak H_0 jika P-value $< \alpha$

Keputusan dan Kesimpulan :

Karena P-value (0.007) $< \alpha$ (0.05), maka H_0 ditolak. Jadi bisa disimpulkan bahwa interaksi suhu dan waktu pengamatan mempunyai pengaruh terhadap produksi enzim amilase.

Diperoleh nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9151$ dan nilai koefisien keragaman $KK = 10.18$.

4.4 Uji Lanjut

Berdasarkan uji perbandingan berganda Duncan, dapat dilihat untuk faktor suhu ternyata suhu 3 memberikan rata-rata hasil produksi tertinggi (63.200). Namun secara statistik tidak berbeda dengan suhu 1 (62.467) dan berbeda dengan suhu 2 (48.311). Untuk faktor waktu pengamatan, ternyata waktu pengamatan 1 memberikan rata-rata hasil produksi tertinggi (69.800) dan berbeda dengan waktu pengamatan yang lainnya. Sedangkan untuk faktor interaksi suhu dan waktu pengamatan, ternyata interaksi suhu 2 dan waktu pengamatan 1 memberikan rata-rata hasil produksi tertinggi (81.2). Namun secara statistik tidak berbeda dengan interaksi suhu 1 dan waktu pengamatan 1 serta berbeda dengan interaksi suhu dan waktu pengamatan yang lain.

Interaksi :	S_3W_2	S_2W_3	S_3W_3	S_1W_3	S_3W_1	S_1W_2	S_2W_2	S_1W_1	S_2W_1
\bar{y} :	43.13	45.2	48.8	51.8	53.0	60.4	63.2	75.2	81.2
	_____					_____			_____

_____ = garis bawah berarti tidak berbeda

5. KESIMPULAN

1. Asumsi normalitas terpenuhi, yang berarti galat berdistribusi normal.
2. Asumsi homogenitas varian terpenuhi, yang berarti bahwa variansi homogen.
3. Berdasarkan uji pengaruh, dapat dilihat bahwa suhu, waktu pengamatan dan interaksi keduanya berpengaruh terhadap hasil produksi enzim amilase.
4. Nilai koefisien determinasi = 0.9151 yang berarti suhu, waktu pengamatan dan interaksi keduanya berpengaruh terhadap respon sebesar 91.51%. Sedangkan nilai koefisien keragaman diperoleh sebesar 10.18%, ini menunjukkan bahwa keterandalan atau ketepatan dari percobaan yang digunakan sudah baik karena nilai KK nya kurang dari 20%.
5. Berdasarkan uji perbandingan berganda Duncan, dapat dilihat untuk faktor suhu ternyata suhu 39°C memberikan rata-rata hasil produksi tertinggi (63.200). Namun secara statistik tidak berbeda dengan suhu 29°C (62.467) dan berbeda dengan suhu 34°C (48.311). Untuk faktor waktu pengamatan, ternyata waktu pengamatan 24 jam memberikan rata-rata hasil produksi tertinggi (69.800) dan berbeda dengan waktu pengamatan yang lainnya.

Sedangkan untuk faktor interaksi suhu dan waktu pengamatan, ternyata interaksi suhu 34°C dan waktu pengamatan 24 jam memberikan rata-rata hasil produksi tertinggi (81.2). Namun secara statistik tidak berbeda dengan interaksi suhu 29°C dan waktu pengamatan 24 jam serta berbeda dengan interaksi suhu dan waktu pengamatan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, M.B. and A.B. Forsythe. 1974. Robust Test for The Equality of Variances. *Journal of The American Statistical Association* 69, 364 - 367.
- Daniel, W.W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Alih bahasa : Alex Tri K.W. Jakarta. PT Gramedia.
- Gasperzs, V. 1991. *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan 1*. Bandung. Tarsito.
- Gomez, K.A, dan A.A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Edisi Ke-2*. Alih bahasa : Endang Sjamsudin dan Justika S. Baharsjah. Jakarta. Universitas Indonesia (UI-Press).
- Gujarati, D. 1978. *Ekonometrika Dasar*. Alih bahasa : Sumarno Zain. Jakarta. Erlangga.
- Indriyanto, I. 1995. Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Produksi Enzim α -amilase oleh *Bacillus subtilis* dalam Media Bekatul. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Biologi Universitas Diponegoro Semarang.
- Mattjik, A.A, dan I.M. Sumertajaya. 2000. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I. Edisi Kedua*. Bogor. IPB-Press.
- Montgomery, D.C. 1983. *Design and Analysis of Experiments. Second Edition*. New York. John Wiley & Sons Inc.
- Montgomery, D.C. 2009. *Design and Analysis of Experiments. Seventh Edition*. New York. John Wiley & Sons Inc.
- Neter, J., et al. (1996). *Applied Linear Statistical Models. Fourth Edition*. Boston. McGraw-Hill.
- Sudjana. 1991. *Desain dan Analisis Eksperimen. Edisi Ke-3*. Bandung. Tarsito.
- Suwanda. 2011. *Desain Eksperimen untuk Penelitian Ilmiah*. Bandung. Alfabeta.