KAJIAN RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPEL PADA BEBERAPA PERCOBAAN

SKRIPSI

oleh :
TAUFANI TIMUR PRAYOGO
135090500111026

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

KAJIAN RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPEL PADA BEBERAPA PERCOBAAN

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

oleh :
TAUFANI TIMUR PRAYOGO
135090500111026

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KAJIAN RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPEL PADA BEBERAPA PERCOBAAN

oleh :
TAUFANI TIMUR PRAYOGO
135090500111026

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 24 Juli 2018
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Waego Hadi Nugroho
NIP. 195212071979031003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika
Fakultas MIPA
Universitas Brawijaya

Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIP. 197603281999032001

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA	**: TAUFANI TIMUR PRAYOGO**
NIM	**: 135090500111026**
JURUSAN	**: STATISTIKA**
SKRIPSI BERJUDUL :	

KAJIAN RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPEL PADA BEBERAPA PERCOBAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. **Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.**
2. **Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung risiko.**

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang, 24 Juli 2018
yang menyatakan,

Taufani Timur Prayogo
NIM. 135090500111026

KAJIAN RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPEL PADA BEBERAPA PERCOBAAN

ABSTRAK

Analisis ragam pada Rancangan Acak Kelompok (RAK) hanya dapat mendefinisikan satu jenis galat, yaitu galat percobaan. Hal ini disebabkan karena hanya terdapat satu nilai pada setiap kombinasi perlakuan dan kelompok, padahal ada beberapa penelitian yang sebenarnya telah melakukan ulangan namun hanya rata-rata saja yang digunakan. RAK dengan adanya ulangan pada setiap kombinasi perlakuan dan kelompok disebut dengan RAK subsampel, analisis ragam pada RAK subsampel dapat mendefinisikan galat lain yang disebut galat sampel. Secara bersama-sama galat percobaan dan galat sampel dapat digabungkan, kemudian galat gabungan tersebut dapat digunakan sebagai pembanding untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan kelompok. Hal ini disebut dengan *Preliminary Test of Significance*. Penggabungan nilai galat yang tepat dapat memperbesar nilai galat gabungan, sehingga dapat meminimalkan kesalahan jenis I. Galat sampel dapat digunakan pula untuk pengujian asumsi aditifitas, sehingga lebih menghemat waktu saat melakukan analisis data.

Kata kunci : RAK subsampel, Galat percobaan, Galat sampel, *Preliminary Test of Significance*, Interaksi perlakuan kelompok.

THE STUDY OF RANDOMIZED BLOCK DESIGN WITH SUBSAMPLE IN SEVERAL EXPERIMENTS

ABSTRACT

The analysis of variance in Randomized Block Design (RBD) can only define one type of error, that is a experimental error. This is because there is only one value in each combination of treatments and blocks, whereas there are some studies that actually have repeated but only the average is used. RBD in the presence of replicates in each combination of treatments and blocks is called RBD subsample, the analysis of variance in RBD subsample can define another error called sample error. Together experimental errors and sample errors can be combined, then the combined error can be used as a comparison to determine the effect of treatment and block. This is called the Preliminary Test of Significance. Incorrect merger error values can increase the value of compound errors, so as minimize type 1 errors. The sample error can also be used to test additive assumptions, thereby saving more time when performing data analysis.

Keyword : RBD subsample, Experimental error, Sample error, Preliminary Test of Significance, Treatment and block interaction.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul "**Kajian Rancangan Acak Kelompok Sub-sampel pada Beberapa Percobaan**" ini dapat terselesaikan.

Kelancaran dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai bantuan, dukungan dan doa berbagai pihak. Oleh karena itu, saya menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Waego Hadi Nugroho selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi.
2. Prof. Dr. Ir. Ni Wayan Surya Wardani, M.S. dan Dr. Ir. Maria Bernadetha Theresia Mitakda selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi.
3. Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
4. Drs. Marjani, M.P. selaku peneliti di BALITTAS dan Ruli Rohmatul Hidayah yang bersedia saya gunakan data penelitiannya untuk skripsi saya.
5. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
6. Teman-teman Statistika 2013 Universitas Brawijaya yang memberi pengalaman selama masa perkuliahan.
7. Semua orang-orang permanen yang ada disekitar saya (keluarga) yang selalu memberi motivasi.

Penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, saya mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan penyempurnaan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian pada lahan tidak dapat dipastikan sepenuhnya homogen. Untuk mengatasi hal ini, peneliti bisa menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan pengacakan dilakukan secara tegak lurus terhadap arah perbedaan media tanam yang digunakan. Perhitungan analisis ragam pada RAK, seperti yang dilakukan oleh Hidayah (2017), hanya menggunakan satu nilai pengamatan pada setiap perlakuan dan kelompok. Nilai pengamatan ini didapat dari merata-ratakan lebih dari satu nilai pengamatan pada setiap perlakuan dan kelompok.

Menurut Neiswanger (1966), rata-rata adalah satu nilai representatif yang digunakan untuk menggantikan seluruh nilai pada suatu data. Seringkali peneliti yang menggunakan RAK tidak menyadari besar atau kecilnya ragam pada sampel yang digunakan. Apabila ragam sampel bernilai besar dan hal ini tidak disertakan pada perhitungan analisis ragam maka dikhawatirkan terdapat bias pada hasil analisis ragam. Nilai dari ragam sampel dapat didefinisikan apabila nilai tiap subsampel diikutsertakan pada perhitungan analisis ragam. Rancangan dengan adanya ulangan pada tiap unit sampel adalah RAK subsampel.

Apabila pada RAK terdapat satu unit pada setiap kombinasi perlakuan dan kelompok, pada RAK subsampel dalam satu unit tersebut terdapat beberapa ulangan. Analisis ragam dengan menyertakan nilai subsampel ini dapat mendefinisikan dua ragam galat, yaitu galat percobaan dan galat sampel. Seperti yang dilakukan oleh Hidayah (2017), penelitian dilakukan dengan RAK subsampel namun pada perhitungan analisis ragam tidak menyertakan nilai subsampel, sehingga hanya satu nilai ragam galat yang dapat didefinisikan.

Menurut Gomez dan Gomez (1984), galat sampel adalah nilai dari ragam sampel. Besar atau kecilnya nilai galat sampel dapat digunakan untuk mengetahui besar atau kecilnya ragam pada sampel yang digunakan. Informasi mengenai ragam sampel dapat digunakan secara bersama-sama dengan galat percobaan untuk menguji pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok. Apabila diketahui ragam dari galat percobaan tidak nyata dalam mempengaruhi hasil pengamatan, maka galat gabungan dari kedua galat tadi dapat digunakan untuk menguji pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok serta dapat meminimalkan kesalahan jenis I.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ingin dikemukakan berdasarkan latar belakang adalah :

1. Manakah yang lebih baik antara hasil analisis ragam dengan nilai yang telah dirata-rata (satu nilai pengamatan tiap unit percobaan) ataukah hasil analisis ragam dengan menyertakan nilai dari tiap subsampel?
2. Hal apa yang dapat diketahui apabila galat sampel dapat didefinisikan?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui mana yang lebih baik antara hasil analisis ragam dengan satu nilai yang telah dirata-rata (satu nilai pengamatan tiap unit percobaan) ataukah hasil analisis ragam dengan menyertakan nilai tiap subsampel.
2. Memperoleh informasi tambahan dari penelitian apabila galat sampel dapat didefinisikan.

1.4. Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mengetahui penggunaan RAK dengan subsampel terhadap hasil penelitian, serta mendapatkan informasi tambahan mengenai galat sampel.

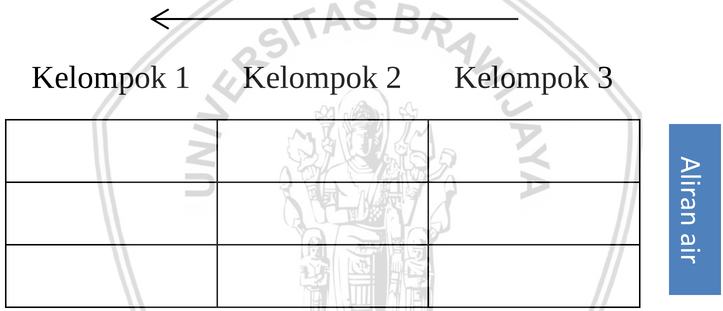
1.5. Batasan Masalah

Permasalahan dibatasi pada data hasil penelitian yang menggunakan RAK subsampel dengan satu faktor.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rancangan Acak Kelompok

Rancangan Acak Kelompok (RAK) digunakan apabila terdapat ketidakhomogenan lahan percobaan. Misalkan penelitian yang dilakukan pada suatu lahan yang memiliki aliran air sungai disebelah Timur, maka kondisi lahan tersebut tidak dapat dipastikan homogen karena sisi Timur lahan cenderung lebih lembab daripada sisi Barat. Pada kondisi seperti ini maka dapat dibentuk kelompok dari arah Timur ke Barat (atau sebaliknya).



Gambar 2.1. Contoh penerapan RAK

Menurut Steel dan Torrie (1980), semua unit percobaan dalam satu kelompok harus diperlakukan sama kecuali perlakuan. Pengelompokan dilakukan untuk memperkecil galat percobaan (Yitnosumarto, 1993).

2.1.1. Model Linier Aditif

Menurut Nugroho (1990), model linier aditif untuk RAK satu faktor adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad (2.1)$$
$$i = 1, 2, \dots, a$$
$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$\varepsilon_{ij} \sim NIID(0, \sigma^2)$$

di mana :

Y_{ij} : nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

μ : rata-rata umum

α_i : pengaruh perlakuan ke-i

β_j : pengaruh kelompok ke-j

ε_{ij} : galat perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

a : banyaknya perlakuan

b : banyaknya kelompok

2.1.2. Pendugaan Parameter

Pendugaan parameter model linier RAK menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) pada Galat untuk menduga parameter μ, α_i, dan β_j adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$
$$E(Y_{ij}) = E(\mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij})$$
$$E(Y_{ij}) = E(\mu + \alpha_i + \beta_j) + E(\varepsilon_{ij})$$
$$\hat{Y}_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j$$
$$\varepsilon_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - (\mu + \alpha_i + \beta_j)$$
$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} {\varepsilon_{ij}}^2 = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} (Y_{ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j)^2$$

Selanjutnya nilai $\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} {\varepsilon_{ij}}^2$ diminimumkan dengan cara diturunkan secara parsial terhadap μ, α_i dan β_j, kemudian disamakan dengan nol.

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} {\varepsilon_{ij}}^2}{\partial \mu} = 0$$
$$2\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} (Y_{ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j)(-1) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij} - \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} \mu - \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} \alpha_i - \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} \beta_j = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij} - ab\mu - b\sum_{i=1}^{a} \alpha_i - a\sum_{j=1}^{b} \beta_j = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij} = ab\mu + b\sum_{i=1}^{a} \alpha_i + a\sum_{j=1}^{b} \beta_j$$

$$\frac{\partial \sum_{j=1}^{b} {\varepsilon_{ij}}^2}{\partial \alpha_i} = 0$$

$$2\sum_{j=1}^{b} (Y_{ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j)(-1) = 0$$

$$\sum_{j=1}^{b} Y_{ij} - \sum_{j=1}^{b} \mu - \sum_{j=1}^{b} \alpha_i - \sum_{j=1}^{b} \beta_j = 0$$

$$\sum_{j=1}^{b} Y_{ij} - b\mu - b\alpha_i - \sum_{j=1}^{b} \beta_j = 0$$

$$\sum_{j=1}^{b} Y_{ij} = b\mu + b\alpha_i + \sum_{j=1}^{b} \beta_j$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{a} {\varepsilon_{ij}}^2}{\partial \beta_j} = 0$$

$$2\sum_{i=1}^{a} (Y_{ij} - \mu - \alpha_i - \beta_j)(-1) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a} Y_{ij} - \sum_{i=1}^{a} \mu - \sum_{i=1}^{a} \alpha_i - \sum_{i=1}^{a} \beta_j = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a} Y_{ij} - a\mu - \sum_{i=1}^{a} \alpha_i - a\beta_j = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a} Y_{ij} = a\mu + \sum_{i=1}^{a} \alpha_i + a\beta_j$$

Dengan menggunakan batasan

$$\sum_{i=1}^{a} \alpha_i = \sum_{j=1}^{b} \beta_j = 0$$

maka didapatkan penduga dari parameter μ, α_i dan β_j adalah :

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij}}{ab} = \bar{Y}_{..} \quad (2.2)$$

$$\hat{\alpha}_i = \frac{\sum_{j=1}^{b} Y_{ij}}{b} - \hat{\mu} = \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..} \quad (2.3)$$

$$\hat{\beta}_j = \frac{\sum_{i=1}^{a} Y_{ij}}{a} - \hat{\mu} = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..} \quad (2.4)$$

di mana :

$\bar{Y}_{..}$: rata-rata umum

$\bar{Y}_{i.}$: rata-rata perlakuan ke-i

$\bar{Y}_{.j}$: rata-rata kelompok ke-j

Selanjutnya pengaruh galat percobaan dapat didefinisikan menjadi :

$$\begin{aligned}\hat{\varepsilon}_{ij} &= Y_{ij} - \hat{Y}_{ij} \\ &= Y_{ij} - \bar{Y}_{..} - (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) - (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) \\ &= Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..} \quad (2.5)\end{aligned}$$

2.1.3. Analisis Ragam Rancangan Acak Kelompok

Menurut Pramoedyo (2013), analisis ragam adalah teknik yang dapat digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata dari 2 grup atau lebih. Analisis ragam merupakan metode untuk menguraikan keragaman total menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman. Analisis ragam pada RAK menggunakan satu nilai pengamatan pada setiap kombinasi perlakuan dan kelompok, hal ini dikarenakan pengamatan hanya dilakukan sebanyak satu kali atau pengamatan dilakukan beberapa kali namun menggunakan rata-rata saat melakukan analisis ragam. Penguraian keragaman total pada RAK adalah :

$$Y_{ij} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_j + \hat{\varepsilon}_{ij}$$

$$Y_{ij} - \hat{\mu} = \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_j + \hat{\varepsilon}_{ij}$$

$$\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}\right) = (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + \left(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}\right) + \left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}\right)$$

Apabila kedua ruas dikuadratkan dan dijumlahkan menurut nilai i dan j maka :

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}\right)^2 = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}\right)^2 + \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}\right)^2$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}\right)^2 = b\sum_{i=1}^{a}(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + a\sum_{j=1}^{b}\left(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}\right)^2 + \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}\right)^2$$

karena :

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})\left(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}\right) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}\right) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}\right)\left(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}\right) = 0$$

Selanjutnya $JK_{Total} = JK_{Perlakuan} + JK_{Kelompok} + JK_{Galat}$. Terdapat rumus kerja yang dapat digunakan untuk mempermudah perhitungan.

$$JK_{Total}\ (JKT) = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} {Y_{ij}}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij}\right)^2}{ab} \quad (2.6)$$

$$JK_{Perlakuan}\ (JKP) = \frac{\sum_{i=1}^{a}\left(\sum_{j=1}^{b} Y_{ij}\right)^2}{b} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij}\right)^2}{ab} \quad (2.7)$$

$$JK_{Kelompok}\ (JKK) = \frac{\sum_{j=1}^{b}\left(\sum_{i=1}^{a} Y_{ij}\right)^2}{a} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij}\right)^2}{ab} \quad (2.8)$$

$$JK_{Galat}\ (JKG) = JKT - JKP - JKK \quad (2.9)$$

Sedangkan perhitungan untuk nilai Kuadrat Tengah adalah :

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Perlakuan}\ (KTP) = \frac{JKP}{a-1} \quad (2.10)$$

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Kelompok}\ (KTK) = \frac{JKK}{(b-1)} \quad (2.11)$$

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Galat}\ (KTG) = \frac{JKG}{(a-1)(b-1)} \quad (2.12)$$

Hipotesis yang digunakan untuk pengujian pengaruh keragaman adalah :

a) pengaruh perlakuan
   $H_0 : \alpha_1 = \cdots = \alpha_a$
   H_1 : minimal terdapat sepasang α_i yang tidak sama

b) pengaruh kelompok
   $H_0 : \beta_1 = \cdots = \beta_b$
   H_1 : minimal terdapat sepasang β_j yang tidak sama

Tabel analisis ragam untuk RAK adalah :

Tabel 2.1. Analisis ragam untuk RAK

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F
Perlakuan	a-1	JKP	KTP	$\frac{KTP}{KTG}$
Kelompok	b-1	JKK	KTK	$\frac{KTK}{KTG}$
Galat	(a-1)(b-1)	JKG	KTG	
Total	ab-1	JKT		

Selanjutnya adalah pengambilan keputusan dengan cara membandingkan statistik uji F dengan titik kritis sebaran F. Apabila statistik uji F lebih besar daripada titik kritis sebaran F, maka hipotesis nol ditolak.

2.2. Rancangan Acak Kelompok Sub-Sampel

Sama seperti RAK, RAK subsampel juga digunakan apabila lahan yang digunakan untuk dilakukannya penelitian tidak dalam kondisi yang homogen. Perbedaan antara RAK dengan RAK subsampel nilai pengamatan pada tiap unit percobaan pada RAK subsampel adalah lebih dari satu (Ostle, 1963). Hal ini dapat memberikan informasi tambahan pada perhitungan berupa nilai ragam galat sampel.

2.2.1. Model Linier Aditif

Menurut Nugroho (1990), model linier aditif untuk RAK subsampel dengan satu faktor adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk} \qquad (2.13)$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$
$$j = 1, 2, \dots, b$$
$$k = 1, 2, \dots, c$$
$$\varepsilon_{ij} \sim NIID(0, {\sigma_p}^2)$$
$$\delta_{ijk} \sim NIID(0, {\sigma_s}^2)$$

di mana :

Y_{ijk} : nilai pengamatan perlakuan ke-i, kelompok ke-j dan ulangan ke-k

μ : rata-rata umum

α_i : pengaruh perlakuan ke-i

β_j : pengaruh kelompok ke-j

ε_{ij} : galat percobaan perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

δ_{ijk} : galat sampel perlakuan ke-i, kelompok ke-j, dan ulangan ke-k

a : banyaknya perlakuan

b : banyaknya kelompok

c : banyaknya ulangan

2.2.2. Pendugaan Parameter

Menurut Lindstrom (2004), penduga dari parameter μ, α_i, β_j, ε_{ij} dan δ_{ijk} adalah :

$$\hat{\mu} = \bar{Y}_{...} \quad (2.14)$$

$$\hat{\alpha}_i = \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...} \quad (2.15)$$

$$\hat{\beta}_j = \bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...} \quad (2.16)$$

$$\hat{\varepsilon}_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..} \quad (2.17)$$

$$\hat{\delta}_{ijk} = Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.} \quad (2.18)$$

di mana :

$\bar{Y}_{...}$: rata-rata umum
$\bar{Y}_{i..}$: rata-rata perlakuan ke-i
$\bar{Y}_{.j.}$: rata-rata kelompok ke-j
$\bar{Y}_{ij.}$: rata-rata perlakuan ke-i dan kelompok ke-j
Y_{ijk} : nilai pengamatan perlakuan ke-i,kelompok ke-j dan ulangan ke-k

2.2.3. Analisis Ragam Rancangan Acak Kelompok Sub Sampel

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa perhitungan pada analisis ragam RAK subsampel juga menyertakan nilai subsampel. Penguraian keragaman total pada RAK subsampel adalah :

$$Y_{ijk} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_j + \hat{\varepsilon}_{ij} + \hat{\delta}_{ijk}$$

$$Y_{ijk} - \hat{\mu} = \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_j + \hat{\varepsilon}_{ij} + \hat{\delta}_{ijk}$$

$$\left(Y_{ijk} - \bar{Y}_{...}\right) = (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + \left(\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...}\right) + \left(Y_{ijk} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}\right) + \left(Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.}\right)$$

Apabila kedua ruas dikuadratkan dan dijumlahkan menurut nilai i, j dan k maka :

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{...}\right)^2$$

$$= \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}(\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{...})^2$$

$$+ \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(\bar{Y}_{.j.}-\bar{Y}_{...}\right)^2$$

$$+ \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{.j.}+\bar{Y}_{...}\right)^2$$

$$+ \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{ij.}\right)^2$$

karena :

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}(\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{...})\left(\bar{Y}_{.j.}-\bar{Y}_{...}\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}(\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{...})\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{.j.}+\bar{Y}_{...}\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}(\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{...})\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{ij.}\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(\bar{Y}_{.j.}-\bar{Y}_{...}\right)\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{.j.}+\bar{Y}_{...}\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(\bar{Y}_{.j.}-\bar{Y}_{...}\right)\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{ij.}\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c}\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{i..}-\bar{Y}_{.j.}+\bar{Y}_{...}\right)\left(Y_{ijk}-\bar{Y}_{ij.}\right)=0$$

Selanjutnya $JK_{Total} = JK_{Perlakuan} + JK_{Kelompok} + JK_{Galat\ Percobaan} + JK_{Galat\ Sampel}$. Terdapat rumus kerja yang dapat digunakan untuk mempermudah perhitungan :

$$JK_{Total}\ (JKT) = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} {Y_{ijk}}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{abc} \quad (2.19)$$

$$JK_{Perlakuan}\ (JKP) = \frac{\sum_{i=1}^{a}\left(\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{bc} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{abc} \quad (2.20)$$

$$JK_{Kelompok}\ (JKK) = \frac{\sum_{j=1}^{b}\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{ac} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{abc} \quad (2.21)$$

$$JK_{Galat\ Percobaan}\ (JKGP) = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{c} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} Y_{ijk}\right)^2}{abc} - JKP - JKK \quad (2.22)$$

$$JK_{Galat\ Sampel}\ (JKGS) = JKT - JKP - JKK - JKGP \quad (2.23)$$

Sedangkan perhitungan untuk nilai Kuadrat Tengah adalah :

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Perlakuan}\ (KTP) = \frac{JKP}{a-1} \quad (2.24)$$

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Kelompok}\ (KTK) = \frac{JKK}{b-1} \quad (2.25)$$

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Galat\ Percobaan}\ (KTGP) = \frac{JKGP}{(a-1)(b-1)} \quad (2.26)$$

$$\text{Kuadrat Tengah}_{Galat\ Sampel}\ (KTGS) = \frac{JKGS}{ab(c-1)} \quad (2.27)$$

Hipotesis yang digunakan untuk pengujian pengaruh keragaman adalah :

a) pengaruh perlakuan
   $H_0 : \alpha_1 = \cdots = \alpha_a$
   H_1 : minimal terdapat sepasang α_i yang tidak sama
b) pengaruh kelompok
   $H_0 : \beta_1 = \cdots = \beta_b$

H_1 : minimal terdapat sepasang β_j yang tidak sama

Tabel analisis ragam untuk RAK subsampel adalah :

Tabel 2.2. Analisis ragam untuk RAK subsampel

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F
Perlakuan	a-1	JKP	KTP	$\frac{KTP}{KTGP}$
Kelompok	b-1	JKK	KTK	$\frac{KTK}{KTGP}$
Galat Percobaan	(a-1)(b-1)	JKGP	KTGP	
Galat Sampel	ab(c-1)	JKGS	KTGS	
Total	abc-1	JKT		

Selanjutnya adalah pengambilan keputusan dengan cara membandingkan statistik uji F dengan titik kritis sebaran F. Apabila statistik uji F lebih besar daripada titik kritis sebaran F, maka hipotesis nol ditolak.

2.3. Pengujian Asumsi

Menurut Mead, dkk (2003), terdapat asumsi yang harus dipenuhi sebelum dilakukan analisis ragam. Asumsi tersebut adalah asumsi kenormalan, asumsi kehomogenan ragam dan asumsi aditifitas.

2.3.1. Asumsi Kenormalan Galat

Menurut Nugroho (1990), mendapatkan data yang benar-benar berdistribusi normal adalah tidak mungkin namun yang terpenting adalah data tersebut mendekati distribusi normal. Galat diasumsikan normal agar sesuai dengan model linier aditif bahwa $\varepsilon_{ij} \approx$ NIID $(0, \sigma^2)$.

Pengujian yang umum digunakan untuk melakukan uji normalitas adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Menurut Riadi (2016), uji Kolmogorov-Smirnov merupakan koreksi dari uji Liliefors. Hipotesis yang digunakan pada uji Kolmogorov-Smirnov adalah :

H_0 : galat menyebar normal

H_1 : galat tidak menyebar normal

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan uji Kolmogorov-Smirnov adalah sebagai berikut.

1. Data diurutkan dari yang terkecil ke yang terbesar
2. Menentukan kumulatif proporsi
3. Data ditransformasi ke skor baku : $z = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$
4. Menentukan luas kurva z_i (z_{tabel})
5. Menentukan nilai a_1 dan a_2 dengan cara sebagai berikut :
   $$a_2 = |kp - F_z| \quad (2.28)$$
   $$a_1 = \left|a_2 - \frac{f_i}{n}\right| \quad (2.29)$$
6. Nilai a_1 dan a_2 dinotasikan dengan statistik uji
7. Menentukan nilai titik kritis pada tingkat kepercayaan 95% dan n diatas 35 dengan rumus :
   $$\text{Titik Kritis} = \frac{1.36}{\sqrt{n}} \quad (2.30)$$
8. Membandingkan statistik uji dengan titik kritis. Apabila statistik uji lebih besar daripada titik kritis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa asumsi kenormalan galat tidak terpenuhi.

2.3.2. Asumsi Kehomogenan Ragam Galat

Menurut Mead, dkk (2003), perbedaan pengaruh perlakuan diharapkan hanya mempengaruhi nilai tengah dari hasil pengamatan tanpa merubah keragaman. Perbedaan keragaman pada data dapat berpengaruh terhadap distribusi uji F, sehingga perlu dilakukan pengujian terhadap kehomogenan ragam agar hasil analisis ragam lebih mendekati valid.

Pengujian yang umum dilakukan untuk uji kehomogenan ragam adalah uji Bartlett. Menurut Gomez dan Gomez (1984), uji Bartlett digunakan apabila lebih dari dua kelompok data yang diuji. Hipotesis yang digunakan untuk uji Bartlett adalah :

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \cdots = \sigma_{ab}^2$

H_1 : minimal terdapat sepasang σ_{ij}^2 yang tidak sama

Rumus untuk mencari statistik uji adalah :

$$\chi^2_{Hitung} = \frac{(N-k)ln(S_g^2) - \sum_{i=1}^{k}(n_i-1)ln(S_i^2)}{1+\frac{1}{3(k-1)}\left(\sum_{i=1}^{k}\left(\frac{1}{n_i-1}\right)-\frac{1}{N-k}\right)} \quad (2.31)$$

$$S_g^2 = \frac{1}{N-k}\sum_{i=1}^{k}(n_i-1)S_i^2$$

di mana :

N : total seluruh data

k : banyaknya kelompok

S_g^2 : ragam gabungan seluruh kelompok

n_i : banyaknya data pada kelompok ke-i

S_i^2 : ragam pada kelompok ke-i

Nilai dari statistik uji kemudian dibandingkan dengan titik kritis sebaran chi-kuadrat. Apabila statistik uji lebih besar daripada titik kritis sebaran chi-kuadrat, maka dapat diambil kesimpulan bahwa asumsi kehomogenan ragam galat tidak terpenuhi.

2.3.3. Asumsi Aditifitas

Menurut Mead, dkk (2003), data telah memenuhi asumsi aditifitas apabila hasil dari pengamatan tersebut memiliki perbedaan yang sama antara perlakuan yang satu dengan perlakuan yang lainnya dalam satu kelompok. Asumsi aditifitas juga dapat memberi gambaran tentang ada atau tidaknya interaksi antara nilai perlakuan dan kelompok (Nugroho, 1990).

Pengujian asumsi aditifitas pada RAK dapat menggunakan uji derajat bebas tunggal Tukey (1949). Hipotesis yang digunakan untuk uji Tukey adalah :

H_0 : model linier bersifat aditif
H_1 : model linier tidak bersifat aditif
Rumus untuk mencari nilai uji adalah :

$$JKN = \frac{\left[\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(Y_{ij}Y_{i.}Y_{.j})-Y_{..}\left(JKP+JKK+\frac{Y_{..}^{2}}{ab}\right)\right]^2}{abJKPJKK} \quad (2.32)$$

di mana :
JKN : Jumlah Kuadrat$_{\text{Nonaditifity}}$
JKP : Jumlah Kuadrat$_{\text{Perlakuan}}$
JKK : Jumlah Kuadrat$_{\text{Kelompok}}$
Kemudian nilai dari JKN tersebut dimasukkan kedalam tabel analisis ragam dengan derajat bebas satu. Untuk mendapatkan nilai Kuadrat Tengah$_{\text{Nonaditifity}}$ (KTN) menggunakan rumus :

$$KTN = \frac{JKN}{1} \quad (2.33)$$

Untuk mendapatkan statistik uji F menggunakan rumus :

$$\text{Statistik Uji F} = \frac{KTN}{KTG} \quad (2.34)$$

Statistik uji F kemudian dibandingkan dengan titik kritis sebaran F. Apabila statistik uji F lebih besar daripada titik kritis sebaran F, maka dapat disimpulkan bahwa asumsi aditifitas tidak terpenuhi.

2.4. Galat Percobaan dan Galat Sampel

Menurut Ostle (1963), galat percobaan memiliki arti yang umum dalam statistika. Galat percobaan dapat diartikan sebagai:
1. kesalahan pada penelitian,
2. kesalahan pada pengamatan,
3. kesalahan pada pengukuran,
4. keragaman dari bahan baku penelitian,
5. pengaruh kombinasi antar faktor yang diteliti (interaksi).

Sedangkan menurut Gomez dan Gomez (1984), galat sampel adalah nilai dari ragam sampel.

Menurut Paul dalam Agarwal (2003), informasi mengenai galat sampel dapat digunakan secara bersama-sama dengan galat percobaan untuk menguji pengaruh perlakuan dan kelompok pada. Namun sebelum itu harus dilakukan pengujian hipotesis terhadap $H_0 : \sigma_p{}^2 = 0$ dengan cara mendapatkan statistik uji F dengan rumus :

$$\text{Statistik Uji F} \quad = \frac{KTGP}{KTGS} \tag{2.35}$$

Selanjutnya statistik uji F dibandingkan dengan titik kritis sebaran F, apabila statistik uji F tidak lebih besar daripada titik kritis sebaran F maka dapat dilakukan perhitungan galat gabungan yang dapat digunakan untuk menguji pengaruh perbedaan perlakuan dan pengaruh perbedaan kelompok.

Nilai JKGP dan JKGS dapat disatukan menjadi Jumlah Kuadrat Galat Gabungan (JKGG) dengan rumus :

JKGG = JKGP + JKGS

Sedangkan perhitungan untuk nilai Kuadrat Tengah Galat Gabungan (KTGG) adalah :

$$\text{KTGG} = \frac{KTGG}{(a-1)(b-1)+ab(c-1)} \tag{2.36}$$

Tabel analisis ragam menjadi :

Tabel 2.3. Analisis ragam dengan galat gabungan

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F
Perlakuan	a-1	JKP	KTP	$\frac{KTP}{KTGG}$
Kelompok	b-1	JKK	KTK	$\frac{KTK}{KTGG}$
Galat Gabungan	(a-1)(b-1)+ab(c-1)	JKGG	KTGG	
Total	abc-1	JKT		

Pengambilan keputusan dengan cara membandingkan statistik uji F dengan titik kritis sebaran F. Apabila statistik uji F lebih besar daripada titik kritis sebaran F, maka hipotesis nol pada perlakuan atau kelompok ditolak.

Namun apabila H_0 ditolak, yang berarti bahwa ${\sigma_p}^2 \neq 0$, maka tidak dapat dilakukan perhitungan terhadap galat gabungan. Seperti yang dijelaskan oleh LeMay (2010), galat percobaan dapat diartikan sebagai pengaruh interaksi antara perlakuan dan kelompok, maka H_0 yang ditolak dapat juga berarti bahwa terdapat pengaruh interaksi antara perlakuan dan kelompok. Terdapat pengaruh interaksi yang nyata memberi informasi bahwa nilai pengamatan Y_{ijk} tidak hanya dipengaruhi oleh pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok, dalam kata lain asumsi keaditifan model menjadi tidak terpenuhi.

2.5. Uji Lanjut

Uji lanjut digunakan untuk melihat pengaruh perbedaan perlakuan terhadap hasil pengamatan antara menggunakan galat percobaan dengan galat gabungan. Metode uji lanjut yang digunakan adalah Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test* / DMRT), karena penggunaan DMRT lebih baik pada percobaan dengan banyaknya perlakuan lebih dari lima. Rumus untuk mendapatkan titik kritis dari DMRT adalah:

$$\text{DMRT} = R_{a,db_{galat},\alpha}\sqrt{\frac{KTG}{bc}} \tag{2.37}$$

di mana :

$R_{a,db_{galat},\alpha}$: Titik kritis jarak (R)

KTG : Kuadrat tengah galat yang digunakan (galat percobaan atau galat gabungan).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam RAK subsampel ini adalah dua data sekunder dengan perlakuan, kelompok, dan variabel yang diamati berbeda. Pemilihan dua data dimaksudkan untuk melihat bagaimana pengambilan keputusan jika data memiliki perbandingan ragam percobaan dan ragam sampel yang berbeda.

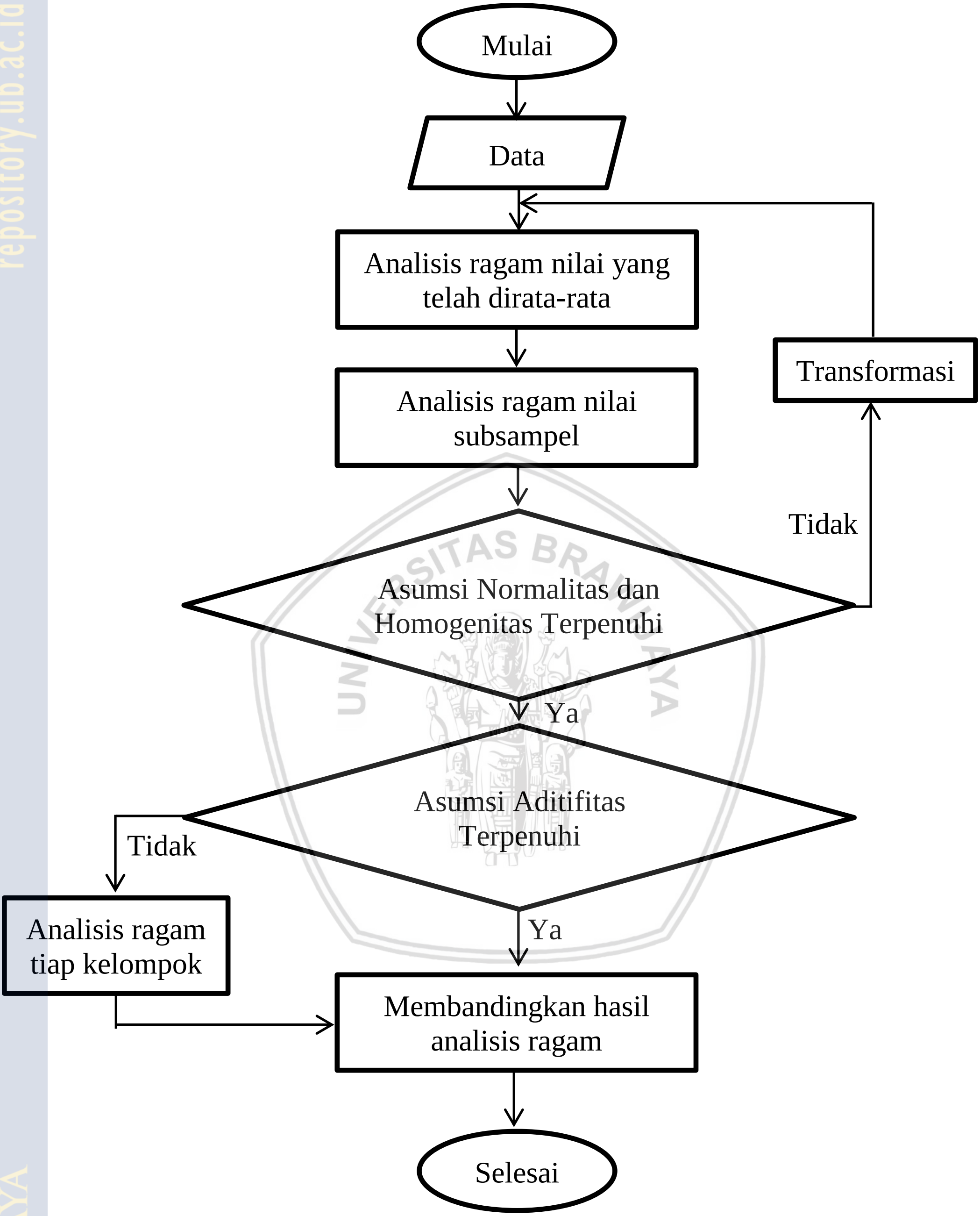
1. Data hasil penelitian BALITTAS Malang. Penelitian untuk mengetahui perbedaan pengaruh 20 galur tanaman kenaf terhadap hasil produksi (kg/ha), pengelompokan berdasarkan lokasi (keterangan lokasi ada dilampiran) dengan 3 subsampel.
2. Data skripsi Ruli Rohmatul Hidayah dengan judul "*Keragaman Jamur Endofit Daun dan Hubungannya dengan Intensitas Penyakit Karat (Puccinia polysora) terhadap Ketahanan Beberapa Varietas Jagung (Zea Mays)*". Pengamatan yang diukur pada penelitian skripsi Hidayah meliputi pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, gejala penyakit, dan intensitas penyakit. Namun data yang digunakan untuk skripsi ini hanya data tinggi tanaman. Penelitian untuk mengetahui perbedaan pengaruh 10 varietas tanaman jagung terhadap tinggi tanaman (cm) setelah ditumbuhi jamur endofit.

3.2. Metode Analisis

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Melakukan analisis ragam pada data dengan nilai subsampel yang telah dirata-rata.
2. Melakukan analisis ragam pada data dengan nilai subsampel.
3. Melakukan pengujian asumsi normalitas galat, asumsi kehomogenan ragam galat, dan asumsi aditifitas.

4. Apabila salah satu antara asumsi normalitas atau asumsi kehomogenan ragam tidak terpenuhi, maka dilakukan transformasi. Apabila asumsi aditifitas tidak terpenuhi namun asumsi lain terpenuhi, maka interpretasi dilakukan antar tiap kelompok.
5. Membandingkan hasil analisis ragam pada data yang telah dirata-rata dengan hasil analisis ragam dengan data subsampel, mengenai efisiensi pengujian asumsi aditifitas serta penggunaan galat gabungan.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Ragam dengan Data yang Telah Dirata-rata

4.1.1. Data Pertama

Analisis ragam pada data pertama, hasil produksi tanaman kenaf (kg/ha). Menghasilkan tabel analisis ragam sebagai berikut.

Tabel 4.1. Tabel analisis ragam data pertama

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F	Titik Kritis
Perlakuan	19	22635209	1191327	8.08	1.70
Kelompok	5	29342055	5868411	39.79	2.31
Galat	95	14009579	147469		
Total	119	65986843			

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan terdapat perbedaan pengaruh varietas tanaman kenaf terhadap hasil produksi tanaman kenaf (kg/ha), perbedaan pengaruh lokasi memberikan arti bahwa pada penelitian selanjutnya diharapkan tetap menganggap lokasi sebagai kelompok. Hasil analisis ragam selanjutnya akan dijadikan perbandingan pada subbab 4.4.

4.1.2. Data Kedua

Analisis ragam pada data kedua, tanaman jagung (cm). Menghasilkan tabel analisis ragam sebagai berikut.

Tabel 4.2. Tabel analisis ragam data kedua

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F	Titik Kritis
Perlakuan	9	11856.30	1317.37	99.39	2.10
Kelompok	5	22548.70	4509.74	340.24	2.42
Galat	45	596.46	13.25		
Total	59	35001.50			

Berdasarkan tabel pada halaman sebelumnya, dapat disimpulkan terdapat perbedaan pengaruh varietas tanaman jagung terhadap tinggi tanaman jagung (cm), perbedaan pengaruh waktu pengamatan memberikan arti bahwa pada penelitian selanjutnya diharapkan tetap menganggap waktu pengamatan sebagai kelompok. Hasil analisis ragam selanjutnya akan dijadikan perbandingan pada subbab 4.4.

4.2. Analisis Ragam dengan Data Sub-Sampel

4.2.1. Data Pertama

Analisis ragam dengan data subsampel pada data pertama, menghasilkan tabel analisis ragam sebagai berikut.

Tabel 4.3. Tabel analisis ragam data dengan subsampel pada data pertama

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F	Titik Kritis
Perlakuan	19	67905628	3573980	8.08	1.70
Kelompok	5	88026165	17605233	39.79	2.31
Galat Percobaan	95	42028736	442407.80	1.33	1.31
Galat Sampel	240	80052429	333551.80		
Total	359	278012958			

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan statistik uji F yang lebih besar daripada titik kritis sebaran F pada galat percobaan. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai pengamatan tidak hanya dipengaruhi oleh pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok saja. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan antara interaksi perlakuan dan kelompok.

Menurut Nugroho (1989), salah satu cara untuk menginterpretasikan hasil analisis ragam dengan adanya interaksi adalah dengan menginterpretasikan pada setiap kelompok. Berikut merupakan perbandingan statistik uji F dengan titik kritis sebaran F pada setiap kelompok.

Tabel 4.4. Tabel perbandingan statistik uji F dan titik kritis sebaran F pada setiap kelompok

Kelompok	Statistik Uji F	Titik Kritis	Kelompok	Statistik Uji F	Titik Kritis
1	1.62	1.85	4	5.24	1.85
2	2.92	1.85	5	5.93	1.85
3	3.09	1.85	6	1.55	1.85

Berdasarkan tabel di atas perbedaan pengaruh perlakuan tidak memberikan hasil yang signifikan pada kelompok 1 dan 6, namun menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kelompok lainnya.

4.2.2. Data Kedua

Analisis ragam dengan data subsampel pada data kedua, menghasilkan tabel analisis ragam sebagai berikut.

Tabel 4.5. Tabel analisis ragam data dengan subsampel pada data kedua

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F	Titik Kritis
Perlakuan	9	35568.88	3952.10	99.39	2.10
Kelompok	5	67646.10	13529.20	340.24	2.42
Galat Percobaan	45	1789.38	39.76	0.12	1.47
Galat Sampel	120	41014.21	341.79		
Total	179	146018.57			

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan nilai statistik uji F yang tidak lebih besar daripada titik kritis sebaran F pada galat percobaan. Maka dapat disimpulkan bahwa asumsi aditifitas terpenuhi, serta dapat dilakukan perhitungan terhadap galat gabungan untuk melihat pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok. Berikut ini adalah tabel analisis ragam dengan menggunakan galat gabungan.

Tabel 4.6. Tabel analisis ragam data dengan subsampel pada data kedua dengan galat gabungan

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji F	Titik Kritis
Perlakuan	9	35568.88	3952.10	15.23	1.94
Kelompok	5	67646.10	13529.20	52.15	2.27
Galat Gabungan	165	42803.59	259.42		
Total	179	146018.60			

Pengambilan keputusan memberikan hasil yang sama antara analisis ragam dengan menggunakan galat percobaan dan galat gabungan, yaitu terdapat perbedaan yang signifikan antara pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok. Untuk melihat perbedaan antara keduanya, maka dilakukan perbandingan uji lanjut untuk pengaruh perlakuan saja. Berikut merupakan perbandingan tabel uji lanjut DMRT dengan galat percobaan dan galat gabungan pada data kedua (keterangan perbedaan perlakuan ada pada lampiran).

Tabel 4.7. Tabel titik kritis DMRT dengan galat percobaan

P	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{10;45;0,05}$	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4
DMRT	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0

Tabel 4.8. Tabel titik kritis DMRT dengan galat gabungan

P	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{10;165;0,05}$	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3
DMRT	10.5	11.1	11.4	11.7	12.0	12.1	12.3	12.4	12.5

Tabel 4.9. Tabel perbandingan uji lanjut DMRT dengan galat percobaan dan galat gabungan

Perlakuan	Rata-rata	Notasi	
		Galat Percobaan	Galat Gabungan
10	210.29	a	a
9	239.12	b	b
4	240.40	bc	b
2	244.94	c	bc
6	252.52	d	cd
8	253.39	d	cd
1	254.75	de	cd
5	256.22	def	cd
3	258.55	ef	d
7	260.10	f	d

Berdasarkan pada kedua tabel di atas, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil uji lanjut. Pemberian nilai notasi yang sama berarti menandakan bahwa tidak terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan antar perlakuan tersebut terhadap hasil pengamatan, sebaliknya pemberian notasi yang berbeda berarti menandakan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan antar perlakuan tersebut terhadap hasil pengamatan. Seperti contoh apabila pengujian dengan galat percobaan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil pengamatan antara perlakuan ke-6 dengan perlakuan ke-7. Namun apabila pengujian dengan galat gabungan, tidak ditemukan adanya perbedaan hasil pengamatan yang signifikan antara perlakuan ke-6 dengan perlakuan ke-7.

4.3. Pengujian Asumsi

Pengujian asumsi yang dilakukan selanjutnya adalah pengujian asumsi normalitas galat dan asumsi homogenitas ragam galat dari data pertama dan data kedua. Pengujian asumsi aditifitas telah dilakukan pada saat membandingkan nilai KTGP dengan KTGS pada tabel analisis ragam (Tabel 4.3 dan Tabel 4.5).

Hipotesis untuk uji asumsi kenormalan galat adalah :

H_0 : galat menyebar normal

H_1 : galat tidak menyebar normal

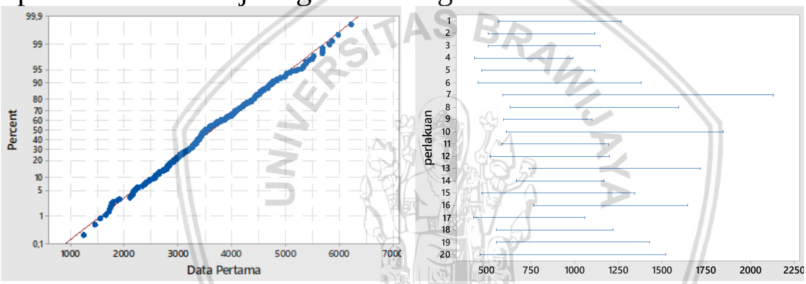
Sedangkan hipotesis untuk uji asumsi kehomogenan ragam galat adalah :

H_0 : ragam galat homogen

H_1 : ragam galat tidak homogen.

4.3.1. Data Pertama

Ringkasan mengenai pengujian asumsi untuk data pertama dapat dibentuk menjadi grafik sebagai berikut.



(a) (b)

Gambar 4.1. Grafik Pengujian (a) Asumsi Kenormalan Galat dan (b) Asumsi Kehomogenan Ragam Galat pada Data Pertama

Dari grafik pengujian asumsi kenormalan galat di atas dapat dilihat bahwa sebaran galat mengikuti garis linier, sehingga secara grafik dapat disimpulkan bahwa asumsi kenormalan galat terpenuhi. Sedangkan dari grafik pengujian asumsi kehomogenan ragam galat dapat dilihat bahwa semua interval galat saling tumpang tindih, sehigga secara grafik asumsi kehomogenan ragam galat terpenuhi.

Untuk mendukung grafik, maka dibandingkan nilai statistik uji dengan nilai titik kritis sebagai berikut.

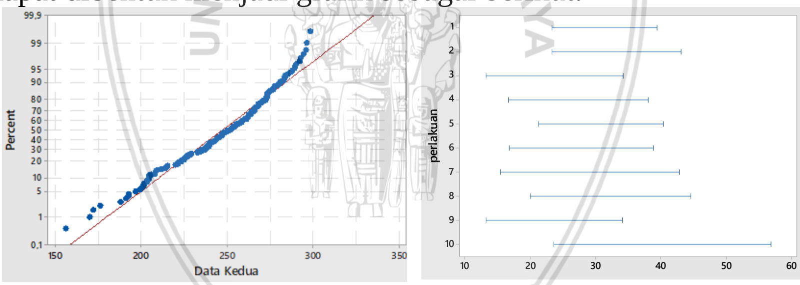
Tabel 4.10. Tabel pengujian asumsi data pertama

	Statistik uji	Titik Kritis
Normalitas	0.06	0.07
Homogenitas ragam	118.43	145.46

Berdasarkan tabel tersebut nilai statistik uji tidak lebih besar daripada nilai titik kritis pada kedua pengujian asumsi, sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi normalitas dan homogenitas ragam pada data pertama terpenuhi. Namun pada Tabel 4.3 telah diketahui bahwa pengujian asumsi aditifitas tidak dapat terpenuhi. Sehingga interpretasi dilakukan pada setiap masing-masing kelompok.

4.3.2. Data Kedua

Ringkasan mengenai pengujian asumsi untuk data kedua dapat dibentuk menjadi grafik sebagai berikut.



(a) (b)

Gambar 4.2. Grafik Pengujian (a) Asumsi Kenormalan Galat dan (b) Asumsi Kehomogenan Ragam Galat pada Data Kedua

Dari grafik pengujian asumsi kenormalan galat di atas dapat dilihat bahwa sebaran galat mengikuti garis linier, sehingga secara grafik dapat disimpulkan bahwa asumsi kenormalan galat terpenuhi. Sedangkan dari grafik pengujian asumsi kehomogenan ragam galat dapat dilihat bahwa semua interval galat saling tumpang tindih, sehigga secara grafik asumsi kehomogenan ragam galat terpenuhi.

Untuk mendukung grafik, maka dibandingkan nilai statistik uji dengan nilai titik kritis sebagai berikut.

Tabel 4.11. Tabel pengujian asumsi data kedua

	Statistik uji	Titik Kritis
Normalitas	0.07	0.10
Homogenitas ragam	52.33	77.93

Berdasarkan tabel tersebut nilai statistik uji tidak lebih besar daripada nilai titik kritis pada kedua pengujian asumsi, serta pada Tabel 4.5 telah diketahui bahwa asumsi aditifitas pada data kedua terpenuhi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data kedua memenuhi ketiga pengujian asumsi untuk analisis ragam.

4.4. Perbandingan Analisis Ragam

Hasil analisis ragam tidak memberikan hasil yang berbeda pada statistik uji F dan titik kritis sebaran F pada pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok pada data yang telah dirata-rata dengan data subsampel.

Tabel 4.12. Tabel perbandingan nilai statistik uji F dan titik kritis sebaran F

Data	Sumber Keragaman	Data dirata-rata		Data subsampel	
		Statistik Uji F	Titik Kritis	Statistik Uji F	Titik Kritis
Pertama	Perlakuan	8.08	1.70	8.08	1.70
	Kelompok	39.79	2.31	39.79	2.31
Kedua	Perlakuan	99.39	2.10	99.39	2.10
	Kelompok	340.24	2.42	340.24	2.42

Pada pengambilan kesimpulan mengenai nyata atau tidaknya pengaruh perlakuan atau pengaruh kelompok pada data yang telah dirata-rata, KTP dan KTK dibandingkan dengan nilai KTG. Nilai KTG pada data yang telah dirata-rata mendapat pengaruh dari besar atau kecilnya interaksi yang terjadi pada saat percobaan. Apabila dalam percobaan hampir tidak terjadi interaksi antara perlakuan dan kelompok, maka nilai KTG akan menjadi sangat kecil. Akibat dari hal ini, adanya perbedaan antara perlakuan atau antara kelompok yang tidak begitu nyata, akan menjadi nyata. Hal ini dapat menimbulkan kesalahan jenis I, yaitu menolak H_0 yang benar.

Pada analisis ragam dengan subsampel, secara bersama-sama dapat dilakukan pula pengujian terhadap asumsi aditifitas sehingga lebih menghemat waktu. Apabila asumsi aditifitas terpenuhi, galat sampel dapat digabungkan dengan galat percobaan untuk menguji pengaruh perlakuan dan kelompok. Nilai kuadrat tengah galat gabungan yang didapat bernilai lebih besar daripada kuadrat tengah galat pada perhitungan analisis ragam pada data yang telah dirata-rata. Hal ini dapat meminimalkan menolak H_0 yang benar.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Secara umum analisis ragam dengan menyertakan data subsampel lebih baik. Selain dapat digunakan untuk menghemat waktu dalam pengujian asumsi aditifitas, menolak H_0 yang benar juga dapat diminimalkan.
2. Informasi tambahan mengenai galat sampel dapat digunakan untuk mengetahui nyata atau tidaknya pengaruh interaksi antara perlakuan dan kelompok yang terjadi, dalam hal ini dapat digunakan untuk mengetahui asumsi keaditifan model. Apabila asumsi aditifitas terpenuhi, maka galat sampel dapat digabungkan dengan galat percobaan menjadi galat gabungan untuk menguji pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah pengujian terhadap galat percobaan dengan galat sampel perlu diperhatikan, apabila kedua galat tersebut langsung digabungkan tanpa melihat ada atau tidaknya pengaruh interaksi antara perlakuan dan kelompok maka nilai kuadrat tengah galat gabungan akan menjadi lebih kecil daripada kuadrat tengah galat percobaan. Hal ini dapat memperbesar melakukan kesalahan jenis I.

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, B.L. 2003. *Programmed Statistics (Question-Answers) 2nd Edition*. New Delhi: New Age International (P) Ltd.

Gomez, K.A. dan Gomez, A.A. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. New York: John Wiley & Sons.

Hidayah, R.R. 2017. *Keragaman Jamur Endofit Daun dan Hubungannya dengan Intensitas Penyakit Karat (Puccinia polysora) terhadap Ketahanan Beberapa Varietas Jagung (Zea Mays)*. Skripsi, Program Studi Agroekoteknologi Universitas Brawijaya.

LeMay, Valerie. 2010. *Forestry 430 Advanced Biometrics and FRST 533 Problems in Statistical Methods*. Forest Sciences 2039.

Lindstrom, M. 2004. *Theory and Application of Regression and Analysis of Variance II*. http://www.stat.wisc.edu/. Diakses pada 5 November 2017.

Mead, R., Curnow, R.N., dan Hasted, A.M. 2003. *Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology 3rd Edition*. Florida: Chapman & Hall/CRC.

Neiswanger, W.A. 1966. *Elementary Statistical Methods (As Applied to Business and Economic Data)*. New York: The Macmillan Company.

Nugroho, W.H. 1989. *Analisis Statistika untuk Percobaan di Lahan Petani "On Farm Research"*. Surabaya: PT JAWA POS.

Nugroho, W.H. 1990. *Perancangan dan Analisis Percobaan*. Bandung: Ganeca Exact.

Ostle, B. 1963. *Statistics in Research 2nd Edition*. Iowa: The Iowa University Press.

Pramoedyo, H. 2013. *Rancangan Perlakuan Terapan*. Malang: UB Press.

Riadi, E. 2016. *Statistika Penelitian (Analisis Manual dan IBM SPSS)*. Yogyakarta: ANDI.

Steel, R.G.D., dan Torrie, J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics (A Biometrical Approach)*. New York: Mc Graw Hill Companies Inc.

Tukey, J.W. 1949. *One Degree of Freedom for Non-Additifity*. Biometrics, Vol. 5, No. 3, 232-242. Diakses pada 5 November 2017.

Yitnosumarto, S. 1993. *Percobaan: Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.