PENGARUH BANYAKNYA AMATAN HILANG TERHADAP EFISIENSI METODE YATES DAN METODE EKSAK UNTUK MENGANALISIS DATA RANCANGAN ACAK KELOMPOK

SKRIPSI

Oleh :
SITI MAGHFIROH
0510950053

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009

PENGARUH BANYAKNYA AMATAN HILANG TERHADAP EFISIENSI METODE YATES DAN METODE EKSAK UNTUK MENGANALISIS DATA RANCANGAN ACAK KELOMPOK

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

oleh:
SITI MAGHFIROH
0510950053

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH BANYAKNYA AMATAN HILANG TERHADAP EFISIENSI METODE YATES DAN METODE EKSAK UNTUK MENGANALISIS DATA RANCANGAN ACAK KELOMPOK

SKRIPSI

oleh:
SITI MAGHFIROH
0510950053

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 3 Juli 2009
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir. Soepraptini, MSc.	**Ir. Heni Kusdarwati, MS**
NIP. 130 518 968	**NIP. 131 652 676**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Brawijaya
Malang

Dr. Agus Suryanto, MSc.
NIP. 132 126 049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini :

Nama	**: SITI MAGHFIROH**
NIM	**: 0510950053**
Program Studi	**: STATISTIKA**
Penulis Skripsi berjudul	**: Pengaruh Banyaknya Amatan**

Hilang Terhadap Efisiensi Metode Yates dan Metode Eksak Untuk Menganalisis Data Rancangan Acak Kelompok.

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 segala risiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 3 Juli 2009
Yang menyatakan,

(SITI MAGHFIROH)
NIM. 0510950053

PENGARUH BANYAKNYA AMATAN HILANG TERHADAP EFISIENSI METODE YATES DAN METODE EKSAK UNTUK MENGANALISIS DATA RANCANGAN ACAK KELOMPOK

ABSTRAK

Rancangan Acak Kelompok (RAK) merupakan salah satu rancangan percobaan yang sangat umum dipergunakan dalam berbagai penelitian. Pada berbagai kasus dalam menggunakan RAK sering terjadi adanya satu atau lebih amatan hilang, misalnya karena tanaman atau hewan mati, pasien meninggal, tabung reaksi pecah dan sebagainya. Adanya amatan hilang akan menjadikan masalah baru dalam analisis karena perlakuan dan kelompok tidak ortogonal. Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi apabila terdapat amatan hilang tersebut adalah metode Yates dan metode eksak. Tujuan dari penelitian ini, akan dicari metode mana yang lebih efisien di antara keduanya dengan memperhatikan pengaruh banyaknya amatan hilang terhadap keragaman galat percobaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data hasil penelitian yang mempelajari pengaruh varietas jagung terhadap tingkat produksi jagung. Untuk keperluan analisis dilakukan beberapa penyesuaian dengan menghilangkan satu atau lebih amatan secara acak, baik penghilangan amatan pada perlakuan yang sama maupun penghilangan amatan pada perlakuan yang berbeda. Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa semua Kuadrat Tengah Galat (KTG) yang dihasilkan dengan metode Yates lebih kecil dibandingkan dengan KTG dari metode eksak, baik amatan yang hilang terjadi pada perlakuan berbeda maupun pada perlakuan yang sama. Metode Yates lebih efisien daripada metode eksak. Efisiensi relatif menurun seiring dengan peningkatan banyaknya amatan hilang.

Kata kunci : Metode Yates, Metode Eksak, RAK

THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF MISSING VALUE TO THE EFFICIENCY OF YATES METHOD AND EXACT METHOD TO ANALYZE RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN DATA

ABSTRACT

Randomized Complete Block Design (RCBD) is one of experimental design commonly used in any research. In any cases in using this design, one or more missing value often happen. For example because of the plant or animal died, the patients died, the test tube broken, etc. The missing value will cause a problem in analysis, because the treatment and the block are not orthogonal. The Yates method and the exact method were used to overcome the missing value. The purpose of the research is to determine which method of them that more efficient by seeing the influence of the number of missing value to the residual variance. The data used was a secondary data. It was the result of research that study the influence of corn varieties to the level of corn product. For the necessity of analysis, any adjustments were done by missing one or more value randomly, either missing value occurs at the same treatment or at the different treatment. Based on the result it can be concluded that all of Mean Square Error (MSE) from the Yates method are less than the MSE from the exact method, either missing value occurs at the same treatment or at the different treatment. The Yates method is more efficient than the exact method. The relative efficiency decrease when the missing value increase.

Keyword : Yates Method, Exact Method, RCBD

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan inspirasi, rahmat, dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul : **Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap Efisiensi Metode Yates dan Metode Eksak untuk Menganalisis Data Rancangan Acak Kelompok.**

Dalam pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini ini sudah cukup banyak bantuan yang diberikan berbagai pihak, baik berupa bimbingan, saran dan bantuan. Oleh karena itu, penulis dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Soepraptini, MSc. selaku Pembimbing I dan Ibu Ir. Heni Kusdarwati, MS selaku Pembimbing II atas bimbingan dan masukan yang telah diberikan.
2. Ibu Dr. Ir. Ni Wayan Surya W., MS, Ibu Suci Astutik, SSi. MSi. serta Bapak Prof. Dr. Ir. Henny Pramoedyo, MS selaku Penguji atas saran, kritik dan pertanyaan yang diberikan.
3. Bapak Dr. Agus Suryanto, MSc. selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Brawijaya.
4. Staf pengajaran Jurusan Matematika untuk bantuan administrasinya.
5. Bapak, Ibu, dan Saudara-saudaraku tersayang, Subhan Hadi, Abdul Ghofur, dan Hasun Amin atas doa, motivasi dan dukungan morilnya.
6. Abah Prof. Dr. KH. Achmad Mudlor, SH. sekeluarga tercinta atas doa dan ilmu yang diberikan.
7. Teman-temanku statistika angkatan 2005, khususnya Romzi Fuad, atas bantuan dan dukungannya.
8. Santriwan dan santriwati Lembaga Tinggi Pesantren Luhur Malang, khususnya M Mahbub Putra Fajar dan Amalia Uswatun Hasanah atas jasanya yang tidak terlupakan.

Namun penulis menyadari tiada kesempurnaan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan selanjutnya. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 3 Juli 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

Halaman

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rancangan Acak Kelompok Lengkap merupakan salah satu rancangan percobaan yang sangat umum dipergunakan dalam berbagai penelitian. Rancangan ini dipergunakan jika diketahui bahwa suatu keragaman faktor luar tidak dapat dikontrol. Misalkan tidak memungkinkan untuk mendapatkan satuan-satuan percobaan atau keadaan lingkungan yang homogen, sehingga perlu mengendalikan galat percobaan dengan jalan mengeluarkan sumber keragaman yang telah diketahui. Menggunakan rancangan ini, setiap kelompok akan berisi satuan-satuan percobaan yang homogen (Montgomery, 1991).

Merujuk pada skripsi Utaminingtyas (2004) tentang Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil (MKT) dan Metode Regresi untuk Mengatasi Data Hilang pada Penelitian dengan Pengamatan Berulang, memberikan kesimpulan bahwa jika amatan yang hilang lebih dari satu maka metode regresi lebih baik daripada MKT, dilihat dari besar keragaman dan nilai p. Demikian juga pada skripsi Nikmah (2005) yang berjudul Pendugaan Data Hilang dengan Analisis Peragam dan MKT pada Rancangan Lattice, memberikan kesimpulan bahwa jika terdapat lebih dari satu amatan hilang, analisis peragam lebih efisien daripada MKT, dilihat dari Kuadrat Tengah Galat (KTG).

Adanya amatan hilang akan menjadikan masalah baru dalam analisis karena perlakuan dan kelompok tidak ortogonal. Ketidakortogonalan ini menyebabkan keragaman antar satuan percobaan di dalam kelompok besar, yang mengakibatkan besarnya galat percobaan. Adapun metode yang pertama kali dipergunakan untuk mengatasi adanya amatan hilang adalah metode Yates, yaitu dengan menduga amatan yang hilang berdasarkan pengamatan yang ada. Selain metode Yates, terdapat metode lain yaitu metode eksak yang dapat digunakan untuk menganalisis apabila terdapat amatan hilang berdasarkan informasi yang ada, tanpa perlu menduga amatan yang hilang (Montgomery, 1991).

Dalam penerapan metode Yates atau metode eksak, akan dicari metode mana yang lebih efisien dalam menganalisis apabila terdapat amatan hilang dengan memperhatikan pengaruh banyaknya amatan hilang terhadap keragaman galat percobaan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan dalam penelitian ini adalah metode mana yang lebih efisien diantara metode Yates dan metode eksak dalam menganalisis data apabila terdapat amatan hilang dengan memperhatikan pengaruh banyaknya amatan hilang terhadap keragaman galat percobaan.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, diberikan batasan masalah bahwa apabila terdapat k amatan hilang dalam Rancangan Acak Kelompok, di mana $1 \leq k \leq 4$, yang dibahas hanya untuk model efek tetap.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan efisiensi relatif metode Yates terhadap metode eksak dalam analisis data apabila terdapat amatan hilang dengan memperhatikan pengaruh banyaknya amatan hilang tehadap keragaman galat percobaan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah setelah mengetahui pengaruh banyaknya amatan hilang terhadap keragaman galat percobaan, pembaca pada umumnya dan peneliti pada khususnya, dapat menentukan metode mana yang lebih efisien diantara metode Yates dan metode eksak.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rancangan Acak Kelompok

Rancangan Acak Kelompok (RAK) digunakan bila satuan percobaan dapat dikelompokkan secara berarti, banyaknya satuan dalam setiap kelompok sama dengan banyaknya perlakuan. Grup demikian dinamakan kelompok (*block*) atau ulangan (*replication*). Tujuan pengelompokan adalah untuk memperoleh satuan percobaan yang seseragam mungkin dalam setiap kelompok, sehingga beda yang teramati sebagian besar disebabkan oleh perlakuan. Keragaman antar satuan percobaan dalam kelompok yang berbeda secara rata-rata akan berbeda daripada keragaman antar satuan dalam kelompok yang sama bila tidak diberikan perlakuan. Idealnya, keragaman antar satuan percobaan dapat dikendalikan sehingga keragaman antar kelompok tidak mempengaruhi beda antar nilai tengah perlakuan, karena setiap perlakuan muncul sama seringnya dalam setiap kelompok (Steel dan Torrie, 1991).

Selama berlangsungnya percobaan semua satuan dalam satu kelompok harus diperlakukan seseragam mungkin dalam segala hal kecuali perlakuan. Perubahan teknik percobaan atau kondisi lain yang mungkin mempengaruhi hasil harus dilakukan pada seluruh kelompok. Misalnya bila pemanenan hasil dilakukan pada suatu periode waktu, semua petak dalam satu blok harus dipanen pada hari yang sama. Bila yang melakukan pengamatan tidak satu orang dan ada kecenderungan bahwa pengamatan pada petak yang sama mungkin berbeda dari orang yang satu ke orang yang lain, dan bila dari setiap satuan percobaan diambil satu pengamatan, maka satu orang harus mengamati satu kelompok seluruhnya. Sekali lagi, bila banyaknya pengamatan per satuan percobaan sama dengan banyaknya orang yang bertugas mengamati, maka setiap petugas harus melakukan satu pengamatan pada setiap satuan percobaan. Cara ini membantu mengendalikan keragaman dalam kelompok, yang berarti pula galat percobaan. Dan cara ini tidak mempengaruhi beda antar nilai tengah perlakuan. Keragaman antar kelompok dapat dipisahkan dari galat percobaan (Steel dan Torrie, 1991).

Dalam Rancangan Acak Kelompok, setiap unit percobaan diklasifikasikan menurut kelompok yang mengandung satuan percobaan itu dan perlakuan yang diberikan, sehingga merupakan klasifikasi dua arah. Setiap perlakuan muncul sekali dalam setiap kelompok dan setiap kelompok mengandung semua perlakuan (Steel dan Torrie, 1991). Pengelompokan tersebut dalam usaha memperkecil galat atau umumnya disebut pengendalian galat (*error control*). Kelompok dan perlakuan ortogonal satu dengan lainnya. Artinya setiap perlakuan muncul sama seringnya dalam setiap kelompok. Jika kelompok dan perlakuan tidak saling ortogonal maka keragaman antar kelompok akan mempengaruhi beda antarnilai tengah perlakuan, sehingga keragaman antar satuan percobaan di dalam kelompok besar yang mengakibatkan besarnya galat percobaan (Yitnosumarto, 1993).

2.1.1 Keuntungan dan kelemahan penggunaan RAK

Rancangan Acak Kelompok mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan rancangan-rancangan lain. Satuan percobaan dibagi ke dalam kelompok-kelompok sehingga diperoleh presisi dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Rancangan Acak Lengkap. Tidak ada batas terhadap banyaknya perlakuan ataupun kelompok. Bila perlakuan tertentu memerlukan ulangan ekstra, itu dapat diberikan pada dua atau lebih satuan percobaan per kelompok dengan pengacakan yang sesuai. Analisis data sederhana. Bila karena sesuatu hal, data dari satu kelompok atau perlakuan tertentu hilang atau tidak dapat digunakan, data itu dapat dibuang tanpa menimbulkan komplikasi dalam analisis. Bila data dari satuan percobaan tertentu hilang, yang hilang itu dapat diduga dengan mudah tanpa kehilangan kesederhanaan perhitungan. Bila galat percobaan heterogen, komponen tak-bias yang dapat digunakan untuk pembandingan tertentu dapat diperoleh (Steel dan Torrie, 1991).

Adapun kerugiannya ialah, apabila andaian adanya gradient satu arah tidak dipenuhi, presisi dan efisiensinya justru lebih rendah dibandingkan dengan RAL yang disebabkan oleh derajat bebas untuk galat percobaan berkurang (Yitnosumarto, 1993). Bila keragaman antar satuan percobaan di dalam kelompok besar maka galat percobaan juga besar (Steel dan Torrie, 1991).

2.1.2 Analisis Ragam

Analisis ragam merupakan suatu analisis yang menguraikan keragaman total ke dalam komponen-komponennya. Untuk itu perlu dipertimbangkan model $Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$ di mana $i = 1,2,\ldots,b$ dan $j = 1,2,\ldots,t$ dan mengganti parameter-parameter dengan penduganya, sehingga diperoleh (Yitnosumarto, 1993):

$$Y_{ij} = \hat{\mu} + \widehat{\beta_i} + \widehat{\tau_j} + \widehat{\varepsilon_{ij}} \quad (2.1)$$

$$Y_{ij} - \hat{\mu} = \widehat{\beta_i} + \widehat{\tau_j} + \widehat{\varepsilon_{ij}}$$

$$Y_{ij} - \bar{y}_{..} = (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) + (\overline{y_{.j}} - \bar{y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \overline{y_{.j}} + \bar{y}_{..})$$

dengan mengkuadratkan dan menjumlahkan menurut i dan j diperoleh :

$$\sum_{i=1}^{b}\sum_{j=1}^{t}(Y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = t\sum_{i=1}^{b}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 + b\sum_{j=1}^{t}(\overline{y_{.j}} - \bar{y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^{b}\sum_{j=1}^{t}(Y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \overline{y_{.j}} + \bar{y}_{..})^2$$

di mana

Y_{ij} : nilai pengamatan pada perlakuan ke-i kelompok ke-j.
μ : nilai tengah umum.
τ_j : pengaruh perlakuan ke-j.
β_i : pengaruh kelompok ke-i.
ε_{ij} : galat percobaan pada perlakuan ke-i kelompok ke-j.
t : banyaknya perlakuan.
b : banyaknya kelompok / ulangan.
$\sum_{i=1}^{b}\sum_{j=1}^{t}(Y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$ menunjukkan keragaman total (terkoreksi).
$t\sum_{i=1}^{b}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$ menunjukkan keragaman kelompok (blok).
$b\sum_{j=1}^{t}(\overline{y_{.j}} - \bar{y}_{..})^2$ menunjukkan keragaman perlakuan.
$\sum_{i=1}^{b}\sum_{j=1}^{t}(Y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \overline{y_{.j}} + \bar{y}_{..})^2$ menunjukkan keragaman galat percobaan.

Persamaan tersebut merupakan penguraian dari Jumlah Kuadrat Total (JKT) menjadi penjumlahan dari Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK), Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP), dan Jumlah Kuadrat Galat (JKG). Nilai harapan untuk masing-masing Jumlah Kuadrat (JK) dapat diuraikan sebagai berikut (Walpole, 1995) :

$$E\ (JKK) = E\left(t\sum_{i=1}^{b}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2\right) = t\,E(\sum_{i=1}^{b}\bar{y}_{i.}{}^2 - b\bar{y}_{..}{}^2)$$

$$= t(\sum_{,=1} E(\bar{y}_{i.}{}^2) - bE(\bar{y}_{..}{}^2))$$

$$= t(\sum_{i=1}^{b}(\frac{\sigma^2}{t} + (\mu + \beta_i)^2) - b(\frac{\sigma^2}{bt} + \mu^2))$$

$$= t(\frac{b\sigma^2}{t} + b\mu^2 + 2\mu\sum_{i=1}^{b}\beta_i + \sum_{i=1}^{b}\beta_i{}^2 - \frac{\sigma^2}{t} - b\mu^2)$$

$$= t(\frac{b\sigma^2}{t} + \sum_{i=1}^{b}\beta_i{}^2 - \frac{\sigma^2}{t})$$

$$= (b-1)\sigma^2 + t\sum_{i=1}^{b}\beta_i{}^2 \qquad (2.2)$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai harapan untuk JKP dan JKG sebagai berikut :

$$E(JKP) = (t-1)\sigma^2 + \ b\sum_{j=1}^{t}\tau_j{}^2 \qquad (2.3)$$

$$E(JKG) = (b-1)(t-1)\sigma^2 \qquad (2.4)$$

Kuadrat Tengah (KT) masing-masing komponen merupakan JK komponen tersebut dibagi dengan derajat bebasnya, sehingga nilai harapan KT masing-masing komponen sebagai berikut :

$$E(KTK) = \sigma^2 + \frac{t}{(b-1)}\sum_{i=1}^{b}\beta_i{}^2 \qquad (2.5)$$

$$E(KTP) = \sigma^2 + \frac{b}{(t-1)}\sum_{j=1}^{t}\tau_j{}^2 \qquad (2.6)$$

$$E(KTG) = \sigma^2 \qquad (2.7)$$

2.1.3 Asumsi-asumsi yang Mendasari Analisis Ragam

Analisis ragam merupakan suatu teknik statistika. Oleh karena itu, asumsi-asumsi yang dikehendaki oleh teknik tersebut harus dipenuhi agar pemakaiannya terhadap suatu gugus data dapat dianggap sah (Yitnosumarto, 1993).

Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis ragam adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh perlakuan dan lingkungan bersifat aditif (saling menambah).
2. Galat-galat percobaan menyebar normal.
3. Galat-galat percobaan mempunyai ragam umum, σ^2.
4. Galat percobaan bebas sesamanya, artinya bahwa peluang galat suatu pengamatan yang mempunyai nilai tertentu harus tidak tergantung pada nilai galat pengamatan yang lain.

Ketiga asumsi terakhir dapat diringkas menjadi $\varepsilon_{ij} \sim NID(0,\sigma^2)$, yang berarti galat percobaan menyebar secara normal dan bebas satu sama lain dengan nilai tengah nol dan ragam σ^2. Tidak terpenuhinya satu atau beberapa asumsi dapat mempengaruhi taraf nyata dan kepekaan dari uji *F*. Tidak terpenuhinya salah satu asumsi sering diikuti juga oleh tidak terpenuhinya asumsi yang lain. Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan pengujian terhadap seluruh asumsi, bukan hanya salah satu asumsi saja (Yitnosumarto, 1993).

2.1.4 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis untuk pengaruh perlakuan dan pengaruh kelompok digunakan statistik uji F. Statistik uji untuk menguji H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_t = 0$ terhadap H_1 : paling tidak ada satu $\tau_j \neq 0$ (j=1,2,…,t) adalah (Lehman, 1986)

$$F = \frac{KTP}{KTG} \quad (2.8)$$

Daerah kritis untuk menguji H_0 terhadap H_1 adalah tolak H_0 jika $F > F\alpha_{;(t-1);(b-1)(t-1)}$. Statistik uji untuk menguji $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_b = 0$ terhadap H_1 : paling tidak ada satu $\beta_i \neq 0$ (i=1,2,…,b) adalah

$$F = \frac{KTK}{KTG} \tag{2.9}$$

dengan

$$KTP = \frac{b\sum_{j=1}^{t}\left(\overline{y_{.j}} - \overline{y_{..}}\right)^2}{t-1}$$

$$KTK = \frac{t\sum_{i=1}^{b}\left(\overline{y_{i.}} - \overline{y_{..}}\right)^2}{b-1}$$

$$KTG = \frac{\sum_{i=1}^{b}\sum_{j=1}^{t}\left(Y_{ij} - \overline{y_{i.}} - \overline{y_{.j}} + \overline{y_{..}}\right)^2}{(b-1)(t-1)}$$

Daerah kritis untuk menguji H_0 terhadap H_1 adalah tolak H_0 jika $F > F\alpha_{;(t-1);(b-1)(t-1)}$. Dari uraian dapat diringkas dalam suatu tabel analisis ragam untuk Rancangan Acak Kelompok pada Tabel 2.1 (Barner, 1994).

Tabel 2.1 Tabel Analisis Ragam Rancangan Acak Kelompok

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	E(KT)	F
Kelompok	*(b-1)*	*JKK*	*KTK*	$\sigma^2 + \frac{t}{(b-1)}\sum_{i=1}^{b}\beta_i^{\,2}$	$\frac{KTK}{KTG}$
Perlakuan	*(t-1)*	*JKP*	*KTP*	$\sigma^2 + \frac{b}{(t-1)}\sum_{j=1}^{t}\tau_j^{\,2}$	$\frac{KTP}{KTG}$
Galat	*(b-1)(t-1)*	*JKG*	*KTG*	σ^2	
Total	*(bt-1)*	*JKT*			

2.2 Amatan Hilang

Pada berbagai kasus dalam menggunakan Rancangan Acak Kelompok sering terjadi adanya satu atau lebih amatan hilang. Hal ini terjadi karena kecerobohan, kesalahan, atau adanya sebab tidak terkontrol tetapi bukan akibat perlakuan, misalnya tanaman atau hewan mati sebelum percobaan berakhir, pasien meninggal dunia ketika pengobatan berlangsung, tabung reaksi pecah dan sebagainya. Amatan hilang akan menyebabkan masalah dalam analisis karena perlakuan tidak ortogonal dengan kelompok, di mana setiap perlakuan tidak terjadi dalam setiap kelompok (Milliken, 1992).

Yitnosumarto (1993) mengatakan bahwa salah satu keuntungan penggunaan Rancangan Acak Kelompok adalah jika ada satu atau lebih amatan yang hilang (atau sengaja dihilangkan dengan alasan yang dapat diterima) analisis ragam untuk data tersebut masih dapat dilakukan. Adapun metode yang dapat digunakan untuk mengatasi apabila terdapat amatan hilang tersebut adalah melakukan pendugaan amatan hilang dengan metode Yates dan analisis langsung data tak seimbang dengan metode eksak

2.3 Metode Yates

Metode Yates merupakan metode yang pertama kali digunakan untuk menganalisis data apabila terdapat amatan hilang. Metode ini digunakan untuk menduga amatan yang hilang berdasarkan pengamatan yang ada, kemudian nilai dugaan ini dimasukkan dalam tabel pengamatan dan analisis dilakukan pada data yang lengkap dengan mengurangi derajat bebas galat percobaan dengan sejumlah amatan yang hilang (Montgomery, 1991).

Untuk menduga amatan yang hilang tersebut dapat digunakan Metode Kuadrat Terkecil. Dengan metode ini, jika amatan yang hilang tersebut dinyatakan sebagai X_{ij}, maka (Yitnosumarto, 1993) :

$$X_{ij} = \frac{bB_j + tT_i - G}{(b-1)(t-1)} \tag{2.10}$$

di mana

B_j = total kelompok ke-*j* yaitu kelompok amatan yang hilang atau dihilangkan.
T_i = total perlakuan ke-*i* yaitu perlakuan dengan amatan yang hilang atau dihilangkan.
G = total keseluruhan ((*grand total*) tidak termasuk amatan yang hilang).
b,t = berturut-turut adalah banyaknya kelompok dan perlakuan.

Bila ada beberapa nilai yang hilang, semua nilai diaproksimasi kecuali satu. Nilai aproksimasinya dapat diperoleh dengan menghitung $(\overline{y_{i.}} + \overline{y_{.j}})/2$, dengan $\overline{y_{i.}}$ dan $\overline{y_{.j}}$ adalah rata-rata perlakuan dan kelompok dari amatan yang ada, yang mengandung amatan yang hilang. Persamaan (2.10) kemudian digunakan untuk menduga nilai lainnya (Steel dan Torrie, 1991).

Setelah melakukan satu siklus penuh, dimulai lagi siklus kedua dengan urutan seperti sebelumnya. Hal ini dilanjutkan sampai nilai dugaan yang baru hampir sama dengan nilai dugaan sebelumnya. Biasanya dua siklus sudah cukup. Kemudian dilakukan analisis ragam terhadap nilai dugaan itu bersama-sama dengan pengamatan lainnya (Steel dan Torrie, 1991).

2.4 Metode Eksak

Metode eksak digunakan untuk menganalisis secara langsung apabila terdapat amatan hilang tanpa perlu menduga amatan yang hilang tersebut, melainkan berdasarkan informasi yang ada, sehingga metode ini digunakan pada Rancangan Acak Kelompok sebagai rancangan kelompok tak seimbang. Rancangan kelompok acak tak seimbang dapat diuraikan misalnya terdapat b kelompok, kelompok ke-i terdiri dari k_i unit percobaan dan terdapat t perlakuan ($k_i \leq t$, $i = 1,2,\ldots,b$). Model matematikanya dapat ditulis sebagai berikut (Searle, 1971) :

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \sum_{u=1}^{t} f_{ij}^{u}\tau_u + \varepsilon_{ij} \qquad (2.11)$$

$i = 1,2,\ldots,b;\quad j = 1,2,\ldots,k_i;\quad u = 1,2,\ldots,t$

dengan

$$f_{ij}^{u} = \begin{cases} 1, \text{ jika sel } (i,u) \text{ ada pengamatan dan } j=u \\ 0, \text{ selainnya} \end{cases}$$

Metode ini akan lebih mudah dengan menggunakan pendekatan matriks. Dalam notasi matriks model (2.11) dapat ditulis :

$$\boldsymbol{Y} = \begin{bmatrix}\mathbf{1}_{N^*} & \boldsymbol{E} & \boldsymbol{F}\end{bmatrix}_{(\boldsymbol{bxt})\boldsymbol{x}(\mathbf{1}+\boldsymbol{b}+\boldsymbol{t})} \begin{bmatrix}\boldsymbol{\mu}\\ \boldsymbol{\beta}\\ \boldsymbol{\tau}\end{bmatrix}_{(\mathbf{1}+\boldsymbol{b}+\boldsymbol{t})\boldsymbol{x}\mathbf{1}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{(\mathbf{1}+\boldsymbol{b}+\boldsymbol{t})\boldsymbol{x}\mathbf{1}} \quad \text{atau}$$

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{X\theta} + \boldsymbol{\varepsilon} \qquad (2.12)$$

dengan syarat $\boldsymbol{H\theta} = \mathbf{0}$ (2.13)

di mana :

$\boldsymbol{E}$ = diagonal (1_{k1}, 1_{k2}, …, 1_{kb})

$\boldsymbol{F}$ adalah matriks berukuran N*xt, yaitu F = $[f_1, f_2, \ldots, f_t]_{(bxt)xt}$

f_u adalah vektor berukuran N*x1, yaitu
$f_u = (f_{11}^u \ldots, f_{1k1}^u, \ldots, f_{b1}^u \ldots, f_{bkb}^u)_{(bxt)x1}$

$\boldsymbol{\beta}' = (\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_b)_{(1xb)}$

$\boldsymbol{\tau}' = (\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_t)_{(1xt)}$

$$\boldsymbol{H} = \begin{bmatrix}0 & 1'_b & 0'_t\\ 0 & 0'_b & 1'_t\end{bmatrix}_{2x(1+b+t)}$$

$\boldsymbol{\varepsilon} \sim N(0, \sigma^2 I)$

2.4.1 Metode Penyederhanaan Model

Metode penyederhanaan model digunakan untuk mengubah model dengan syarat menjadi model tak bersyarat (Hocking, 1985). Misalkan untuk mentransformasikan model dari persamaan (2.12) dengan syarat dari persamaan (2.13) menjadi model tak bersyarat, dikerjakan dengan langkah sebagai berikut :

(i) Parameter $(\boldsymbol{\beta}'\ \boldsymbol{\tau}'\ \boldsymbol{\mu})'$ ditransformasikan menjadi $(\beta_1\ \tau_1\ \boldsymbol{\beta}'_{(\mathbf{1})}\ \boldsymbol{\tau}'_{(\mathbf{1})}\ \boldsymbol{\mu})'$ menggunakan matriks T, yang merupakan matriks ortogonal. Matriks T didefinisikan sedemikian sehingga $\boldsymbol{\theta_1} = \boldsymbol{T\theta}$
dengan $\boldsymbol{\theta_1} = \left(\beta_1\ \boldsymbol{\tau_1}\ \boldsymbol{\beta}'_{(\mathbf{1})}\ \boldsymbol{\tau}'_{(\mathbf{1})}\ \boldsymbol{\mu}\right)'$, $\boldsymbol{\theta} = (\boldsymbol{\beta}'\ \boldsymbol{\tau}'\ \boldsymbol{\mu})'$

$\boldsymbol{\theta_{11}} = (\boldsymbol{\beta_1}\ \ \boldsymbol{\theta_1})'$ $\quad \boldsymbol{\theta_{12}} = (\boldsymbol{\beta}'_{(1)}\ \boldsymbol{\tau}'_{(1)}\ \boldsymbol{\mu})'$

$\boldsymbol{\beta}_{(1)} = (\boldsymbol{\beta_2}\ \ \boldsymbol{\beta_3}\ \ \dots\ \boldsymbol{\beta_b})'$ $\quad \boldsymbol{\tau}_{(1)} = (\boldsymbol{\tau_2}\ \ \boldsymbol{\tau_3}\ \ \dots\ \boldsymbol{\tau_t})'$

Model (2.12) dapat ditulis sebagai :

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{X_1\theta_1} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{2.14}$$

dengan syarat $\boldsymbol{H_1\theta_1} = \boldsymbol{0}$ (2.15)

di mana

$\boldsymbol{X_1} = [\boldsymbol{E}\ \ \boldsymbol{F}\ \ \boldsymbol{1}_{N^*}]_{(\boldsymbol{bxt})\boldsymbol{x}(\boldsymbol{1}+\boldsymbol{b}+\boldsymbol{t})}\ \boldsymbol{T}'$ dan

$$\boldsymbol{H_1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1'_{b-1} & 0'_{t-1} & 0 \\ 0 & 1 & 0'_{b-1} & 1'_{t-1} & 0 \end{bmatrix}_{2x(1+b+t)}$$

(ii) $\boldsymbol{H_1}$ dan $\boldsymbol{X_1}$ dipartisikan sedemikian sehingga menjadi :

$\boldsymbol{H_1} = [\boldsymbol{H_{11}}\ \ \boldsymbol{H_{12}}]_{2x(1+b+t)}$ dan $\boldsymbol{X_1} = [\boldsymbol{X_{11}}\ \ \boldsymbol{X_{12}}]_{(\boldsymbol{bxt})\boldsymbol{x}(\boldsymbol{1}+\boldsymbol{b}+\boldsymbol{t})}$

di mana

$\boldsymbol{H_{11}}$ adalah matriks yang terdiri dari dua kolom pertama dari $\boldsymbol{H_1}$

$\boldsymbol{H_{12}}$ adalah matriks yang terdiri dari (b+t-1) kolom terakhir dari $\boldsymbol{H_1}$

$\boldsymbol{X_{11}}$ adalah matriks yang terdiri dari dua kolom pertama dari $\boldsymbol{X_1}$

$\boldsymbol{X_{12}}$ adalah matriks yang terdiri dari (b+t-1) kolom terakhir dari $\boldsymbol{X_1}$

(iii) Hasil partisi (ii) disubstitusikan pada model (2.12), sehingga diperoleh model tak bersyarat

$$\boldsymbol{Y_r} = \boldsymbol{X_r\theta_r} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{2.16}$$

di mana

$\boldsymbol{Y_r} = \boldsymbol{Y}$

$\boldsymbol{X_r} = \boldsymbol{X_{12}} - \boldsymbol{X_{11}}\boldsymbol{H_{11}}^{-1}\boldsymbol{H_{12}}$

$\boldsymbol{\theta_r} = \boldsymbol{\theta_{12}}$

2.4.2 Metode Kemungkinan Maksimum

Untuk menduga parameter-parameter pada model (2.16) digunakan metode kemungkinan maksimum. Langkah-langkah menduga parameter dengan metode kemungkinan maksimum sebagai berikut (Montgomery, 1991) :

(i) Fungsi densitas

$f(Y_r) = f(y_{r11}, \dots, y_{r1k1}, y_{r21}, \dots, y_{r2k2}, \dots, y_{rb1}, \dots, y_{rbkb})$

$f(Y_r) = (\frac{1}{2\pi\sigma^2})^{N^*} exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\boldsymbol{Y_r} - \boldsymbol{X_r\theta_r})'(\boldsymbol{Y_r} - \boldsymbol{X_r\theta_r})\right]$

(ii) Fungsi kemungkinan $L(\theta_r, \sigma^2)$ yang didefinisikan sebagai

$L(\theta_r, \sigma^2) = (\frac{1}{2\pi\sigma^2})^{N^*} exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\boldsymbol{Y_r} - \boldsymbol{X_r\theta_r})'(\boldsymbol{Y_r} - \boldsymbol{X_r\theta_r})\right]$

(iii) Nilai dugaan parameter $\boldsymbol{\theta_r}$ diperoleh dengan memaksimumkan fungsi kemungkinan $L(\theta_r, \sigma^2)$. Dengan memandang σ^2 tetap, $L(\theta_r, \sigma^2)$ akan maksimum jika $\boldsymbol{Q} = (\boldsymbol{Y_r} - \boldsymbol{X_r\theta_r})'(\boldsymbol{Y_r} - \boldsymbol{X_r\theta_r})$ minimum, yaitu dengan mendeferensialkan $\boldsymbol{Q}$ terhadap $\boldsymbol{\theta_r}$ dan menyamakan dengan nol.

$\frac{\partial Q}{\partial \theta_r} = -2\boldsymbol{X_r'Y_r} + 2\boldsymbol{X_r'X_r}\widehat{\boldsymbol{\theta_r}} = 0$

Karena $\frac{\partial^2 Q}{\partial {\theta_r}^2} = 2\boldsymbol{X_r'X_r}$ definit positif maka untuk $\widehat{\boldsymbol{\theta_r}} = (\boldsymbol{X_r'X_r})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{X_r'Y_r}$, nilai $\boldsymbol{Q}$ akan minimum. Jadi penduga tak bias dari $\boldsymbol{\theta_r}$ adalah $\widehat{\boldsymbol{\theta_r}} = (\boldsymbol{X_r'X_r})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{X_r'Y_r}$

2.4.3 Uji Nisbah Kemungkinan

Pengujian hipotesis dikerjakan dari model tak bersyarat (2.16). Untuk melakukan pengujian hipotesis akan ditentukan nilai statistik uji dengan menggunakan metode uji nisbah kemungkinan. Untuk menentukan statistik uji nisbah kemungkinan untuk menguji $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \cdots = \tau_t = 0$ terhadap H_1: paling tidak ada satu $\tau_j \neq 0$ (j=1,2,…,t) pada model dari persamaan (2.12) ekuivalen dengan menentukan statistik uji nisbah kemungkinan untuk menguji $H_0: \tau_2 = \tau_3 = \cdots = \tau_t = 0$ terhadap H_1: paling tidak ada satu $\tau_j \neq 0$ (j=2,3,…,t) pada model dari persamaan (2.16) atau dapat ditulis sebagai $H_0: \boldsymbol{Z\theta_r} = 0$ terhadap $H_1: \boldsymbol{Z\theta_r} \neq 0$ dengan $\boldsymbol{Z} = [0_{(t-1)x(b-1)} \;\; I_{(t-1)} \;\; 0_{(t-1)}]$. Statistik uji nisbah kemungkinan untuk menguji $H_0: \boldsymbol{Z\theta_r} = 0$ terhadap $H_1: \boldsymbol{Z\theta_r} \neq 0$ dapat ditentukan sebagai berikut (Hogg dan Tanis, 2001):

(i) Fungsi densitas

$(Y_r) = f(y_{r11}, \ldots, y_{r1k1}, y_{r21}, \ldots, y_{r2k2}, \ldots, y_{rb1}, \ldots, y_{rbkb})$

$f(Y_r) = (\frac{1}{2\pi\sigma^2})^{N^*} exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(Y_r - X_r\theta_r)'(Y_r - X_r\theta_r)\right]$

(ii) Fungsi kemungkinan $L(\theta_r, \sigma^2)$ yang didefinisikan sebagai

$L(\theta_r, \sigma^2) = (\frac{1}{2\pi\sigma^2})^{N^*} exp\left[-\frac{1}{2\_^2}(Y_r - X_r\theta_r)'(Y_r - X_r\theta_r)\right]$

(iii) Maks (L_ω), yang merupakan nilai maksimum dari $L(\theta_r, \sigma^2)$ dengan range parameter dibatasi pada hipotesis nol ($\boldsymbol{Z\theta_r} = 0$ dan $\sigma^2 > 0$). Untuk memaksimalkan $L(\theta_r, \sigma^2)$ dengan syarat $\boldsymbol{Z\theta_r} = 0$ dapat digunakan metode pengali lagrange dengan menentukan fungsi lagrange yang didefinisikan sebagai :

$F(\theta_r, \sigma^2, \delta) = L(\theta_r, \sigma^2) + \delta' \frac{Z\theta_r}{\sigma^2}$

dengan δ merupakan pengali lagrange yang tidak diketahui.

$F(\theta_r, \sigma^2, \delta)$ dideferensialkan terhadap θ_r, σ^2 dan δ sehingga diperoleh penduga tak bias untuk σ^2 sebagai berikut :

$\widetilde{\boldsymbol{\sigma^2}} = \frac{(\boldsymbol{Y_r - X_r\widetilde{\theta_r}})'(\boldsymbol{Y_r - X_r\widetilde{\theta_r}})}{N^*}$

Maks $(L_\omega) = L(\widetilde{\theta_r}, \widetilde{\sigma^2})$

$= (2\pi)^{-\frac{N^*}{2}} [\frac{(\boldsymbol{Y_r - X_r\widetilde{\theta_r}})'(\boldsymbol{Y_r - X_r\widetilde{\theta_r}})}{N^*}]^{-\frac{N^*}{2}}\ e^{-\frac{N^*}{2}}$

(iv) Maks (L_Ω), yang merupakan nilai maksimum dari $L(\theta_r, \sigma^2)$ dengan range parameter tanpa pembatasan ($-\infty < \boldsymbol{Z\theta_r} < \infty$ dan $\sigma^2 > 0$)

$\widehat{\boldsymbol{\theta_r}} = (\boldsymbol{X_r'X_r})^{-1}(\boldsymbol{X_r'Y_r})$ dan $\widehat{\sigma^2} = \frac{(\boldsymbol{Y_r - X_r\widehat{\theta_r}})'(\boldsymbol{Y_r - X_r\widehat{\theta_r}})}{N^*}$

Maks $(L_\Omega) = L(\widehat{\boldsymbol{\theta_r}}, \widehat{\sigma^2})$

$= (2\pi)^{-\frac{N^*}{2}} [\frac{(\boldsymbol{Y_r - X_r\widehat{\theta_r}})'(\boldsymbol{Y_r - X_r\widehat{\theta_r}})}{N^*}]^{-\frac{N^*}{2}}\ e^{-\frac{N^*}{2}}$

(v) Statistik uji nisbah kemungkinan yang didefinisikan sebagai berikut :

$\lambda = \frac{\text{Maks }(L_\omega)}{\text{Maks }(L_\Omega)}$

$\lambda = [\frac{(\boldsymbol{Y_r - X_r\widehat{\theta_r}})'(\boldsymbol{Y_r - X_r\widehat{\theta_r}})}{(\boldsymbol{Y_r - X_r\widetilde{\theta_r}})'(\boldsymbol{Y_r - X_r\widetilde{\theta_r}})}]^{\frac{N^*}{2}}$

Jadi statistik uji nisbah kemungkinan untuk menguji $H_0: \boldsymbol{Z\theta_r} = 0$ terhadap $H_1: \boldsymbol{Z\theta_r} \neq 0$ adalah

$F\ = \frac{KTP}{KTG}$

$$= \frac{(\widehat{\boldsymbol{Z\theta_r}})'\left[\boldsymbol{Z}(\boldsymbol{X_r'X_r})^{-1}\boldsymbol{Z'}\right]^{-1}(\widehat{\boldsymbol{Z\theta_r}})/(t-1)}{\boldsymbol{Y'}\left[\boldsymbol{I}-\boldsymbol{X_r}(\boldsymbol{X_r'X_r})^{-1}\boldsymbol{X_r'}\right]\boldsymbol{Y}/(N^*-(t+b-1))} \quad (2.17)$$

Daerah kritis untuk menguji H_0 terhadap H_1 adalah tolak H_0 jika $F > F_{\alpha;(t-1),(N^*-(t+b-1))}$

Untuk menentukan statistik uji $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_b = 0$ terhadap H_1: paling tidak ada satu $\beta_i \neq 0$ (i=1,2,…,b) pada model dari persamaan (2.12) ekuivalen dengan menentukan statistik uji $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \cdots = \beta_b = 0$ terhadap H_1: paling tidak ada satu $\beta_i \neq 0$ (i=2,3,…,b) pada model dari persamaan (2.16) atau dapat ditulis sebagai H_0: $\boldsymbol{W\theta_r} = 0$ terhadap H_1: $\boldsymbol{W\theta_r} \neq 0$ dengan $\boldsymbol{W} = [I_{(b-1)}\ 0_{(b-1)x(t-1)}\ 0_{(b-1)}]$. Dengan cara yang sama dapat diperoleh statistik uji nisbah kemungkinan untuk menguji H_0: $\boldsymbol{W\theta_r} = 0$ terhadap H_1: $\boldsymbol{W\theta_r} \neq 0$ sebagai berikut :

$$F = \frac{KTK}{KTG}$$

$$= \frac{(\widehat{\boldsymbol{W\theta_r}})'\left[\boldsymbol{W}(\boldsymbol{X_r'X_r})^{-1}\boldsymbol{W'}\right]^{-1}(\widehat{\boldsymbol{W\theta_r}})/(b-1)}{\boldsymbol{Y'}\left[\boldsymbol{I}-\boldsymbol{X_r}(\boldsymbol{X_r'X_r})^{-1}\boldsymbol{X_r'}\right]\boldsymbol{Y}/(N^*-(t+b-1))} \quad (2.18)$$

Daerah kritis untuk menguji H_0 terhadap H_1 adalah tolak H_0 jika $F > F_{\alpha;(b-1),(N^*-(t+b-1))}$

1.5 Efisiensi Statistik

Statistika banyak berhubungan dengan penarikan kesimpulan mengenai parameter populasi, dan penarikan kesimpulan ini bersifat tidak pasti karena hanya didasarkan pada bukti yang berasal dari contoh. Untuk mendapatkan penduga parameter yang baik, salah satu sifat yang harus dipenuhi adalah ketakbiasan (*unbiasedness*) di mana nilai tengah semua kemungkinan nilai dugaan dari suatu penduga sama dengan parameter yang diduga. Sifat lain yang harus dipenuhi adalah mempunyai ragam kecil. Penduga yang mempunyai ragam lebih kecil dikatakan lebih efisien daripada penduga yang mempunyai ragam lebih besar (Steel dan Torrie, 1991). Berdasarkan Tabel 2.1 dapat dikatakan bahwa $\widehat{\sigma^2} = s^2 = KTG$ merupakan penduga tak bias untuk ragam ε_{ij}, yaitu σ^2

(Yitnosumarto, 1993). Jadi efisiensi suatu metode dapat dilihat dari KTG yang dihasilkan.

Dalam pengambilan sampel acak dari populasi normal, rataan sampel $\bar{x}$ adalah suatu penduga yang efisien dari μ dalam arti bahwa penduga itu mempunyai galat baku lebih kecil dari setiap penduga μ yang lain. Efisiensi relatif penduga yang lain didefinisikan dengan membagi variansinya dengan variansi penduga efisien. Hasil bagi itu biasanya lebih kecil dari satu, dan dapat sama dengan satu jika penduga sama dengan statistik efisien yang digunakan (Dixon dan Massey, 1983).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data hasil penelitian (Yitnosumarto, 1993) yang ingin mempelajari pengaruh varietas jagung terhadap tingkat produksi jagung. Data ini sudah memenuhi asumsi normal, independen dan identik. Hasil plot data pengujian asumsi dapat dilihat pada Lampiran 2. Untuk keperluan analisis dilakukan beberapa penyesuaian dengan menghilangkan satu atau lebih amatan secara acak, baik penghilangan amatan pada perlakuan yang sama maupun penghilangan amatan pada perlakuan yang berbeda. Data lengkap dan data dengan k amatan hilang dapat dilihat pada Lampiran 1.

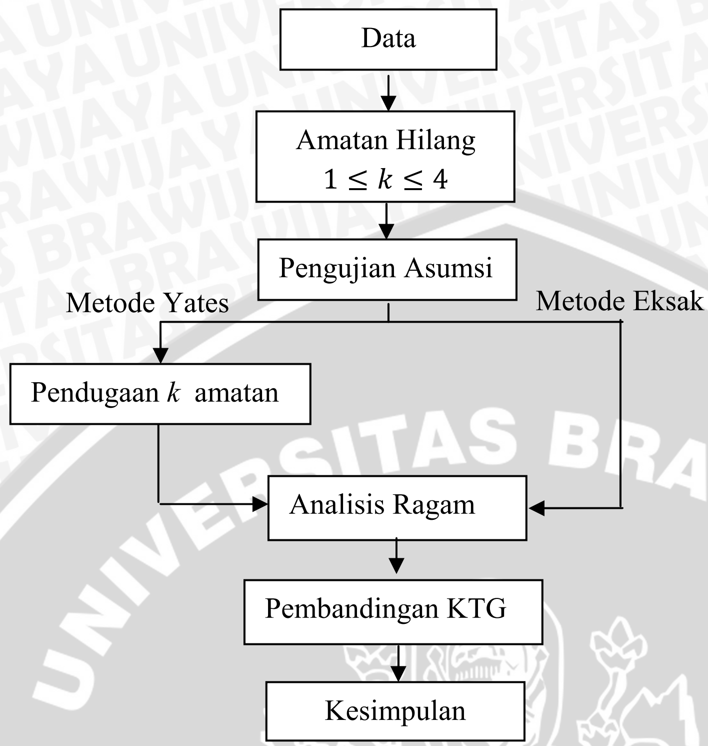
3.2. Metode Analisis

Jika terdapat amatan hilang, analisis data pada Rancangan Acak Kelompok dapat dilakukan dengan tahapan kegiatan sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian asumsi yang mendasari analisis ragam pada data lengkap dan data dengan k amatan hilang.
2. Metode Yates.
   a. Menduga amatan yang hilang dengan rumus (2.10), dan nilai dugaan dimasukkan dalam tabel amatan.
   b. Melakukan analisis ragam pada data lengkap.
3. Metode Eksak. Melakukan analisis ragam data dengan *k* amatan hilang secara langsung dengan rumus (2.17) dan (2.18).
4. Menentukan metode yang lebih efisien dengan memperhatikan pengaruh banyaknya amatan hilang terhadap keragaman galat percobaan. Metode yang lebih efisien adalah metode yang menghasilkan galat percobaan lebih kecil.

Alat bantu analisis yang digunakan untuk metode Yates adalah *software* Minitab. Adapun untuk metode eksak, digunakan *macro* Minitab (Lampiran 5).

Adapun langkah-langkah pembandingan metode Yates dengan metode eksak dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Langkah-langkah Pembandingan Metode Yates dengan Metode Eksak Jika Terdapat Amatan Hilang

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Asumsi-asumsi yang Mendasari Analisis Ragam

Sebelum data dianalisis, dilakukan pengujian asumsi terhadap kenormalan, aditivitas serta kebebasan galat pada data lengkap dan data dengan k amatan hilang. Hasil pengujian asumsi dapat dilihat pada Tabel 4.1. Hasil analisis lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Asumsi Kenormalan, Aditivitas dan Kebebasan Galat

Data	**Asumsi**			
	Kenormalan (p-value)	**Homogenitas (p-value)**	**Aditivitas (Pola plot)**	**Kebebasan (Semua lag)**
Lengkap	> 0.15	0.286	Acak	Dalam selang
k=1	> 0.15	0.278	Acak	Dalam selang
k=2 (*)	> 0.15	0.332	Acak	Dalam selang
k=2 (**)	0.079	0.350	Acak	Dalam selang
k=3 (*)	> 0.15	0.490	Acak	Dalam selang
k=3 (**)	> 0.15	0.249	Acak	Dalam selang
k=4 (*)	> 0.15	0.434	Acak	Dalam selang
k=4 (**)	> 0.15	0.332	Acak	Dalam selang

Keterangan :

k : banyaknya amatan hilang

(*) amatan hilang pada perlakuan berbeda

(**) dua amatan hilang pada perlakuan sama dan (k-2) amatan hilang pada perlakuan berbeda

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa semua p-value > α (0.05), sehingga dapat dikatakan bahwa asumsi kenormalan galat terpenuhi.

Demikian juga untuk asumsi aditivitas dan kebebasan galat. Diketahui semua plot antara galat dan nilai fit tidak membentuk pola tertentu (acak). Hal ini menunjukkan bahwa asumsi aditivitas terpenuhi. Diketahui juga semua lag berada dalam selang. Hal ini menunjukkan tidak ada autokorelasi antar galat, sehingga asumsi kebebasan galat terpenuhi.

4.2 Metode Yates

Sebelum data dianalisis, amatan yang hilang diduga terlebih dahulu menggunakan rumus (2.10). Hasil dugaan untuk *k* amatan hilang dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil dugaan tersebut dimasukkan dalam tabel amatan, sehingga analisis ragam dilakukan pada data lengkap. Adapun Kuadrat Tengah Galat (KTG) yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.2. Hasil analisis lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.2 Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap KTG yang Dihasilkan dengan Metode Yates

Amatan Hilang (*k*)	**KTG**	
	perlakuan sama	**perlakuan berbeda**
1	21.474	21.474
2	20.692	21.869
3	21.148	18.168
4	22.021	18.875

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa untuk *k* amatan hilang, KTG yang dihasilkan dengan metode Yates cenderung konstan, baik pada perlakuan yang sama maupun pada perlakuan berbeda. Hal ini disebabkan oleh adanya pendugaan terhadap amatan yang hilang, sehingga perlakuan dan kelompok tetap saling ortogonal.

4.3 Metode Eksak

Analisis data secara langsung dengan metode eksak dilakukan dengan bantuan *macro* Minitab. Adapun KTG yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Hasil analisis lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.3 Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap KTG yang Dihasilkan dengan Metode Eksak

Amatan Hilang (*k*)	**KTG**	
	perlakuan sama	**perlakuan berbeda**
1	21.547	21.547
2	20.839	21.964
3	21.329	18.287
4	23.425	20.048

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa KTG yang dihasilkan dengan metode eksak cenderung konstan, untuk *k* amatan hilang. Dalam hal ini amatan yang hilang terjadi pada perlakuan yang sama dan pada perlakuan berbeda.

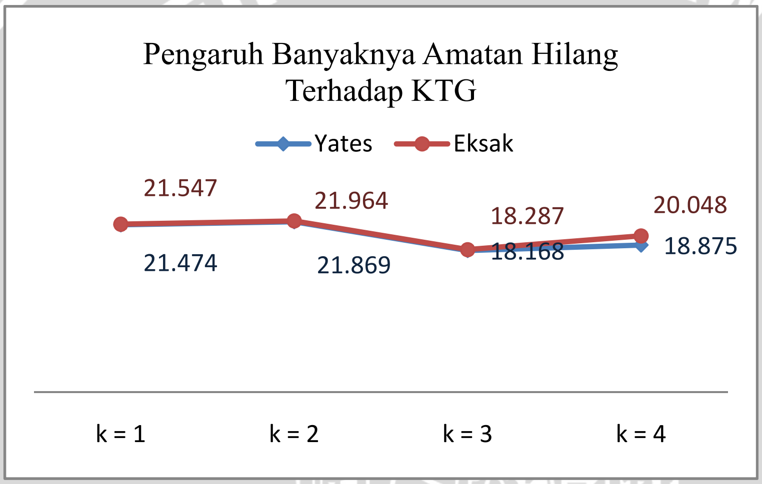
4.4 Perbandingan Metode Yates dan Metode Eksak

Untuk menentukan metode yang lebih efisien di antara metode Yates dan metode eksak yang digunakan untuk menganalisis apabila terdapat amatan hilang pada Rancangan Acak Kelompok, dilihat dari pengaruh banyaknya amatan hilang terhadap KTG dihasilkan, baik pada perlakuan yang berbeda maupun pada perlakuan yang sama. Adapun pengaruh k amatan hilang pada perlakuan berbeda terhadap KTG dapat dirangkum seperti terlihat Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap KTG (Pada Perlakuan Berbeda)

Amatan Hilang (*k*)	**KTG**		**Efisiensi Relatif**
	Yates	**Eksak**	
1	21.474	21.547	0.997
2	21.869	21.964	0.996
3	18.168	18.287	0.993
4	18.875	20.048	0.941

Dari Tabel 4.4, tampak bahwa semua KTG yang dihasilkan dengan metode Yates lebih kecil daripada KTG yang dihasilkan dengan metode eksak, untuk *k* amatan hilang yang bersesuaian. Dalam hal ini amatan yang hilang pada perlakuan yang berbeda. Namun berapa pun amatan yang hilang, KTG yang dihasilkan cenderung konstan, terlihat pada Gambar (4.1).

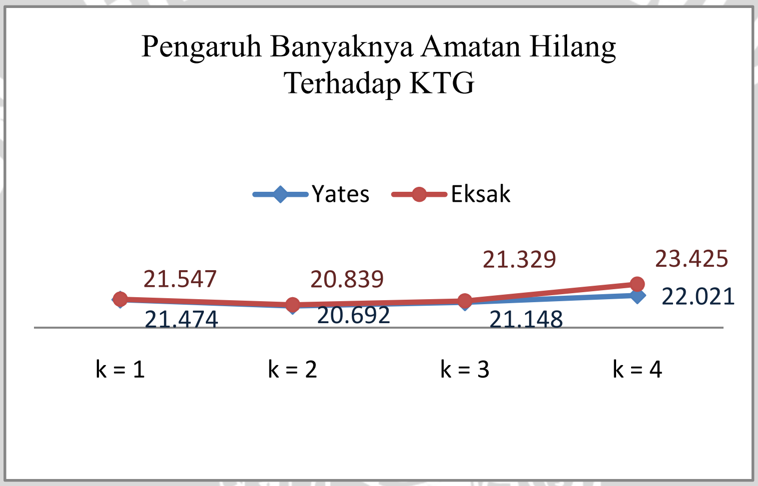


Gambar 4.1 Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap KTG pada Perlakuan Berbeda

Tabel 4.5 Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap KTG (Pada Perlakuan Sama)

Amatan Hilang (*k*)	**KTG**		**Efisiensi Relatif**
	Yates	**Eksak**	
1	21.474	21.547	0.997
2	20.692	20.839	0.993
3	21.148	21.329	0.992
4	22.021	23.425	0.940

Sama halnya dengan jika amatan yang hilang terjadi pada perlakuan berbeda, dari Tabel 4.5 terlihat bahwa semua KTG yang dihasilkan dengan metode Yates lebih kecil daripada KTG yang dihasilkan dengan metode eksak, dalam hal ini amatan yang hilang pada perlakuan yang sama. Dan berapa pun amatan yang hilang, KTG yang dihasilkan cenderung konstan, terlihat pada Gambar (4.2).



Gambar 4.2 Pengaruh Banyaknya Amatan Hilang Terhadap KTG pada Perlakuan Sama

Dari berbagai kasus menunjukkan bahwa semua KTG yang dihasilkan dengan metode Yates lebih kecil dibandingkan dengan KTG yang dihasilkan dengan metode eksak, baik amatan yang hilang terjadi pada perlakuan berbeda maupun pada perlakuan yang sama. Terbukti dari semua nilai efisiensi relatif Metode Yates terhadap metode eksak kurang dari satu, yang berarti bahwa metode Yates lebih efisien daripada metode eksak.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa semua KTG yang dihasilkan dengan metode Yates lebih kecil dibandingkan dengan KTG dari metode eksak, baik amatan yang hilang terjadi pada perlakuan berbeda maupun pada perlakuan yang sama. Artinya metode Yates lebih efisien daripada metode eksak. Efisiensi relatif menurun seiring dengan peningkatan banyaknya amatan hilang.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk membahas metode untuk analisis data apabila terdapat amatan hilang dengan metode satterthwaite, kemudian dibandingkan dengan metode Yates.

DAFTAR PUSTAKA

Barner, J. Wesley. 1994. *Statistical Analysis for Engineers and Scientist. A Computer Based Approach.* Mc. Graw Hill inc. Singapore.

Dixon, Wilfrid J. dan Massey, Frank J. 1983. *Pengantar Analisis Statistik.* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Freund, J.E dan Walpole, R.E . 1987. *Mathematical Statistics*, 4th Edition. Prentice-Hall inc. New Jersey.

Hocking, R.R. 1985. *The Analysis of Linear Model*. Cole Publishing Company. California.

Hogg, Robert V. dan Tanis, Elliot A. 2001. *Probability and Statistical Inference.* Sixth Edition. Prentice Hall International inc. New Jersey.

http://www.google.com/daexactmethods91.html. Tanggal akses : 20 November 2008.

http://www.google.com/unbalanced_versus_missing_data.html. Tanggal akses : 19 Desember 2008.

Lehman, E.L. 1986. *Testing Statistical Hipothesis.* 2nd Edition. John Wiley. New York.

Milliken, G.A dan Johnson, D.E. 1992. *Analysis of Missing Data.* Chapman & Hall. London.

Montgomery, Douglas. C. 1991. *Design Analysis of Experiments*. Third edition. John Willey and Son's, Inc, Canada.

Searle, S.R. 1971. *Linear Model.* John Wiley & Sons. New York.

Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1995. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. Edisi kedua. Alih bahasa : Bambang Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Sutarman. 2004. *Metode Yates : Metode Alternatif Menghitung Kontras*. http://www.google.com/matematika-sutarman. Tanggal akses : 25 November 2008.

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

Walpole, R.E. 1995. *Pengantar Statistika.* Edisi ketiga. Alih bahasa: Bambang Sumantri. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Lampiran 1. Pengaruh Varietas Jagung Terhadap Tingkat Produksi Jagung

Tabel 1. Data Lengkap

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78	34.67	36.00	31.33	184.67
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33	32.22	30.44	172.65
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22	45.33	183.77
8	22.67	27.56	18.89	27.56	21.78	118.46
Total	267.66	321.55	263.87	288.66	282.65	1424.39

Tabel 2. Data dengan Satu Amatan Hilang

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00	31.33	150.00
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33	32.22	30.44	172.65
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22	45.33	183.77
8	22.67	27.56	18.89	27.56	21.78	118.46
Total	267.66	321.55	229.2	288.66	282.65	1389.72

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 34.15536.

Lampiran 1. (Lanjutan)

Tabel 3. Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00	31.33	150.00
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33		30.44	140.43
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22	45.33	183.77
8	22.67	27.56	18.89	27.56	21.78	118.46
Total	267.66	321.55	229.2	256.44	282.65	1357.50

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 34.01004, X_{44} = 36.2189.

Tabel 4. Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00		118.67
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33	32.22	30.44	172.65
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22	45.33	183.77
8	22.67	27.56	18.89	27.56	21.78	118.46
Total	267.66	321.55	229.2	288.66	251.32	1358.39

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 36.14205, X_{25} = 39.2867.

Lampiran 1. (Lanjutan)

Tabel 5. Data dengan Tiga Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00	31.33	150.00
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33		30.44	140.43
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22		138.44
8	22.67	27.56	18.89	27.56	21.78	118.46
Total	267.66	321.55	229.2	256.44	237.32	1312.17

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 34.4514, X_{44} = 36.6603, X_{75} = 32.5292.

Tabel 6. Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama dan Satu Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00		118.67
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33		30.44	140.43
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22	45.33	183.77
8	22.67	27.56	18.89	27.56	21.78	118.46
Total	267.66	321.55	229.2	256.44	251.32	1326.17

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 35.93943, X_{44} = 35.84836, X_{25} = 39.1238.

Lampiran 1. (Lanjutan)

Tabel 7. Data dengan Empat Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00	31.33	150.00
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33		30.44	140.43
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22		138.44
8	22.67		18.89	27.56	21.78	90.90
Total	267.66	293.99	229.2	256.44	237.32	1284.61

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 34.41299, X_{44} = 36.61439, X_{75} = 32.49882, X_{82} = 28.8933.

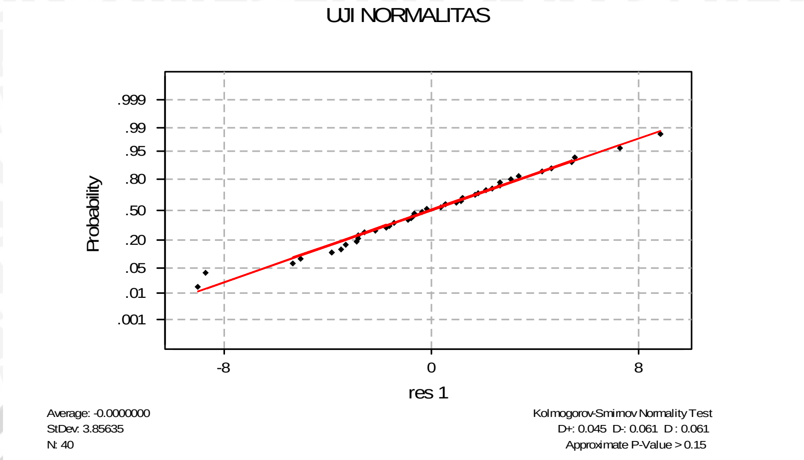
Tabel 8. Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama dan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

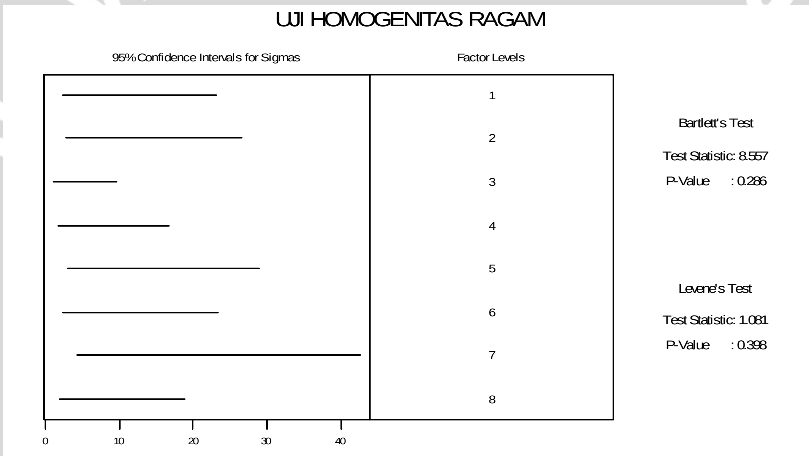
Perlakuan	Kelompok					Total
	1	2	3	4	5	
1	44.66	42.22	36.33	44.44	35.33	191.98
2	36.89	45.78		36.00		118.67
3	25.11	29.33	27.33	29.78	26.44	137.99
4	34.22	38.44	37.33		30.44	140.43
5	70.89	76.11	68.44	60.22	66.44	342.10
6	13.11	18.11	15.77	20.22	25.56	92.77
7	31.11	44.00	25.11	38.22	45.33	183.77
8	22.67		18.89	27.56	21.78	90.90
Total	267.66	293.99	229.2	256.44	251.32	1298.61

Dengan menggunakan rumus (2.10) didapatkan nilai duga X_{23} = 35.9304, X_{44} = 35.8540, X_{25} = 39.0159, X_{82} = 28.1336.

Lampiran 2 . Plot Data untuk Uji Asumsi : Normalitas, Homogenitas Ragam, Aditivitas, dan Kebebasan Galat

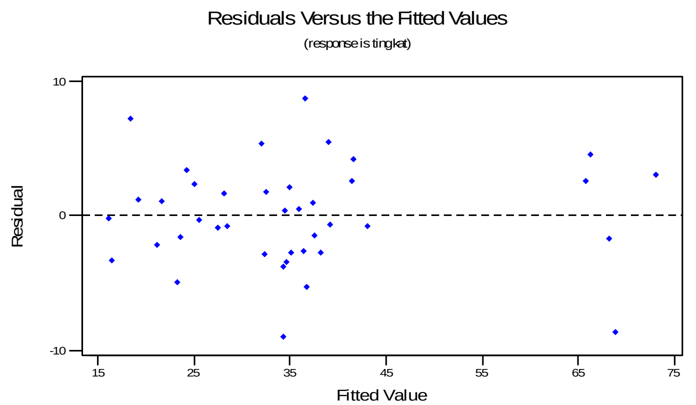
Data Lengkap

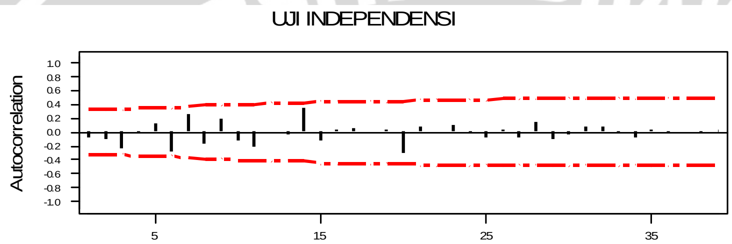




Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS

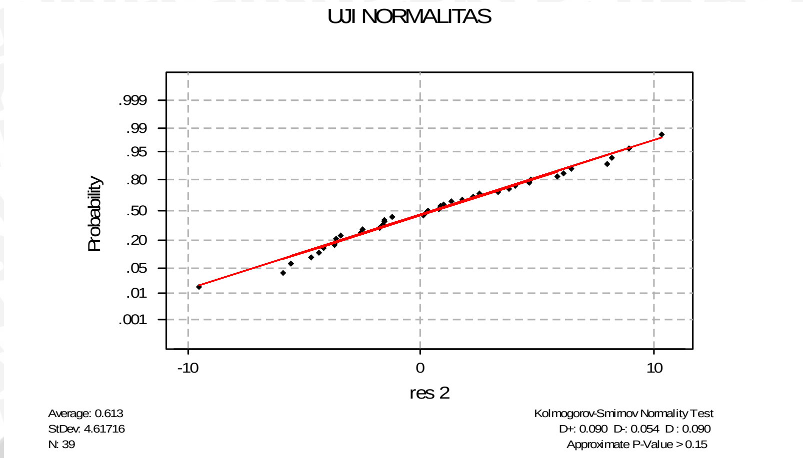


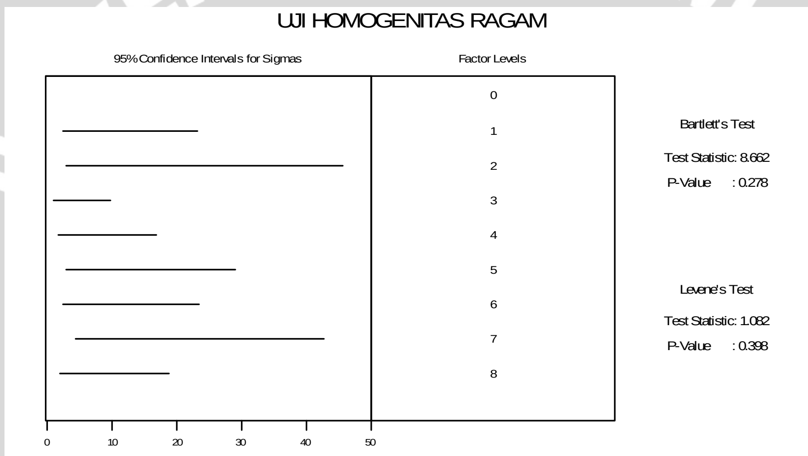


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.08	-0.49	0.25	13	-0.04	-0.18	18.11	25	-0.08	-0.33	37.07	37	0.00	0.02	47.42
2	-0.11	-0.67	0.76	14	0.35	1.69	26.03	26	0.04	0.18	37.28	38	-0.01	-0.05	47.56
3	-0.24	-1.46	3.27	15	-0.13	-0.57	27.10	27	-0.08	-0.33	38.08	39	0.01	0.03	47.65
4	-0.02	-0.13	3.29	16	0.03	0.14	27.17	28	0.15	0.63	41.14				
5	0.12	0.68	3.93	17	0.06	0.27	27.43	29	-0.10	-0.43	42.72				
6	-0.28	-1.62	7.74	18	0.02	0.08	27.45	30	-0.03	-0.11	42.82				
7	0.25	1.39	11.01	19	0.03	0.12	27.51	31	0.07	0.28	43.69				
8	-0.18	-0.94	12.72	20	-0.30	-1.32	34.86	32	0.08	0.32	44.96				
9	0.19	0.96	14.62	21	0.08	0.35	35.43	33	-0.01	-0.05	44.99				
10	-0.12	-0.62	15.47	22	0.00	0.01	35.43	34	-0.08	-0.35	47.00				
11	-0.21	-1.04	18.02	23	0.10	0.41	36.35	35	0.03	0.14	47.39				
12	0.00	0.02	18.02	24	-0.02	-0.07	36.38	36	-0.01	-0.03	47.41				

Lampiran 2. (Lanjutan)

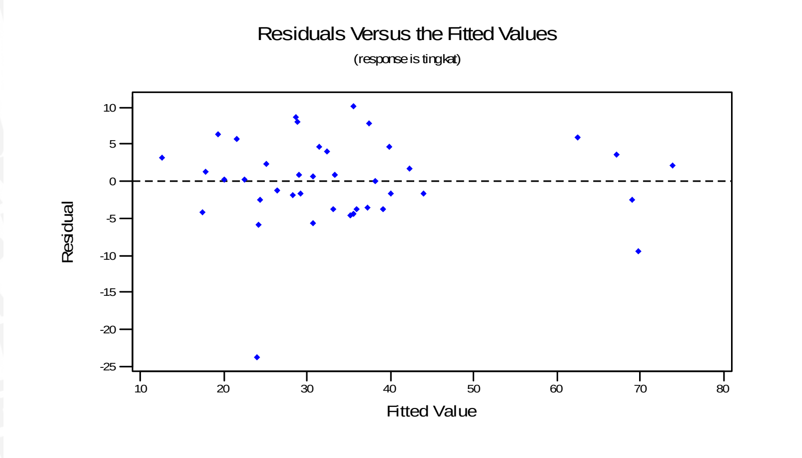
k = 1



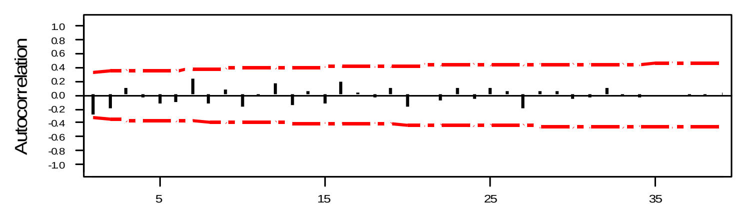


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



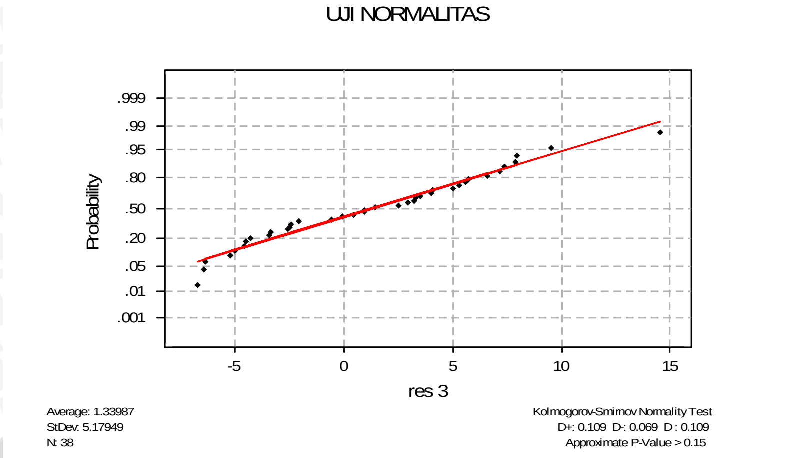
UJI INDEPENDENSI

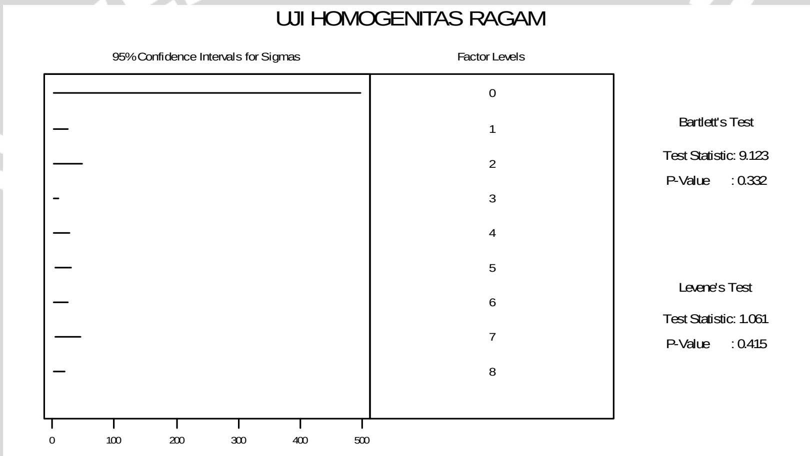


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.29	-1.84	3.64	13	-0.14	-0.70	15.55	25	0.11	0.52	26.03	37	-0.01	-0.06	36.17
2	-0.19	-1.09	5.17	14	0.05	0.25	15.71	26	0.05	0.21	26.28	38	-0.00	-0.01	36.18
3	0.10	0.54	5.59	15	-0.13	-0.62	16.76	27	-0.20	-0.90	31.25	39	0.01	0.03	36.24
4	-0.02	-0.13	5.62	16	0.19	0.92	19.23	28	0.05	0.25	31.67				
5	-0.12	-0.66	6.27	17	0.03	0.16	19.31	29	0.06	0.27	32.20				
6	-0.09	-0.53	6.71	18	-0.04	-0.18	19.41	30	-0.05	-0.24	32.67				
7	0.25	1.36	9.79	19	0.11	0.54	20.42	31	-0.02	-0.10	32.77				
8	-0.12	-0.63	10.53	20	-0.16	-0.77	22.63	32	0.11	0.50	35.34				
9	0.08	0.41	10.87	21	0.00	0.02	22.63	33	-0.02	-0.09	35.45				
10	-0.18	-0.92	12.60	22	-0.09	-0.42	23.38	34	-0.04	-0.19	35.93				
11	-0.01	-0.07	12.61	23	0.09	0.44	24.26	35	0.02	0.09	36.07				
12	0.17	0.87	14.33	24	-0.06	-0.27	24.61	36	0.00	0.01	36.07				

Lampiran 2. (Lanjutan)

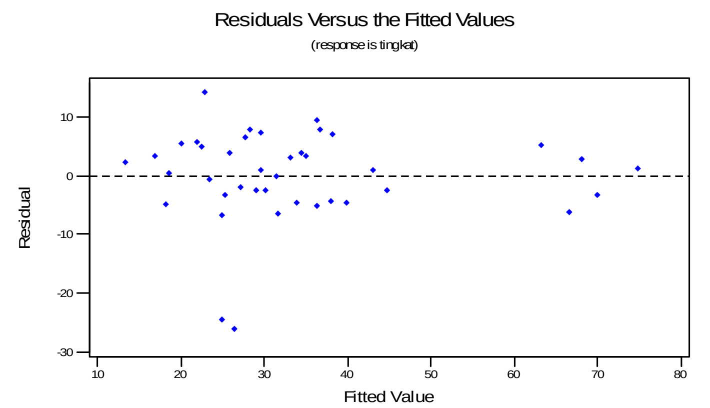
k = 2 (Pada Perlakuan Berbeda)



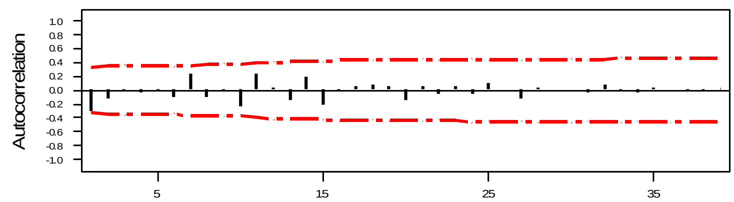


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



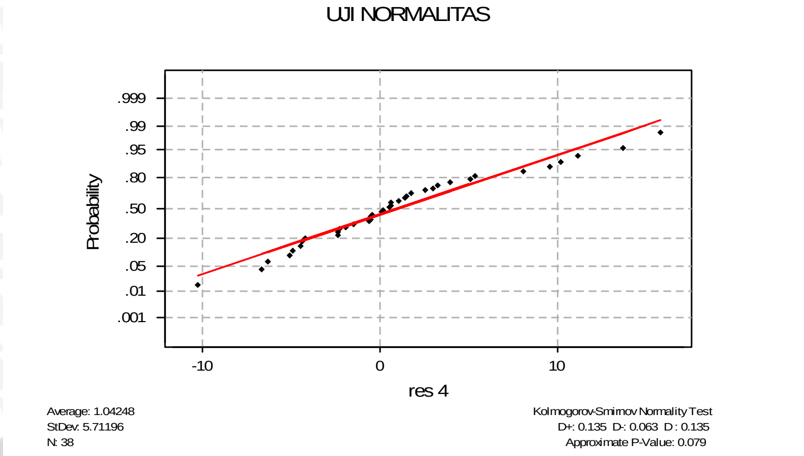
UJI INDEPENDENSI

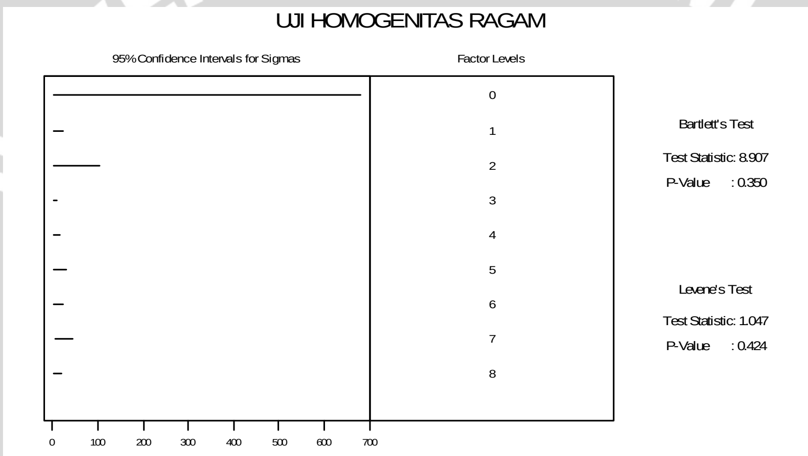


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.31	-1.97	4.17	13	-0.14	-0.70	17.10	25	0.11	0.48	28.50	37	-0.01	-0.05	33.14
2	-0.12	-0.70	4.82	14	0.20	1.00	19.79	26	0.02	0.08	28.54	38	-0.01	-0.03	33.18
3	-0.00	-0.02	4.82	15	-0.22	-1.07	23.14	27	-0.12	-0.55	30.45	39	0.01	0.03	33.24
4	-0.04	-0.25	4.91	16	-0.00	-0.02	23.14	28	0.03	0.16	30.62				
5	-0.01	-0.07	4.92	17	0.05	0.22	23.30	29	0.02	0.08	30.67				
6	-0.09	-0.53	5.35	18	0.08	0.35	23.73	30	0.00	0.00	30.67				
7	0.24	1.38	8.38	19	0.06	0.30	24.07	31	-0.04	-0.19	31.00				
8	-0.09	-0.50	8.82	20	-0.15	-0.70	26.02	32	0.08	0.36	32.34				
9	-0.02	-0.10	8.84	21	0.05	0.23	26.24	33	-0.02	-0.08	32.42				
10	-0.25	-1.33	12.28	22	-0.06	-0.27	26.56	34	-0.04	-0.16	32.77				
11	0.25	1.27	15.77	23	0.06	0.27	26.92	35	0.03	0.13	33.07				
12	0.04	0.18	15.85	24	-0.06	-0.25	27.25	36	0.00	0.00	33.07				

Lampiran 2. (Lanjutan)

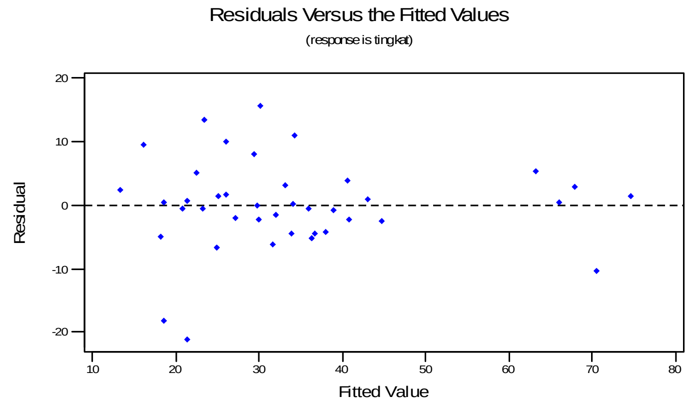
k = 2 (Pada Perlakuan Sama)



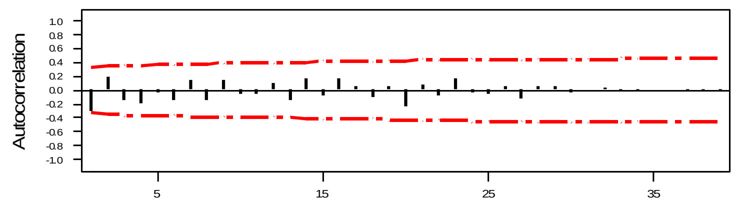


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



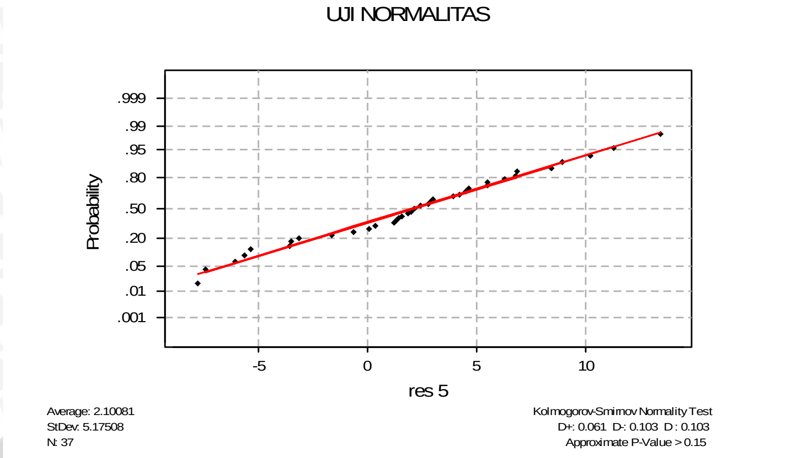
UJI INDEPENDENSI

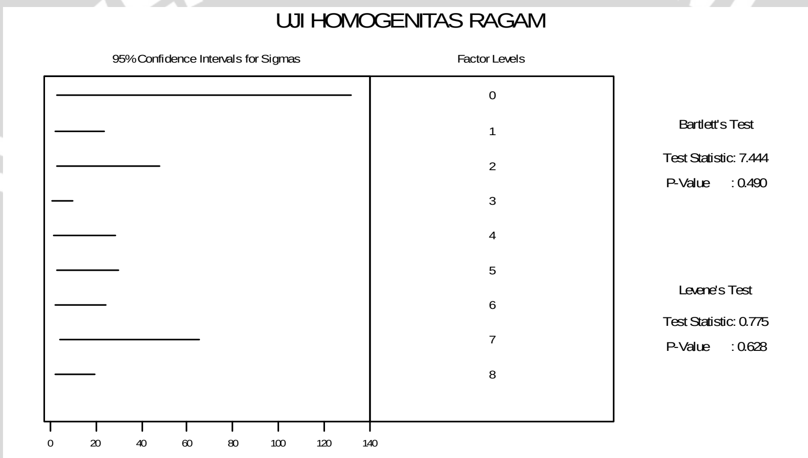


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.30	-1.87	3.79	13	-0.14	-0.73	14.56	25	-0.06	-0.28	28.70	37	-0.00	-0.01	32.75
2	0.19	1.09	5.34	14	0.17	0.84	16.38	26	0.06	0.27	29.13	38	-0.00	-0.02	32.76
3	-0.14	-0.81	6.27	15	-0.08	-0.39	16.80	27	-0.13	-0.58	31.27	39	-0.00	-0.01	32.76
4	-0.18	-1.02	7.85	16	0.16	0.78	18.56	28	0.05	0.23	31.64				
5	-0.04	-0.21	7.92	17	0.06	0.29	18.83	29	0.05	0.23	32.04				
6	-0.14	-0.74	8.85	18	-0.11	-0.52	19.71	30	-0.03	-0.13	32.18				
7	0.14	0.74	9.83	19	0.05	0.25	19.93	31	0.00	0.01	32.18				
8	-0.14	-0.72	10.80	20	-0.23	-1.12	24.52	32	0.04	0.19	32.56				
9	0.16	0.81	12.12	21	0.07	0.34	24.99	33	-0.00	-0.00	32.56				
10	-0.07	-0.34	12.36	22	-0.08	-0.37	25.60	34	-0.02	-0.10	32.69				
11	-0.06	-0.33	12.60	23	0.16	0.75	28.21	35	0.01	0.04	32.71				
12	0.10	0.54	13.26	24	-0.03	-0.11	28.27	36	0.01	0.04	32.74				

Lampiran 2. (Lanjutan)

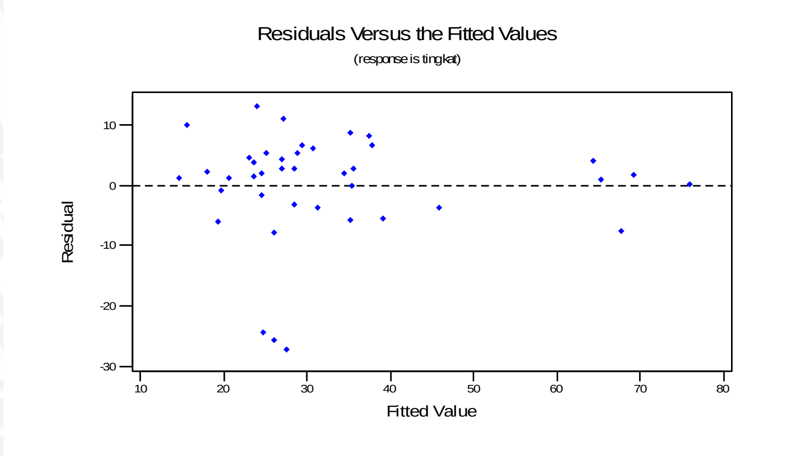
k = 3 (Pada Perlakuan Berbeda)



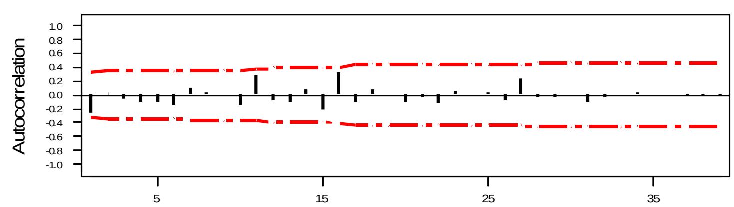


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



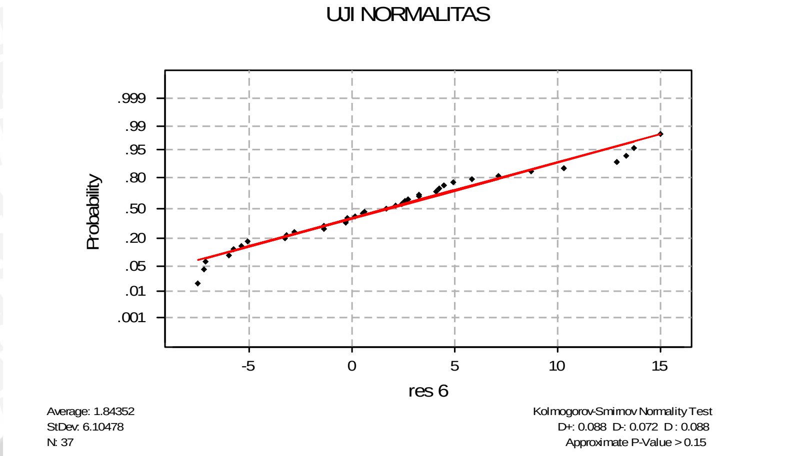
UJI INDEPENDENSI

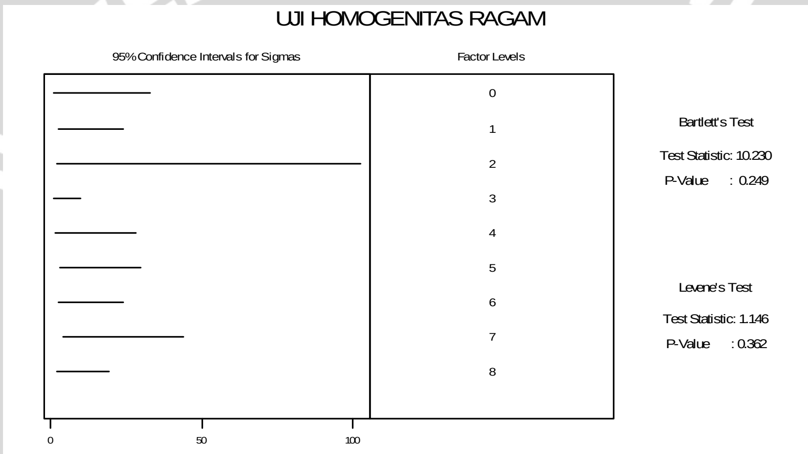


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.27	-1.70	3.09	13	-0.10	-0.54	12.87	25	0.04	0.20	28.24	37	-0.00	-0.01	39.19
2	0.00	0.02	3.09	14	0.08	0.42	13.30	26	-0.08	-0.36	28.99	38	-0.01	-0.04	39.26
3	-0.05	-0.27	3.19	15	-0.21	-1.08	16.27	27	0.23	1.04	35.71	39	-0.00	-0.01	39.27
4	-0.11	-0.66	3.78	16	0.34	1.68	24.19	28	-0.04	-0.17	35.93				
5	-0.10	-0.59	4.28	17	-0.10	-0.45	24.86	29	-0.03	-0.14	36.07				
6	-0.15	-0.87	5.38	18	0.08	0.37	25.35	30	0.01	0.06	36.11				
7	0.11	0.61	5.96	19	0.01	0.06	25.36	31	-0.11	-0.47	38.23				
8	0.04	0.24	6.06	20	-0.11	-0.51	26.38	32	-0.03	-0.15	38.48				
9	0.01	0.08	6.07	21	-0.03	-0.15	26.48	33	0.01	0.05	38.52				
10	-0.15	-0.86	7.37	22	-0.11	-0.53	27.70	34	0.04	0.19	39.03				
11	0.28	1.53	11.79	23	0.06	0.26	28.03	35	0.02	0.07	39.12				
12	-0.08	-0.43	12.19	24	0.00	0.02	28.03	36	0.01	0.05	39.19				

Lampiran 2. (Lanjutan)

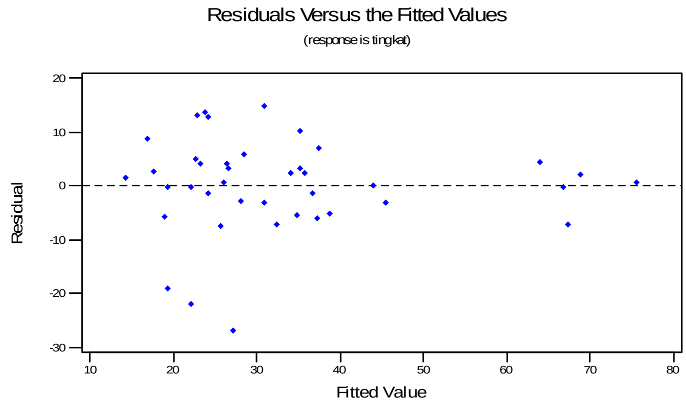
k = 3 (2 Pada Perlakuan Sama, 1 Pada Perlakuan Berbeda)



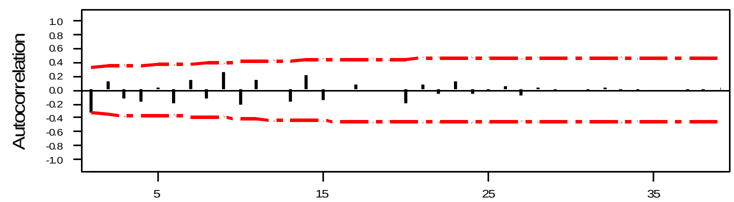


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



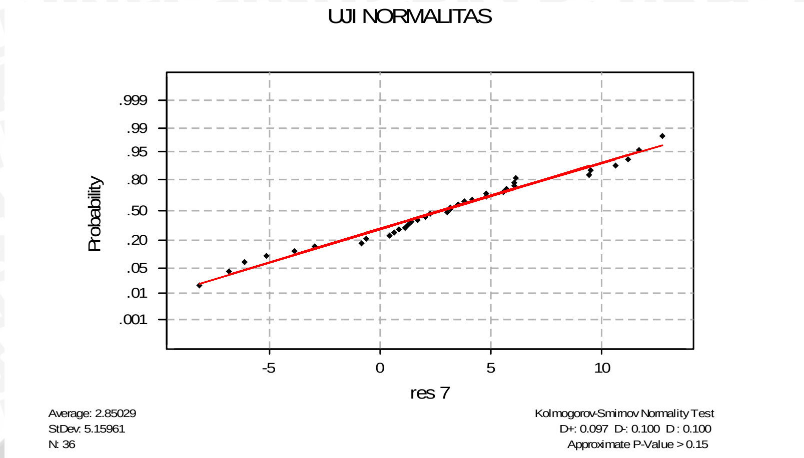
UJI INDEPENDENSI

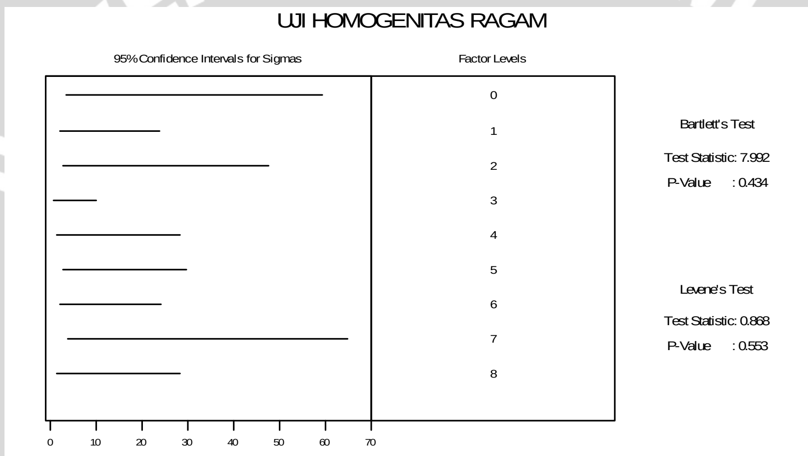


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.33	-2.09	4.68	13	-0.17	-0.80	20.81	25	-0.01	-0.04	31.38	37	-0.00	-0.02	33.53
2	0.13	0.77	5.48	14	0.22	1.02	23.86	26	0.05	0.22	31.68	38	-0.01	-0.03	33.59
3	-0.13	-0.71	6.19	15	-0.15	-0.70	25.44	27	-0.09	-0.38	32.65	39	0.00	0.00	33.59
4	-0.17	-0.98	7.62	16	0.01	0.04	25.45	28	0.04	0.17	32.87				
5	0.04	0.20	7.68	17	0.07	0.32	25.82	29	-0.01	-0.03	32.87				
6	-0.20	-1.08	9.64	18	0.02	0.07	25.84	30	0.01	0.04	32.89				
7	0.14	0.76	10.69	19	0.02	0.09	25.87	31	-0.01	-0.06	32.92				
8	-0.12	-0.62	11.43	20	-0.19	-0.86	28.95	32	0.04	0.17	33.25				
9	0.27	1.40	15.43	21	0.08	0.33	29.46	33	-0.00	-0.01	33.25				
10	-0.21	-1.03	17.86	22	-0.05	-0.24	29.73	34	-0.02	-0.09	33.39				
11	0.14	0.69	19.04	23	0.12	0.52	31.09	35	0.02	0.07	33.48				
12	0.01	0.04	19.05	24	-0.05	-0.22	31.37	36	0.01	0.04	33.52				

Lampiran 2. (Lanjutan)

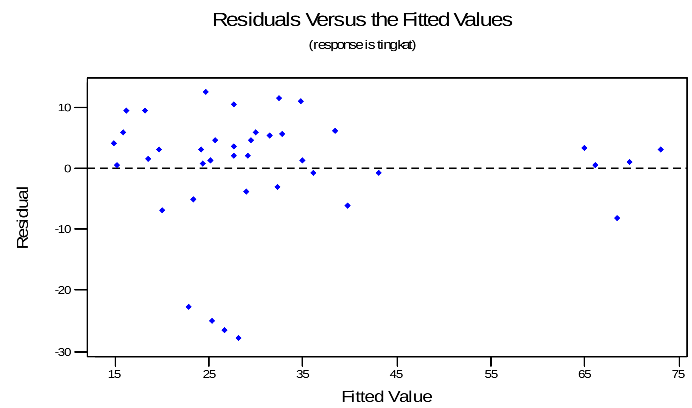
k = 4 (Pada Perlakuan Berbeda)



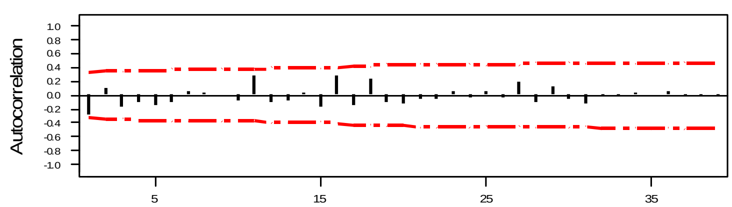


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



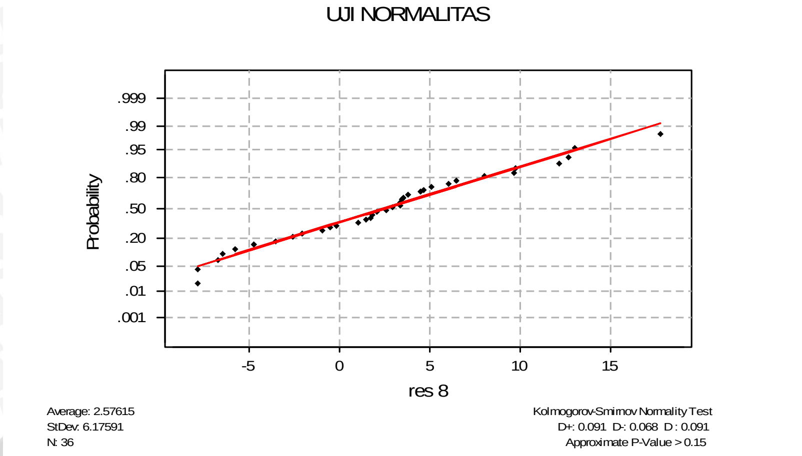
UJI INDEPENDENSI

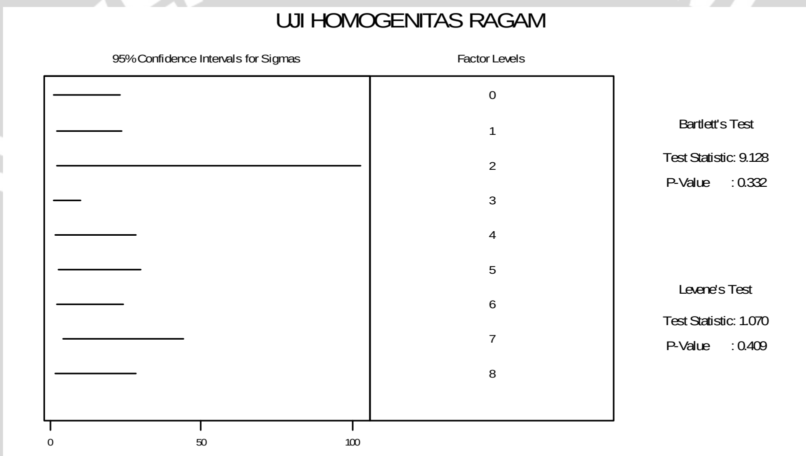


Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.28	-1.76	3.32	13	-0.07	-0.37	13.01	25	0.06	0.27	30.37	37	-0.01	-0.03	44.52
2	0.11	0.64	3.85	14	0.03	0.14	13.06	26	-0.04	-0.16	30.53	38	-0.02	-0.07	44.74
3	-0.17	-0.97	5.11	15	-0.18	-0.91	15.18	27	0.18	0.83	34.93	39	-0.01	-0.04	44.89
4	-0.09	-0.53	5.52	16	0.29	1.47	21.13	28	-0.11	-0.49	36.64				
5	-0.14	-0.80	6.50	17	-0.14	-0.67	22.57	29	0.13	0.56	39.13				
6	-0.09	-0.53	6.94	18	0.24	1.14	26.99	30	-0.05	-0.23	39.61				
7	0.07	0.37	7.17	19	-0.10	-0.44	27.74	31	-0.13	-0.57	42.81				
8	0.04	0.20	7.24	20	-0.12	-0.55	28.96	32	-0.01	-0.05	42.84				
9	0.01	0.07	7.25	21	-0.06	-0.27	29.26	33	-0.02	-0.07	42.90				
10	-0.08	-0.45	7.63	22	-0.05	-0.24	29.54	34	0.04	0.19	43.46				
11	0.28	1.52	12.09	23	0.06	0.25	29.85	35	0.02	0.07	43.54				
12	-0.10	-0.52	12.69	24	-0.03	-0.15	29.96	36	0.05	0.21	44.50				

Lampiran 2. (Lanjutan)

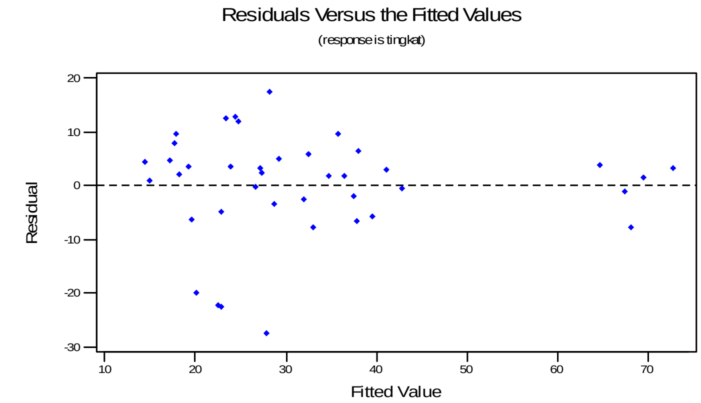
k = 4 (2 Pada Perlakuan Sama, 2 Pada Perlakuan Berb eda)



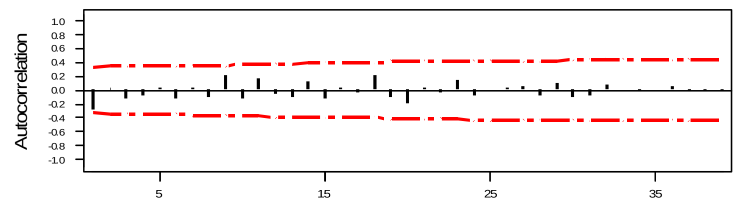


Lampiran 2. (Lanjutan)

UJI ADITIVITAS



UJI INDEPENDENSI



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.28	-1.78	3.42	13	-0.09	-0.49	11.67	25	0.02	0.07	24.56	37	-0.01	-0.03	32.59
2	0.00	0.01	3.42	14	0.14	0.71	12.85	26	0.03	0.14	24.67	38	-0.02	-0.07	32.79
3	-0.14	-0.80	4.26	15	-0.13	-0.69	14.04	27	0.06	0.30	25.17	39	-0.01	-0.03	32.88
4	-0.07	-0.40	4.49	16	0.02	0.13	14.09	28	-0.08	-0.38	26.07				
5	0.03	0.18	4.54	17	-0.03	-0.16	14.16	29	0.09	0.44	27.43				
6	-0.12	-0.67	5.21	18	0.23	1.15	18.03	30	-0.11	-0.51	29.45				
7	0.04	0.25	5.31	19	-0.10	-0.48	18.80	31	-0.08	-0.35	30.52				
8	-0.11	-0.61	5.91	20	-0.19	-0.93	21.83	32	0.07	0.33	31.57				
9	0.21	1.20	8.39	21	0.03	0.12	21.89	33	0.01	0.05	31.59				
10	-0.13	-0.69	9.30	22	-0.03	-0.13	21.96	34	-0.01	-0.04	31.61				
11	0.17	0.91	10.96	23	0.14	0.66	23.84	35	0.01	0.06	31.67				
12	-0.05	-0.28	11.13	24	-0.08	-0.39	24.54	36	0.05	0.21	32.57				

Lampiran 3. Analisis Ragam dengan Metode Yates

Data Lengkap

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7928.1	1132.6	54.68**	0.000
kelompok	4	262.7	65.7	3.17*	0.029
Error	28	580.0	20.7		
Total	39	8770.8			

Data dengan Satu Amatan Hilang

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7926.8	1132.4	54.69	0.000
kelompok	4	265.5	66.4	3.21	0.028
Error	27	579.8	21.5		
Total	39	8772.1			

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7920.7	1131.5	55.72	0.000
kelompok	4	271.8	67.9	3.35	0.023
Error	26	568.6	21.9		
Total	39	8761.1			

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7968.7	1138.4	59.24	0.000
kelompok	4	256.5	64.1	3.34	0.024
Error	26	538.0	20.7		
Total	39	8763.2			

Lampiran 3. (Lanjutan)

Data dengan Tiga Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7923.5	1131.9	69.78	0.000
kelompok	4	296.3	74.1	4.57	0.006
Error	25	454.2	18.2		
Total	39	8674.1			

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama dan Satu Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7959.3	1137.0	60.21	0.000
kelompok	4	260.6	65.1	3.45	0.021
Error	25	528.7	21.1		
Total	39	8748.6			

Data dengan Empat Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7892.6	1127.5	69.70	0.000
kelompok	4	309.5	77.4	4.78	0.005
Error	24	453.0	18.9		
Total	39	8655.1			

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama dan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7944.7	1135.0	60.13	0.000
kelompok	4	265.5	66.4	3.52	0.019
Error	24	528.5	22.0		
Total	39	8738.7			

Lampiran 4. Analisis Ragam dengan Metode Eksak

Data Lengkap

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F	P
perlakua	7	7928.1	1132.6	54.68	0.000
kelompok	4	262.7	65.7	3.17	0.029
Error	28	580.0	20.7		
Total	39	8770.8			

Data dengan Satu Amatan Hilang

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7933.6	1133.4	52.72
kelompok	4	265.1	66.3	3.08
Error	27	580.5	21.5	
Total	39	8779.2		

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7928.33	1132.6	51.72
kelompok	4	270.2	67.6	3.09
Error	26	569.4	21.9	
Total	39	8767.93		

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7965.4	1137.9	54.71
kelompok	4	264.4	66.1	3.18
Error	26	540.8	20.8	
Total	39	8770.6		

Lampiran 4. (Lanjutan)

Data dengan Tiga Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7925.5	1132.2	61.87
kelompok	4	289.7	72.4	3.96
Error	25	457.5	18.3	
Total	39	8672.7		

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama dan Satu Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7959.3	1137.0	53.38
kelompok	4	268.6	67.2	3.15
Error	25	532.5	21.3	
Total	39	8760.4		

Data dengan Empat Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7879.9	1125.7	56.29
kelompok	4	407.9	101.9	5.09
Error	24	481.2	20.0	
Total	39	8769.0		

Data dengan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Sama dan Dua Amatan Hilang pada Perlakuan Berbeda

Analysis of Variance for tingkat

Source	DF	SS	MS	F
perlakua	7	7907.5	1129.6	48.27
kelompok	4	380.6	95.2	4.07
Error	24	561.6	23.4	
Total	39	8849.7		

Lampiran 5. *Macro* Minitab untuk Metode Eksak

```
macro
datahilang hilang c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14
mconstant blok perlk N Nstar hilang matW
mcolumn c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14 k1 k2 k3
k4 k5 k6 k7 k8 k9 k10 k11 k12 k13 datacol tot rata kali3
mcolumn SSP SSP1 SSB1 SSB dbp dbb dbe MSP MSB MSE Fb Fp
SSE SK db JK MS F
mmatrix W Wp Wtrans Wptrans Wb Wbtrans data
mmatrix col1 col2 col3 col4 col5 col6 col7 col8 col9 col10 col11
col12 col13 y1 y2 y3 y4 y5 y6 y7 y8 y9 y10 y11 y12 y13
mmatrix c1trans c2trans c3trans c4trans c5trans c6trans c7trans
c8trans c9trans c10trans c11trans c12trans c13trans
mmatrix myu myup myub mptrans mbtrans kali1 kali2 kali4 kali5
kali6 min1 mi1trans SSE1

let blok=5
let perlk=8
let N=blok*perlk
let Nstar=N-hilang

copy c1-c13 W

Transpose W Wtrans
Copy Wtrans Wptrans;
Include;
Rows 1 : 8.
Transpose Wptrans Wp

Transpose W Wtrans
Copy Wtrans Wbtrans;
Include;
Rows 9 : 13.
Transpose Wbtrans Wb

Copy C1 col1
```

Lampiran 5. (Lanjutan)

```
Copy c14 data
transpose col1 c1trans
multiply c1trans data y1
Copy y1 k1
let k1(1) = k1/5

Copy C2 col2
Copy c14 data
transpose col2 c2trans
multiply c2trans data y2
Copy y2 k2
let k1(2) = k2/5

Copy C3 col3
Copy c14 data
transpose col3 c3trans
multiply c3trans data y3
Copy y3 k3
let k1(3) = k3/5

Copy C4 col4
Copy c14 data
transpose col4 c4trans
multiply c4trans data y4
Copy y4 k4
let k1(4) = k4/5

Copy C5 col5
Copy c14 data
transpose col5 c5trans
multiply c5trans data y5
Copy y5 k5
let k1(5) = k5/5
```

Lampiran 5. (Lanjutan)

```
Copy C6 col6
Copy c14 data
transpose col6 c6trans
multiply c6trans data y6
Copy y6 k6
let k1(6) = k6/5

Copy C7 col7
Copy c17 data
transpose col7 c7trans
multiply c7trans data y7
Copy y7 k7
let k1(7) = k7/5

Copy C8 col8
Copy c14 data
transpose col8 c8trans
multiply c8trans data y8
Copy y8 k8
let k1(8) = k8/5

Copy C9 col9
Copy c14 data
transpose col9 c9trans
multiply c9trans data y9
Copy y9 k9
let k1(9) = k9/8

Copy C10 col10
Copy c14 data
transpose col10 c10trans
multiply c10trans data y10
Copy y10 k10
let k1(10) = k10/8
```

Lampiran 5. (Lanjutan)

```
Copy C11 col11
Copy c14 data
transpose col11 c11trans
multiply c11trans data y11
Copy y11 k11
let k1(11) = k11/8

Copy C12 col12
Copy c14 data
transpose col12 c12trans
multiply c12trans data y12
Copy y12 k12
let k1(12) = k12/8

Copy C13 col13
Copy c14 data
transpose col13 c13trans
multiply c13trans data y13
Copy y13 k13
let k1(13) = k13/8

copy k1 myu

Copy myu myup;
Include;
Rows 1 : 8.

Copy myu myub;
Include;
Rows 9 : 13.

copy data datacol
let tot = sum(datacol)
```

Lampiran 5. (Lanjutan)

```
let rata = tot/40

transpose myup mptrans
transpose myub mbtrans
transpose Wp Wptrans
transpose Wb Wbtrans

multiply mptrans wptrans kali1
multiply kali1 data kali2

copy kali2 SSP1

let kali3 = N*rata

let SSP = SSP1 - kali3

multiply mbtrans wbtrans kali4
multiply kali4 data kali5

copy kali5 SSB1

let SSB = SSB1 - kali3

multiply W myu kali6
subtract data kali6 min1

transpose min1 mi1trans

multiply mi1trans min1 SSE1
copy SSE1 SSE

let dbp=perlk-1
let dbb=blok-1
let dbe=Nstar - perlk - blok + 1
```

Lampiran 5. (Lanjutan)

```
let MSP = SSP/dbp
let MSB = SSB/dbb
let MSE = SSE/dbe
let Fb = MSB/MSE
let Fp = MSP/MSE

note Two-way ANOVA : Perlakuan versus Kelompok

let SK(1) = "Perlakuan"
let SK(2) = "Kelompok"
let SK(3) = "Galat"
let SK(4) = "Total"

let db(1) = dbp
let db(2) = dbb
let db(3) = dbe
let db(4) = dbp+dbb+dbe

let JK(1) = SSP
let JK(2) = SSB
let JK(3) = SSE
let JK(4) = SSP+SSB+SSE

let MS(1) = MSP
let MS(2) = MSB
let MS(3) = MSE

let F(1) = Fp
let F(2) = Fb

print SK db JK MS F

endmacro
```