ESTIMASI DATA HILANG PADA RANCANGAN *CROSS-OVER* MENGGUNAKAN METODE *EXPECTATION MAXIMIZATION*

SKRIPSI

RAHMAT

H 121 13 317

PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERISTAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

ESTIMASI DATA HILANG PADA RANCANGAN *CROSS-OVER* MENGGUNAKAN METODE *EXPECTATION MAXIMIZATION*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar

RAHMAT

H 121 13 317

PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERISTAS HASANUDDIN

MAKASSAR

LEMBAR PERNYATAAN KEONTETIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul :

Estimasi Data Hilang pada Rancangan Cross-Over Menggunakan Metode Expectation Maximization

Adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, Agustus 2020

RAHMAT

NIM. H 121 13 217

ESTIMASI DATA HILANG PADA RANCANGAN *CROSS-OVER* MENGGUNAKAN METODE *EXPECTATION MAXIMIZATION*

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama	**Pembimbing Pendamping**
Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.	**Anisa, S.SI, M.Si.**
NIP. 19620926 198702 2001	**NIP. 19730227 199802 2001**

Pada Tanggal: 18 Agustus 2020

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama	: Rahmat
Nim	: H 121 13 317
Departemen	: Statistika
Judul	: Estimasi Data Hilang Pada Rancangan *Cross-Over* Menggunakan Metode *Expectation Maximization*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

		Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.	(..........................)
Sekretaris	: Anisa, S.Si, M.Si	(..........................)
Anggota	: Sitti Sahriman, S.Si, M.Si	(..........................)
Anggota	: Dr. La Podje Talangko, M.Si.	(..........................)

n di : Makassar

: 18 Agustus 2020

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa ta'ala, *Rabb* semesta alam serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam dan kepada para keluarga serta sahabat beliau. Alhamdulillah wasy-syukurillah, berkat pertolongan Allah akhirnya skripsi dengan judul **"Estimasi Data Hilang pada Rancangan *Cross-over* Menggunakan Metode *Expectation Maximization*"** yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Penulis berharap skiripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan baru bagi para pembelajar statistika.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak luput dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda **alm. Aliyas** dan Ibunda **Nasria** atas didikan dan curahan limpahan kasih sayang, doa dan nasehat yang selalu setia diberikan sedari kecil sampai saat ini kepada penulis. Rasa terima kasih juga penulis ucapkan kepada saudara(i) yang selalu memberikan masukan serta support kepada penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA,** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin,** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Aalam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sanusi, M.Si,** selaku Ketua Departemen Statistika dan segenap dosen pengajar dan staf Departemen Statistika yang telah ekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada penulis dalam berbagai ama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika

4. **Ibu Dr. Georgina Maria Tinungki, M. Si,** selaku pembimbing utama dan **Ibu Annisa, S.Si,. M.Si,** selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya memberikan bimbingan, saran serta meluangkan waktu untuk berdiskusi selama penyusunan tugas akhir ini.
5. **Ibu Sitti Sahriman, S.Si., M.Si,** selaku penasehat Akademik sekaligus sebagai Anggota Tim Penguji dalam penulisan tugas akhir ini. Terima kasih atas segala masukan, bantuan, nasehat serta motivasi yang diberikan kepada penulis selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika.
6. **Bapak Dr. Lapodje Talangko, M.Si,** selaku tim penguji. Terima kasih telah memberikan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini serta waktu yang telah diberikan kepada penulis.
7. Saudara seperjuangan di Departemen Statistika dan Departemen Matematika terkhusus **Harianto, Rahmat Syawal, Muh. Idil Islami, Afif Budi Andi, Irfan Taufik, Nasrullah, Alimun Mirzad, Ari Rusli, Nur Wahidah Abdurrauf, Fitri Annisa, Katherine, Ahmad Akbar, Adi Putra,** dan seluruh **Statistika 2013** yang tidak sempat disebutkan. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini
8. Teman-teman KKN Posko Desa Ugi **Dayat, Sendra, Zaki, Winda, Ina,** dan **Ekky.** Terima kasih atas kebersamaannya di Desa Ugi Kec. Sabbangparu Kab. Wajo, semoga kita masih dipertemukan lagi
9. Semua pihak yang telah berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan tugas akhir ini yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata semoga tulisan ini memberikan manfaat untuk pembaca

Makassar, Agustus 2020

Rahmat

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNUTK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Rahmat
NIM	: H 121 13 137
Program Studi	: Statistika
Departemen	: Statistika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

"Estimasi Data Hilang pada Rancangan *Cross-Over* Menggunakan Metode *Expectation Maximization*"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak Universitas berhak menyimpan, mengalihkan-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencamtukan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal Agustus 2020

enyatakan,

ABSTRAK

Rancangan *cross-over* merupakan suatu rancangan percobaan dimana setiap subjek percobaan menerima beberapa perlakuan terhadap periode waktu yang berbeda. Data hilang merupakan salah satu masalah dalam analisis data. Pendekatan yang sering dilakukan adalah dengan menganalisis data yang ada (dengan mengabaikan data yang hilang) atau dengan melakukan pendugaan terhadap data yang hilang. Metode *Expectation Maximization* merupakan sebuah metode optimisasi iteratif untuk estimasi *Maksimum Likelihood* yang berguna dalam permasalahan data yang tidak lengkap. Prosedur analisis variansi rancangan *cross-over* dua periode dengan dua perlakuan adalah dengan melakukan pengujian hipotesis untuk menguji ada tidaknya perbedaan efek perlakuan, dan efek *carryover*, dengan menggunakan statistik uji F. Contoh penerapan rancangan *crossover* dua periode dengan dua perlakuan dalam bidang kesehatan bertujuan untuk membandingkan pengaruh dari jenis insulin terhadap tekanan darah manusia. Hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa dengan taraf signifikansi a = 0.05, perlakuan pemberian jenis insulin tidak berpengaruh terhadap jumlah tekanan darah manusia. Selain itu, tidak ada efek *carry-over* dalam pemberian kedua jenis insulin.

Kata kunci: Rancangan *cross-over*, Data hilang, *Ecpectation Maximization*, Analisis Variansi

ABSTRACT

The cross-over design is an experimental design where each experimental subject receives several treatments over different time periods. Missing data is one of the problems in data analysis. A common approach is to analyze existing data (regardless of missing data) or to make predictions about the missing data. The Expectation Maximization method is an iterative optimization method for the Maximum Likelihood estimation which is useful in problems with incomplete data. The analysis procedure of variance in the two-period cross-over design with two treatments is to test the hypothesis to test whether there is a difference in the treatment effect, and the carry-over effect, using the F test statistic. health aims to compare the effect of this type of insulin on human blood pressure. The results of hypothesis testing show that with a significance level of $a = 0.05$, the treatment of insulin type has no effect on the amount of human blood pressure. In addition, there is no carry-over effect in the administration of both types of insulin.

Key words: *Cross-over design, Missing data, Ecpectation Maximization, Analysis of variance*

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Percobaan merupakan suatu eksperimen yang dilakukan untuk mempelajari atau menemukan sesuatu mengenai proses yang ada atau membandingkan efek dari beberapa kondisi terhadap suatu fenomena (Montgomery, 2008). Salah satu percobaan yang dilakukan dalam dunia kesehatan adalah penggunaan Insulin. Insulin adalah hormon yang berfungsi untuk mengubah gula darah menjadi energi. Kadar insulin yang berlebihan pada saat diinjeksi dapat menimbulkan peningkatan retensi natrium oleh tubulus ginjal yang dapat menyebabkan tekanan darah melebihi batas maksimal (hipertensi). Oleh karena itu, diperlukan sebuah eksperimen atau percobaan yang akurat untuk meghasilkan kesimpulan yang tepat sebelum akhirnya diterapkan terhadap masyarakat umum.

Saat ingin melakukan suatu percobaan, sangat penting untuk menentukan rancangan percobaan yang tepat. Sebab, suatu percobaan dikatakan baik ketika mampu meminimumkan galat yang ada sehingga ketelitian terhadap percobaan akan semakin meningkat. Perancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistik deskriptif maupun statistik inferensia, yang bertujuan untuk mengubah variabel input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut (Matjik & Sumertajaya, 2000). Jenis-jenis rancangan percobaan antara lain : (1) rancangan acak lengkap (RAL), (2) rancangan acak kelompok (RAK), (3) rancangan acak kelompok lengkap (RAKL), (4) rancangan bujur sangkar latin (RBSL), (5) rancangan *cross-over*, (6) rancangan split plot, dan lain sebagainya.

Salah satu jenis rancangan percobaan adalah rancangan *cross-over*. Rancangan *cross-over* merupakan suatu rancangan percobaan dimana setiap
ercobaan menerima beberapa perlakuan terhadap periode waktu yang
Tujuan dari rancangan ini adalah untuk membandingkan efek perlakuan
ividu (Putri, 2015). Rancangan *cross-over* digunakan karena rancangan

ini memerlukan lebih sedikit unit percobaan untuk sejumlah pengamatan yang sama pada sebuah percobaan paralel. Selain itu untuk meningkatkan ketepatan, suatu urutan perlakuan yang diberikan dapat diulang beberapa kali. Desain sederhana dari rancangan *cross-over* adalah yang memiliki dua periode, dua perlakuan, atau rancangan *cross-over* 2×2.

Dalam setiap percobaan yang dilakukan seringkali pelaksanaannya tidak sesuai dengan yang diharapkan. Berbagai macam kendala yang tidak diperkirakan sebelumnya bisa saja terjadi, misalnya karena kurangnya bahan yang tersedia, pecahnya tabung dalam percobaan, rusaknya petak percobaan karena hama, serta kejadian lainnya bisa saja muncul bahkan menjadi masalah. Hal ini bisa menyebabkan tidak lengkapnya data yang diperoleh sehingga akan menjadi masalah baru dalam analisis data. Pendekatan yang sering dilakukan adalah dengan menganalisis data yang ada (dengan mengabaikan data yang hilang) atau dengan melakukan pendugaan terhadap data yang hilang. Analisis data hilang dengan mengabaikan data yang hilang memang lebih mudah dan cepat dikerjakan. Tetapi masalah akan timbul jika jumlah data yang hilang cukup besar. Keadaan tersebut menjadi salah satu alasan mengapa data hilang perlu dilakukan pendugaan atau estimasi.

Pada tahun 1933, Yates memperkenalkan suatu metode pendugaan data hilang yang disebut metode Yates yang merupakan metode pendugaan data hilang pada rancangan percobaan dengan meminimumkan jumlah kuadrat galatnya yang kemudian nilai dugaan tersebut dimasukkan dalam model dan dianalisis seperti menganalisis data lengkap (Little dan Rubin, 1987). Namun, metode ini memiliki kekurangan jika data yang hilang itu banyak (lebih dari tiga). Metode yang dapat mengestimasi jika data hilang dalam jumlah lebih dari tiga adalah metode *Biggers* dan metode *Expectation Maximization* (EM). Metode *Biggers* merupakan penyempurnaan dari metode Yates dengan menggunakan pendekatan matriks. n metode algoritma EM adalah sebuah metode optimisasi iteratif untuk *Maximum Likelihood* (ML). Algoritma EM cenderung mudah diterapkan bersandarkan pada perhitungan data lengkap dan juga mudah diprogramkan karena tidak melibatkan baik integral ataupun turunan dari likelihood (Annisa, 2018).

Pada penelitian sebelumnya, Utama (2017) dan Annisa (2018) telah membahas masalah mengenai pendugaan data hilang pada rancangan percobaan model RALK maupun *Cross-Over* dengan metode Yates dan Biggers. Dalam penelitian ini, penulis akan fokus kepada penggunaan metode *Expectation Maximization* (EM) pada rancangan *cross-over* 2×2. Berdasarkan beberapa uraian sebelumnya, penulis kemudian mengkaji **"Estimasi Data Hilang pada Rancangan *Cross-over* Menggunakan Metode *Expectation Maximization*".**

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dikaji penulis berdasarkan uraian latar belakang adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengestimasi nilai data hilang pada rancangan *cross-over* menggunakan metode *Expectation Maximization* (EM) ?
2. Bagaimana penerapan metode *Expectation Maximization* (EM) pada rancangan *cross-over* dengan data tekanan darah manusia ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini, permasalahan dibatasi pada penerapan metode *Expectation Maximization* (EM) dalam menduga nilai data hilang sebanyak 6 data hilang pada rancangan *cross-over* 2x2.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka dapat dikemukakan tujuan penulisan adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengestimasi nilai data hilang pada rancangan *cross-over* dengan metode *Expectation Maximization* (EM).
2. Untuk menerapkan metode *Expectation Maximization* (EM) pada rancangan *cross-over* dengan data tekanan darah manusia .

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berharap dapat memberikan manfaat berupa tambahan kepustakaan bagi pengguna ilmu statistika tentang penggunaan metode *Expectation Maximization* (EM) untuk menduga nilai data hilang pada rancangan *cross-over* 2x2.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rancangan Percobaan

Peneliti memiliki keleluasaan untuk melakukan pengawasan terhadap sumber keragaman data, dapat menciptakan jenis perlakuan yang diinginkan dan mengamati perubahan yang terjadi pada responsnya. Rancangan percobaan adalah tata cara penerapan tindakan-tindakan dalam suatu percobaan pada kondisi atau lingkungan tertentu yang kemudian menjadi dasar penataan dan metode analisis statistik terhadap data hasilnya.

Dewasa ini telah tersedia bermacam-macam rancangan percobaan, misalnya rancangan acak lengkap, rancangan acak kelompok, rancangan bujursangkar latin, rancangan *cross-over*, dan sebagainya.

2.2 Rancangan *Cross-over*

Sebuah rancangan *cross-over* adalah modifikasi rancangan acak kelompok dimana setiap kelompok menerima lebih dari satu perlakuan pada periode yang berbeda. Subjek dalam setiap kelompok menerima perlakuan dengan urutan yang berbeda. Rancangan *cross-over* disebut sebagai rancangan *cross-over* lengkap jika setiap urutan berisi semua perlakuan di dalam penelitian (Chow & Liu, 2004).

Menurut Norzaida Abas (1995), dalam rancangan *cross-over* terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi respon dari subjek, antara lain:

1. Efek perlakuan langsung

   Efek perlakuan langsung adalah efek perlakuan pada subjek selama periode dimana perlakuan diterapkan.
2. Efek periode

   Efek periode mempengaruhi percobaan secara keseluruhan. Misalkan subjek ...ikan dua perlakuan yang sama untuk kedua periode percobaan. Ada ...ungkinan bahwa pengukuran pada periode pertama lebih besar atau lebih ... daripada periode kedua, sebagai contoh respons pada periode kedua lebih besar daripada periode pertama. Pada rancangan *cross-over* dibuat sedemikian rupa sehingga dua kelompok subjek tersebut menerima perlakuan dengan urutan yang berbeda.

3. Efek *carry-over* atau residual

   Salah satu kekurangan dari rancangan *cross-over* adalah bahwa kemungkinan efek dari perlakuan yang diberikan pada satu periode tidak hanya terdapat pada periode itu saja, melainkan efek tersebut terbawa ke periode selanjutnya. Efek tersebut dikenal dengan efek *carry-over*. Untuk mengatasi masalah efek *carry-over*, maka setelah setiap perlakuan diterapkan, subjek diberikan waktu istirahat sebelum menerima perlakuan selanjutnya. Periode waktu istirahat tersebut dinamakan periode *washout* dan tujuannya adalah untuk membiarkan subjek benar-benar bersih dari efek perlakuan sebelumnya.

4. Efek perlakuan oleh periode

   Efek perlakuan oleh periode dikenal juga dengan interaksi antara perlakuan langsung dengan periode. Kondisi pada setiap periode kemungkinan berbeda dan perbedaan tersebut akan memiliki efek pada subjek saat menerima perlakuan. Sebagai contoh suatu penyakit dan kondisi tertentu tergantung pada cuaca. Misalkan percobaan dilakukan dari bulan Desember sampai Februari untuk periode pertama dan bulan Maret sampai Mei untuk periode kedua. Jika percobaan diterapkan pada pasien dengan penyakit asma, maka kemungkinan pasien dalam pengobatan dipengaruhi oleh kondisi cuaca.

Menurut Jones & Kenward (2003), desain sederhana dari rancangan *cross-over* adalah yang memiliki dua periode, dua perlakuan, dan dua urutan, atau rancangan *cross-over* 2×2. Rancangan *cross-over* 2×2 disebut juga dengan rancangan *cross-over* AB/BA. Dalam rancangan ini, setiap subjek menerima dua perlakuan yang berbeda, dilambangkan dengan perlakuan A dan B. Subjek dalam satu kelompok akan menerima perlakuan A pada periode pertama dan setelah *washout* akan menerima perlakuan B pada periode kedua. Menurut Abas (1995), Subjek pada kelompok yang lain akan menerima perlakuan eriode pertama dan setelah periode *washout*, akan menerima perlakuan A pada periode kedua. Rancangan *cross-over* 2×2 dapat diilustrasikan sebagai berikut.

Tabel 2.1 Ilustrasi rancangan *cross-over* 2×2

Kelompok/urutan	**Periode 1**	**Periode 2**
Kelompok 1	A	B
Kelompok 2	B	A

Sumber: Jones & Kenward, 2003.

Berikut adalah tabel pengamatan dari rancangan *cross-over* 2×2.

Tabel 2.2 Tabel pengamatan rancangan *cross-over* 2×2

Kelompok/urutan	Subjek	Periode 1	Periode 2	Total
Kelompok 1 (AB)	1	Y_{111}	Y_{121}	Y_{1o1}
	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_1	Y_{11n_1}	Y_{12n_1}	Y_{1on_1}
Subtotal		Y_{11o}	Y_{12o}	Y_{1oo}
Kelompok 2 (BA)	1	Y_{211}	Y_{221}	Y_{2o1}
	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_2	Y_{21n_2}	Y_{22n_2}	Y_{2on_2}
Subtotal		Y_{21o}	Y_{22o}	Y_{2oo}
Total		Y_{o1o}	Y_{o2o}	Y_{ooo}

Sumber: Jones & Kenward, 2003.

Secara umum, model linear untuk rancangan *cross-over* 2×2 adalah (Jones & Kenward, 2003) :

$$Y_{ijk} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik} + \varepsilon_{ijk} \qquad (2.1)$$

dengan

i = 1,2

j = 1,2

k = $1,2,\ldots,n_i$

Y_{ijk} = nilai pengamatan pada kelompok ke-*i*, periode ke-*j*, dan subjek ke-*k*.

μ = rataan umum

π_j = pengaruh periode ke-*j*

$\tau_{d[i,j]}$ = pengaruh langsung dari perlakuan yang diterapkan pada periode ke-*j* dan kelompok ke-*i*

$\lambda_{d[i,j-1]}$ = pengaruh *carryover* dari perlakuan yang diterapkan pada periode ke-*j* dan kelompok ke-*i*

s_{ik} = pengaruh acak pada kelompok ke-*i* dan subjek ke-*k*

ε_{ijk} = kesalahan acak pada kelompok ke-*i*, periode ke-*j*, dan subjek ke-*k*

Asumsi yang harus dipenuhi untuk model tetap adalah

$$\sum_{j=1}^{r} \pi_j = 0, \qquad \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r} \tau_{d[i,j]} = 0, \qquad \sum_{i=1}^{p} \lambda_{d[i,j-1]} = 0$$

2.3 Rancangan *Cross-over* untuk Data Hilang

Dalam rancangan *cross-over,* subjek dalam setiap kelompok menerima perlakuan dengan urutan yang berbeda. Namun dalam percobaan tertentu dengan menggunakan rancangan *cross-over*, peneliti mungkin tidak dapat menjalankan semua kombinasi urutan perlakuan di setiap subjek karena alasan tertentu.

Montgomery (2001) menjelaskan bahwa dalam melakukan pengamatan ada ...kendala eksperimen seperti biaya dan waktu yang terbatas serta fasilitas ...ak memungkinkan peneliti mendapatkan pengamatan untuk setiap ...si perlakuan kelompok sehingga tidak semua perlakuan terdapat dalam setiap kelompok. Oleh karena itu, jika tidak semua taraf subjek muncul pada setiap kelompok maka dikatakan bahwa rancangan yang memuatnya adalah rancangan *cross-over* untuk data hilang. Berikut ini terdapat salah satu bentuk rancangan *cross-over* 2×2 untuk data hilang dengan 4 buah data hilang.

Tabel 2.3 Tabulasi data rancangan *cross-over* 2×2 untuk data hilang.

Kelompok/urutan	Subjek	Periode 1	Periode 2	Total
Kelompok 1 (AB)	1	Y_{111}	Y_{121}	Y_{101}
	2	-	Y_{122}	Y_{102}
	3	Y_{113}	-	Y_{103}
Subtotal		Y_{110}	Y_{120}	Y_{100}
Kelompok 2 (BA)	1	Y_{211}	-	Y_{201}
	2	Y_{212}	Y_{222}	Y_{202}
	3	-	Y_{223}	Y_{203}
Subtotal		Y_{210}	Y_{220}	Y_{200}
Total		Y_{010}	Y_{020}	Y_{000}

Sumber: Montgomery, 2001.

2.4 Metode Expectation Maximization (EM)

Algoritma EM merupakan sebuah metode optimisasi iteratif untuk estimasi Maksimum Likelihood (ML) yang berguna dalam permasalahan data yang tidak lengkap (*incomplete data*). Dalam setiap iterasi pada Algoritma EM ini terdapat 2 tahap, yaitu tahap Ekspektasi atau tahap E (E step) dan tahap Maksimisasi atau tahap M (M step). Algoritma EM ini hampir mirip dengan pendekatan *a d* k proses estimasi dengan missing data yaitu (1) mengganti *missing* ngan *estimated value*, (2) mengestimasi parameter, (3) mengestimasi *ssing value* tadi dengan menggunakan parameter baru yang diestimasi,

(4) mengestimasi ulang parameter, dan seterusnya berulang-ulang sampai dengan konvergen terhadap suatu nilai.

Ide dasar dari Algoritma EM ini adalah mengasosiasikan suatu *complete data problem* dengan *incomplete data problem* dengan tujuan agar secara komputasi menjadi lebih mudah, secara ringkas algoritma EM diberikan sebagai berikut:

1. E-step : estimasi statistik cukup (*sufficient statistic*) untuk data lengkap Y_{ijk} dengan cara menghitung nilai ekspektasinya.
2. M-step: Tentukan $\theta^{(t+1)}$ dengan metode MLE *(Maximum Likelihood Estimation)* dari Y_{ijk}
3. Iterasi sampai nilai $\theta^{(t)}$ konvergen, atau $\theta^{(t+1)} - \theta^{(t)}$ mendekati nol. Hasilnya adalah sequence dari nilai-nilai $\theta^{(0)} \rightarrow \theta^{(1)} \rightarrow \ldots$ dimulai dari suatu nilai $\theta^{(0)}$ tertentu. Secara umum, algoritma iteratif adalah aturan yang *applicable* untuk nilai $\theta^{(0)}$tertentu.

2.5 Metode Expectation Maximization Untuk Racangan Cross-Over

Algoritma Expectation Mazimization terdiri dari tahap E dan tahap M, pada prosedur algoritma Expectation Maximization sebagai penduga data hilang pada rancangan cross-over dengan tahap pertama iyalah tahap Expectation, yaitu mengganti *missing value* dengan *estimated value* dengan cara menghitung nilai duga dari parameter yang terdapat pada model linier rancangan cross-over menggunakan metode kuadrat terkecil yang dirangkum pada Tabel 4.1. Selanjutnya masuk ketahap yang kedua yaitu tahap Maximization dengan cara Substitusi nilai duga parameter yang diperoleh pada tahap E ke dalam model linier rancangan Cross-over, agar diperoleh nilai Y_{ijk} yang maksimum.

2.6 Pengujian Asumsi-asumsi Pokok yang Mendasari Analisis Variansi

Terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi dalam melakukan analisis variansi. Menurut Hanafiah (1991), pemakaian suatu rancangan terhadap suatu percobaan atau sekelompok data yang tidak memenuhi asumsi-asumsi dasar akan menghasilkan kesimpulan yang menyesatkan dan tidak logis. Berikut ini asumsi-asumsi yang terdapat pada rancangan percobaan, yaitu:

1. Galat percobaan harus menyebar normal

   Untuk menguji suatu data menyebar secara normal dapat menggunakan uji Lilliefors (Sudjana,1996).

   Dalam uji ini data disusun dari yang terkecil sampai yang terbesar.

   a) Hipotesis:

      H_0: Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

      H_1: Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

   b) Taraf signifikan: α

   c) Statistik uji:

      L_0 = selisih terbesar dari $|F(z_i) - S(z_i)|$

      $F(z_i) = P[Z \leq z_i]$

      $$z_i = \frac{y_{i..} - \bar{y}_{...}}{S_y}$$

      $$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{i\cdot} - \bar{y}_{..})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2}{n(n-1)}}$$

      $$S(z_i) = \frac{N\{z_j \leq z_i\,; j = 1,2,\dots,n\}}{n}$$

      dengan n merupakan banyaknya pengamatan

   d) Kriteria Keputusan

      H_0 ditolak jika $L_0 > L_{\alpha(n)}$, dengan $L_{\alpha(n)}$ merupakan nilai kritis.

   e) Kesimpulan

2. Galat-galat percobaan harus homogen

   Secara formal untuk menguji apakah data percobaan sudah memenuhi asumsi kehomogenan adalah uji Bartlett. Langkah-langkah dari uji Bartlett adalah sebagai berikut (Gaspersz, 1991):

a) Merumuskan hipotesis

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \cdots = \sigma_p^2$ (variansi semua perlakuan sama)

$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2, i, j = 1,2, \dots, p$ (Minimal ada satu perlakuan yang variansinya tidak sama dengan yang lain)

b) Menentukan taraf signifikan: α

c) Menentukan statistik uji

$$\chi^2 = (\ln 10)\left\{\left(\sum_{i=1}^{p}(r_i - 1)\right)\log(S^2) - \sum_{i=1}^{p}(r_i - 1)\log(S_i^2)\right\}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p}(y_{ij} - \bar{y}_{io})^2}{r_i - 1}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p}(r_i - 1)S_i^2}{N - p}$$

d) Menentukan kriteria keputusan

H_0 ditolak jika $\chi^2 > \chi^2_{\alpha,(p-1)}$

e) Kesimpulan

3. Model linear bersifat aditif

Model linear dikatakan bersifat aditif jika y_{ijk} pada (2.1) merupakan penjumlahan dari μ, $\pi_k, \tau_{d[i,k]}, \lambda_{d[i,k-1]}, s_{ij}$ dan ε_{ijk}. Jika hal tersebut diragukan maka dapat dilakukan pengujian asumsi dengan uji formal, yaitu uji Tukey. Prosedur pengujian dari uji Tukey adalah sebagai berikut (Guenther, 1964):

a) Hipotesis:

$H_0: y_{ijk} = \mu + \pi_k + \tau_{d[i,k]} + \lambda_{d[i,k-1]} + s_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

(model bersifat aditif)

$H_1: y_{ijk} \neq \mu + \pi_k + \tau_{d[i,k]} + \lambda_{d[i,k-1]} + s_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

(model bersifat tidak aditif)

Taraf signifikan: α

c) Statistik uji:

$$F_{hitung} = \frac{JK_{(nonaditif)}}{JK_{(galat}/db_{(galat)}}$$

$$JK_{nonaditif} = \frac{Q^2}{\sum_{i=1}^{p}(\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})^2 \times \sum_{j=1}^{t}(\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo})^2}$$

$$Q = \sum_{i=1}^{p}\sum_{i=1}^{t}(\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo})y_{ij}$$

d) Kriteria keputusan

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(1,db\ galat)}$

e) Kesimpulan

4. Galat-galat percobaan saling bebas

Untuk melihat keacakan galat percobaan, dapat dibuat plot antara nilai dugaan galat ($\hat{\varepsilon}_{ijk}$) dengan nilai dugaan respon ($\hat{y}_{ijk}$). Apabila plot yang dibuat tidak membentuk suatu pola tertentu, maka dapat dikatakan bahwa galat percobaan cenderung saling bebas.

2.7 Analisis Variansi pada Rancangan *Cross-over*

Analisis variansi (ANAVA) atau analisis ragam adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total suatu data menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber variansi (Walpole, 1982). Analisis variansi digunakan untuk menguji hipotesis mengenai pengaruh faktor perlakuan terhadap keragaman data percobaan yang dilakukan dengan menggunakan uji F.

Analisis variansi dapat digunakan untuk data observasional (penelitian) maupun data eksperimental (percobaan). Dalam suatu percobaan akan didapatkan nilai-nilai hasil pengamatan. Nilai-nilai hasil pengamatan tersebut umumnya dinyatakan dalam suatu model matematika yang disebut model linear aditif. [illegible]kan model linear aditif yang terbentuk selanjutnya akan dilakukan uji [illegible]ariansi.

Adapan langkah-langkah dalam menguji hipotesis pada analisis variansi adalah sebagai berikut :

1. Menentukan hipotesis

   Bentuk umum hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut :

   a. $H_0 : \tau_{d[i,j]} = 0$ untuk i = 1,2,…,p; j = 1,2,…,r

      (tidak ada perbedaan pengaruh perlakuan yang diterapkan pada rancangan)

      $H_1 : \tau_{d[i,j]} \neq 0$ untuk i = 1,2,…,p; j = 1,2,…,r

      (ada perbedan pengaruh perlakuan pada rancangan)

   b. $H_0 : \lambda_{d[i,j-1]} = 0$ untuk i = 1,2,…,p; j = 1,2,…,r

      (tidak ada perbedaan pengaruh *carry-over* yang diterapkan pada rancangan)

      $H_1 : \lambda_{d[i,j-1]} \neq 0$ untuk i = 1,2,…,p; j = 1,2,…,r

      (ada perbedan pengaruh *carry-over* yang diterapkan pada rancangan)

2. Memilih taraf signifikansi

   Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0{,}05$

3. Menentukan statisik uji yang digunakan

   Uji statistik yang digunakan adalah uji F.

4. Menentukan daerah penolakan atau kriteria keputusan

   Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka H_0 diterima

   Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak

5. Melakukan perhitungan statistik

   Perhitungan statistik yang digunakan adalah $F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$

6. Melakukan penarikan kesimpulan

   Perhitungan statistik dalam analisis variansi dapat dirangkum dalam sebuah tabel analisis variansi, yang meliputi sumber keragaman (SV), derajat bebas (db), jumlah kuadrat (JK), dan kuadrat tengah (KT). Sebagai contoh, …itungan statistik dalam analisis variansi pada rancangan *cross-over* 2×2 …t dirangkum dalam Tabel 2.4

Tabel. 2.4 Tabel ANAVA untuk rancangan *cross-over* 2×2

SV	Db	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar Subjek					
Carry-over	1	JKC	KTC	KTC/ KTG(BS)	$F_{1,dbg(BS)}(\alpha)$
Galat	$(n_1 + n_2 - 2)$	JKG(BS)	KTG(BS)		
Dalam Subjek					
Perlakuan	1	JKPerlakuan	KTPerlakuan	KTPerlakuan/ KTG(WS)	$F_{1,dbg(WS)}(\alpha)$
Periode	1	JKPeriode	KTPeriode	KTPeriode/ KTG(WS)	$F_{1,dbg(WS)}(\alpha)$
Galat(WS)	$(n_1 + n_2 - 2)$	JKG(WS)	KTG(WS)		
Total	$2(n_1 + n_2) - 1$	JKT			

Sumber: Jones & Kenward, 2003.

Penguraian jumlah kuadrat untuk rancangan *cross-over* 2×2 adalah sebagai berikut (Putri, 2015).

Jumlah Kuadrat Total

$$JKT = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\left(y_{ijk} - \bar{Y}_{ooo}\right)^2$$

$$JKT = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 - \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2} \quad (2.5)$$

Jumlah Kuadrat *Carry-over*

$$JKC = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}(\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ooo})^2$$

$$JKC = \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i} - \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2} \tag{2.6}$$

Jumlah Kuadrat Galat Antar Subjek

$$JKG(BS) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\left(\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ioo}\right)^2$$

$$JKG(BS) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\frac{y_{iok}^2}{2} - \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i} \tag{2.7}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JKPerlakuan = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}(\bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ook} - \bar{Y}_{ioo} + \bar{Y}_{ooo})^2)$$

$$JKPerlakuan = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ijo}^2}{n_i} - \sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ojo}^2}{2.n_i} - \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i} + \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2} \tag{2.8}$$

Jumlah Kuadrat Periode

$$JKPeriode = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}(\bar{Y}_{ook} - \bar{Y}_{ooo})^2$$

$$JKPeriode = \sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ojo}^2}{2.n_i} - \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2} \tag{2.9}$$

Jumlah Kuadrat Galat Dalam Subjek

$$JKG(WS) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\left(\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ijo} + y_{ijk}\right)^2$$

$$JKG(WS) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\frac{y_{iok}^2}{2} - \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ijo}^2}{n_i} + \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i} \quad (2.10)$$

2.8 Suntikan Insulin dan Tekanan Darah

Hormon insulin adalah hormon yang mengubah glukosa menjadi glikogen, dan berfungsi mengatur kadar gula darah. Kekurangan insulin karena kelainan genetik pada pankreas, menyebabkan seseorang menderita diabetes melitus (kencing manis) baik tipe 1 (DMT1) di mana pankreas tidak memproduksi insulin maupun tipe 2 (DMT2) di mana terjadi gangguan sekresi maupun resistensi insulin, yang berdampak sangat luas terhadap kesehatan, mulai kelainan jantung, ginjal, mata (kebutaan) hingga impotensi (Sinoputro, D. 2015).

Peran insulin di dalam tubuh sangat penting, antara lain adalah mengatur kadar gula darah agar tetap dalam rentang nilai normal. Saat dan setelah makan, karbohidrat yang kita konsumsi akan segera dipecah menjadi gula dan masuk aliran darah dalam bentuk glukosa. Glukosa adalah senyawa siap pakai untuk menghasilkan energi. Ketika keadaan normal, tingginya kadar glukosa setelah makan akan direspon oleh kelenjar pankreas dengan memproduksi hormone insulin. Adanya insulin, glukosa akan segera masuk ke dalam sel. Selain itu, dengan bantuan insulin, kadar glukosa yang lebih dari kebutuhan akan disimpan di dalam hati (liver) dalam bentuk glikogen. Jika kadar glukosa darah turun, misalnya saat puasa atau di antara dua waktu makan, glikogen akan dipecah kembali menjadi glukosa untuk memenuhi kebutuhan energy. Insulin diberikan ara disuntikan dibawah kulit (subkutan). Jaringan subkutan perut adalah aik karena penyerapan insulin lebih konsisten dibanding tempat lainnya.

Terdapat banyak bentuk insulin. Insulin diklasifikasikan berdasarkan dari berapa cepat insulin mulai bekerja dan berapa lama insulin bekerja (Afifah. 2016).

Menurut Afifah tipe insulin terdiri atas:

1. Aksi cepat (rapid acting)
   a) Digunakan pada waktu makan
   b) Mulai bekerja 15 menit
   c) Bekerja maksimal dalam sekitar 1 jam
   d) Efek bertahan hingga 4 jam
   e) Contoh: glusine, lispro, dan aspart, glusine belum tersedia di Indonesia
2. Aksi pendek (short acting)
   a) Digunakan pada waktu makan
   b) Mulai bekerja dalam waktu 30 menit
   c) Bekerja maksimal dala 2 hingga 3 jam
   d) Efek bertahan hingga 6 jam
   e) Insulin Neutral Protamine Hagedom (NPH) harus di-resuspensi (mengaduknya perlahan dengan memutar pen) sebelum digunakan
   f) Contoh: Humulin R, Novolin R, dan untuk pompa insulin, velosulin, hanya Humulin R yang tersedia di Indonesia
3. Aksi menengah (intermediate acting)
   a) Digunakan sehari sekali
   b) Bekerja maksimal 4 hingga 8 jam setelah injeksi

   Efeknya bertahan hingga 18 jam

   Jika diinjeksikan sebelum tidur, insulin akan bekerja maksimal pada dini hari, yaitu saat insulin paling dibutuhkan

e) Contoh: NPH, Humulin N, dan Novolin N, hanya Humulin N yang tersedia di Indonesia

4. Aksi lama (long-acting)

a) Menurunkan kadar glukoa secara bertahap

b) Efeknya dapat bertahan hingga 24 jam

c) Contoh : detemir (Levemir) dan glargine (lantus), tersedia di Indonesia

Tekanan darah adalah gaya yang dilakukan oleh darah terhadap satuan luas dinding pembuluh darah. Tekanan darah adalah gaya yang dilakukan oleh darah terhadap satuan luas dinding pembuluh darah, dimana tekanan darah sistolik nilai normalnya adalah 120 mmHg yang merupakan tekanan maksimal selama mendorong darah. Nilai normal tekanan darah diastolik adalah 80 mmHg yang merupakan tekanan darah minimal dan terjadi pada akhir diastolic (Huda, SA. 2016).

Pada pasien DM tipe 2, hiperglikemia sering dihubungkan dengan hiperinsulinemia, dislipidemia, dan hipertensi yang bersama-sama mengawali terjadinya penyakit kardiovaskuler dan stroke. Apabila hiperinsulinemia ini tidak cukup kuat untuk mengoreksi hiperglikemia, keadaan ini dapat dinyatakan sebagai DM tipe 2. Kadar insulin berlebih tersebut menimbulkan peningkatan retensi natrium oleh tubulus ginjal yang dapat menyebabkan hipertensi. Lebih lanjut, kadar insulin yang tinggi bisa menyebabkan inisiasi aterosklerosis, yaitu dengan stimulasi proliferasi sel-sel endotel dan sel-sel otot pembuluh darah (Raphaeli, 2017).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari laporan Tahunan per bulan Desember 2017 yang telah diolah oleh Puskesmas Toddopuli untuk kelas sehat Diabetes Melitus II.

3.2 Identifikasi Variabel

Variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu variabel dependen dan variabel independen. Penjelasannya adalah sebagai berikut :

1. Variabel Dependen

   Y = Tekanan darah manusia

2. Variabel Independen

   Perlakuan A = Pemberian suntik insulin *lispro*

   Perlakuan B = Pemberian suntik insulin *asprat*

   Kelompok AB = Pemberian perlakuan A pada periode I terhadap 12 subjek dan dilakukan pengambilan data kemudian dilanjutkan dengan tahap pembersihan (*wash-out*) lalu dilakukan pemberian perlakuan B pada periode II terhadap 12 subjek yang telah mendapat perlakuan A dan dilakukan pengambilan data.

   Kelompok BA = Pemberian perlakuan B pada periode I terhadap 12 subjek dan dilakukan pengambilan data kemudian dilanjutkan dengan tahap pembersihan (*wash-out*) lalu dilakukan pemberian perlakuan A pada periode II terhadap 12 subjek yang telah mendapat perlakuan B dan dilakukan pengambilan data.

3.3 Metode Analisis

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengestimasi data hilang pada rancangan *cross-over* menggunakan metode *Expectation Maximization*, Adapun langkah-langkah yang dilakukan yaitu :
   a. mengganti *missing value* dengan *estimated value*.
   b. mengestimasi parameter.
   c. mengestimasi ulang *missing value* tadi dengan menggunakan parameter baru yang diestimasi.
   d. mengestimasi ulang parameter, dan seterusnya berulang-ulang sampai dengan konvergen terhadap suatu nilai.
2. Melakukan uji asumsi dari data hasil penelitian.
   Adapun kriteria yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :
   a. Galat percobaan harus menyebar normal
   b. Galat-galat percobaan harus homogen
   c. Model linier bersifat aditif
   d. Galat-galat percobaan saling bebas
3. Melakukan analisis variansi pada rancangan *cross-over* lengkap setelah data hilang di estimasi.
   Adapun langkah-langkah dalam menguji hipotesis pada analisis variansi adalah sebagai berikut :
   a. Menentukan hipotesis
   b. Memilih taraf signifikansi
   c. M enentukan statisik uji yang digunakan
   d. Menentukan daerah penolakan atau kriteria keputusan
   e. Melakukan perhitungan statistik
   f. Melakukan penarikan kesimpulan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas tentang estimasi data hilang, simulasi menghilangkan data menggunakan algoritma pemrograman, memilih salah satu bentuk kemungkinan posisi data hilang, mengestimasi data hilang, melakukan uji asumsi, dan melakukan analisis variansi pada data pengaruh penggunaan insulin *lispro* dan insulin *aspart* terhadap tekanan darah manusia.

4.1 Estimasi Parameter Data Hilang

Metode kuadrat terkecil dapat digunakan untuk menduga parameter-parameter dalam model linear suatu rancangan percobaan. Prinsip dasar dari metode kuadrat terkecil adalah menduga parameter dengan cara meminumkan jumlah kuadrat galat-galat suatu rancangan percobaan. Galat-galat percobaan diasumsikam berdistribusi normal dengan nilai tengah 0 dan ragam σ^2. Pada persamaan (2.1), dapat dilakukan pendugaan parameter dengan menggunakann metode kuadrat terkecil. Persamaan (2.1) dapat ditulis kembali dalam bentuk :

$$s_{ik} + \varepsilon_{ijk} = Y_{ijk} - \mu - \pi_j - \tau_{d[i,j]} - \lambda_{d[i,j-1]} \tag{4.1}$$

dengan s_{ik} dan ε_{ijk} adalah galat-galat percobaan.

Persamaan (4.1) memiliki parameter μ, π_j, $\tau_{d[i,j]}$, dan $\lambda_{d[i,j-1]}$ yang belum diketahui, sehingga bentuk penduga untuk persamaan (4.1) adalah :

$$\hat{s}_{ik} + \hat{\varepsilon}_{ijk} = Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} \tag{4.2}$$

Keempat parameter tersebut akan diduga dengan metode kuadrat terkecil, yaitu dengan menuliskan bentuk jumlah kuadrat dari persamaan (4.2) sehingga diperoleh

$$R = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}(\hat{s}_{ik} \mid \hat{\varepsilon}_{ijk})^2$$

$$= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]})^2$$

Kemudian agar nilai R minimum, maka

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\mu}} = 2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right)(-1) = 0$$

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\pi}_j} = 2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right)(-1) = 0$$

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\tau}_{d[i,j]}} = 2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right)(-1) = 0$$

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}} = 2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right)(-1) = 0$$

Selanjutnya akan dilakukan pendugaan parameter sebagai berikut.

1. Pendugaan untuk parameter μ

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\mu}} = -2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\pi}_j - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\tau}_{d[i,j]}$$

$$- \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

Sesuai dengan asumsinya bahwa $\sum_{j=1}^{r} \pi_j = 0$, $\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r} \tau_{d[i,j]} = 0$, dan $\sum_{i=1}^{p} \lambda_{d[i,j-1]} = 0$, maka

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} = 0$$

$$\Leftrightarrow Y_{ooo} - spn_i\hat{\mu} = 0$$

$$\Leftrightarrow spn_i\hat{\mu} = Y_{ooo}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\mu} = \frac{Y_{ooo}}{spn_i}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\mu} = \bar{Y}_{ooo} \qquad (4.3)$$

2. Pendugaan untuk parameter π_j

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\pi}_j} = -2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\pi}_j - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\tau}_{d[i,j]}$$

$$- \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

Karena π_j adalah parameter yang akan diduga, maka parameter $\tau_{d[i,j]}$ dan $\lambda_{d[i,j-1]}$ dianggap sebagai konstanta, sehingga

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\pi}_j = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{j=1}^{r}\left(\sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} \sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\pi}_j\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow Y_{ojo} - sn_i\hat{\mu} - sn_i\hat{\pi}_j = 0$$

$$\Leftrightarrow sn_i\hat{\pi}_j = Y_{ojo} - sn_i\hat{\mu}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\pi}_j = \frac{Y_{ojo} - sn_i\hat{\mu}}{sn_i}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\pi}_j = \frac{Y_{ojo}}{sn_i} - \hat{\mu}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\pi}_j = \bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ooo} \tag{4.4}$$

3. Pendugaan untuk parameter $\tau_{d[i,j]}$

$$\frac{\partial R}{\partial \hat{\tau}_{d[i,j]}} = -2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\pi}_j - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\tau}_{d[i,j]}$$

$$-\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\left(\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{k=1}^{n_i}\hat{\mu} - \sum_{k=1}^{n_i}\hat{\pi}_j - \sum_{k=1}^{n_i}\hat{\tau}_{d[i,j]} - \sum_{k=1}^{n_i}\hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow Y_{ijo} - n_i\hat{\mu} - n_i\hat{\pi}_j - n_i\hat{\tau}_{d[i,j]} - n_i\hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

$$\Leftrightarrow n_i\hat{\tau}_{d[i,j]} = Y_{ijo} - n_i\hat{\mu} - n_i\hat{\pi}_j - n_i\hat{\lambda}_{d[i,j-1]}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\tau}_{d[i,j]} = \frac{Y_{ijo} - n_i\hat{\mu} - n_i\hat{\pi}_j - n_i\hat{\tau}_{d[i,j]} - n_i\hat{\lambda}_{d[i,j-1]}}{n_i}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\tau}_{d[i,j]} = \frac{Y_{ijo}}{n_i} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - -\hat{\lambda}_{d[i,j-1]}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\tau}_{d[i,j]} = \bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ooo} - \left(\bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ooo}\right) - (\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ooo})$$

$$\Leftrightarrow \hat{\tau}_{d[i,j]} = \bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ooo} - \bar{Y}_{ojo} + \bar{Y}_{ooo} - \bar{Y}_{ioo} + \bar{Y}_{ooo}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\tau}_{d[i,j]} = \bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ioo} + \bar{Y}_{ooo} \qquad (4.5)$$

4. Pendugaan untuk parameter $\lambda_{d[i,j-1]}$

$$\frac{\partial R}{\partial\hat{\lambda}_{d[i,j-1]}} = 2\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right)(-1) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\left(Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\hat{\pi}_j - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\hat{\tau}_{d[i,j]}$$
$$- \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i}\hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

$_{d[i,j-1]}$ adalah parameter yang akan diduga, maka parameter π_j dan
nggap sebagai konstanta, sehingga

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{p}\left(\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} Y_{ijk} - \sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\mu} - \sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{n_i} \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow Y_{ioo} - pn_i\hat{\mu} - pn_i\hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = 0$$

$$\Leftrightarrow pn_i\hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = Y_{ioo} - pn_i\hat{\mu}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = \frac{Y_{ioo} - pn_i\hat{\mu}}{pn_i}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = \frac{Y_{ioo}}{pn_i} - \hat{\mu}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\lambda}_{d[i,j-1]} = \bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ooo} \qquad (4.6)$$

5. Penduga untuk galat percobaan s_{ik} dan ε_{ijk}

$$\hat{s}_{ik} + \hat{\varepsilon}_{ijk} = Y_{ijk} - \hat{\mu} - \hat{\pi}_j - \hat{\tau}_{d[i,j]} - \hat{\lambda}_{d[i,j-1]}$$

$$\begin{aligned}\hat{s}_{ik} + \hat{\varepsilon}_{ijk} &= Y_{ijk} - \bar{Y}_{ooo} - (\bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ooo}) - (\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ioo} + \bar{Y}_{ooo}) \\ &\quad - (\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ooo}) \\ &= Y_{ijk} - \bar{Y}_{ooo} - \bar{Y}_{ojo} + \bar{Y}_{ooo} - \bar{Y}_{ijo} + \bar{Y}_{ojo} + \bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ooo} - \bar{Y}_{ioo} \\ &\quad + \bar{Y}_{ooo} \\ &= Y_{ijk} - \bar{Y}_{ijo} \\ &= (\bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ioo}) - (\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{iok} - Y_{ijk})\end{aligned}$$

Jadi, diperoleh pendugaan untuk galat s_{ik} dan ε_{ijk}

$$\hat{s}_{ik} = \bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ioo} \qquad (4.7)$$

$$\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{iok} - Y_{ijk} \qquad (4.8)$$

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil diperoleh penduga parameter-parameter dalam rancangan *cross – over* sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tabel parameter dan penduga rancangan *cross-over* 2×2

Parameter	Penduga
μ	$\bar{Y}_{ooo}$
π_j	$\bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ooo}$
$\tau_{d[i,j]}$	$\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ioo} + \bar{Y}_{ooo}$
$\lambda_{d[i,j-1]}$	$\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ooo}$
s_{ik}	$\bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ioo}$
ε_{ijk}	$\bar{Y}_{ioo} - \bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ijo} + Y_{ijk}$

Sumber : Data Olahan

4.2 Eksplorasi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengaruh pemberian antibiotik terhadap tekanan darah manusia dengan model rancangan *cross-over* dengan 2 perlakuan, 2 kelompok, dan 2 periode seperti yang dapat dilihat pada lampiran 1. Selanjutnya dari data yang diambil terdapat bentuk data hilang sebanyak 6 data seperti yang disajikan pada lampiran 1.

Tabel 4.2 Data tekanan darah manusia dalam salah satu bentuk rancangan *cross-over* dengan 6 buah data hilang.

Perlakuan Kelompok	Subjek	Periode 1	Periode 2
Tekanan Darah **AB**	1	120	130
	2	Y_{112}	110
	3	Y_{113}	105
	4	110	Y_{124}
	5	105	90
	6	110	100
	7	100	115
	8	120	105
	9	110	Y_{129}
	10	120	110
	11	120	100
	12	110	120
Tekanan Darah **BA**	1	110	105
	2	75	85
	3	110	Y_{223}
	4	125	130
	5	100	115
	6	120	105
	7	100	120
	8	100	100
	9	130	Y_{229}
	10	110	100
	11	120	120
	12	105	110

Selanjutnya dari data Tabel 4.2 akan dilakukan estimasi data hilang menggunakan metode *expectation maximization.*

4.3 Estimasi Data Hilang Menggunakan Expectation Maximization

Tahap pertama untuk mengistimasi data hilang menggunakan *estimation* maximization yaitu tahap *expectation* dengan cara mengganti *missing value* dengan *estimated value* dengan menghitung nilai duga dari parameter yang pada model linier rancangan *cross-over* menggunakan metode kuadrat

$$Y_{112} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + S_{ik}$$

= 109,64 + + 0,811,19 + 2,86 + (-0,5)

= 144

Selanjutnya masuk ketahap yang kedua yaitu tahap *Maximization* dengan cara Substitusi nilai duga parameter yang diperoleh pada tahap pertama (iterasi 1) ke dalam data rancangan *Cross-over*, kemudiang dilakukan estimasi parameter hingga diperoleh nilai Y_{112} yang konvergen.

Tabel 4.3 Iterasi Tahap *Maximization* Y_{112}

iterasi	Y_{ijk}	μ	π_j	$\tau_{d[i,j]}$	$\lambda_{d[i,j-1]}$	s_{ik}
1	114,00	109,643	0,812	1,188	2,857	-0,500
2	115,94	109,744	0,865	1,105	2,892	1,333
3	117,08	109,789	0,904	1,150	3,023	2,211
4	117,75	109,816	0,927	1,176	3,101	2,727
5	118,14	109,831	0,940	1,192	3,146	3,030
6	118,37	109,840	0,948	1,201	3,172	3,206
7	118,50	109,846	0,953	1,206	3,188	3,310
8	118,58	109,849	0,956	1,209	3,197	3,369
9	118,63	109,851	0,957	1,211	3,202	3,405
10	118,66	109,852	0,958	1,212	3,205	3,428
11	118,67	109,853	0,959	1,213	3,207	3,441
12	118,68	109,853	0,959	1,213	3,208	3,446
13	118,68	109,853	0,959	1,213	3,209	3,450

Sumber : Data olahan

Pada tabel 4.3 diatas terlihat bahwa nilai Y_{112} pada iterasi ke 12 dan 13 sama, sehingga dapat dikatakan telah menuju suatu nilai yang konvergen yaitu 118,68.

Dengan metode yang sama (dapat dilihat pada lampiran 2) diperoleh nilai data hilang sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} Y_{113} \\ Y_{124} \\ Y_{129} \\ Y_{223} \\ Y_{229} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 113{,}33 \\ 98{,}55 \\ 97{,}32 \\ 110{,}87 \\ 135{,}17 \end{bmatrix}$$

4.4 Pengujian Asumsi-asumsi Pokok Analisis Variansi

a. Galat Percobaan harus menyebar normal

Untuk menguji apakah suatu data menyebar normal, maka digunakan uji Liliefors. Dengan banyaknya pengamatan (n) adalah 48 pengamatan dan taraf kepercayaan = 0.05. Pertama-tama data disusun dari terkecil sampai terbesar, kemudian merumuskan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

Langkah selanjutnya untuk memperoleh nilai L_0, maka maka terlebih dahulu dihitung nilai $|F(z_i) - S(z_i)|$ yang ada pada tabel bantu Lampiran 3. Nilai L_0 merupakan selisih terbesar dari $|F(z_i) - S(z_i)|$ yaitu 0.103408. Kemudian untuk memperoleh nilai kritis untuk uji Liliefors menggunakan Lampiran 4 maka didapatkan $L_{\alpha(n)} = L_{0.05(48)} = 0.127883$.

Karena $L_0 = 0.103408$ lebih kecil dari $L_{0.05(48)} = 0.127883$ maka H_0 diterima sehingga disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

b. Galat-galat percobaan harus homogen

Uji formal yang dapat digunakan untuk memeriksa asumsi kehomogenan variansi galat adalah uji bartlet. Rumusan hipotesisnya adalah sebagai berikut :

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (variansi perlakuan sama)

$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2, i, j = 1{,}2$ (variansi perlakuan tidak sama)

Dengan menggunakan tabel bantu uji Bartlett pada Lampiran 5, dapat dihitung nilai S_i^2 menggunakan rumus :

$$S_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p}(y_{ij} - \bar{y}_{io})^2}{r_i - 1}$$

Sehingga diperoleh :

$$S_1^2 = \frac{2628{,}454}{48 - 1} = 114{,}281$$

$$= \frac{3719{,}799}{48 - 1} = 161{,}73$$

elah memperoleh S_i^2, selanjutnya menentukan nilai S^2 dengan rumus :

`

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p}(r_i - 1)S_i^2}{N - p} = \frac{6348{,}254}{48 - 2} = 138{,}0055$$

Selanjutnya hitung nilai χ^2 dengan rumus :

$$\chi^2_{hitung} = (\ln 10)\left\{(\sum_{i=1}^{p}(r_i - 1))\log(S^2) - \sum_{i=1}^{p}(r_i - 1)\log(S_i^2)\right\}$$

$$= (\ln 10)[(46)(\log 138{,}0055) - 98{,}1355786]$$

$$= 2{,}3026[(46)(2{,}139896442) - 98{,}1355786]$$

$$= 2{,}3026[98{,}4352363 - 98{,}1355786]$$

$$= 2{,}3026[0{,}2996577]$$

$$= 0{,}689987$$

Dengan taraf kepercayaan $\alpha = 0{,}05$ menghasilkan nilai bahwa $\chi^2_{hitung} = 0{,}689987$ lebih kecil dari $\chi^2_{0.05;1} = 3{,}8415$ maka disimpulkan bahwa H_0 diterima yang artinya asumsi kehomogenan variansi terpenuhi.

c. Model Linear bersifat aditif

Untuk pemeriksaan asumsi aditif digunakan uji Tukey. Rumusan hipotesisnya adalah sebagai berikut :

H_0: $y_{ijk} = \mu + \pi_k + \tau_{d[i,k]} + \lambda_{d[i,k-1]} + s_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

(model bersifat aditif)

H_1: $y_{ijk} \neq \mu + \pi_k + \tau_{d[i,k]} + \lambda_{d[i,k-1]} + s_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

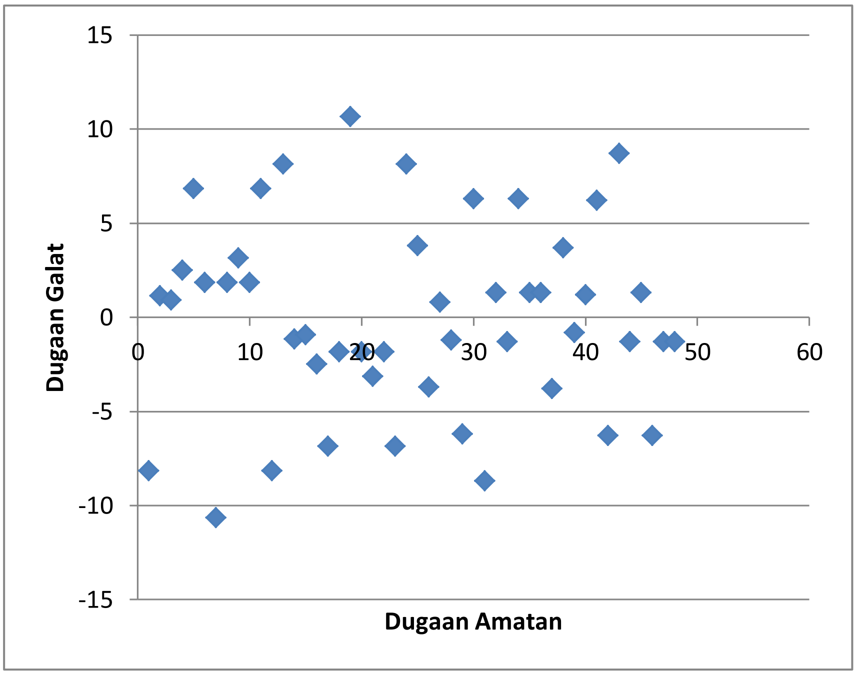
(model bersifat tidak aditif)

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran 6 didapatkan nilai $F_{hitung} = 0{,}4267 < F_{0.05} = 2{,}0129$ sehingga sesuai kaidah keputusan yang menerima H_0 bahwa model bersifat aditif.

d. Galat-galat percobaan saling bebas

Untuk melihat keacakan galat percobaan dibuat plot antara nilai dugaan $_{k}$) dan nilai dugaan amatan ($\hat{y}_{ijk}$) diperoleh pada lampiran 7. Berikut ot nilai dugaan galat dengan nilai dugaan amatan.

Dapat dilihat pada plot berikut bahwa titik-titik galat tidak membentuk suatu pola tertentu sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi kebebasan galat terpenuhi.



Dengan terpenuhinya keempat asumsi pokok dapat dikatakan bahwa kesimpulan yang akan dihasilkan pada pengujian analisis variansi bisa diterima.

4.5 Analisis Variansi Pada Rancangan *Cross-over*

Bentuk hipotesis adalah sebagai berikut :

a. H_0 : $\tau_{d[i,j]} = 0$ untuk i = 1,2;j = 1,2

(tidak ada perbedaan pengaruh pemberian insulin lispro dan insulin aspart terhadap tekanan darah manusia)

H_1 : $\tau_{d[i,j]} \neq 0$ untuk i = 1,2; j = 1,2

(ada perbedaan pengaruh pemberian insulin lispro dan insulin aspart terhadap tekanan darah manusia)

b. H_0 : $\lambda_{d[i,j-1]} = 0$ untuk i = 1,2; j = 1,2

ak ada pengaruh urutan pemberian insulin lispro kemudian insulin aspart upun pemberian insulin aspart kemudian insulin lispro terhadap tekanan ah manusia)

H_1 : $\lambda_{d[i,j-1]} \neq 0$ untuk i = 1,2; j = 1,2

(ada pengaruh urutan pemberian insulin lispro kemudian insulin aspart maupun pemberian insulin aspart kemudian insulin lispro terhadap tekanan darah manusia)

Langkah perhitungan dalam analisis variansi adalah sebagai berikut:

Untuk mendapatkan nilai jumlah kuadrat maka terlebih dahulu dihitung jumlah keseluruhan data kemudian dikuadratkan.

$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk} = 120 + 118{,}68 + 113{,}33 + 110 + 105 + \cdots + 110$$

$$= 5278{,}92$$

$$\frac{y_{ooo}^2}{N} = \frac{5278{,}92^2}{2.12.2} = \frac{27866996{,}37}{48} = 580562$$

$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 = 120^2 + 118{,}68^2 + 113{,}33^2 + 110^2 + 105^2 + \cdots + 100^2$$

$$= 587150$$

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

Dengan menggunakan persamaan (2.5) diperoleh nilai jumlah kuadrat total sebagai berikut:

$$JKT = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 - \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2}$$

$$= 587150 - 580562$$

$$= 6587{,}58$$

Jumlah Kuadrat *Carry-over* (JKC)

Dengan menggunakan persamaan (2.6) diperoleh nilai jumlah kuadrat *carry-over* sebagai berikut:

$$JKC = \sum_{i=1}^{2} \frac{y_{ioo}^2}{2.n_i} - \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2}$$

$$= \frac{2637{,}88^2 + 2641{,}04^2}{2.12} - 580562$$

$$= \frac{13933503,18}{24} - 580562$$

$$= 0,208$$

Jumlah Kuadrat Galat Antar Subjek (JKG(BS))

Dengan menggunakan persamaan (2.7) diperoleh nilai jumlah kuadrat galat antar subjek sebagai berikut:

$$JKG(BS) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\frac{y_{iok}^2}{2} - \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i}$$

$$= \frac{250^2 + 228,68^2 + 218,33^2 + \cdots + 215^2}{2} - \frac{2637,88^2 + 2641,04^2}{2.12}$$

$$= 585617,95 - 580563$$

$$= 5055,32$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKPerlakuan)

Dengan menggunakan persamaan (2.8) diperoleh nilai jumlah kuadrat perlakuan sebagai berikut:

$$JKPerlakuan = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ijo}^2}{n_i} - \sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ojo}^2}{2.n_i} - \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i} + \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2}$$

$$= \frac{1357,01^2 + 1280,87^2 + 1305^2 + 1336,04^2}{12} - \frac{2662^2 + 2616,91^2}{2.12}$$

$$- \frac{2637,88^2 + 2641,04^2}{2.12} + 580562$$

$$= 580844,33 - 580605 - 580562,63 + 580562$$

$$= 42,37$$

Jumlah Kuadrat Periode (JKPeriode)

Dengan menggunakan persamaan (2.9) diperoleh nilai jumlah kuadrat periode sebagai berikut:

$$JKPeriode = \sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ojo}^2}{2.n_i} - \frac{y_{ooo}^2}{2.n_i.2}$$

$$= \frac{2662,01^2 + 2616,91^2}{2.12} - 580562$$

$$= 580604,8 - 580562 = 42,38$$

Jumlah Kuadrat Galat Dalam Subjek (JKG(WS))

Dengan menggunakan persamaan (2.10) diperoleh nilai jumlah kuadrat galat dalam subjek sebagai berikut:

$$JKG(WS) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^{2}\sum_{k=1}^{n_i}\frac{y_{iok}^2}{2} - \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\frac{y_{ijo}^2}{n_i} + \sum_{i=1}^{2}\frac{y_{ioo}^2}{2.n_i}$$

$$= 587150 - \frac{250^2 + 228{,}68^2 + 218{,}33^2 + \cdots + 215^2}{2}$$

$$- \frac{1357^2 + 1280{,}87^2 + 1305^2 + 1336{,}04^2}{12} + \frac{2662^2 + 2616{,}91^2}{2.12}$$

$$= 587150 - 585618 - 580844{,}33 + 580563$$

$$= 1250{,}35$$

Selanjutnya adalah menghitung derajat bebas untuk masing-masing jumlah kuadrat.

Derajat Bebas Untuk Setiap Jumlah Kuadrat

Berdasarkan Tabel 2.4 diperoleh masing-masing derajat bebas berikut :

$db\ perlakuan \quad = \ 1$

$db\ periode \quad = \ 1$

$db\ carryover \quad = \ 1$

$db\ galat \quad = \ n_1 + n_2 - 2 = 12 + 12 - 2 = 22$

$db\ total \quad = \ 2(n_1 + n_2) - 1 = 2(12 + 12) - 1 = 48 - 1 = 47$

Selanjutnya adalah menghitung kuadrat tengah.

Kuadrat Tengah *Carry-over* (KTC)

$$KTC = \frac{JKC}{1}$$

$$= \frac{0{,}208}{1}$$

$$0{,}208$$

Tengah Galat Antar Subjek (KTG(BS))

$$KTG(BS) = \frac{JKG(BS)}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{5055,32}{22} = 229,79$$

Kuadrat Tengah Perlakuan (KTPerlakuan)

$$KTPerlakuan = \frac{JKPerlakuan}{1}$$

$$= \frac{580844,33}{1}$$

$$= 580844,33$$

Kuadrat Tengah Periode (KTPeriode)

$$KTPeriode = \frac{JKPeriode}{1}$$

$$= \frac{42,375}{1}$$

$$= 42,375$$

Kuadrat Tengah Galat Dalam Subjek (KTG(WS))

$$KTG(WS) = \frac{JKG(WS)}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{1250,35}{22}$$

$$= 56,83$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai F_{hitung}.

Antar Subjek

$$= \frac{KTC}{KTG(BS)}$$

`

$$= \frac{0,208}{229,79}$$

$$= 0,001$$

F_{hitung} Dalam Subjek

$$F_{hitung} = \frac{KTPerlakuan}{KTG(WS)}$$

$$= \frac{239,32}{56,83} = 4,211$$

Setelah mendapatkan semua komponen analisis variansi, selanjutnya masukkan semua nilai yang diapatkan pada Tabel 4.4.

Tabel. 4.4 Analisis variansi data pengaruh pemberian Insulin terhadap tekanan darah manusia setelah data hilang diestimasi

SV	Db	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar Subjek					
Carry-over	1	0,208	0,208	0,001	4,301
Galat	22	5055,32	229,79		
Dalam Subjek					
Perlakuan	1	239,32	239,32	4,211	4,301
Periode	1	42,375	43,375		
Galat(WS)	22	1250,35	56,83		
[illegible]	47	6587,58			

Hasil Olahan

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{0.05;1;22}$ yaitu 0,001 < 4,301 dan 4,211 < 4,301, maka H_0 diterima pada taraf kepercayaan 0.05. Artinya bahwa tidak terdapat perbedaan pengaruh pemberian insulin *lispro* dan insulin *aspart* terhadap tekanan darah manusia, serta tidak ada pengaruh urutan perlakuan pemberian insulin *Lispro* kemudian *Aspart* maupun *Aspart* kemudian *Lispro* pada tekanan darah manusia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan metode analisis, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Estimasi nilai data hilang dengan menggunakan metode *Expectation Maximization* pada rancangan *cross-over* dengan estimasi parameter :

   $$Y_{ijk} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik}$$

   Dimana : μ : $\bar{Y}_{ooo}$

   π_j : $\bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ooo}$

   $\tau_{d[i,j]}$: $\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ojo} - \bar{Y}_{ioo} + \bar{Y}_{ooo}$

   $\lambda_{d[i,j-1]}$: $\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{ooo}$

   s_{ik} : $\bar{Y}_{iok} - \bar{Y}_{ioo}$

2. Estimasi nilai data hilang menggunakan metode *Expectation Maximization* pada data pengaruh pemberian insulin *lispro* dan insulin *aspart* terhadap tekanan darah manusia dalam bentuk rancangan *cross-over* diperoleh :

   $$Y_{112} = 118{,}68$$
   $$Y_{113} = 113{,}33$$
   $$Y_{124} = 98{,}55$$
   $$Y_{129} = 97{,}32$$
   $$Y_{223} = 110{,}87$$
   $$Y_{229} = 135{,}17$$

   Tambhakan datanya F hitumh F tabel, dan dengan menggunakan analisis variansi pada rancangan *cross-over* setelah data hilang diestimasi, dapat ditunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh pemberian insulin *lispro* dan insulin *aspart* terhadap tekanan darah manusia.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dicobakan pada data dengan perlakuan dan periode lebih dari 2 serta metode estimasi data hilang yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah, H. N., 2016. *Mengenal Jenis-Jenis Insulin Terbaru untuk Pengobatan Diabetes.*.Bandung : Majalah Farmasetika.

Annisa, Y.N. 2018. *Pendugaan Data Hilang Pada Rancangan Acak Kelompok Lengkap Dengan Metode Yates Dan Algoritma Expectation Maximization.* Skripsi. Makassar : Universitas Negeri Makassar.

Chow, S. C. & Liu, J. P. 2004. *Design and Analysis of Clinical Trials 2^{nd} ed*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Hanafiah, K.A. 1991. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi Edisi Ketiga.* Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Huda, SA. 2016. *Hubungan Antara Kadar Glukosa Darah Dengan Tekanan Darah Manusia di Rw 03 Kelurahan Kebayoran Lama Jakarta Selatan*. Skripsi. Lampung : Univesitas Muhammadiyah Metro.

Jones, B. & Kenward, M. G. 2003. *Design and Analysis of Cross-Over Trials 2nd ed*. New York: Chapman & Hall/CRC.

Little, R.J.A. and Rubin, D.B. 1987. *Statistical Analysis with Missing Data*. John Wiley & Sons : New York.

Matjik, A., & Sumertajaya, I. 2000. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab (Jilid I Edisi Kedua).* Bogor: IPB-Press.

Montgomery, D.C. 2008. *Design and Analysis of Experiment 7^{nd} ed.* New York: John Willey & Sons Inc.

Norzaida, Abas. 1995. *Crossover Trial in Medical Statistics*. University of Wales: Tesis.

L.A. 2015. *Rancangan Cross-over Tiga Periode dengan Dua Perlakuan.* ipsi. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta:

Raphaeli, 2017. *Hubungan Kadar Gula Darah dan Hipertensi Pada Pasien Diabetes Melitus II*. Skripsi Jakarta Barat : Universitas Kristen Krida Wacana.

Sinoputro, Diporapdwijoyo. 2015. *Penggunaan Insulin Untuk Pasien Diabetes Melitus Dari Generasi Ke Generasi*. Jurnal Kesehatan. Meditek. Vol. 21 Nomor 55

Sudjana*, D. 1996*. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.

Utama, R. M. 2017. *Estimasi Data Hilang pada Rancangan Cross-over Menggunakan Metode Biggers.* Skripsi. Makassar : Universitas Hasanuddin.

Walpole, R. E. 1982. *Pengantar Statistika. Edisi ke-3*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Lampiran 1.

Tabel Data Penelitian

Nama Pasien (Umur)	Tekanan darah (Lispro)	Tekanan darah (Aspart)
Tn. B (45)	120	120 140
Tn. T (42)		100 110 110 110 120
Ny. S (52)		90 100 110 110
Tn. A (50)	110	
Tn. S (48)	110	100
Tn. B (56)	110	100 100
Ny. F (57)	100	110 120
Ny. R (42)	120	100 110
Tn. I (39)	110	
Ny. S (40)	120	110
Ny. E (48)	120	100
Ny. T (38)	110	120
Ny. R (41)	100	110

	110	
Ny. W (49)	80 90	90 70 70 70
Tn. Y (51)		100 120 110
Tn. S (53)	130	130 120
Ny. Y (46)	120 110	100 100
Tn. G (50)	105	120
Ny. A (47)	120	100
Ny. M (39)	100	100
Ny. D (43)		130 140 120
Ny. F (40)	100	120 100
Tn. H (52)	120	120
Ny. B (45)	110	105

Sumber : Puskesmas Toddopuli 2017

Lampiran 2.

Nilai Data Y_{124} = 98,55

Y_{124}	=	109,978	-0,940	-2,233	-3,238	-5,637
iterasi		μ	π_j	$\tau_{d[i,j]}$	$\lambda_{d[i,j-1]}$	s_{ik}
1	105,00	109,932	-1,182	-1,318	-1,432	-1,000
2	102,38	109,822	-1,251	-1,307	-1,641	-3,240
3	100,83	109,764	-1,318	-1,364	-1,821	-4,436
4	99,90	109,730	-1,357	-1,399	-1,927	-5,143
5	99,35	109,709	-1,381	-1,419	-1,991	-5,568
6	99,02	109,697	-1,395	-1,431	-2,029	-5,819
7	98,83	109,690	-1,403	-1,438	-2,051	-5,970
8	98,71	109,685	-1,408	-1,443	-2,064	-6,056
9	98,64	109,683	-1,411	-1,445	-2,073	-6,111
10	98,60	109,681	-1,413	-1,447	-2,077	-6,143
11	98,58	109,680	-1,414	-1,448	-2,080	-6,161
12	98,57	109,680	-1,414	-1,448	-2,082	-6,170
13	98,56	109,680	-1,414	-1,448	-2,082	-6,175
14	98,55	109,679	-1,415	-1,449	-2,083	-6,180
15	98,55	109,679	-1,415	-1,449	-2,084	-6,184

$$Y_{124} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik}$$

$$98{,}55 = 109{,}679 + (-1{,}415) + (-1{,}449) + (-2{,}084) + (-6{,}184)$$

Nilai Data Y$_{129}$ = 97,32

Y_{129}	=	109,978	-0,940	-2,233	-3,238	-6,252
iterasi		μ	π_j	$\tau_{d[i,j]}$	$\lambda_{d[i,j-1]}$	s_{ik}
1	104,27	109,679	-1,415	-1,449	-2,084	-0,459
2	101,37	109,562	-1,479	-1,404	-2,243	-3,066
3	99,68	109,498	-1,548	-1,456	-2,422	-4,395
4	98,69	109,462	-1,588	-1,487	-2,526	-5,170
5	98,11	109,440	-1,611	-1,504	-2,587	-5,624
6	97,78	109,428	-1,625	-1,515	-2,623	-5,890
7	97,58	109,420	-1,633	-1,521	-2,643	-6,041
8	97,47	109,416	-1,637	-1,524	-2,655	-6,133
9	97,40	109,414	-1,640	-1,526	-2,662	-6,183
10	97,36	109,412	-1,642	-1,527	-2,666	-6,215
11	97,34	109,411	-1,643	-1,528	-2,669	-6,233
12	97,33	109,411	-1,643	-1,529	-2,670	-6,242
13	97,32	109,411	-1,643	-1,529	-2,671	-6,247
14	97,32	109,410	-1,644	-1,529	-2,671	-6,252

$$Y_{129} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik}$$

$$97,32 = 109,410 + (-1,644) + (-1,529) + (-2,671) + (-6,184)$$

Nilai Data Y$_{113}$ = 113,33

Y_{113}	=	109,978	0,940	2,233	3,107	-0,747
iterasi		μ	π_j	$\tau_{d[i,j]}$	$\lambda_{d[i,j-1]}$	s_{ik}
1	109,34	109,853	0,959	1,213	3,209	-5,890
2	111,04	109,841	0,909	1,023	2,910	-3,649
3	112,01	109,880	0,942	1,055	3,013	-2,876
4	112,57	109,902	0,960	1,074	3,072	-2,435
5	112,89	109,915	0,971	1,084	3,106	-2,181
6	113,08	109,922	0,977	1,090	3,125	-2,035
7	113,19	109,926	0,980	1,094	3,137	-1,949
8	113,25	109,929	0,982	1,096	3,144	-1,899
9	113,29	109,930	0,984	1,097	3,147	-1,872
10	113,31	109,931	0,984	1,098	3,150	-1,854
11	113,32	109,932	0,985	1,098	3,151	-1,845
12	113,33	109,932	0,985	1,098	3,152	-1,840
13	113,33	109,932	0,985	1,099	3,152	-1,835

$$Y_{113} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik}$$
$$113,33 = 109,932 + 0,985 + 1,099 + 3,3152 + (-1,835)$$

Nilai Data Y_{223} = 110,87

Y_{223}	=	109,978	-0,940	2,233	1,359	0,392
iterasi		μ	π_j	$\tau_{d[i,j]}$	$\lambda_{d[i,j-1]}$	s_{ik}
1	110,27	109,410	-1,644	1,780	-0,410	1,136
2	110,52	109,429	-1,553	1,744	-0,313	1,210
3	110,67	109,434	-1,548	1,750	-0,296	1,324
4	110,75	109,437	-1,544	1,754	-0,285	1,393
5	110,80	109,439	-1,542	1,756	-0,280	1,429
6	110,83	109,440	-1,541	1,757	-0,276	1,452
7	110,85	109,441	-1,541	1,758	-0,274	1,466
8	110,86	109,441	-1,540	1,758	-0,273	1,475
9	110,87	109,441	-1,540	1,759	-0,272	1,480
10	110,87	109,441	-1,540	1,759	-0,271	1,484

$$Y_{223} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik}$$

$$110{,}87 = 109{,}441 + (-1{,}54) + 1{,}759 + (-0{,}271) + 1{,}484$$

Nilai Data Y_{229} = 135,17

Y_{229}	=	109,978	-0,940	2,233	1,359	22,542
iterasi		μ	π_j	$\tau_{d[i,j]}$	$\lambda_{d[i,j-1]}$	s_{ik}
1	130,44	109,441	-1,540	1,759	-0,271	21,049
2	132,41	109,879	-1,038	2,134	1,064	20,374
3	133,56	109,920	-0,997	2,175	1,187	21,277
4	133,65	109,923	-0,994	2,179	1,196	21,345
5	134,29	109,946	-0,971	2,201	1,264	21,845
6	134,66	109,959	-0,958	2,215	1,304	22,138
7	134,87	109,967	-0,950	2,222	1,327	22,308
8	135,00	109,971	-0,946	2,227	1,340	22,404
9	135,07	109,974	-0,943	2,229	1,349	22,464
10	135,11	109,975	-0,942	2,231	1,353	22,496
11	135,14	109,976	-0,941	2,232	1,355	22,514
12	135,15	109,977	-0,940	2,232	1,357	22,528
13	135,16	109,977	-0,940	2,232	1,358	22,533
14	135,17	109,977	-0,940	2,233	1,359	22,537
15	135,17	109,978	-0,940	2,233	1,359	22,542

$$Y_{229} = \mu + \pi_j + \tau_{d[i,j]} + \lambda_{d[i,j-1]} + s_{ik}$$

$$135{,}17 = 109{,}978 + (-0{,}94) + 2{,}233 + 1{,}359 + 22{,}542$$

Lampiran 3.

Tabel Bantu dari Perhitungan Uji Lilliefors

Data	Zi	F(Zi)	S(Zi)	|F(Zi)-S(Zi)|
75,00	-2,95444	0,001566	0,020833	0,019267136
85,00	-2,10977	0,017439	0,041667	0,024227562
90,00	-1,68744	0,04576	0,0625	0,016740183
97,32	-1,06914	0,142504	0,083333	0,059170288
98,55	-0,96524	0,167211	0,104167	0,063044544
100,00	-0,84277	0,199679	0,125	0,074679238
100,00	-0,84277	0,199679	0,145833	0,053845905
100,00	-0,84277	0,199679	0,166667	0,033012571
100,00	-0,84277	0,199679	0,1875	0,012179238
100,00	-0,84277	0,199679	0,208333	0,008654095
100,00	-0,84277	0,199679	0,229167	0,029487429
100,00	-0,84277	0,199679	0,25	0,050320762
100,00	-0,84277	0,199679	0,270833	0,071154095
105,00	-0,42043	0,337084	0,291667	0,04541773
105,00	-0,42043	0,337084	0,3125	0,024584397
105,00	-0,42043	0,337084	0,333333	0,003751063
105,00	-0,42043	0,337084	0,354167	0,01708227
105,00	-0,42043	0,337084	0,375	0,037915603
105,00	-0,42043	0,337084	0,395833	0,058748937
110,00	0,001901	0,500758	0,416667	0,084091524
110,00	0,001901	0,500758	0,4375	0,063258191
110,00	0,001901	0,500758	0,458333	0,042424857
110,00	0,001901	0,500758	0,479167	0,021591524
110,00	0,001901	0,500758	0,5	0,000758191
110,00	0,001901	0,500758	0,520833	0,020075143
110,00	0,001901	0,500758	0,541667	0,040908476
110,00	0,001901	0,500758	0,5625	0,061741809
110,00	0,001901	0,500758	0,583333	0,082575143
110,00	0,001901	0,500758	0,604167	0,103408476
110,87	0,075387	0,530046	0,625	0,094953552
113,33	0,283175	0,611479	0,645833	0,034354696
115,00	0,424235	0,664303	0,666667	0,002364062
115,00	0,424235	0,664303	0,6875	0,023197396
118,68	0,735072	0,768852	0,708333	0,06051895
120,00	0,846569	0,801382	0,729167	0,072215502
120,00	0,846569	0,801382	0,75	0,051382169
120,00	0,846569	0,801382	0,770833	0,030548835

120,00	0,846569	0,801382	0,791667	0,009715502
120,00	0,846569	0,801382	0,8125	0,011117831
120,00	0,846569	0,801382	0,833333	0,031951165
120,00	0,846569	0,801382	0,854167	0,052784498
120,00	0,846569	0,801382	0,875	0,073617831
120,00	0,846569	0,801382	0,895833	0,094451165
125,00	1,268903	0,897762	0,916667	0,01890458
130,00	1,691237	0,954604	0,9375	0,017104184
130,00	1,691237	0,954604	0,958333	0,00372915
130,00	1,691237	0,954604	0,979167	0,024562483
135,17	2,12793	0,983329	1	0,016671447

MEAN	110
STANDAR	11,83897
Lhitung	0,103408
Ltabel	0,127883
	NORMAL

Lampiran 4.

Nilai Kritis Untuk Uji Lilliefors

Ukuran	Taraf Nyata (α)				
Sampel (n)	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20
4	0,417	0,381	0,352	0,319	0,300
5	0,405	0,337	0,315	0,229	0,285
6	0,364	0,319	0,294	0,277	0,265
7	0,348	0,300	0,276	0,258	0,247
8	0,331	0,285	0,261	0,244	0,233
9	0,311	0,271	0,249	0,233	0,223
10	0,294	0,258	0,239	0,224	0,215
11	0,284	0,249	0,230	0,217	0,206
12	0,275	0,242	0,223	0,212	0,199
13	0,268	0,234	0,214	0,202	0,190
14	0,261	0,227	0,207	0,194	0,183
15	0,257	0,220	0,201	0,187	0,177
16	0,250	0,213	0,195	0,182	0,173
17	0,245	0,206	0,189	0,177	0,169
18	0,239	0,200	0,184	0,173	0,166
19	0,235	0,195	0,179	0,169	0,163
20	0,231	0,190	0,174	0,166	0,160
25	0,200	0,173	0,158	0,147	0,142
30	0,187	0,161	0,144	0,136	0,131
> 30	$\frac{1,031}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,886}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,805}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,768}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,736}{\sqrt{n}}$

Lampiran 5.

Tabel Bantu Uji Bartlett

Perlakuan A		
Y_{ij}	$Y_{ij} - \bar{Y}$	$(Y_{ij} - \bar{Y})^2$
120,00	7,79	60,68
118,68	6,47	41,86
113,33	1,12	1,25
110,00	-2,21	4,89
105,00	-7,21	51,99
110,00	-2,21	4,89
100,00	-12,21	149,09
120,00	7,79	60,68
110,00	-2,21	4,89
120,00	7,79	60,68
120,00	7,79	60,68
110,00	-2,21	4,89
105,00	-7,21	51,99
85,00	-27,21	740,41
110,87	-1,34	1,80
130,00	17,79	316,47
115,00	2,79	7,78
105,00	-7,21	51,99
120,00	7,79	60,68
100,00	-12,21	149,09
135,17	22,96	527,14
100,00	-12,21	149,09
120,00	7,79	60,68
110,00	-2,21	4,89
Total		**2628,454**

Perlakuan B		
Y_{ij}	$Y_{ij} - \bar{Y}$	$(Y_{ij} - \bar{Y})^2$
130,00	22,26	495,30
110,00	2,26	5,09
105,00	-2,74	7,53
98,55	-9,19	84,54
90,00	-17,74	314,87
100,00	-7,74	59,98
115,00	7,26	52,64
105,00	-2,74	7,53
97,32	-10,42	108,67
110,00	2,26	5,09
100,00	-7,74	59,98
120,00	12,26	150,20
110,00	2,26	5,09
75,00	-32,74	1072,21
110,00	2,26	5,09
125,00	17,26	297,75
100,00	-7,74	59,98
120,00	12,26	150,20
100,00	-7,74	59,98
100,00	-7,74	59,98
130,00	22,26	495,30
110,00	2,26	5,09
120,00	12,26	150,20
105,00	-2,74	7,53
total		**3719,799**

perlakuan	ri-1	si	log si	(ri-1)*logsi	(ri-1)*si
1	23	114,281	2,057972627	47,33337042	2628,454
2	23	161,730	2,20879166	50,80220818	3719,799
				98,1355786	6348,254

s gabungan	138,005515	2,139896442
x hitung	0,68998745	
x tabel	3,8415	
kesimpulan	Homogen	

Lampiran 6

Tabel Bantu Perhitungan Uji Tukey

y_i	y_i									
1	120,00	118,68	113,33	110,00	105,00	110,00	100,00	120,00	110,00	120,00
2	130,00	110,00	105,00	98,55	90,00	100,00	115,00	105,00	97,32	110,00
y_{oj}	250,00	228,68	218,33	208,55	195,00	210,00	215,00	225,00	207,32	230,00
$\bar{y}_{oj}$	125,00	114,34	109,17	104,28	97,50	105,00	107,50	112,50	103,66	115,00
$\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo}$	15,02	4,36	-0,81	-5,70	-12,48	-4,98	-2,48	2,52	-6,32	5,02

y_i	y_i													
1	120,00	110,00	105,00	85,00	110,87	130,00	115,00	105,00	120,00	100,00	135,17	100,00	120,00	110,00
2	100,00	120,00	110,00	75,00	110,00	125,00	100,00	120,00	100,00	100,00	130,00	110,00	120,00	105,00
y_{oj}	220,00	230,00	215,00	160,00	220,87	255,00	215,00	225,00	220,00	200,00	265,17	210,00	240,00	215,00
$\bar{y}_{oj}$	110,00	115,00	107,50	80,00	110,44	127,50	107,50	112,50	110,00	100,00	132,59	105,00	120,00	107,50
[illegible]	[illegible],02	5,02	-2,48	-29,98	0,46	17,52	-2,48	2,52	0,02	-9,98	22,61	-4,98	10,02	-2,48

y_{io}	$\bar{y}_{io}$	$\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo}$
2693,05	112,21	2,23
2585,87	107,74	-2,23

$$Q = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{24}(\bar{y}_{ioo} - \bar{y}_{ooo})(\bar{y}_{ojo} - \bar{y}_{ooo})y_{ijk} = -1218{,}44$$

$$JK_{nonaditif} = \frac{Q^2}{\sum_{i=1}^{p}(\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})^2 \times \sum_{j=1}^{t}(\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo})^2} = 58{,}9$$

$$JKG = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{24}\left(y_{ij} - \bar{y}_{io}\right)^2 = 6348{,}25$$

$$F_{hitung} = \frac{JK_{(nonaditif)}}{JK_{(galat}/db_{(galat)}} = 2{,}01$$

Lampiran 7.

Tabel Nilai Dugaan Galat dan Dugaan Amatan

No	Y	Y taksir	E Taksir
1	120,00	128	-8,151
2	118,68	118	1,142
3	113,33	112	0,919
4	110,00	108	2,497
5	105,00	98	6,849
6	110,00	108	1,849
7	100,00	111	-10,651
8	120,00	118	1,849
9	110,00	107	3,151
10	120,00	118	1,849
11	120,00	113	6,849
12	110,00	118	-8,151
13	105,00	97	8,151
14	85,00	86	-1,142
15	110,87	112	-0,919
16	130,00	132	-2,497
17	115,00	122	-6,849
18	105,00	107	-1,849
19	120,00	109	10,651
20	100,00	102	-1,849
21	135,17	138	-3,151
22	100,00	102	-1,849
23	120,00	127	-6,849
24	110,00	102	8,151
25	130,00	126	3,799
26	110,00	114	-3,701
27	105,00	104	0,811
28	98,55	100	-1,201
29	90,00	96	-6,201
30	100,00	94	6,299
31	115,00	124	-8,701
32	105,00	104	1,299
33	97,32	99	-1,298
34	110,00	104	6,299
35	100,00	99	1,299
36	120,00	119	1,299
37	110,00	114	-3,799
38	75,00	71	3,701
39	110,00	111	-0,811
40	125,00	124	1,201
41	100,00	94	6,201
42	120,00	126	-6,299
43	100,00	91	8,701
44	100,00	101	-1,299
45	130,00	129	1,298
46	110,00	116	-6,299
47	120,00	121	-1,299
48	105,00	106	-1,299