

**ANALISIS DATA HILANG PADA RANCANGAN
BUJUR SANGKAR YOUDEN**

(Skripsi)

Oleh

STEFANI INDAH CAROLINA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

ANALYSIS OF MISSING DATA ON YOUDEN SQUARE DESIGN

By

Stefani Indah Carolina

The problem of missing data often occurs in an experimental design, as well as in Youden's Square Design (YSD) research. To overcome the problem of missing data, it is necessary to estimate the missing data. Missing data is estimated by Yates method where the sum of the squares of the error is minimized. The purpose of the study was to estimate the value of missing data which was divided into two cases, namely the case of one missing data and two missing data on the 5x4 YSD, analyzing the results of the estimated value and seeing whether there was an effect of the predicted results on the analysis to be carried out, as well as comparing the two data cases. is lost.

Keyword: YSD, Missing Data, Yates, Analysis of Variance

ABSTRAK

ANALISIS DATA HILANG PADA RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTDEN

Oleh

Stefani Indah Carolina

Kendala data hilang sering terjadi pada suatu rancangan percobaan, begitu juga pada penelitian Rancangan Bujur Sangkar Youden (RBSY). Untuk mengatasi kendala data hilang maka diperlukan pendugaan data yang hilang. Pendugaan dalam rancangan ini dilakukan dengan metode Yates dimana jumlah kuadrat galatnya diminimumkan. Tujuan penelitian adalah menduga nilai data hilang yang dibagi dalam dua kasus yaitu kasus satu data hilang dan dua data hilang pada RBSY 5x4, menganalisis hasil dari nilai duga tersebut dan melihat apakah ada pengaruh dari hasil duga terhadap analisis yang akan dilakukan, serta membandingkan kedua kasus data hilang.

Kata Kunci: RBSY, Data Hilang, Yates, Analisis Ragam

**ANALISIS DATA HILANG PADA RANCANGAN
BUJUR SANGKAR YAUDEN**

Oleh

STEFANI INDAH CAROLINA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi

**: ANALISIS DATA HILANG PADA
RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUNDEN**

Nama Mahasiswa

: Stefani Indah Carolina

Nomor Pokok mahasiswa : 1717031028

Jurusan

: Matematika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Netti Herawati, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19650125199032001

Sublian Saidi, S.Si., M.Si.
NIP. 198008212008121001

2. Ketua Jurusan Matematika

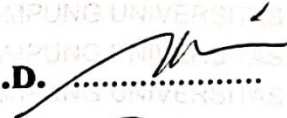
Dr. Ang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji:

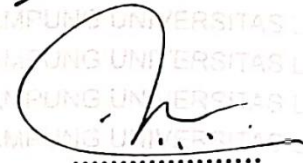
Ketua

: Ir. Netti Herawati, M.Sc., Ph.D.



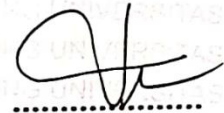
Sekretaris

: Subian Saidi, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Drs. Nusyirwan, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Sūripto Dwi Yuwono, M.T

NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Agustus 2021

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Stefani Indah Carolina**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1717031028**
Jurusan : **Matematika**
Judul : **ANALISIS DATA HILANG PADA
RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTEN**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 13 Agustus 2021

Penulis,



[Handwritten Signature]
Stefani Indah Carolina

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 17 September 1999, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari Bapak Manoto Sinaga dan Ibu Marina Simatupang.

Penulis menepuh pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Permata Hati diselesaikan tahun 2005, pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDK Permata Bunda II pada tahun 2011, pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPK Santa Lusia pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Akhir (SMA) diselesaikan di SMAN 11 Kota Bekasi pada tahun 2017.

Pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah bergabung menjadi Anggota Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika periode 2018 dan periode 2019. Pada bulan Januari sampai dengan Februari 2020, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandar Lampung. Pada bulan Juni sampai dengan Juli 2020, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) secara mandiri bekerja sama dengan Kelurahan Cileungsi Kidul, Kecamatan Cileungsi.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kuucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa menyertai, melindungi, dan memberkati langkahku sampai titik terakhir perjuanganku.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada: kedua orangtuaku yang sangat hebat yang tidak pernah putus mendoakan, memberikan kasih sayang terbaiknya, sabar mendampingi putri bungsunya hingga tahap akhir penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas kemurahan hati pengertian, dan semua pengorbanan yang kalian lakukan hingga tingkat akhir pendidikanku.

**Aku mengucapkan syukur atas kehadiran kalian kedua orang tuaku
dihidupku.**

KATA INSPIRASI

“I can do all things through Christ which strengtheneth me”

(Philippians 4:13)

“Hiduplah dengan berhikmat dan bijaksana, karena takut akan Tuhan adalah kunci dari segala hal”

(M. Simatupang)

“Now faith is the substance of things hoped for, the evidence of things not seen”

(Hebrews 11:1)

“If God brings you to it, He will bring you through it”

“I may not know how, but I know I will rise again”

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Data Hilang Pada Ranangan Bujur Sangkar Youden**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat.) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Netti Herawati, M.Sc., Ph.D., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik atas kesediaan waktu, pemikiran dalam memberikan evaluasi, arahan, dan saran yang membangun dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Subian Saidi, S.Si., M.Si., selaku pembimbing kedua atas kesediaan waktu, saran, dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Nusyirwan, M.Si., selaku dosen penguji atas kesediaan waktu, saran, dan masukan yang membangun selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Kepala Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Para Dosen dan Staf Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Papa, Mama, dan abang yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
8. Ka Ica, Ka Deby, Sarahtrinita, Annisa Benita, Poltak Alvietra, Dedek R Amanda yang selalu meluangkan waktunya dan memberikan tempat kepada penulis untuk bercerita.
9. Umroh, Beta, Nabilla, Dini, Rafa, Yulica, Chaterina, Retta, Ridha, Karina, Ega, Firman, Horas, Apri, Eta atas keceriaan, pengalaman, dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
10. Teman-teman mahasiswa jurusan matematika angkatan 2017 serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Bandar Lampung, 13 Agustus 2021
Penulis,

Stefani Indah Carolina

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Data Hilang.....	5
2.2 Rancangan Percobaan.....	6
2.3 Rancangan Bujur Sangkar Youden.....	7
2.4 Model Rancangan Bujur Sangkar Youden	9
2.5 Asumsi Rancangan Bujur Sangkar Youden.....	10
2.6 Analisis Ragam Rancangan Bujur Sangkar Youden	11
2.7 Data Hilang Untuk Rancangan Bujur Sangkar Youden	13
2.8 Analisis Ragam Rancangan Bujur Sangkar Youden dengan Data Hilang	14
2.9 <i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i>	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Data Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian	18

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Satu Data Hilang.....	20
4.1.1 Pendugaan Satu Data Hilang	21
4.1.2 Uji Asumsi dengan Nilai Duga Satu Data Hilang	23
4.1.3 Bias Satu Data Hilang	25
4.1.4 Analisis Ragam dengan Nilai Duga Satu Data Hilang.....	26
4.1.5 MAPE Kasus Satu Data Hilang	28
4.2 Dua Data Hilang	29
4.2.1 Pendugaan Dua Data Hilang	29
4.2.2 Uji Asumsi dengan Nilai Duga Dua Data Hilang	34
4.2.3 Bias Dua Data Hilang.....	35
4.2.4 Analisis Ragam dengan Nilai Duga Dua Data Hilang.....	37
4.2.5 MAPE Kasus Dua Data Hilang.....	38

V. KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA	41
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	43
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata Letak Percobaan Rancangan Bujur Sangkar Youden	8

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel Analisis Ragam Bujur Sangkar Youden	12
2. Tabel Analisis Ragam Bujur Sangkar Youden dengan N Data Hilang	15
3. Kriteria Nilai MAPE	16
4. Data Real Lengkap.....	18
5. Tata Letak Penomoran Percobaan.....	21
6. Simulasi Satu Data Hilang Pada Data ke-1.....	21
7. Hasil Nilai Duga Satu Data Hilang	22
8. Pengujian Asumsi Satu Data Hilang Data ke-1	23
9. Hasil Pengujian Asumsi Satu Data Hilang	24
10. Hasil Pendugaan Satu Data Hilang Pada Data ke-1.....	25
11. Nilai Bias Satu Data Hilang	26
12. Analisis Ragam Satu Data Hilang.....	27
13. MAPE Kasus Satu Data Hilang	28
14. Simulasi Dua Data Hilang Pada Data ke-1 dan ke-2	30
15. Hasil Nilai Duga Dua Data Hilang	33
16. Hasil Pengujian Asumsi Dua Data Hilang.....	34

17. Hasil Pendugaan Dua Data Hilang Pada Data ke-1 dan ke-2	35
18. Nilai Bias Dua Data Hilang	36
19. Analisis Ragam Dua Data Hilang	37
20. MAPE Kasus Dua Data Hilang.....	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Rancangan percobaan merupakan serangkaian uji atau tes dengan maksud untuk mengamati dan mengidentifikasi perubahan-perubahan pada variabel *output* atau respon yang disebabkan oleh perubahan-perubahan yang dilakukan pada variabel *input* atau factor dari suatu proses (Montgomery, 2005). Rancangan percobaan dibedakan menjadi rancangan perlakuan dan rancangan lingkungan. Rancangan perlakuan adalah rancangan yang berdasarkan banyak faktor dan metode penerapan perlakuan pada unit percobaan (Hanafiah, 1994). Salah satu contoh rancangan perlakuan adalah rancangan factorial. Sedangkan rancangan lingkungan adalah rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan ditempatkan pada satuan percobaan. Adapun contoh rancangan lingkungan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), dan Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL).

Rancangan yang paling sederhana diantara rancangan-rancangan percobaan yang lain yaitu RAL. RAL merupakan rancangan dengan satuan percobaan yang bersifat homogen. Akan tetapi jika kondisi ini tidak terpenuhi atau dengan kata lain satuan percobaan tidak homogen, maka situasi ini dapat diatasi dengan

mengelompokkan satuan percobaan ke dalam kelompok-kelompok yang relatif homogen. RAKL dapat digunakan dengan mengelompokkan satuan percobaan menurut satu arah. Apabila dilakukan pengelompokan dua arah (baris dan kolom) maka RBSL dapat digunakan. Pada RBSL, setiap perlakuan hanya dicobakan satu kali dalam setiap baris dan kolom, banyak kategori dari setiap kelompok baris dan kolom harus sama dengan banyaknya perlakuan (Netter & Wasserman, 1974). Hal tersebut menyebabkan jumlah satuan percobaan dalam setiap kelompok harus sama dengan banyak perlakuan yang diteliti. Pembatasan ini membuat RBSL tidak dapat diterapkan dalam suatu percobaan dengan banyak perlakuan yang ingin diteliti lebih banyak daripada banyaknya baris atau kolom. Oleh karena banyaknya baris atau kolom kurang dari banyaknya perlakuan, maka tidak semua perlakuan dapat dicobakan dalam setiap baris atau kolomnya. Rancangan yang dapat digunakan dalam masalah tersebut adalah Rancangan Bujur Sangkar Youden (RBSY).

RBSY merupakan rancangan bujur sangkar latin tak lengkap, dimana banyaknya kolom tidak sama dengan banyaknya baris dan perlakuan dalam satuan percobaan (Gaspersz, 1991). RBSY merupakan gabungan dari RBSY dan Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang (RAKTLS). RBSY memiliki sifat keseimbangan dari RAKTLS yaitu baris-baris yang berhubungan dengan kelompok dan perlakuan terjadi tepat satu kali dalam setiap kolom atau baris. Pengelompokan dalam RBSY dilakukan dalam dua arah, yaitu baris dan kolom. Dalam RBSY banyak perlakuan tidak harus sama dengan banyak baris atau kolom dengan kata lain harus lebih banyak dari banyaknya baris atau kolom.

Pada rancangan percobaan sangat memungkinkan mengalami masalah data hilang, begitu juga dengan RBSY. Dalam situasi ini analisis ragam tidak dapat dilakukan karena hilangnya data dapat mempengaruhi keseimbangan baris dan kolom.

Untuk mengatasi hal tersebut data yang hilang harus diduga terlebih dahulu. Data yang hilang dapat diduga dengan metode Yates yaitu metode pendugaan data hilang dengan meminimumkan jumlah kuadrat galat, kemudian dilakukan analisis ragam dan uji lanjutannya. Analisis ragam dengan data yang hilang dihitung dengan menyesuaikan jumlah kuadrat perlakuan dengan nilai biasanya dan total derajat bebas kesalahan dikurangi dengan jumlah data yang hilang. Berdasarkan uraian tersebut peneliti tertarik untuk melakukan analisis ragam dalam RBSY 5x4 dengan kendala data hilang.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji bagaimana menduga data hilang pada rancangan bujur sangkar youden dengan menggunakan metode Yates.
2. Menganalisis hasil pendugaan dengan metode Yates dalam mengatasi data hilang pada rancangan bujur sangkar youden.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menambah pengetahuan bagi penulis dan sebagai referensi para peneliti dalam mengatasi data hilang pada rancangan bujur sangkar youden.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Hilang

Data hilang merupakan informasi yang tidak tersedia pada sebuah objek atau kasus, yang terjadi disebabkan informasi untuk sesuatu tentang objek tidak diberikan, sulit dicari, atau memang informasi tersebut tidak ada. Data hilang dapat mengakibatkan kurang akurat dalam menganalisis dan mengevaluasi suatu percobaan. Menurut Little & Rubin (1987), ada tiga tipe data hilang berdasarkan mekanisme, yaitu:

1. *Missing Completely at Random* (MCAR)

Terjadinya data hilang tidak berkaitan dengan nilai semua variabel, apakah itu variabel dengan data hilang atau dengan variabel pengamatan. Hal ini berarti data hilang terjadi secara acak.

2. *Missing at Random* (MAR)

Terjadinya data hilang hanya berkaitan dengan variabel respon atau pengamatan. Contohnya seseorang yang memiliki rasa gelisah yang tinggi cenderung tidak akan melaporkan pendapatan mereka, rasa gelisah akan berhubungan pada pelaporan pendapatan. Namun, peluang penderita rasa gelisah sendiri untuk melaporkan pendapatan tidak berhubungan dengan tingkat pendapatan, maka dapat digolongkan dengan MAR.

3. *Not Missing at Random* (NMAR)

Terjadinya data hilang pada suatu variabel berkaitan dengan variabel itu sendiri, sehingga tidak bisa diprediksi dari variabel lain pada suatu dataset.

Seringkali pada pengumpulan data percobaan terdapat pengamatan yang hilang yang disebabkan oleh kecerobohan atau kerusakan satuan percobaan yang tidak dapat dihindari, dimana hal tersebut akan mempengaruhi teknik analisis ragamnya. Data hilang ini akan memberikan hasil analisis yang tidak valid, analisis ragam akan menyimpang, dan koefisien keragaman menjadi lebih besar (Sutarno, 2004).

2.2 Rancangan Percobaan

Perancangan percobaan adalah suatu uji atau sederet uji menggunakan statistika deskripsi maupun statistika inferensia yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut (Mattjik & Sumertajaya, 2000). Rancangan percobaan juga diartikan sebagai seperangkat aturan atau cara atau prosedur untuk menerapkan perlakuan kepada satuan percobaan (Steel & Torie, 1981). Perlakuan adalah prosedur atau metode yang diterapkan pada satuan percobaan yang akan diukur pengaruhnya.

Sedangkan satuan percobaan adalah satuan bahan tempat diterapkannya satu perlakuan. Satuan percobaan yang mendapat satu perlakuan menyumbang satu ulangan (Herawati, Setiawan, & Nisa, 2018).

Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2000), dalam suatu perancangan percobaan, data yang dianalisis dikatakan sah atau valid apabila data tersebut diperoleh dari suatu percobaan yang memenuhi tiga prinsip dasar yaitu:

1. Ulangan, yaitu pengalokasian suatu perlakuan tertentu terhadap beberapa satuan percobaan pada kondisi yang seragam.
2. Pengacakan, yaitu setiap unit percobaan harus memiliki peluang yang sama untuk diberi suatu perlakuan tertentu.
3. Pengendalian lingkungan, yaitu usaha mengendalikan keragaman yang muncul akibat keheterogenan kondisi lingkungan,

2.3 Rancangan Bujur Sangkar Youden

Menurut Gaspersz (1991), RBSY merupakan rancangan bujur sangkar latin tak lengkap, dimana banyaknya kolom tidak sama dengan banyaknya baris dan perlakuan dalam suatu percobaan. Rancangan ini dapat mengendalikan variabilitas dalam kaitannya dengan kolom atau posisi di dalam suatu rancangan blok tak lengkap (Federer, 1967). RBSY juga memiliki sifat keseimbangan dari RAKTLS dimana semua perlakuan dicobakan dalam jumlah yang sama di setiap baris dan kolom, dengan kata lain RBSY merupakan kombinasi dari RBSL dan RAKTLS (Oehlert, 2010). Berikut merupakan contoh tata letak percobaan pada RBSY:

Blok	Posisi		
	1	2	3
1	A	B	C
2	B	A	D
3	C	D	B
4	D	C	A

Gambar 1. Tata Letak Percobaan RBSY.

Pengelompokan dalam RBSY dilakukan dalam dua arah, yaitu baris dan kolom. Dalam RBSY jumlah perlakuan tidak harus sama dengan jumlah baris atau kolom, melainkan harus lebih banyak dari jumlah baris atau kolomnya. RBSY dapat dibentuk dengan cara menghapus satu atau lebih baris atau kolom dari salah satu kemungkinan RBSL $m \times m$ dengan memperhatikan keseimbangan dari RBSY yang akan dibentuk sehingga tidak semua RBSL dengan satu atau beberapa kolom atau baris yang dihapus merupakan RBSY. Keseimbangan dalam rancangan dilihat dari pasangan perlakuan yang muncul sama banyak dengan perlakuan yang lain sehingga λ konstan untuk semua perlakuan. Keseimbangan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\lambda = \frac{r(k-1)}{t-1} \quad (2.1)$$

dengan:

λ = banyaknya tiap pasang perlakuan yang muncul dalam setiap baris

t = jumlah perlakuan yang diteliti

r = jumlah ulangan dari setiap perlakuan

k = jumlah perlakuan yang muncul pada setiap kelompok atau baris

2.4 Model Rancangan Bujur Sangkar Youden

Menurut Gaspersz (1991), model linier untuk rancangan bujur sangkar Youden dengan a baris, b kolom, dan a perlakuan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \varepsilon_{ijk} \quad (2.2)$$

dengan:

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, a$$

μ = rata-rata umum

α_i = pengaruh baris ke- i

β_j = pengaruh kolom ke- j

τ_k = pengaruh perlakuan ke- k

Y_{ijk} = pengamatan pada baris ke- i , kolom ke- j , dan perlakuan ke- k

ε_{ijk} = galat percobaan pada baris ke- i , kolom ke- j , dan perlakuan ke- k ;

$$\varepsilon_{ijk} \sim iid N(0, \sigma^2)$$

Hipotesis yang diuji dalam rancangan bujur sangkar youden meliputi:

a. Pengaruh baris

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i = 0$ (tidak ada pengaruh baris pada respon yang diamati)

$H_1 : \text{Paling sedikit ada satu } \alpha_i \neq 0$ (ada pengaruh baris terhadap respon yang diamati)

b. Pengaruh kolom

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$ (tidak ada pengaruh kolom pada respon yang diamati)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh kolom terhadap respon yang diamati)

c. Pengaruh perlakuan

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan pada respon yang diamati)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\tau_k \neq 0$ (ada pengaruh perlakuan terhadap respon yang diamati)

2.5 Asumsi Rancangan Bujur Sangkar Youden

Bila percobaan menggunakan model tetap, maka asumsi yang harus dipenuhi yaitu:

1. Normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan tujuan untuk melihat sebaran data pada sebuah data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Ada dua cara untuk mendeteksi apakah galat berdistribusi normal atau tidak. Cara pertama dengan menggunakan *probability normal plot*, dengan melihat plot-plot dugaan galat jika mengikuti garis diagonal berarti galat berdistribusi normal. Cara lainnya yaitu dengan uji statistik, salah satu uji yang dapat digunakan adalah uji Shapiro Wilk.

2. Homogenitas

Asumsi homogenitas mensyaratkan bahwa distribusi galat untuk masing-masing kelompok harus memiliki ragam yang homogen. Uji homogenitas dapat dilakukan dengan berbagai cara dan metode, salah satu uji yang dapat digunakan adalah uji Bartlett. Berikut rumus dari uji Bartlett:

$$X^2 = \frac{(N - k) \ln(S_p^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln(S_i^2)}{1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{n_i - 1} \right) - \frac{1}{N - k} \right)} \quad (2.3)$$

$$3. \sum a_i = 0, \sum \beta_j = 0, \text{ dan } \sum \tau_k = 0$$

2.6 Analisis Ragam Bujur Sangkar Youden

Analisis ragam merupakan proses aritmetika untuk membagi jumlah kuadrat total menjadi beberapa komponen ragam (Steel & Torrie, 1981). Dalam praktiknya, analisis ragam sering digunakan untuk melakukan uji hipotesis dan pendugaan (David & Djamaris, 2018). Pada rancangan percobaan, analisis ragam bertujuan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata antara perlakuan satu dengan lainnya dengan melakukan uji hipotesis. Berikut adalah tabel analisis ragam bujur sangkar youden:

Tabel 1. Tabel Analisis Ragam Bujur Sangkar Youden

Sumber Variansi (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung
Perlakuan	$a - 1$	JKP	$KTP = \frac{JKP}{(a - 1)}$	$\frac{KTP}{KTG}$
Baris	$a - 1$	JKB	$KTB = \frac{JKB}{(a - 1)}$	$\frac{KTB}{KTG}$
Kolom	$b - 1$	JKK	$KTK = \frac{JKK}{(b - 1)}$	$\frac{KTK}{KTG}$
Galat	$(a - 1)(b - 2)$	JKG	$KTG = \frac{JKG}{(a-1)(b-2)}$	
Total	$ab - 1$	JKT		

dengan:

1. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^a y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{N} \quad (2.4)$$

2. Jumlah Kuadrat Baris (JKB)

$$JKB = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{N} \quad (2.5)$$

3. Jumlah Kuadrat Kolom (JKK)

$$JKK = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{N} \quad (2.6)$$

4. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{b}{\lambda a} \sum_{k=1}^a Q_k^2 \quad (2.7)$$

5. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKB - JKK - JKP \quad (2.8)$$

2.7 Data Hilang untuk Bujur Sangkar Youden

Seringkali pada pengumpulan data percobaan terdapat beberapa pengamatan hilang yang disebabkan oleh kerusakan satuan percobaan yang tidak dapat dihindari. Hal ini akan mempengaruhi keseimbangan data dan teknik analisis ragam, sehingga analisis yang dihasilkan pun tidak valid. Untuk itu perlu dilakukan pendugaan nilai data yang hilang agar data kembali seimbang. Menurut Cochran & Cox (1957), perhitungan untuk menduga data yang hilang pada rancangan bujur sangkar youden adalah sebagai berikut:

$$x = \frac{\lambda[bK+aB+(a-1)A-G]-bA'-(b-1)B_a+B'_a}{b(b-1)(b-2)} \quad (2.9)$$

dengan:

x = data yang hilang

λ = banyaknya tiap pasang perlakuan yang muncul dalam setiap baris

a = banyaknya perlakuan atau baris dalam percobaan

b = banyaknya kolom dalam percobaan

B = total pengamatan pada baris dimana terdapat data yang hilang

K = total pengamatan pada kolom dimana terdapat data yang hilang

A = total pengamatan pada perlakuan dimana terdapat data hilang

A' = total pengamatan pada semua perlakuan yang muncul pada baris yang terdapat data hilang

G = total seluruh pengamatan dengan satu data hilang

B_a = total baris yang terdapat perlakuan data yang hilang

B'_a = total nilai B_a untuk semua perlakuan yang lain yang muncul pada baris yang terdapat data hilang

Akan tetapi bila pada percobaan terdapat lebih dari satu data yang hilang maka nilai data hilang yang lainnya harus ditentukan dengan nilai awalnya. Nilai yang paling umum digunakan adalah rata-rata rata-rata menggunakan rumus (Sugandhi & Sugiarto, 1994):

$$y_{ijk} = \frac{\bar{y}_{i..} + \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{..k}}{3} \quad (2.10)$$

dengan:

y_{ijk} = nilai awal salah satu data yang hilang

$\bar{y}_{i..}$ = rata-rata baris yang mengandung data hilang

$\bar{y}_{.j.}$ = rata-rata kolom yang mengandung data hilang

$\bar{y}_{..k}$ = rata-rata perlakuan yang mengandung data hilang

2.8 Analisis Ragam untuk Rancangan Bujur Sangkar Youden dengan Data Hilang

Analisis ragam pada RBSY dengan data hilang dihitung seperti pada data lengkap, akan tetapi derajat bebas total dan derajat bebas galat dikurangi sesuai dengan jumlah data yang hilang. Dampak lain dari data hilang yaitu jumlah kuadrat perlakuan lebih tinggi dari yang seharusnya, sehingga harus dikoreksi dengan nilai bias sebagai berikut:

- Untuk satu data hilang

$$Bias = \frac{(aB_x + bK_x - G_x - abx)^2}{ab(a-1)(b-1)} \quad (2.11)$$

- Untuk dua data hilang

$$Bias = \frac{(aB_x + bK_x - G_{xy} - abx)^2 + (aB_y + bK_y - G_{xy} - aby)^2}{ab(a-1)(b-1)} \quad (2.12)$$

dengan:

$x = y =$ nilai duga data hilang

$a =$ banyaknya perlakuan atau baris dalam percobaan

$b =$ banyaknya kolom dalam percobaan

$B_x =$ total baris termasuk nilai duga x

$B_y =$ total baris termasuk nilai duga y

$K_x =$ total kolom termasuk nilai duga x

$K_y =$ total kolom termasuk nilai duga y

$G_x =$ total seluruh pengamatan termasuk nilai duga x

$G_{xy} =$ total seluruh pengamatan termasuk nilai duga x dan y

Tabel 2. Tabel Analisis Ragam RBSY dengan N Data Hilang

Sumber Variansi (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung
Perlakuan (d disesuaikan)	$a - 1$	JKP*	$KTP = \frac{JKP^*}{(a - 1)}$	$\frac{KTP}{KTG}$
Baris	$a - 1$	JKB	$KTB = \frac{JKB}{(a - 1)}$	$\frac{KTB}{KTG}$
Kolom	$b - 1$	JKK	$KTK = \frac{JKK}{(b - 1)}$	$\frac{KTK}{KTG}$
Galat	$(a - 1)(b - 2) - n$	JKG	$KTG = \frac{JKG}{(a - 1)(b - 2) - n}$	
Total	$ab - 1 - n$	JKT		

2.9 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Untuk menguji ukura keakuratan dari peramalan atau pendugaan dapat menggunakan beberapa metode. Salah satu cara dalam mengukur ketepatan tersebut, biasanya digunakan perhitungan MAPE. MAPE dihitung menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dengan nilai observasi yang nyata pada periode itu. Lalu, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan yang dilakukan ini berfungsi untuk saat ukuran atau besar variabel pendugaan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan pendugaan. MAPE juga mengindikasi seberapa besar kesalahan dalam menduga yang dibandingkan dengan nilai asli. Berikut ini adalah rumus MAPE:

$$MAPE = \sum \frac{\frac{|Actual - Forecast|}{Actual}}{n} \times 100\% \quad (2.13)$$

Nilai yang dihasilkan melalui perhitungan MAPE menunjukkan kemampuan pendugaan, semakin rendah nilai MAPE, maka keakuratan pendugaan dikatakan baik. Berikut merupakan kriteria nilai MAPE (Chang, Wang, & Liu, 2007):

Tabel 3. Kriteria Nilai MAPE

Range MAPE	Keterangan
<10%	Kompetensi model peramalan sangat baik
10 – 20%	Kompetensi model peramalan baik
20 – 50%	Kompetensi model peramalan layak
>50%	Kompetensi model peramalan buruk

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun akademik 2020/2021, bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari buku Gapersz (1991) berupa Rancangan Bujur Sangkar Youden yang terdiri dari 5 baris, 4 kolom, dan 5 perlakuan. Dalam percobaan ini hari operasi merupakan baris, operator merupakan kolom, metode perakitan merupakan perlakuan, dan hasil produksi merupakan respon yang diamati. Berikut tabel pengamatan dari percobaan ini:

Tabel 4. Data Real Lengkap

Hari	Operator				Total Baris
	1	2	3	4	
1	627 (B)	337 (A)	195 (E)	278 (C)	1437
2	251 (C)	248 (D)	520 (B)	396 (A)	1415
3	185 (E)	602 (B)	240 (C)	196 (D)	1223
4	344 (A)	233 (C)	211 (D)	163 (E)	951
5	273 (D)	199 (E)	333 (A)	537 (B)	1342
Total Kolom	1680	1619	1499	1570	6368

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk kasus satu data hilang dan dua data hilang dengan mencoba semua kemungkinan yang terjadi dari masing-masing kasus. Dibantu dengan studi literatur secara sistematis yang diperoleh dari buku-buku penunjang, jurnal, dan juga media lain seperti internet untuk mendapatkan informasi. Untuk mempermudah, analisis data dilakukan dengan *software* R Studio dan untuk iterasi dilakukan dengan *software* Microsoft Excel. Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan data lengkap yaitu data RBSY dengan ukuran 5x4.
2. Mensimulasikan data RBSY menjadi satu data hilang untuk setiap kemungkinan satu data hilang.
3. Menduga nilai data hilang untuk setiap kemungkinan yang terjadi pada masing-masing kasus dengan persamaan 2.9 dan juga persamaan 2.10 untuk kasus 2 DH.

4. Melakukan uji asumsi untuk setiap kemungkinan yang terjadi pada masing-masing kasus.
5. Menghitung nilai bias dari setiap kemungkinan yang terjadi untuk masing-masing kasus dengan persamaan 2.11 untuk kasus pertama dan persamaan 2.12 untuk kasus kedua.
6. Melakukan analisis ragam untuk setiap kemungkinan yang terjadi untuk pada masing-masing kasus dengan nilai duga yang telah diperoleh dan menarik kesimpulan untuk hipotesis yang diuji.
7. Menghitung MAPE dari masing-masing kasus dengan persamaan 2.13.
8. Menarik kesimpulan untuk masing-masing kasus dan membandingkan kedua kasus.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data hilang dengan metode Yates yang diaplikasikan pada data buku Gaspersz (1991) maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode Yates dapat menduga data hilang dengan meminimumkan jumlah kuadrat galat pada kasus satu data hilang dan dua data hilang dengan nilai MAPE masing-masing dari setiap kasus adalah 14,17% untuk satu data hilang dan 14,45% untuk dua data hilang atau dengan kata lain kompetensi pendugaan sudah baik.
2. Nilai MAPE dan rata-rata bias, semakin besar jumlah data yang hilang maka tingkat error akan menjadi lebih tinggi dan nilai bias pun akan semakin besar.
3. Antara kasus satu data hilang dan dua data hilang tidak memiliki perbedaan yang signifikan karena hasil pengujian asumsi dan analisis ragam masih mengikuti hasil analisis data lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, P.C., Wang, Y.W., & Liu, C.H. 2007. The Development of A Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert Systems with Application*. **32**: 86-89.
- Cohran, W.G. & Cox, G.M. 1957. *Experimental Designs*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- David, W. & Djamaris, A.R.A. 2018. *Metode Statistik untuk Ilmu dan Teknologi Pangan*. Penerbitan Universitas Bakrie, Jakarta.
- Dewi, A.S., Widiharih, T., & Rahmawati, R. 2019. Analisis Variansi pada Rancangan Bujur Sangkar Youden dengan Dua Data Hilang. *Jurnal Gaussian*. **8**(3): 356-365.
- Federer, W.T. 1967. *Experimental Design Theory and Application*. Oxford & IBH. New Delhi.
- Gaspersz, V. 1991. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Tarsito, Bandung.
- Hanafiah, K.A. 1993. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Ed. ke-2. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Harjosuwono, B.A., Arnata, I.W., & Puspawati, G.A.K.D. 2011. *Rancangan Percobaan Teori, Aplikasi SPSS dan Excel*. Lintas Kata Publishing, Malang.
- Herawati, N., Setiawan, E., & Nisa, K. 2018. *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi SAS*. Ed. ke-1. Pusaka Media, Bandar Lampung.

- Mattjik, A.A. & Sumertajaya, I.M. 2000. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I*. Ed. ke-2. IPB Press, Bogor.
- Montgomery, D.C. 2005. *Design and Analysis of Experiments*. 6th Edition. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Netter, J. & Wasserman, W. 1974. *Applied Linear Statistical Models Regression, Analysis of Variance, and Experimental Design*. Richard D. Irwin, Inc., Illinois.
- Oehlert, G.W. 2010. *A First Course in Design Analysis of Experiments*. Freeman, USA.
- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. 1981. *Principles and Procedures of Statistics*. 2nd Edition. McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Sugandhi, E. & Sugiarto. 1994. *Rancangan Percobaan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Sutarno. 2004. Pemanfaatan MStat-C dalam analisa factor data hasil penelitian pertanian. *Informatika Pertanian*. 13: 721-734.