ANALISIS DATA HILANG MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* PADA RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN

(Skripsi)

Oleh

RIZKY KURNIAWAN

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG

2019

ABSTRAK

MISSING DATA ANAYSIS USING *LEAST SQUARE* METHOD IN *LATIN SQUARE* DESIGN

By

Rizky Kurniawan

In this study, we will examine how to analyze missing data in an experimental design. In this case, we used *Latin Square* Design data and assumed there were 3 cases of missing data, namely case 1 missing data, 2 missing data, and 3 missing data. Missing or incomplete data will affect the results of the analysis so that an estimate is made to find the missing data using the *Least Square* (LS) method. Where the *Least Square* method is the method obtained from minimizing the Number of Error Squares in the Latin Rectangle Design. The alleged data will be evaluated using ANOVA to see how well the estimates are.

Kata kunci : Missing Data, *Least Square*, ANOVA

ABSTRAK

ANALISIS DATA HILANG MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* PADA RANCANGAN BUUR SANGKAR LATIN

Oleh

Rizky Kurniawan

Pada penelitian ini akan diteliti bagaimana menganalisis data hilang pada suatu rancangan percobaan. Dalam kasus ini menggunakan data Rancangan Bujur Sangkar Latin dan diasumsikan terdapat 3 kasus data yang hilang, yaitu kasus 1 data hilang, 2 data hilang, dan 3 data hilang. Data yang hilang atau tidak lengkap akan mempengaruhi hasil analisis sehingga dilakukan pendugaan untuk mencari data yang hilang dengan menggunakan metode *Least Square (LS).* Dimana metode *Least Square* ini adalah metode yang didapatkan dari meminimumkan Jumlah Kuadrat Galat pada Rancangan Bujur Sangkar Latin. Data dugaan tersebut akan dievaluasi menggunakan ANOVA untuk melihat seberapa baik hasil dugaan tersebut.

Kata kunci : Data Hilang, *Least Square*, ANOVA

ANALISIS DATA HILANG MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* PADA RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN

Oleh

RIZKY KURNIAWAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

Judul Skripsi : **ANALISIS DATA HILANG MENGGUNAKAN METODE *LEAST SQUARE* PADA RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN**

Nama Mahasiswa : Rizky Kurniawan

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517031103

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.	**Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.**
NIP 19740726 200003 2 001	NIP 19720227 199802 1 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Matematika

Prof. Dra.Wamiliana, M.A., Ph.D.
NIP 19631108 198902 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.** ....

Sekretaris : **Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si.** ....

Penguji
Bukan pembimbing : **Widiarti, S.Si., M.Si.** ....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Suratman, M.Sc.
NIP 19640604 199003 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **26 Juni 2019**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: **Rizky Kurniawan**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1517031103**
Judul	: **ANALISIS DATA HILANG MENGGUNAKAN METODE *LEAST QUARE* PADA RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN**
Jurusan	: **Matematika**

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, 30 Juni 2019
Penulis,

Rizky Kurniawan
NPM: 1517031103

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 06 Oktober 1997. Sebagai anak pertama Bapak Edi Arafik dan Imas Rohayati.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Bandar Putih pada tahun 2003-2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 17 Palembang pada tahun 2009-2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 2 Way Pengubuan pada tahun 2010-2012 Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 3 Kotabumi pada tahun 2012-2015.

Pada tahun 2018 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Braja Harjosari, Kecamatan Braja Slebah, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Pada tahun 2018 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) Provinsi Lampung. Pengalaman organisasi penulis yaitu menjadi Anggota Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) Periode 2016, Ketua Bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) Periode 2017, dan Staf Kementrian Politik dan Hukum Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Universitas Lampung periode 2018.

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT, Karena atas limpahan berkah, rahmat, dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Ku persembahkan karya sederhana penuh perjuangan dan kesabaran ini kepada:

Ayah dan Ibu

Terimakasih atas segala doa dan usaha yang telah kalian berikan kepadaku dari awal hingga menuju gerbang kesuksesan, karena kalian lah aku belajar tegar dan bersyukur.

Kalian lah pahlawanku.

Terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbanan, keikhlasan, dan jerih payah yang selama ini kalian lakukan.

Almamater yang kucintai, Universitas Lampung

KATA INSPIRASI

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar.”
(Q.S. Ar-Rum : 60)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Ketika seseorang menghina Anda, itu adalah sebuah pujian bahwa selama ini mereka menghabiskan banyak waktu untuk memikirkan Anda, bahkan ketika Anda tidak memikirkan mereka”
(BJ Habibie)

“Setiap manusia adalah pemimpi, maka bermimpilah dan biarkan mimpi itu berimajinasi tugas kita hanyalah wujudkannya jadi kenyataan.”

“ Pada akhirnya Aku belajar yang menjadi seorang pemenang bukanlah seorang yang pintar tetapi ialah orang yang gigih ”

SANWACANA

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan ridho dan karunia-Nya serta atas berkah dan rahmat-Nya sehinga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Analisis Data Hilang Menggunakan Metode *Least Square* Pada Rancangan Bujur Sangkar Latin".** Selesainya penulisan skripsi ini adalah berkat motivasi, pengarahan serta bimbingan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si., selaku pembimbing pertama yang telah memberikan saran, bimbingan, arahan, motivasi, dan kesabaran dalam membimbing penulis selama penelitian hingga penyelesaian skripsi dan memberi arahan kepada penulis selama menuntut ilmu di Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Muslim Ansori, S.Si., M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberihan arahan, saran, serta dukungan bagi penulis.
3. Ibu Widiarti, S.Si., M.Si., selaku Pembahas yang telah memberikan ide, kritik dan saran sehingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Prof.Dra.Wamiliana, MA, Ph.D., selaku Kepala Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
5. Bapak Drs. Suratman, M.Sc., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung

6. Para Dosen dan Staf Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
7. Ibu, Ayah, Adik-adik, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doa yang tak terhingga kepada penulis.
8. Sahabat-sahabat saya sejak SMA Aziz, Rio, Ilham, Zeallin, Nabila dkk yang telah membantu, memberikan semangat dan kecerian pada penulis.
9. Teman-teman AB Squad Irsan, Krisnawan, Fadil, Rofi, Randy, Edwin, Nisa, Sekar yang telah memberikan keceriaan dan semangat bagi penulis.
10. Teman-teman kosan Eko Wijayanti Yogi, Ridho, Adipati, Aziz, Lilin, Mbak Ana, Etika, Puspa, dkk sudah menjadi teman se atap selama ini.
11. Keluarga Cemara Kapolhum Kak Tiyasz, Elgi, Nando, Jodi, Abdih, Merli, Hana, dkk yang selalu menyemangati selama Skripsisan.
12. Keluarga KKN Kebangsaan ku Bapak dan Ibu Induk semang, Anjun, Anis, Dani, Arnel, Rosa, Agus, Lisa, Chindy, Lutfi dan lainnya yang sudah menjadi teman dan penyemangatku.
13. Teman-teman Matematika 2015 yang selalu menjadi semangat bagi penulis.
14. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dari skripsi ini, akan tetapi besar harapan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung,   Juni 2019
Penulis

Rizky Kurniawan

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Metode percobaan merupakan salah satu metode pengumpulan data yang berguna untuk menciptakan jenis perlakuan yang diinginkan, dengan mengamati perubahan-perubahan yang terjadi pada responsnya (Aunuddin, 2005). Berdasarkan metode percobaan ini muncullah berbagai jenis rancangan. Secara garis besar rancangan percobaan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu rancangan perlakuan, misalnya rancangan satu faktor, dua faktor, tiga faktor atau lebih, dan rancangan lingkungan seperti Rancangan Acak Lengkap (RAL), Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) atau yang lebih dikenal dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK), Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL), dan sebagainya.

Dalam kasus nyata, misalnya saja survei atau sensus. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam survei atau sensus dengan cara memberikan kuesioner adalah ada beberapa variabel yang *non* respon. Penyebab data tidak lengkap (data hilang) ini yaitu responden yang tidak menjawab beberapa pertanyaan atau bahkan tidak mengisi kuesioner pada saat proses pengambilan data, atau bisa juga data hilang terjadi karena kesalahan pada saat pelaksanaan *entry* data. Sehingga dalam kasus survei atau sensus ini sering terdapat data tidak lengkap atau data hilang.

Seringkali pada pengumpulan data percobaan, terdapat pengamatan yang hilang yang disebabkan oleh kecerobohan atau kerusakan unit percobaan yang tidak dapat dihindari (Montgomery, 1995), dimana hal tersebut akan berpengaruh pada teknik analisis ragamnya. Data hilang ini akan memberikan hasil analisis yang tidak valid, analisis ragam akan menyimpang, dan koefisien keragaman (KK) menjadi lebih besar atau di atas 50% (Sutarno, 2004).

Hilangnya sebuah pengamatan dalam Rancangan Acak Lengkap tidak menimbulkan kesulitan karena rancangan ini dapat dibuat berdasarkan ukuran sampel yang berbeda -beda. Sedangkan pada Rancangan Bujur Sangkar Latin tiap data yang hilang dapat merusak keseimbangan rancangan. Beberapa kontras perlakuan terkontaminasi dengan pengaruh blok. Sehingga perlu diambil langkah -langkah untuk meminimumkan pengaruh data yang hilang, khususnya dalam inferensia mengenai perlakuan (Lentner dan Bishop, 1986).

Suatu metode yang bisa digunakan untuk analisis percobaan pada data hilang adalah metode *Least Square*. Metode ini dilakukan dengan menyisipkan nilai dugaan yang meminimumkan jumlah kuadrat galat percobaan. Nilai dugaan yang didapat tidak memberikan informasi tambahan untuk percobaan, tetapi hanya sebagai fasilitas untuk analisis data sisanya (Steel dan Torrie, 1981).

Penelitian tentang Analisis data hilang pada Rancangan Bujur Sangkar Latin menggunakan metode *Least Square* telah dilakukan sebelumnya oleh Sriliana yang menyimpulkan bahwa metode *Least Square* dapat digunakan untuk prosedur analisis data hilang dalam RBSL. Pendugaan data yang hilang mengakibatkan Jumlah Kuadrat Perlakuan berbias ke atas dan derajat bebas dari Total dan Galat Percobaan masing-masing berkurang sesuai dengan jumlah data yang hilang. Berdasarkan teladan penerapan, hasil analisis sampai pada dua data hilang dalam Rancangan Bujur Sangkar Latin Dasar masih memberikan kesimpulan yang sama dengan analisis jika data pengamatannya tidak hilang (Sriliana, 2013).

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan dari penulisan skripsi ini adalah mempelajari bagaimana prosedur yang dapat diterima untuk analisis percobaan dengan beberapa data hilang sehingga dapat diketahui solusi untuk mengatasi data hilang pada Rancangan Bujur Sangkar Latin. Pada skripsi ini akan dibahas masalah pendugaan data hilang pada RBSL dengan menggunakan *Least Square*.

1.2 Tujuan Penelitian

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

1. Mengkaji bagaimana menduga data hilang pada Rancangan Bujur Sangkar Latin dengan menggunakan algoritma *Least Square*
2. Menganalisis pendugaan *Least Square* dalam mengatasi data hilang pada Rancangan Bujur Sangkar Latin.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan pengetahuan kepada penulis khususnya tentang metode *Least Square* .
2. Sebagai salah satu referensi tentang mengatasi data hilang dengan algoritma *Least Square* pada Rancangan Bujur Sangkar Latin.
3. Sebagai bahan tinjauan pustaka yang berguna bagi setiap pihak yang memerlukan.

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 hasil penelitian. Untuk mengatasi data hilang, maka selanjutnya perlu dilakukan pengujian apakah data statistik yang mengandung banyak data hilang tersebut masih layak diproses lebih lanjut atau tidak. Pada penelitian sosial, data hilang kerap terjadi dikarenakan responden tidak memberikan jawaban pada alternatif jawaban yang disediakan.

Menurut Enders (2010), ada beberapa pola data hilang yaitu :

1. Pola univariat nonrespon adalah pola data hilang yang data hilangnya terdapat pada satu variabel.
2. Pola multivariate nonrespon dimana pola ini dalam suatu survei, terdapat variabel yang lengkap dan pada variabel lain terdapat data hilang seperti responden menolak untuk menjawab.

3. Pola data hilang monoton. Sebuah pola data hilang dikatakan monoton, jika data yang hilang pada pengukuran tertentu selalu hilang pada pengukuran berikutnya. Secara visual, pola monoton menyerupai tangga.
4. Pola data hilang umum memiliki bentuk yang paling umum dari nilai-nilai yang hilang, artinya memiliki pola yang menyebar pada data secara acak.
5. Pola data hilang terencana yaitu pola data yang disengaja hilang yang biasa digunakan untuk mengumpulkan sejumlah besar item kuesioner sekaligus mengurangi beban responden.
6. Pola variabel laten, yaitu pola yang menarik karena nilai-nilai variabel laten yang hilang untuk seluruh sampel.

Mekanisme data hilang diklasifikasikan sebagai berikut:

1) *Missing completely at random* (MCAR)

   MCAR adalah mekanisme kasus saat pola nilai hilang pada variabel tidak berkaitan dengan variabel lain atau terhadap dirinya. Pola terjadi secara tidak sistematik dan dapat dianggap sebagai *random subsample* dari hipotesis data saat lengkap.

2) *Missing at random* (MAR)

   MAR adalah mekanisme kasus saat terjadi kaitan antara variabel data yang memuat nilai hilang dengan variabel data yang tidak terdapat nilai hilang. Pola terjadi secara sistematik menjelaskan kecenderungan terdapat korelasi.

3) *Nonignorable*

Nonignorable adalah mekanisme nilai hilang dengan nilai yang hilang jelas tergantung dengan variabel yang tidak lengkap tersebut. Dikenal juga sebagai NMAR “*Not Missing at Random*” atau MNAR “*Missing Not at Random*” (Little & Rubin, 1987).

Seringkali pada pengumpulan data percobaan, terdapat pengamatan yang hilang yang disebabkan oleh kecerobohan atau kerusakan unit percobaan yang tidak dapat dihindari (Montgomery, 1995), dimana hal tersebut akan berpengaruh pada teknik analisis ragamnya. Data hilang ini akan memberikan hasil analisis yang tidak valid, analisis ragam akan menyimpang, dan koefisien keragaman (KK) menjadi lebih besar atau di atas 50% (Sutarno, 2004).

2.2 Rancangan Percobaan

Menurut Suhaemi (2011) secara teoritis, percobaan diartikan sebagai tes atau penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru. Rancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistika deskripsi maupun statistik inferensi yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respons dari percobaan tersebut. Menurut Hartati (2013) rancangan percobaan merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas.

Rancangan Percobaan yang baik adalah yang efektif, terkelola dan efesien serta dapat dipantau, dikendalikan dan dievaluasi. Pengertian efektif adalah berkaitan dengan kemampuan mencapai tujuan, sasaran dan kegunaan yang direncanakan atau digariskan. Terkelola adalah berkenaan dengan kenyataan adanya berbagai keterbatasan atau kendala yang terdapat dalam pelaksanaan percobaan maupun dalam menganalisis data. Efesien adalah bersangkut paut dengan pengrasionalan dalam penggunaan sumber daya, dana dan waktu dalam memperoleh keterangan dari percobaan.

Selain dalam bidang industri rancangan percobaan juga banyak digunakan dalam bidang pertanian, farmasi dan lain sebagainya. Beberapa istilah dalam rancangan percobaan menurut Ansori (2000) antara lain :

1. Perlakuan (*Treatment*)

   Perlakuan merupakan suatu prosedur atau metode yang diharapkan pada unit percobaan. Prosedur atau metode yang diterapkan, misalnya pemberian jenis pupuk yang berbeda, dosis pemupukan yang berbeda, jenis varietas yang digunakan berbeda, pemberian jenis pakan yang berbeda, kombinasi dari semua taraf-taraf beberapa faktor dan lain-lain.

2. Taraf/Level

   Taraf adalah nilai-nilai dari peubah bebas (faktor) yang dicobakan dibedakan menjadi 3 taraf yaitu varietas A, varietas B dan varietas C.

3. Faktor

Faktor adalah peubah bebas yang dicobakan dalam percobaan sebagai penyusun struktur perlakuan dicobakan dapat berupa peubah kualitatif maupun peubah kuantitatif yang dicobakan dalam percobaan sebagai penyusun struktur perlakuan.

4. Pengamatan berulang

Merupakan pengamatan yang dilakukan berulang kali dalam waktu yang berbeda pada suatu objek atau satuan amatan yang sama untuk mengetahui keragaman yang muncul pada respons.

Untuk mendapatkan hasil terbaik, terdapat hal-hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan percobaan, yaitu unsur-unsur utama rancangan percobaan. Menurut Mattjik & Sumertajaya (2000), tiga prinsip dasar tersebut antara lain :

1. Ulangan

Ulangan yaitu pengalokasian suatu perlakuan tertentu terhadap beberapa unit percobaan pada kondisi yang seragam.

2. Pengacakan

Pengacakan yaitu setiap unit percobaan harus memiliki peluang yang sama untuk diberi suatu perlakuan tertentu. Pengacakan perlakuan pada unit-unit percobaan dapat menggunakan tabel bilangan acak, sistem lotere secara manual atau dapat juga menggunakan komputer.

3. Pengendalian lingkungan (*local control*)

Pengendalian lingkungan yaitu usaha untuk mengendalikan keragaman yang muncul akibat keheterogenan kondisi lingkungan. Usaha-usaha pengendalian lingkungan yang dapat dilakukan, antara lain dengan melakukan pengelompokan *(blocking)* satu arah, dua arah maupun multi arah. Pengelompokan dikatakan baik jika keragaman di dalam kelompok lebih kecil dibandingkan dengan keragaman antar kelompok.

Rancangan percobaan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Rancangan Perlakuan

   a. Satu faktor (Tunggal)

   b. Dua Faktor atau Lebih (*Factorial*)

   c. Split Plot (Petak Terbagi)

   d. Split Blok (Kelompok terbagi)

   e. Strip Plot (Petak teralur)

2. Rancangan Lingkungan

   a. Rancangan Acak Lengkap (RAL)

   b. Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL)

   c. Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)

   d. Rancangan *Lattice*

3. Rancangan Pengukuran

2.3 Rancangan Bujur Sangkar Latin

Menurut Harinaldi (2005), Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) digunakan pada saat peneliti ingin menyelidiki pengaruh perlakuan terhadap hasil percobaan dan hasil percobaan tersebut juga dipengaruhi oleh dua sumber variasi lain, dimana jumlah antara perlakuan dan kedua sumber variasi yang lain sama. Dengan demikian RBSL bertujuan untuk menghilangkan dua jenis variasi dengan melakukan pemblokan dua arah. Alasan disebut sebagai RBSL yaitu:

1. Bentuk rancangannya bujur sangkar dengan kata lain jumlah taraf antara baris dan kolom sama dengan jumlah taraf perlakuan.
2. Perlakuan diberi nama sesuai dengan huruf latin seperti: A,B,C,…,Z . Dalam RBSL setiap perlakuan yang diwakili dengan huruf latin hanya muncul tepat satu kali dalam tiap baris dan kolom.
3. Struktur Data hasil percobaan menurut RBSL ini ditata dalam suatu tabel analisis data.

Tabel 1. Tabulasi data hasil percobaan Rancangan Bujur Sangkar Latin

Treatment Level	**Observation**					**Total baris ($y_{i\cdot}$)**	**Averages**
	1	2	3	…	T		
1	$y_{11(2)}$	$y_{12(3)}$	$y_{13(1)}$	…	$y_{1t(\cdot)}$	$y_{1\cdot(\cdot)}$	$\bar{y}_1$
2	$y_{21(1)}$	$y_{22(2)}$	$y_{23(3)}$	…	$y_{2t(\cdot)}$	$y_{2\cdot(\cdot)}$	$\bar{y}_2$
3	$y_{31(3)}$	$y_{32(1)}$	$y_{33(2)}$	…	$y_{3t(\cdot)}$	$y_{3\cdot(\cdot)}$	$\bar{y}_3$
….	…	…	…	…	…	…	…
t	$y_{t1(\cdot)}$	$y_{t2(\cdot)}$	$y_{t3(\cdot)}$	…	$y_{tt(\cdot)}$	$y_{t\cdot(\cdot)}$	$\bar{y}_t$
Total Lajur ($y_{\cdot j}$)	$y_{\cdot 1(\cdot)}$	$y_{\cdot 2(\cdot)}$	$y_{\cdot 3(\cdot)}$	…	$y_{\cdot t(\cdot)}$	$y_{\cdot\cdot(\cdot)}$	$\bar{y}_{\cdot\cdot}$

2.4 Model Rancangan Bujur Sangkar Latin (*Latin Square*)

Secara umum model linier aditif dari suatu rancangan satu faktor dengan

RBSL dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{ij(k)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_{(k)} + \varepsilon_{ij(k)} \qquad (2.1)$$

Keterangan :

$Y_{ij(k)}$: nilai pengamatan dari perlakuan ke-k, yang dipengaruhi oleh baris ke-i dan kolom ke-j

μ : nilai tengah populasi (rata-rata yang sesungguhnya)

α_i : pengaruh aditif dari baris ke-i

β_j : pegaruh aditif dari perlakuan ke-j

$\tau_{(k)}$: pengaruh aditif dari kolom ke-k

$\varepsilon_{ij(k)}$: pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-k pada baris ke-1 dan kolom ke-j

Dengan Asumsi:

$$\sum_{i=1}^{t} \alpha_i = \sum_{j=1}^{t} \beta_j = \sum_{k=1}^{t} \tau_{(k)} = 0$$

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

1. Bentuk hipotesis yang di uji adalah:

   a. Pengaruh perlakuan

      H_0 : $\tau_{(1)} = \ldots = \tau_t = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan terhadap respons yang diamati)

H_1 : $\exists \tau_j \neq 0$, $j = 1, 2,, t$ (ada pengaruh perlakuan terhadap respons yang diamati)

b. Pengaruh baris

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 == \alpha_t = 0$ (tidak ada pengaruh baris terhadap respons yang diamati)

H_1 : $\exists \alpha_i \neq 0$, $i = 1, 2,, t$ (ada pengaruh perlakuan terhadap respons yang diamati)

c. Pengaruh lajur

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 == \beta_t = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan terhadap respons yang diamati)

H_1 : $\exists \beta_k \neq 0$, $k = 1, 2,, t$ (ada pengaruh perlakuan terhadap respons yang diamati)

Berdasarkan analisis di atas, maka tabel analisis variansi untuk model tetap terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Anova untuk Model Tetap Rancangan Bujur Sangkar Latin

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
Perlakuan	t-1	JKP	KTP = $\frac{\text{JKP}}{(\text{t}-1)}$	$\frac{\text{KTP}}{\text{KTG}}$
Baris	t-1	JKB	KTB = $\frac{\text{JKB}}{(\text{t}-1)}$	$\frac{\text{KTB}}{\text{KTG}}$
Lajur	t-1	JKL	KTL = $\frac{\text{JKL}}{(\text{t}-1)}$	$\frac{\text{KTL}}{\text{KTG}}$
Galat	(t-2)(t-1)	JKG	KTG = $\frac{\text{JKG}}{(\text{t}-2)(\text{t}-1}$	
Total	t^2-1	JKT		

Keterangan:

1. Faktor koreksi (FK) = nilai untuk mengoreksi nilai rerata (μ) dari ragam data (τ) sehingga dalam analisis sidik ragam nilai μ=0

$$\text{FK} = \frac{(y..(.))^2}{t} \tag{2.2}$$

2. Jumlah Kuadrat Baris (JKB)

$$JKB = \sum \frac{{y_{i.(.)}}^2}{t} - FK \tag{2.3}$$

3. Jumlah Kuadrat Lajur (JKL)

$$JKL = \sum \frac{{y_{.j(.)}}^2}{t} - FK \tag{2.4}$$

4. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \sum \frac{{y_{..(k)}}^2}{t} - FK \tag{2.5}$$

5. Jumlah kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum \sum {y_{ij(k)}}^2 - \text{FK} \tag{2.6}$$

6. Jumlah kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKB - JKL - JKP \tag{2.7}$$

2.5 Algoritma *Least Square (LS)*

Pada tahun 1933, Yates memperkenalkan suatu metode pendugaan data hilang yang disebut metode *Least Square* atau 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).

Nilai dugaan yang didapat tidak memberikan informasi tambahan untuk percobaan, tetapi hanya sebagai fasilitas untuk analisis data sisanya. Metode ini dapat digeneralisasikan untuk menduga dua data hilang. Data hilang yang pertama ditaksir dengan menghitung rata-rata dari nilai yang diketahui pada baris, lajur dan perlakuan yang memuat salah satu dari data yang hilang. Selanjutnya, data hilang yang lain ditaksir dengan menggunakan Metode *Least Square*. Penaksiran dengan Metode *Least Square* terus dilakukan berulang-ulang untuk kedua data hilang secara bergantian hingga konvergensi tercapai (Steel dan Torrie, 1981).

Jika terdapat dua data hilang maka untuk menduga nilai dugaan awal menggunakan rumus sebagai berikut :

$$y_0 = \frac{\bar{Y}_{k.} + \bar{Y}_{.l} + \bar{Y}_{(m)}}{3} \tag{2.8}$$

Keterangan :

y_0 = nilai dugaan awal

$\bar{Y}_{k.}$ = rata rata pengamatan yang tak hilang pada baris ke-k

$\bar{Y}_{.l}$ = rata rata pengamatan yang tak hilang pada lajur ke-l

$\bar{Y}_{(m)}$ = rata rata pengamatan yang tak hilang pada perlakuan ke-m

Lalu ketika mendapatkan nilai dugaan awal maka proses berikutnya ialah menggunakan rumus umum Metode *Least Square*. Berikut adalah proses meminimumkan jumlah kuadrat galat pada Rancangan Bujur Sangkar Latin untuk mendapatkan rumus pendugaan data hilang .

Andaikan y adalah sebuah data amatan yang hilang pada baris ke-g, lajur ke-h, dan perlakuan ke-u maka dapat dimisalkan :

$$Y_{g.(u)} = \sum_{j \neq h} Y_{gj(u)} + Y_{gh(u)} = \sum_{j \neq h} Y_{gj(u)} + y \tag{2.9}$$

$$Y_{.h(u)} = \sum_{i \neq g} Y_{ih(u)} + Y_{gh(u)} = \sum_{i \neq g} Y_{ih(u)} + y \tag{2.10}$$

$$Y_{(u)} = \sum_{i \neq g} \sum_{j \neq h} Y_{ij(u)} + Y_{gh(u)} = \sum_{i \neq g} \sum_{j \neq h} Y_{ij(u)} + y \tag{2.11}$$

$$Y_{..(k)} = \sum_{i \neq g} \sum_{j \neq h} Y_{ij(k)} + Y_{gh(u)} = \sum_{i \neq g} \sum_{j \neq h} Y_{ij(k)} + y \tag{2.12}$$

Misal y dugaan amatan yang hilang, dipilih sedemikian rupa sehingga meminimumkan Jumlah Kuadrat Galat Percobaan, selanjutnya

$$JKG = JKT - JKB - JKL - JKP$$

$$JKG = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=1}^{t} {Y_{ij(k)}}^2 - \text{FK} - \sum_{i=1}^{t} \frac{{Y_{i.(.)}}^2}{t} - FK - \sum_{j=1}^{t} \frac{{Y_{.j(.)}}^2}{t} - FK - \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=1}^{t} \frac{{Y_{..(k)}}^2}{t} - FK$$

$$JKG = \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{t} Y_{ij(k)}{}^{2} - \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t} Y_{i.(.)}{}^{2} - \frac{1}{t}\sum_{j=1}^{t} Y_{.j(.)}{}^{2} - \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{t}\left(Y_{..(k)}\right)^{2} + 2\,FK$$

$$JKG = \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{t} Y_{ij(k)}{}^{2} - \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t} Y_{i.(.)}{}^{2} - \frac{1}{t}\sum_{j=1}^{t} Y_{.j(.)}{}^{2} - \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{t}\left(Y_{..(k)}\right)^{2} + \frac{2}{t^2}\, Y..(.)^{2}$$

Dengan mensubtitusi *y* sebagai amatan yang hilang ke dalam komponen JKG maka diperoleh sebagai berikut :

$$JKG = \left(\sum_{i\neq g}^{t}\sum_{j\neq h}^{t} Y_{ij(k)}{}^{2} + y^{2}\right) - \frac{1}{t}\left(\sum_{i=1}^{t} Y_{i.(.)}{}^{2} + (\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + y)^{2}\right)$$
$$- \frac{1}{t}\left(\sum_{j=1}^{t} Y_{.j(.)}{}^{2} + (\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + y)^{2}\right)$$
$$- \frac{1}{t}\left(\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{t}\left(Y_{..(k)}\right)^{2} + (\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} + y)^{2}\right) + \frac{2}{t^2}\left(\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)} + y\right)^{2}$$

Untuk memperoleh penduga dari *y* maka JKG diturunkan terhadap *y* sebagai berikut:

$$\frac{\partial(JKG)}{\partial y} = 2y - \frac{2}{t}\left(\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + y\right) - \frac{2}{t}\left(\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + y\right) - \frac{2}{t}\left(\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} + y\right)$$
$$+ \frac{4}{t^2}\left(\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)} + y\right)$$

Sehingga penduga *y* diperoleh sebagai berikut :

$$\hat{y} - \frac{1}{t}(\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + \hat{y}) - \frac{1}{t}(\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + \hat{y}) - \frac{1}{t}(\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} + \hat{y})$$
$$+ \frac{2}{t^2}\left(\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)} + \hat{y}\right) = 0$$

$$\hat{y} - \frac{1}{t}\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} - \frac{1}{t}\hat{y} - \frac{1}{t}\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} - \frac{1}{t}\hat{y} - \frac{1}{t}\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} - \frac{1}{t}\hat{y} + \frac{2}{t^2}\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)} + \frac{2}{t^2}\hat{y}$$

$$= 0$$

$$\hat{y} - \frac{1}{t}\hat{y} - \frac{1}{t}\hat{y} - \frac{1}{t}\hat{y} + \frac{2}{t^2}\hat{y} = \frac{1}{t}\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + \frac{1}{t}\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + \frac{1}{t}\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} - \frac{2}{t^2}\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}$$

$$\hat{y}\left(1 - \frac{3}{t} + \frac{2}{t^2}\right) = \frac{1}{t}\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + \frac{1}{t}\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + \frac{1}{t}\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} - \frac{2}{t^2}\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}$$

$$\hat{y}\left(\frac{t^2 - 3t + 2}{t^2}\right) = \frac{t.\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + t.\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + t.\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} - 2\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}}{t^2}$$

$$\hat{y}\,(t^2 - 3t + 2) = t.\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + t.\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + t.\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)} - 2\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}$$

$$\hat{y}\,((t-1)(t-2)) = t(\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + \sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + \sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)}) - 2\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}$$

$$\hat{y} = \frac{t\left(\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)} + \sum_{i\neq g} Y_{ih(u)} + \sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)}\right) - 2\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}}{(t-1)(t-2)} \qquad (2.14)$$

Keterangan :

$\hat{y}$ = dugaan data amatan hilang

t = banyaknya baris = lajur = perlakuan

$\sum_{j\neq h} Y_{gj(u)}$ = total semua pengamatan yang tak hilang pada baris ke-g

$\sum_{i\neq g} Y_{ih(u)}$ = total semua pengamatan yang tak hilang pada lajur ke-h

$\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(u)}$ = total semua pengamatan yang tak hilang pada perlakuan ke-u

$\sum_{i\neq g}\sum_{j\neq h} Y_{ij(k)}$ = total semua pengamatan yang tak hilang

2.6 Analysis of Variance (ANOVA)

Analisis varians atau analysis of variance (ANOVA) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Dalam literatur Indonesia metode ini dikenal dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi. Ia merupakan pengembangan dari masalah Behrens-Fisher, sehingga uji-F juga dipakai dalam pengambilan keputusan. Analisis varians pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, bapak statistika modern. Dalam praktik, analisis varians dapat merupakan uji hipotesis (lebih sering dipakai) maupun pendugaan (*estimation*, khususnya di bidang genetika terapan). *Analisis of variance* atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Analisis varian termasuk dalam kategori statistik parametrik. Sebagai alat statistika parametrik, maka untuk dapat menggunakan rumus ANOVA harus terlebih dahulu perlu dilakukan uji asumsi meliputi normalitas, heterokedastisitas dan random sampling (Ghozali, 2009).

Analisis varian dapat dilakukan untuk menganalisis data yang berasal dari berbagai macam jenis dan desain penelitian. Analisis varian banyak dipergunakan pada penelitian-penelitian yang banyak melibatkan pengujian komparatif yaitu menguji variabel terikat dengan cara membandingkannya pada kelompok- kelompok sampel independen yang diamati. Analisis varian saat ini banyak digunakan dalam penelitian survey dan penelitian eksperimen. Secara umum, analisis varians menguji dua varians (atau ragam) berdasarkan hipotesis nol bahwa kedua varians itu sama. Varians pertama adalah varians antarcontoh (*among samples*) dan varians kedua adalah varians di dalam masing-masing contoh (*within samples*). Dengan ide semacam ini, analisis varians dengan dua contoh akan memberikan hasil yang sama dengan uji-t untuk dua rerata (*mean*). Supaya sahih (valid) dalam menafsirkan hasilnya, analisis varians menggantungkan diri pada asumsi yang harus dipenuhi dalam perancangan percobaan. Asumsi analisis varian yang harus dipenuhi adalah :

1. *Homogeneity of variance*

   Homogeneity of variance adalah variabel dependen harus memiliki varian yang sama dalam setiap kategori variabel independen. Jika terdapat lebih dari satu variabel independen, maka harus ada *homogeneity of variance* di dalam *cell* yang dibentuk oleh variabel independen kategorikal.

2. Random sampling

   Random sampling bertujuan untuk uji signifikansi, maka subyek di dalam setiap grup harus diambil secara acak

3. *Multivariate normality*

   Multivariate normality bertujuan untuk uji signifikansi, maka variabel harus mengikuti distribusi normal multivariate. Variabel dependen terdistribusi normal dalam setiap kategori variabel independen. ANOVA masih tetap *robust* walaupun terdapat penyimpangan asumsi *multivariate normality.* (Ghozali, 2009)

2.6.1 Uji Anova Satu Jalur (*One Way Anova*)

Analisis varians satu jalur merupakan teknik statistika parametrik yang digunakan untuk pengujian perbedaan beberapa kelompok rata-rata, di mana hanya terdapat satu variabel bebas atau independen yang dibagi dalam beberapa kelompok dan satu variabel terikat atau dependen. Dalam teknik Anova satu jalur biasanya digunakan dalam penelitian eksperimen atau pun *Ex-Post-Facto* (Widiyanto, 2013). Hipotesis dalam ANOVA akan membandingkan rata-rata dari beberapa populasi yang diwakili oleh beberapa kelompok sampel secara bersama, sehingga hipotesis matematikanya adalah:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 \ldots = \mu_k$

a. Seluruh mean populasi adalah sama

b. Tak ada efek treatment (tak ada keragaman mean dalam grup)

H_1 : tidak seluruh mean populasi adalah sama

a. Minimal ada 1 mean populasi yang berbeda
b. Terdapat sebuah efek treatment
c. Tidak seluruh mean populasi berbeda (beberapa pasang mungkin sama).

Bunyi hipotesis alternatif seperti tersebut di atas, merupakan hipotesis yang fleksibel, karena tidak menyebutkan secara pasti μ mana yang berbeda dengan yang lainnya. Hal ini mempunyai arti bahwa μ mana yang tidak sama bukan merupakan masalah dalam penolakan hipotesis nol. H_0 pada *One Way* ANOVA adalah tidak ada perbedaan signifikan rata-rata sampel yang ada. Bila H0 ditolak, maka analisisnya belum selesai sehingga perlu analisis lanjutan. Analisis lanjutan setelah ANOVA sering disebut *Post Hoc* atau pasca-ANOVA adalah sebagai berikut :

1. *LSD (Least Significance Difference)*

   LSD digunakan untuk melakukan uji t di antara seluruh pasangan kelompok mean. Uji ini sangat baik apabila pengujian mean yang akan dibandingkan sebelumnya telah direncanakan.

2. *Tukey (HSD : Honestly Significant Difference)*

   Uji ini disebut uji beda nyata yang merupakan perbaikan dari LSD karena uji ini untuk membandingkan mean tanpa perencanaan terlebih dahulu.

3. *Tukey's-b*

   Tukey's-b adalah alternative lain dari uji *Tukey*.

4. Duncan

   Duncan digunakan untuk menguji perbedaan di antara semua pasangan perlakuan yang ada dari percobaan tersebut serta masih dapat mempertahankan tingkat signifikansi yang ditetapkan.

5. S-N-K (*Student Newman Keuls*)

   S-N-K (*Student Newman Keuls*) adalah pengembangan dari LSD dan Duncan.

6. *Dunnet*

   Dunnet digunakan untuk membandingkan mean dari semua perlakuan dengan mean perlakuan kontrol.

7. *Scheffe*

   Scheffe digunakan untuk pembanding yang tidak perlu orthogonal.

2.6.1.1 Variabilitas dalam Anova dan Pengujiannya

Perhitungan dalam ANOVA didasarkan pada *variance*, walaupun tujuannya adalah menguji beberapa perbedaan rata-rata. Hal ini telah disinggung di muka (pada saat membicarakan rata-rata dua populasi). Kita baru bisa mengatakan bahwa rata-rata tersebut berbeda apabila telah dilihat pula variabilitasnya. Ukuran yang baik untuk melihat variabilitas adalah penyimpangan baku maupun variance. Oleh karena itu, pengujian disini pun didasarkan pada varian. Pengukuran total variabilitas atas data yang ada dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian:

1. Variabilitas antar kelompok

   Variabilitas antar kelompok merupakan variasi rata-rata kelompok sampel terhadap rata-rata keseluruhannya. Variasi ini lebih terpengaruh oleh adanya perbedaan perlakuan (*treatments*) antar kelompok.

2. Variabilitas dalam kelompok

Variabilitas dalam kelompok merupakan variasi yang ada dalam masing-masing kelompok. Banyaknya variasi akan tergantung pada banyaknya kelompok, dan variasi ini tidak terpengaruh oleh perbedaan perlakuan antar kelompok.

3. Jumlah kuadrat penyimpangan total

Jumlah kuadrat penyimpangan total merupakan jumlah kuadrat selisih antara skor individual dengan rata-rata totalnya.

Derajat bebas (db) dalam ANOVA akan sebanyak variabilitas. Oleh karena itu ada 3 macam variabilitas, maka db pun ada tiga macam:

1. Derajat bebas untuk variabel antar kelompok sebesar n-1

2. Derajat bebas untuk variabel dalam kelompok (Σ (n-1))

   Disamping itu db dalam kelompok dapat pula dicari dengan rumus = n-k

   Keterangan:

   k : adalah banyaknya kelompok

   n : adalah jumlah sampel keseluruhan

3. Derajat kebebasan untuk variabel antar kelompok sebesar k-1, hal ini disebabkan karena derajat kebebasan disini terikat dengan banyaknya kelompok seperti halnya variabel antar kelompok.

Langkah-langkah dalam analisis Anova satu jalur sebagai berikut.

1. Menghitung jumlah kuadrat total (JKT), jumlah kuadrat perlakuan (JKA), jumlah kuadrat galat (JKG), kuadrat tengah perlakuan-A (KTA), dan kuadrat tengah galat (KTG). Untuk menghitung masing-masing harga digunakan rumus sebagai berikut:

   a. JKT = $\Sigma_{i=1}^{k} \Sigma_{j=1}^{n} (y_{ij} - \bar{y}..)^2$

   b. JKA= $n\Sigma_{i=1}^{k} (y_{ij} - \bar{y}..)$

   c. JKG= $\Sigma_{i=1}^{k} \Sigma_{j=1}^{n} (y_{ij} - \overline{yi}..)$

   d. KTA = $\frac{JKA}{k-1}$

   e. KTG = $\frac{JKG}{k(n-1)}$

2. Menghitung derajat kebebasan total (dbT), derajat kebebasan rerata (dbR), derajat kebebasan direduksi/dikoreksi (dbTR), derajat kebebasan antar kelompok (dbA), dan derajat kebebasan dalam kelompok (dbD), dengan rumus sebagai berikut:

   a. dbT = n

   b. dbR = 1

   c. dbTR = n – 1

d. dbA = k – 1

e. dbD = n – k

3. Menghitung nilai F dengan rumus sebagai berikut:

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

4. Melakukan interpretasi dan uji signifikansi dengan membandingkan nilai uji F_{hitung} dengan F_{tabel}. Koefisien F_{tabel} diperoleh dari distribusi F yang nilainya didasarkan pada derajat kebebasan antar kelompok (dbA) dan derajat kebebasan dalam kelompok (dbD) pada taraf signifikansi baik $\alpha = 0,05$ atau $\alpha = 0,01$.

   Apabila nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang diinterpretasikan signifikan, berarti terdapat perbedaan rata-rata dari kelompok yang dibandingkan. Sebaliknya jika nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang diinterpretasikan tidak signifikan, berarti tidak terdapat perbedaan rata-rata dari kelompok yang dibandingkan.

   Ftabel bisa dihitung pada tabel F:

   a. Tingkat signifikansi (α) adalah 5%

   b. Numerator adalah (k − 1) dalam ini sebagai pembilang (dk2)

   c. Denumerator adalah (n − k) dalam hal ini sebagai penyebut (dk1)

      Jika menggunakan Microsoft Excel yaitu ketik = Finv (0.05,dk2,dk1).

5. Apabila adanya perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji lanjut. Untuk kelompok data yang sama jumlahnya atau jumlah sampel tiap kelompok sama maka dapat digunkaan uji Tukey. Sedangkan untuk kelompok data yang tidak sama jumlahnya atau jumlah sampel tiap kelompok tidak sama dapat digunakan uji Scheffe. Adapun rumus keduanya sebagai berikut:

a. Uji Tukey

$$Q = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_j}{\sqrt{RJKD\ /n}}$$

b. Uji Scheffe

$$F = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_j}{(RJKD\ )(k-1)(\frac{1}{ni} + \frac{1}{nj})}$$

2.6.2 Uji Anova Dua Jalur (*Two Way Anova*)

Anova 2 arah ini digunakan bila sumber keragaman yang terjadi tidak hanya karena satu faktor (perlakuan). Faktor lain yang mungkin menjadi sumber keragaman respon juga harus diperhatikan. Faktor lain ini bisa berupa perlakuan lain yang sudah terkondisikan. Pertimbangan memasukkan faktor kedua sebagai sumber keragaman ini perlu bila faktor itu dikelompokkan, sehingga keragaman antar kelompok sangat besar, tetapi kecil dalam kelompoknya sendiri.

Tujuan dan pengujian Anova 2 arah ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dan berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan. Misal, seorang guru menguji apakah ada pengaruh antara jenis media belajar yang digunakan pada tingkat penguasaan siswa terhadap materi (Hasan, 2003).

2.6.2.1 Anova Dua Arah tanpa Interaksi

Anava atau Anova adalah sinonim dari analisis varians terjemahan dari *analysis of variance,* sehingga banyak orang menyebutnya dengan Anova. Anova merupakan bagian dari metoda analisis statistika yang tergolong analisis komparatif lebih dari dua rata-rata (Riduwan, 2008).

Pengujian klasifikasi dua arah tanpa interaksi merupakan pengujian hipotesis beda tiga rata-rata atau lebih dengan dua faktor yang berpengaruh dan interaksi antara kedua faktor tersebut ditiadakan. Tujuan dari pengujian Anova dua arah adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dan berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan.

Oleh karena di dalam model Anova dua arah, sekelompok nilai dikasifikasi-silangkan ke dalam sebuah tabel dengan dua arah: satu klasifikasi menurut baris, dan satu lagi menurut kolom. Klasifikasi dua arah itu memberikan dua buah variabel bebas, A_i dan B_j di dalam tabel itu. Kedua variabel bebas itu dianilisis secara simultan. Untuk itu, teknik yang dipakai di dalam Anova satu arah harus diperluas untuk meneliti variansi-variasi cuplikan antar-baris serta variasi-variasi cuplikan antar kolom. Tetapi variasi total tetap tidak berubah tanpa memandang jumlah klasifikasi yang diterapkan untuk kelompok nilai-nilai itu (Hasan:2003).

Tabel 3. Anova dua arah tanpa interaksi

Sumber Keragaman	**Derajat Bebas**	**Jumlah Kuadrat**	**Kuadrat Tengah**	**Fhitung**
Nilai Tengah Baris	b-1	JKB = $\frac{\Sigma_{i=1}^{b}\ T_i^2}{k}$ - $\frac{T^2}{bk}$	KTB = $\frac{JKB}{b-1}$	F_1= $\frac{KTB}{KTG}$
Nilai Tengah Kolom	k-1	JKK = $\frac{\Sigma_{j=1}^{k}\ T_j^2}{b}$ - $\frac{T^2}{bk}$	KTB = $\frac{JKK}{k-1}$	F_2= $\frac{KTK}{KTG}$
Galat	(b-1)(k-1)	JKG= JKT-JKB-JKK	KTG = $\frac{JKG}{(b-1)(k-1)}$	
Total	bk-1	$JKT = \sum_{i=1}^{b}\sum_{j=1}^{k} x_{ij}^2 - \frac{T^2}{bk}$	-	

2.6.2.2 Anova Dua Arah dengan Interaksi

Tabel 4. Anova dua arah dengan interaksi

Sumber Kergaman	**Jumlah Kuadrat**	**Derajat Bebas**	**Ragam**	**F hitung**
Antar Baris	$JKB = \frac{\sum_{j=1}^{r} T_{i-}^2}{cn} - \frac{T^2}{rcn}$	(r-1)	$S_1^2 = \frac{JKB}{(r-1)}$	$F_1 = \frac{S_1^2}{S_4^2}$
Antar Kolom	$JKK = \frac{\sum_{j=1}^{c} T_{i-}^2}{rn} - \frac{T^2}{rcn}$	(C-1)	$S_2^2 = \frac{JKK}{(c-1)}$	$F_2 = \frac{S_2^2}{S_4^2}$
Interaksi	$JKB(K) = \frac{\sum_{j=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{j=1}^{r} T_{i--}^2}{cn} - \frac{\sum_{j=1}^{c} T_{-j-}^2}{rn} + \frac{T^2}{rcn}$	(r-1) (c-1)	$S_3^2 = \frac{JKK(B)}{(r-1)(c-1)}$	$F_3 = \frac{S_3^2}{S_4^2}$
Galat	$JKG = \sum_{I=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \sum_{k=1}^{n} X_{ijk}^2 \quad \frac{\sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} T_{ij-}^2}{n}$	rc(n-1)	$S_4^2 = \frac{JKG}{rc(n-1)}$	-
Total	-	rcn-1	-	-

Misalkan varietas kentang K1 secara merata menghasilkan panenan lebih banyak 2 kw/plot dibandingkan dengan K2 bila digunakan perlakuan P1, akan tetapi menghasilkan rata-rata panen 4 kw/plot lebih sedikit daripada K2 bila digunakan perlakuan P2. Demikian juga varietas kentang K1 yang secara merata menghasilkan panenan lebih banyak 4 kw/plot dibandingkan dengan kentang K3 untuk perlakuan P3 namun pada perlakuan P4 rata-rata panenan K1 sama dengan K3 maupun K4 dan lebih banyak 1 kw/plot disbanding K2 Dalam hal semacam ini varietas kentang dan jenis pupuk dikatakan berinteraksi. Adanya interaksi yang terjadi boleh jadi memang demikian ataukah karena pengaruh kesamaan penggunaan pupuk. Bila kesalahan disebabkan adanya interaksi, maka sumber keragaman ini akan tetap merupakan suatu galat sehingga ragam galatnya akan menduga ragam populasi terlalu besar. Untuk menguji apakah ada interaksi antara selisih varietas kentang dan jenis pupuk yang berbeda, perlakuan dengan sangat baik dengan pecobaan yang berulang-ulang pada kondisi yang sama (Yusuf, 2005).

2.7 Koefisien Keragaman

Koefisien keragaman merupakan suatu koefisien yang menunjukan ketepatan dari suatu kesimpulan atau hasil yang diperoleh dari suatu percobaan. Koefisien Keragaman (KK) ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persen (Hanafiah, 2003:32) yaitu:

$$KK = \sqrt{\frac{Y}{KTG}} \times 100\% \qquad (2.15)$$

dengan Y = rataan umum

Koefisien keragaman menunjukan derajat ketepatan dari suatu percobaan. Secara umum dapat dikatakan jika nilai Koefisien keragaman semakin kecil berarti derajat ketepatan akan semakin tinggi dan keabsahan kesimpulan yang diperoleh dari percobaan tersebut semakin baik.

2.8 Distribusi F

Jika S_1^2 dan S_2^2 adalah variansi dari sampel acak bebas dengan ukuran n_1 dan n_2 yang berasal dari populasi normal dengan σ_1^2 dan σ_2^2 adalah variansi populasi maka:

$$F = \frac{S_1^2 \,/\, \sigma_1^2}{S_2^2 \,/\, \sigma_1^2} \qquad (2.16)$$

Merupakan nilai bagi variabel acak yang mempunyai distribusi *F* dengan derajat bebas $\upsilon_1 = n_1 - 1$ dan $\upsilon_2 = n_2 - 1$ (Walpole, 1995: 273).

Jika F_α dengan derajat bebas pembilang υ_1 dan derajat bebas penyebut υ_2 dilambangkan dengan $F_{\alpha\,(\upsilon_1, \upsilon_2)}$ maka:

$$F_{1-\alpha(v_1,v_2)} = \frac{1}{F_{\alpha(v_2,v_1)}}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2018/2019 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang dambil dari sebuah buku yang berjudul *Design and Analysis of Experiments 6th Edition* (Montgomery, 2005). Data berikut adalah data Rancangan Bujur Sangkar Latin yang berukuran 5 x 5 dan terdapat 5 jenis perlakuan. Data diambil dari sebuah rancangan percobaan untuk mempelajari efek dari 5 formulasi berbeda dari sebuah bahan bakar roket yang digunakan untuk melajunya roket dengan mengamati tingkat pembakaran nya. Setiap formula adalah campuran dari bahan baku dan bahan baku tersebut cukup besar untuk menguji 5 formulasi yang ada. Selanjutnya formulasi disiapkan oleh beberapa operator, dan kemungkinana ada perbedaan subtstansial dalam keterampilan dan pengalaman operator. Akan tampak bahwa ada dua faktor yang lain dalam rancangan yaitu kumpulan bahan baku dan operator. Bisa kita lihat bahwa terdapat lima formulasi atau perlakuan yang dinyatakan dengan huruf latin A,B,C,D dan E. Lalu kita bisa lihat bahwa bahan baku menyatakan baris dan operator sebagai lajur. Hasil penelitian tersebut disajikan dalam sebuah tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Data Permasalahan Bahan Bakar Roket

Batches of Raw	**Operators**					**Total Baris**	**Total perlakuan**
	I	II	III	IV	V		
1	A = 24	B = 20	C = 19	D = 24	E = 24	111	A = 143
2	B = 17	C = 24	D = 30	E = 27	A = 36	134	B = 101
3	C = 18	D = 38	E = 26	A = 27	B = 21	130	C = 112
4	D = 26	E = 31	A = 26	B = 23	C = 22	128	D = 149
5	E = 22	A = 30	B = 20	C = 29	D = 31	132	E = 130
Total Lajur	107	143	121	130	134		
Total Pengamatan							**635**

Berikut adalah model linier aditif dari data di atas:

$$Y_{ij(k)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_{(k)} + \varepsilon_{ij(k)}$$

di mana:

$Y_{ij(k)}$: bahan bakar roket

μ : nilai tengah populasi (rata-rata yang sesungguhnya)

α_i : bahan baku , (i = 1, 2, 3, 4, 5)

β_j : operator, (j = 1, 2, 3, 4, 5)

$\tau_{(k)}$: formulasi dari bahan baku, (k = 1, 2, 3, 4, 5)

$\varepsilon_{ij(k)}$: pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-k pada baris ke-1 dan kolom ke-j

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur secara sistematis yang diperoleh dari buku-buku penunjang, jurnal dan juga media lain seperti internet untuk mendapatkan informasi sebanyak mungkin kemudian melakukan simulasi sebagai aplikasi untuk menerapkan teori yang telah didapat. Untuk mempermudah perhitungan digunakan perangkat lunak (*software*) SAS 9.4.

Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan data lengkap yaitu data Rancangan Bujur Sangkar Latin dengan ukuran 5x5.
2. Mensimulasikan data RBSL sebelumnya dengan satu amatan yang hilang.
3. Menduga satu amatan yang hilang tersebut menggunakan metode *Least Square*.
4. Mensimulasikan data RBSL sebelumnya dengan dua amatan yang hilang.
5. Menduga dua amatan yang hilang menggunakan metode *Least Square*.
6. Mensimulasikan data RBSL sebelumnya dengan tiga amatan yang hilang.
7. Menduga tiga amatan yang hilang menggunakan metode *Least Square*.
8. Membangun Anova untuk satu amatan yang hilang yang telah diimputasi oleh penduga *Least Square*.
9. Membangun Anova untuk dua amatan yang hilang yang telah diimputasi oleh penduga *Least Square*.

10. Membangun Anova untuk tiga amatan yang hilang yang telah diimputasi oleh penduga *Least Square*.
11. Membuat kesimpulan pada masing-masing kasus baik satu amatan yang hilang dan amatan yang hilang lebih dari satu.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan proses penelitian menganalisis data hilang dengan metode *Least Square* pada Rancangan Bujur Sangkar Latin dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode *Least Square* dapat mengatasi data hilang dengan meminimumkan JKG pada Rancangan Bujur Sangkar Latin
2. Pada studi kasus penggunaan metode *Least Square* pada data penggunaan bahan bakar roket yang di ilustrasikan adanya satu amatan yang hilang, dua amatan yang hilang dan tiga amatan yang hilang mendapatkan nilai dugaan yang berbeda-beda, ada yang hasil dugaaanya meningkat, menurun bahkan sama dengan data sebenarnya .
3. Berdasarkan hasil penelitian di atas bahwa data hilang akan berpengaruh pada analisis ragam, yaitu apabila data hilang ada sebanyak k maka derajat bebas akan berkurang sebanyak k pula.
4. Dengan melihat nilai KTG dan *R-square* dari analisis varians pada contoh data kasus yang terimputasi oleh nilai dugaan yang mendekati nilai KTG dan *R-square* pada data lengkap kita dapat menyimpulkan bahwa dugaan tersebut lebih baik dibandingkan adanya amatan yang hilang

DAFTAR PUSTAKA

Enders, C.K. 2010. *Applied missing data analysis*. Guilford Press, New York. 0(1):50-61.

Gaspersz, D. I. 1991. *Metode Perancangan Percobaan.* Bandung: Armico.

Ghozali, I. 2009. *Aplikasi analisis multivariate dengan program SPSS*. Semarang: BP UNDIP.

Hanafiah , K.A. 2010. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Harinaldi. 2005. *Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Hartati, A., Wuryandari, T., Wilandari, Y. 2013. *Analisis Varian Dua Faktor dalam Rancangan Pengamatan Berulang (Repeated Measures). Jurnal Gaussian,* Vol. 2. No. 4 Hal. 279-288.

Hasan, I. 2003. *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensial)*. Jakarta: Bumi Aksara Informatika Pertanian. 13 : 721-734.

Haykin, S. 1991. *Adaptive Filter Theory 2nd Ed*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Little, R. J. A., dan Rubin, D. A. 1987. *Statistical Analysis with Missing Data*.

Mattjik, A.A. dan Sumertajaya, I.M.. 2000. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I*, Edisi Kedua. Bogor: IPB-Press.

Montgomery, D.C., dan Peck, E. A.. 2001. *Design and analysis of experiments, 6th edition*. John Wiley & Sons, Inc.

Neter, J dan Wasserman, W. 1997. *Applied Linier Statistical Model Regression, Analysis of Variance and Eksperimental Design*. Illionis : Richard D.R.Win. New York : John Willey and Sons. RajaGrafindo Persada.

Riduwan. 2008. *Dasar-dasar Statistika.* Bandung: Alfabeta.

Shriliana, I. 2013. *Pendugaan Data Hilang Pada Rancangan Bujur Sangkar Latin Dasar*. *Prosiding Seminar Rapat Tahunan BKS Wilayah Barat, Bandar Lampung.* Universitas Lampung : 275-281.

Steel, R.G.D., dan Torrie J.H.. 1981. *Principles and Procedures of Statistics*. 2nd edition. McGraw-Hill International Book Company. Singapore.

Suhaemi, Z. 2011. *Metode Penelitian dan Rancangan Percobaan*. Diktat. Padang: Fakultas Pertanian Universitas Taman Siswa.

Sutarno. 2004. *Pemanfaatan MStat-C dalam analisa faktorial data hasil penelitian pertanian*.

Walpole, E. 1995. *Pengantar Statistika Edisi Ketiga Terjemahan*. Jakarta : PT.Gramedia.

Wibisono, Y. 2005. *Metode Statistik.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Widiyanto, M.A. 2013. *Statistika Terapan,* Jakarta : PT Elex Media Komputindo.