

**RANCANGAN *CROSS OVER* YANG MENGANDUNG
OUTLIER DENGAN ESTIMASI *ROBUST M***

SKRIPSI



SALSABILAH RAMADHANI

H051171516

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
MARET 2023**

**RANCANGAN *CROSS OVER* YANG MENGANDUNG
OUTLIER DENGAN ESTIMASI *ROBUST M***

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**

SALSABILAH RAMADHANI

H051171516

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

MARET 2023

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

Rancangan Cross Over yang Mengandung Outlier dengan Estimasi Robust M

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

Makassar, 27 Maret 2023



Salsabilah Ramadhani

NIM H051171516

Universitas Hasanuddin

**RANCANGAN *CROSS OVER* YANG MENGANDUNG
OUTLIER DENGAN ESTIMASI *ROBUST M***

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Drs. Raupong, M.Si

NIP. 19621015 198810 1 001



Siswanto, S.Si, M.Si.

NIP. 19621015 198810 1 001

Ketua Program Studi



Dr. Nuritri Sunusi, S.Si, M.Si.

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 27 Maret 2023


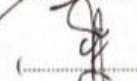


HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Salsabilah Ramadhani
NIM : H051171516
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Rancangan *Cross Over* yang Mengandung *Outlier*
dengan Estimasi *Robust M*

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

1. Ketua : Drs. Raupong, M.Si.  (.....)
2. Sekretaris : Siswanto, S.Si., M.Si.  (.....)
3. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.  (.....)
4. Anggota : Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.  (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 27 Maret 2023

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wata'ala*, sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad *Shallallahu'alaihi Wasallam* nabi yang paling mulia, pemimpin orang-orang takwa, dan kepada para keluarga dan sahabat beliau. Alhamdulillahirobbil'alamiin, berkat rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Rancangan Cross Over yang Mengandung Outlier dengan Estimasi Robust M”** yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan bagi pembelajar statistika dan bagi pembaca secara umum.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan masalah namun dapat terselesaikan berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda dan Ibunda tercinta **H. Muhammad Rusdi, S.H, M.Si.** dan **Hj. Nurwira, S.Si,Apt.,** yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kesabaran, memberikan cinta dan limpahan kasih sayang, dukungan dan doa yang tulus tanpa henti kepada penulis. Rasa terima kasih juga kepada saudara tersayang **Muh. Alfian, Muh. Chirzin, Ahmad Afdal, Fadel Rezki Wisudawan,** serta **Keluarga Besar** atas doa, dukungan, semangat, dan bantuannya kepada penulis.

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

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf Departemen Statistika yang telah membekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada Penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.

4. **Ibu Sri Astuti Thamrin, S.Si, M.Stat, Ph.D.** selaku Penasihat Akademik atas saran, nasehat, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa dan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. **Bapak Drs. Raupong, M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Pertama yang telah ikhlas meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan, pengetahuan, motivasi, memberikan masukan dalam penulisan skripsi dan bimbingan ditengah kesibukan beliau serta menjadi tempat berkeluh kesah untuk penulis.
6. **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** dan **Ibu Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.** selaku Tim Penguji atas saran dan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini serta waktu yang telah diberikan kepada Penulis.
7. **Eva, Haura, Putri, Sri, Indri, Cika, Novi, Yuyun, Mirna, Shafwan, Chairil, Iklil, Fajri, Adam, Miftah, Ata, Alya, Akil,** yang telah menjadi teman terbaik sejak awal penulisan skripsi dan senantiasa mendengarkan curhatan, memberikan bantuan, dorongan, semangat, dan motivasi dalam setiap keadaan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Sahabat terbaik Penulis, yaitu **Indah, Nunu, Rofika, Eki, Fauzi, Isra, Uci, dan Rifai** yang sampai saat ini masih menjadi sahabat dan setia mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Teman-teman **Statistika 2017**, terima kasih atas kebersamaan, suka, dan duka selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika. Penulis senang mengenal kalian semua.
10. **Keluarga Statistika FMIPA Unhas** terkhusus kakak-kakak yang banyak membantu penulis dalam penyusunan skripsi yaitu Kak **Muthia**, Kak **Ghio**, Kak **Agung**, Kak **Mila**, Kak **Andis**, dan Kak **Samsir**, terima kasih atas ilmu yang mungkin tidak bisa didapatkan di proses perkuliahan selama penulis kuliah di Universitas Hasanuddin.
11. Keluarga besar **Sulawesi Cerita**, terima kasih telah memberikan motivasi, pelajaran yang berharga dan arti kebersamaan selama ini kepada penulis.

12. Teman-teman **KKN Gowa 1 Gelombang 104**. Terima kasih telah menjadi teman sekaligus keluarga selama sebulan lebih, semoga silaturahmi tetap terjalin.
13. Semua pihak yang telah banyak berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih untuk segala bantuan dan dukungannya.

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 27 Maret 2023

Salsabilah Ramadhani

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Salsabilah Ramadhani
NIM : H051171516
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 Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

“Rancangan *Cross Over* yang Mengandung *Outlier* dengan Estimasi *Robust M*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 27 Maret 2023.

Yang menyatakan

(Salsabilah Ramadhani)

ABSTRAK

Rancangan *cross over* merupakan rancangan percobaan yang setiap subjek percobaan menerima beberapa perlakuan terhadap periode waktu yang berbeda dan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam suatu data yaitu *outlier*. Penelitian ini menggunakan metode *robust M* untuk menduga parameter model rancangan *cross over* yang mengandung *outlier* dengan estimasi *robust M* pada data bioavailabilitas formulasi ondansetron. Penerapan metode *robust M* digunakan pada pemberian formulasi ondansetron terhadap pria korea sebanyak 7 subjek dengan variabel respon yaitu nilai formulasi ondansetron dan variabel prediktor yang terdiri dari pemberian Tablet *Zofran* (Perlakuan R), pemberian tablet *vominon* 8 mg (T_1), pemberian tablet *vominon* 4 mg (T_2). Sehingga yang diperoleh dari penelitian ini data yang mengandung *outlier* terdapat pada data ke-39. Data *outlier* tersebut diatasi dengan mengganti data tersebut dengan data hasil dugaan yang diperoleh dari metode *robust M* yaitu $\hat{Y}_{4,3,2} = 14129,311$. Hasil yang diperoleh ketika menangani *outlier* adalah F_{hitung} kurang dari $F_{0.05;2;18} = 1.246$ kurang dari 3.245, artinya pengaruh perlakuan terhadap nilai formulasi ondansetron tidak signifikan pada taraf kepercayaan 5%. Oleh karena itu, tidak ada perbedaan pengaruh perlakuan terhadap rancangan *cross over* ketika terdapat *outlier* dan setelah menduga *outlier* dengan metode *robust M*.

Kata kunci: *Cross Over, Outlier, Rancangan, Robust M,*

ABSTRACT

A crossover design is an experimental design in which each subject receives multiple treatments at different time periods, and one of the things to be considered in data analysis is outliers. This study used the robust M method to estimate the parameters of a crossover design model containing outliers with robust M estimation on bioavailability data of ondansetron formulation. The robust M method was applied to the administration of ondansetron formulation to seven Korean male subjects with response variables being the values of the ondansetron formulation and predictor variables consisting of the administration of Tablet Zofran (Treatment R), administration of vomiton 8 mg tablet (T_1), and administration of vomiton 4 mg tablet (T_2). Therefore, the data obtained from this study contained an outlier in the 39th data point. This outlier was addressed by replacing it with the estimated value obtained from the robust M method, which is $\hat{Y}_{4,3,2} = 14129,311$. The result obtained when handling the outlier is F_{Count} less than $F_{0.05;2;18} = 1.246$, less than 3.245, which means that the effect of treatment on the value of ondansetron formulation is not significant at the 5% confidence level. Therefore, there is no difference in the effect of treatment on the crossover design when outliers are present and after estimating the outliers using the robust M method.

Keywords: Cross Over, Outlier, Design, Robust M.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ix
HALAMAN PENGESAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Rancangan Percobaan	4
2.2 Rancangan <i>Cross Over</i>	4
2.3 Metode untuk Mengidentifikasi <i>Outlier</i>	7
2.4 Estimasi <i>Robust M</i>	8
2.5 Pengujian Asumsi-asumsi yang Mendasari Analisis Variansi.....	9
2.6 Analisis Variansi pada Rancangan <i>Cross Over</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Sumber Data.....	14
3.2 Variabel Penelitian	14
3.3 Metode Analisis Data.....	15

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Model Rancangan <i>Cross Over</i> dalam Persamaan Regresi.....	16
4.2 Mengidentifikasi <i>Outlier</i>	17
4.3 Pengujian Asumsi.....	18
4.4 Penerapan Metode Robust M.....	21
4.5 Analisis Variansi Pada Rancangan <i>Cross Over</i>	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ilustrasi Rancangan <i>Cross Over</i> 3×3	5
Tabel 2.2 Pengamatan dari Rancangan <i>Cross Over</i> 3×3	6
Tabel 2.3 Tabel ANAVA untuk Rancangan <i>Cross Over</i> 3×3	12
Tabel 4.1 Tabel Data Rancangan <i>Cross Over</i> 3×3	17
Tabel 4.2 Tabel Hasil Uji <i>DfFITS</i>	17
Tabel 4.3 Tabel Hasil Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	19
Tabel 4.4 Tabel Hasil Uji <i>Durbin-Watson</i>	21
Tabel 4.5 Tabel Penaksiran Parameter dengan OLS	23
Tabel 4.6 Tabel Hasil Penaksiran Parameter dengan <i>Robust M</i>	23
Tabel 4.7 Tabel Nilai \hat{Y} setelah diestimasi dengan metode <i>Robust M</i>	23
Tabel 4.8 Tabel Anava data pengaruh pemberian produk referensi (tablet zofran) dan produk uji (tablet vomion).....	26
Tabel 4.7 Tabel Anava setelah yang outlier diganti dengan data hasil dugaan <i>Robust M</i>	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Penelitian.....	32
Lampiran 2. Tabel Data Penelitian Setelah diestimasi dengan <i>Robust M</i>	33
Lampiran 3. Tabel Nilai Kritis Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	34
Lampiran 4. Tabel <i>Chi-Square</i>	35
Lampiran 5. Tabel Bantu Uji <i>Bartlett</i>	37
Lampiran 6. Ringkasan Hasil Metode Estimasi <i>Robust M</i>	41

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Percobaan adalah suatu tindakan atau pengamatan yang dilakukan untuk mempelajari atau menemukan sesuatu mengenai proses yang ada atau membandingkan efek dari beberapa kondisi terhadap suatu fenomena. Percobaan secara luas digunakan dalam semua bidang. Ilmu pertanian, biologi, kesehatan, ilmu-ilmu teknik, ilmu fisik dan sosial adalah disiplin ilmu yang menggunakan pendekatan statistika untuk merancang dan menganalisis percobaan. Percobaan banyak dilakukan diberbagai bidang ilmu, terutama di bidang pertanian dan biologi.

Menurut Mattjik & Sumertajaya (2000), sebelum adanya pengambilan keputusan kegiatan statistik perlu dilakukan pengumpulan data. Salah satu cara untuk memperoleh data dengan melakukan perancangan percobaan. Rancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji, baik itu menggunakan statistika deskripsi maupun statistika inferensia. Rancangan percobaan terdiri dari berbagai bentuk rancangan diantaranya, Rancangan Acak Lengkap (RAL), Rancangan Acak Kelompok (RAK), Rancangan Bujur Sangkar Latin (RSBL), Rancangan *cross over*, dan lain sebagainya.

Suatu rancangan percobaan merupakan satu kesatuan antara rancangan perlakuan, rancangan lingkungan, dan rancangan pengukuran. Rancangan perlakuan merupakan rancangan yang berkaitan dengan perlakuan-perlakuan yang terbentuk pada suatu percobaan. Komposisi dari suatu perlakuan dapat dibentuk dari satu faktor, dua faktor, atau lebih. Penyusunan perlakuan sangat bergantung pada fokus dari penelitian yang akan dilaksanakan. Rancangan lingkungan merupakan rancangan yang berkaitan dengan perlakuan-perlakuan yang ditempatkan pada unit-unit percobaan. Salah satu contoh rancangan lingkungan adalah rancangan *cross over*.

Rancangan *cross over* merupakan suatu rancangan percobaan yang mana setiap subjek percobaan menerima beberapa perlakuan terhadap periode waktu yang berbeda. Tujuan dari rancangan ini adalah membandingkan efek perlakuan individu (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 boleh lebih dari dua periode dan dua perlakuan.

Pada suatu percobaan, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah *outlier* dalam data. *Outlier* merupakan data yang menyimpang terlalu jauh dari data yang lainnya dalam suatu rangkaian data. Dampak dari adanya *outlier* ini akan mengakibatkan suatu estimasi parameter tidak konsisten. Suatu data menjadi *outlier* apabila terjadi kesalahan dalam pengamatan atau tidak berhasilnya suatu pengamatan pada salah satu unit percobaan. Terdapat beberapa metode untuk melakukan estimasi parameter yang sesuai untuk data yang mengandung *outlier* salah satunya dengan menggunakan metode Regresi *robust*.

Regresi *robust* adalah metode regresi yang digunakan ketika distribusi dari *galat* tidak normal atau adanya beberapa *outlier* yang berpengaruh pada model. Metode ini merupakan alat penting untuk menganalisis data yang dipengaruhi *outlier* sehingga dihasilkan model *robust* terhadap *outlier*. Terdapat beberapa metode estimasi dalam regresi *robust*, diantaranya adalah *Median* (Estimasi-M), *Least Median of Squares* (LMS), *Least Trimmed Squares* (LTS), *Scale* (Estimasi-S), dan Metode Momen (Estimasi-MM). Kemudian dari ke-5 metode tersebut, penulis akan fokus pada metode estimasi *robust* M. Metode estimasi *robust* M merupakan metode regresi *robust* yang sering digunakan dan mempunyai keefektifan dalam mengatasi *outlier* karena dapat mengecilkan standar *error*.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai pendugaan parameter rancangan percobaan dengan data *outlier*. Siswanto (2014) telah melakukan penelitian estimasi regresi *robust* M pada faktorial rancangan acak lengkap yang mengandung *outlier*. Agung (2020) dengan melakukan penelitian menggunakan *robust* MM untuk mengestimasi *outlier* pada rancangan *cross over*, yang mana diperoleh hasil bahwa tidak terdapat perbedaan pengaruh perlakuan terhadap percobaan dan tidak terdapat pengaruh *carry-over* pada rancangan. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis menyusun dalam sebuah tugas akhir dengan judul “**Rancangan Cross Over yang Mengandung Outlier dengan Estimasi Robust M**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka terdapat rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana estimasi parameter metode *robust* M pada data rancangan *cross over* yang mengandung *outlier*?
2. Bagaimana perbedaan pengaruh perlakuan pada model rancangan *cross over* yang mengandung *outlier* dengan estimasi *robust* M pada data bioavailibilitas formulasi ondansetron?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada model rancangan *cross over* dan metode *robust* M yang bertujuan untuk mengestimasi parameter model rancangan *cross over* 3×3 dan data yang teridentifikasi *outlier* dengan menggunakan metode *DfFITS*. Data yang digunakan adalah data uji bioekivalensi terhadap formulasi ondansetron dengan $n_k = 7, j = 3, k = 3$.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil estimasi parameter metode *robust* M pada data rancangan *cross over* yang mengandung *outlier*.
2. Untuk mendapatkan perbedaan pengaruh perlakuan pada model rancangan *cross over* yang mengandung *outlier* dengan estimasi *robust* M pada data bioavailibilitas formulasi ondansetron.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat akademisi maupun praktisi bagi pengguna ilmu statistik sebagai gambaran dan alternatif pertimbangan dalam menggunakan rancangan *cross over* yang mengandung *outlier* dengan estimasi *robust* M.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan adalah suatu tindakan atau pengamatan khusus yang dilakukan untuk memperkuat atau melemahkan/meniadakan sesuatu yang meragukan, terutama kondisi yang ditentukan oleh peneliti. Selain itu percobaan juga dapat diartikan sebagai suatu tindakan yang dilakukan untuk menemukan beberapa prinsip atau pengaruh yang belum diketahui serta menguji atau menjelaskan pendapat atau kebenaran yang diketahui atau diduga (Harsojuwono dkk., 2011).

Untuk dapat mengetahui prinsip atau pengaruh sesuatu terhadap kondisi tertentu diperlukan suatu rangkaian percobaan terencana yang disebut dengan perancangan percobaan. Menurut Harsojuwono (2011), perancangan percobaan adalah suatu pola atau prosedur yang dipergunakan untuk mengumpulkan atau memperoleh data dalam penelitian. Berbagai macam rancangan percobaan, misalnya rancangan acak lengkap, rancangan acak kelompok, rancangan bujur sangkar latin, rancangan *cross over*, rancangan split plot, rancangan petak terbagi, dan sebagainya.

2.2 Rancangan *Cross Over*

Rancangan *cross over* adalah modifikasi rancangan acak kelompok yang 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 dan Liu, 2004).

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 perlakuan diterapkan.

2. Efek periode

Efek periode mempengaruhi percobaan secara keseluruhan. Misalkan subjek diberikan dua perlakuan yang sama untuk kedua periode percobaan. Ada

kemungkinan bahwa pengukuran pada periode pertama lebih besar atau lebih kecil daripada periode kedua, sebagai contoh respon 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 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.

Menurut Jones & Kenward (2003), desain sederhana dari rancangan *cross over* adalah memiliki dua periode, dua perlakuan, dan dua urutan, atau rancangan *cross over 2x2*. Rancangan *cross over 2x2* disebut juga dengan rancangan *cross over AB/BA*. Pada rancangan ini, setiap subjek menerima dua perlakuan yang berbeda, dilambangkan dengan perlakuan A dan B. Menurut (Norzaida, 1995), subjek pada kelompok yang lain akan menerima perlakuan B pada periode pertama. Ketika ada tiga atau lebih perlakuan akan ada lebih dari satu kemungkinan kontras antara efek percobaan. Misalnya pada rancangan *cross over 3x3* yang memiliki tiga periode dan tiga perlakuan. Kemudian desain yang seimbang akan menjadi pilihan ideal, karena dalam desain seperti itu varians dari setiap perbandingan berpasangan yang diperkirakan sama dengan nilai konstan yang sama. Rancangan *cross over 3x3* dapat diilustrasikan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Ilustrasi Rancangan *Cross Over 3 x 3*

Kelompok	Periode 1	Periode 2	Periode 3
Kelompok 1	R	T ₁	T ₂
Kelompok 2	T ₂	R	T ₁
Kelompok 3	T ₁	T ₂	R

Sumber: (Kenward dan Jones, 2007)

Tabel 2.2 Pengamatan dari Rancangan *Cross Over* 3×3

Kelompok	Subjek	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Total
Kelompok 1 (RT ₁ T ₂)	1	Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	Y_{101}
	2	Y_{211}	Y_{221}	Y_{231}	Y_{201}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_1	Y_{n_111}	Y_{n_121}	Y_{n_131}	Y_{n_101}
Subtotal		Y_{011}	Y_{021}	Y_{031}	Y_{001}
Kelompok 2 (T ₂ RT ₁)	1	Y_{112}	Y_{122}	Y_{132}	Y_{102}
	2	Y_{212}	Y_{222}	Y_{232}	Y_{202}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_2	Y_{n_212}	Y_{n_222}	Y_{n_232}	Y_{n_202}
Subtotal		Y_{012}	Y_{022}	Y_{023}	Y_{002}
Kelompok 3 (T ₁ T ₂ R)	1	Y_{113}	Y_{123}	Y_{133}	Y_{103}
	2	Y_{213}	Y_{223}	Y_{233}	Y_{203}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n_3	Y_{n_313}	Y_{n_323}	Y_{n_333}	Y_{n_303}
Subtotal		Y_{013}	Y_{023}	Y_{033}	Y_{003}
Total		Y_{010}	Y_{020}	Y_{030}	Y_{000}

Sumber: (Lim dkk., 2005)

Secara umum, model linear untuk rancangan *cross over* 3×3 adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + G_k + P_j + F_{(j,k)} + S_{ik} + \varepsilon_{ijk}; i = 1, 2, \dots, n_i; j = k = 1, 2, 3 \quad (2.1)$$

dengan

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

μ = rata-rata umum

G_k = pengaruh efek tetap yang diterapkan pada kelompok ke- k

S_{ik} = kesalahan acak pada subjek ke- i dan kelompok ke- k

P_j = pengaruh efek tetap pada periode ke- j

$F_{(j,k)}$ = pengaruh perlakuan yang diterapkan dalam kelompok ke- k yang diberikan pada periode ke- j

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

Bentuk dari model linear *cross over* 3×3 pada persamaan (2.1) dapat diubah dalam bentuk regresi linear berganda dengan menggunakan perkalian kronecker sebagai contoh yaitu: $n_k = 7$.

Dengan menggunakan perkalian kronecker maka persamaan (2.1) dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$Y = 1_{63}\mu + (1_{21} \otimes I_3) G_k + (I_3 \otimes 1_{21}) P_j + (I_9 \otimes 1_7)F_{(j,k)} + (1_3 \otimes I_{21}) S_{ik} + 1_{63}\varepsilon_{ijk}$$

$$Y = (1_3 \otimes 1_3 \otimes 1_7)\mu + (1_3 \otimes I_3 \otimes 1_7)G_k + (I_3 \otimes 1_3 \otimes 1_7)P_j + (I_3 \otimes I_3 \otimes 1_7)F_{(j,k)} + (1_3 \otimes I_7 \otimes I_3) S_{ik} + (1_3 \otimes 1_3 \otimes 1_7)\varepsilon_{ijk}$$

Maka model linier pada rancangan *cross over* pada persamaan (2.1) dituliskan dalam notasi matriks dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{Y}_{(63 \times 1)} = \mathbf{X}_{(63 \times 37)}\boldsymbol{\beta}_{(37 \times 1)} + \boldsymbol{\varepsilon}_{(63 \times 1)} \quad (2.2)$$

2.3 Metode untuk Mengidentifikasi *Outlier*

Istilah *outlier* merujuk pada suatu pengamatan yang tidak mengikuti pola umum pada persamaan regresi yang dihasilkan atau pola data secara keseluruhan. Secara tidak langsung *outlier* merupakan hasil observasi yang menyimpang dari pola yang terbentuk oleh sebagian besar data (Ghozali, 2011). Data *outlier* dapat dikenali dengan pemeriksaan secara visual dari data mentah menggunakan metode grafis seperti diagram pencar/*scatter plot* dan *boxplot* variabel respon dan variabel prediktor. Namun, ketika terdapat lebih dari dua variabel prediktor, beberapa pencilan akan sulit dideteksi dengan pemeriksaan visual sehingga diperlukan suatu metode yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi *outlier* yang berpengaruh terhadap koefisien regresi salah satunya adalah metode *DfFITS* atau *Standardized DfFITS*. Metode *DfFITS* (*Difference in fit Standardized*) digunakan untuk mendeteksi *outlier* terhadap suatu variabel Y menggunakan *Studentized Deleted Residual (TRES)* dengan persamaan:

$$(DfFITS)_i = (TRES)_i \left(\frac{h_{ii}}{1 - h_{ii}} \right) \quad (2.3)$$

dengan persamaan $TRES_i$ sebagai berikut:

$$TRES_i = \theta_i \sqrt{\frac{n - k - 1}{JKG(1 - h_{ii}) - \theta^2}} \quad (2.4)$$

dengan,

$$\theta_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

JKG = Jumlah Kuadrat Galat

$$h_{ii} = \mathbf{X}_{(63 \times 37)} (\mathbf{X}'\mathbf{X})_{(37 \times 37)}^{-1} \mathbf{X}'_{(37 \times 63)} \text{ (nilai leverage/diagonal matriks hat)}$$

n = Banyaknya pengamatan

k = Jumlah variabel independen

dengan kriteria *outlier* apabila suatu data memiliki nilai $|DfFITS_i| > 2\sqrt{\frac{k}{n}}$ maka diidentifikasi sebagai *outlier* (Mattjik & Sumertajaya, 2000).

2.4 Estimasi *Robust M*

Estimasi *M* merupakan *robust* yang paling sering digunakan. Penduga parameter metode ini disebut juga *Iteratively Reweighted Least Square* (IRLS). Dalam IRLS, nilai awal dihitung kemudian satu set bobot baru dihitung berdasarkan hasil nilai awal. Iterasi berlanjut sampai kriteria konvergensi terpenuhi. Metode ini menggunakan fungsi *Huber* berikut:

$$\psi(u_i) = \begin{cases} 1, & |u_i| \leq r \\ \frac{r}{|u_i|}, & |u_i| > r \end{cases} \quad (2.5)$$

Pada persamaan (2.5) nilai estimasi-*M* fungsi *Huber* akan efektif digunakan bila $r = 1,345$ dengan $\alpha = 5\%$. Solusi menggunakan metode ini adalah melakukan *Weighted Least Square* (WLS) secara iterasi dan dinyatakan dalam bentuk:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\psi(u_i)}{(u_i)} u_i x_i = 0 \quad (2.6)$$

dengan u_i adalah galat yang distandarisasi, sehingga $u_i = \frac{\varepsilon_i}{\hat{\sigma}_M}$, sedangkan

$\hat{\sigma}_M = \frac{\text{median} |\varepsilon_i - \text{median}(\varepsilon_i)|}{0,6745}$. Selanjutnya Persamaan (2.6) dapat dinyatakan ke

dalam bentuk:

$$\sum_{i=1}^n w_i u_i x_i = 0 \quad (2.7)$$

dengan $w_i = \frac{\psi(u_i)}{(u_i)}$. Dengan demikian, Persamaan (2.8) juga merupakan solusi

jumlah kuadrat galat terboboti, yaitu

$$\sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.8)$$

Berikut ini adalah prosedur pendugaan:

1. Menentukan galat awal dari dugaan parameter regresi $\hat{\beta}_M$ dengan

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$$

2. Menghitung $\hat{\sigma}_M$, dan pembobot awal $w_{i,0} = \frac{\psi(u_{i,0})}{(u_{i,0})}$. Nilai $\psi(u_i)$ dihitung sesuai fungsi Huber, dan $u_{i,0} = \frac{\varepsilon_{i,0}}{\hat{\sigma}_M}$.

3. Menyusun matriks pembobot berupa matriks diagonal dengan elemen $w_{1,0}; w_{2,0}; \dots; w_{n,0}$ dinamai W_0 .

4. Menghitung penduga koefisien regresi,

$$\hat{\beta}_M^{(1)} = (\mathbf{X}'\mathbf{W}_0\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}_0\mathbf{Y}$$

5. Dengan menggunakan $\hat{\beta}_M^{(1)}$ dihitung pula

$$\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_{i,1}| \text{ atau } \sum_{i=1}^n |\varepsilon_{i,1}|$$

6. Selanjutnya langkah 1 sampai dengan 5 sampai diperoleh nilai $\hat{\beta}_M$ yang konvergen ke suatu nilai tertentu, $\sum_{i=0}^k |\varepsilon_i^M| < 0,0001$ (sehingga diharapkan selisih antara $\hat{\beta}_M^z$ dan $\hat{\beta}_M^{z-1}$ mendekati 0).

2.5 Pengujian Asumsi-asumsi 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 tidak logis. Berikut ini asumsi-asumsi yang terdapat pada rancangan percobaan, yaitu:

1. Galat percobaan menyebar normal

Menurut Daniel (1989) untuk mengecek asumsi normal multivariat dapat dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Berikut ini langkah-langkah uji *Kolmogorov-Smirnov*:

- a) Hipotesis:

H_0 : Sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Sampel berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal

- b) Statistik uji :

$$D_{hitung} = maks |F_s - F_n|$$

dengan

F_S adalah fungsi distribusi kumulatif yang sampel

F_n adalah fungsi distribusi kumulatif yang diamati

n adalah banyaknya pengamatan

c) Kriteria keputusan

Jika $D_{hitung} > D_{tabel}(\alpha)$ H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal.

2. Galat percobaan homogen

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

a) Hipotesis

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$ (variansi semua perlakuan sama)

$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2, i, j = 1, 2, 3$. (Minimal ada satu perlakuan yang variansinya tidak sama dengan yang lain)

b) Statistik uji

$$\chi^2 = (\ln 10) \left\{ \left(\sum_{i=1}^p (n_i - 1) \right) \log(S^2) - \sum_{i=1}^p (n_i - 1) \log(S_i^2) \right\}$$
$$S^2 = \frac{\sum (n_i - 1) s_i^2}{\sum (n - 1)}$$

dengan :

S^2 = Variansi Gabungan

s_i^2 = Variansi sampel ke- i untuk $i = 1, 2, 3$

c) Kriteria keputusan

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

3. 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. Selain melihat dengan plot uji percobaan saling bebas bisa dilakukan dengan uji formal sederhana yang biasa digunakan untuk mengecek autokorelasi adalah uji *Durbin-Watson*. Berikut ini langkah-langkah uji *Durbin-Watson*:

a) Hipotesis

$$H_0: \rho = 0 \text{ Vs } H_1: \rho \neq 0$$

b) Kriteria Keputusan

1. Jika $d < dL$ atau $d > 4 - dL$ maka H_0 diterima, artinya terdapat autokorelasi.
2. Jika $dU < d < 4 - dU$ maka H_0 ditolak, artinya tidak terdapat autokorelasi.
3. Jika $dL < d < dU$ atau $4 - dU < d < 4 - dL$, artinya tidak ada kesimpulan.

2.6 Analisis Variansi pada Rancangan *Cross Over*

Analisis variansi (ANAVA) adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total suatu data menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber variansi (Walpole, 1995). 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. Berdasarkan model linear aditif yang terbentuk selanjutnya akan dilakukan uji analisis variansi.

Adapun langkah-langkah dan menguji hipotesis pada analisis variansi adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut :

$$H_0 : F_{(j,k)} = 0 \text{ vs } H_1 : F_{(j,k)} \neq 0 \text{ untuk } j, k = 1, 2, 3 \quad (2.8a)$$

2. Taraf signifikansi

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

3. Statistik uji

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG(DK)}$$

4. Kriteria keputusan

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 dan sebaliknya terima H_0 artinya tidak ada perbedaan pengaruh perlakuan yang diterapkan pada rancangan.

5. Melakukan uji statistik

Uji statistik yang digunakan adalah Melakukan penarikan kesimpulan uji statistik dalam ANAVA dapat dirangkum dalam sebuah tabel analisis variansi, yang meliputi sumber keragaman, derajat bebas (db), jumlah kuadrat (JK), dan kuadrat tengah (KT). Uji statistik dalam ANAVA pada rancangan *cross over* 3×3 dapat dirangkum dalam tabel dibawah.

Tabel 2.3 Tabel ANAVA untuk Rancangan *Cross Over* 3 × 3

Sumber Keragaman	Derajat bebas (Db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hitung}
Antar kelompok				
Kelompok	$k - 1$	JKK	KTK	
Galat	$n_1 + n_2 + n_3 - 3$	JKG(AK)	KTG(AK)	
Dalam kelompok				
Periode	$k - 1$	JKP	KTP	
Perlakuan	$k - 1$	JKPer	KTPer	F_{hitung}
Galat	$n_1 + n_2 + n_3 - 3$	JKG(DK)	KTG(DK)	
Total	$3(n_1 + n_2 + n_3) - 1$	JKT		

Sumber: (Lee dkk., 1998)

Penguraian jumlah kuadrat untuk rancangan *cross over* 3×3 sebagai berikut:
Faktor Koreksi

$$FK = \frac{\text{Total seluruh data}^2}{N} = \frac{Y_{ooo}^2}{N} \quad (2.9)$$

Jumlah Kuadrat Total

$$JKT = \left(\sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 Y_{ijk}^2 \right) - FK \quad (2.10)$$

Jumlah Kudrat Kelompok

$$JKK = \left[\sum_{k=1}^3 \frac{Y_{ook}^2}{k.n} \right] - FK \quad (2.11)$$

Jumlah Kuadrat Galat Antar Kelompok

$$JKG(AK) = \left(\sum_{i=1}^{n_i} \sum_{k=1}^3 Y_{ioik}^2 \right) - FK \quad (2.12)$$

Jumlah Kuadrat Periode

$$JKP = \left(\sum_{j=1}^3 \frac{Y_{oj0}^2}{k.n} \right) - FK \quad (2.13)$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JKPer = \left(\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 \frac{Y_{ojk}^2}{k.n} \right) - FK \quad (2.14)$$

Jumlah Kuadrat Galat dalam Kelompok

$$JKG(DK) = JKT - \left(\sum_{i=1}^{n_i} \sum_{k=1}^3 Y_{ioik}^2 \right) - JKPer - JKP \quad (2.15)$$

Kuadrat Tengah Kelompok

$$KTK = \frac{JKK}{db_K} \quad (2.16)$$

Kuadrat Tengah Galat Antar Kelompok

$$KTG(AK) = \frac{JKG(AK)}{db_{G(AK)}} \quad (2.17)$$

Kuadrat Tengah Periode

$$KTP = \frac{JKP}{db_P} \quad (2.18)$$

Kuadrat Tengah Perlakuan

$$KTPer = \frac{JKK}{db_K} \quad (2.19)$$

Kuadrat Tengah Galat Dalam Kelompok

$$KTG(DK) = \frac{JKG(DK)}{db_{G(DK)}} \quad (2.20)$$