

**ANALISIS KOVARIANS
DALAM RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTEN**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh :

AYOMI PASANA
NIM. 06305144027

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2011

ANALISIS KOVARIANS
DALAM RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTEN

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh :

AYOMI PASANA
NIM. 06305144027

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2011

PERSETUJUAN

**ANALISIS KOVARIANS
DALAM RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTDEN**

Oleh :
Ayomi Pasana
NIM. 06305144027

SKRIPSI

Telah disetujui pada tanggal
14 Desember 2010
Untuk diujikan di depan Panitia Penguji Skripsi Prodi Matematika
Jurusan Pendidikan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Pembimbing,

Elly Arliani, M.Si
NIP.196708161992032001

SKRIPSI
ANALISIS KOVARIANS
DALAM RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTEN

Disusun oleh :
Ayomi Pasana
06305144027

Telah diujikan di depan dewan Penguji Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta pada tanggal 31 Desember 2010 dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains.

Susunan Dewan Penguji

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Elly Arliani, M.Si NIP. 196708161992032001	Ketua Penguji		
Retno Subekti, M.Sc NIP. 198111162005012002	Sekretaris Penguji		
Dr. Djamilah Bondan W NIP. 196103031986012001	Penguji Utama		
Dr. Dhoriva Urwatul W NIP. 196603311993032001	Penguji Pendamping		

Yogyakarta, Januari 2011
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan

Dr. Ariswan
NIP. 195909141988031003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ayomi Pasana

NIM : 06305144027

Prodi/Jurusan : Matematika/Pendidikan Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul TAS : Analisis Kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang sepengetahuan saya tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau pendapat yang ditulis atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi lain kecuali pada bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 14 Desember 2010

Yang menyatakan

Ayomi Pasana

06305144027

MOTTO

Ora et Labora Innallaha ma anna

Belajar dan berdoa, Allah menyertai kita

We can if we think we can

Kegagalan saat ini adalah kunci keberhasilan hari esok, jika kita mau belajar dari kegagalan.

Tuhan tidak meminta kita untuk sukses; Dia hanya meminta kita untuk mencoba

God doesn't require us to succeed; he only requires that you try.

(Mother Theresa)

Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusus

(Qs. Al Baqarah : 5)

Allah tidak akan membebani kewajiban kepada seseorang, kecuali sesuai dengan kemampuannya

(Qs. Al Baqarah : 286)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu pasti ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (urusan dunia), bersungguh-sungguhlah (dalam beribadah)

(Qs. Al Insyiroh : 6-7)

Barang siapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga

(HR. Muslim)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillahi robbi'l alamin, karya ini penulis persembahkan kepada :

1. *Mamak dan Bapak tersayang
yang telah memberikan makna dalam hidup,
Teriring ucapan terima kasih yang dalam . . .
Atas segala do'a, kasih sayang, pengertian, dukungan, dan kesabaran
dari aku kecil hingga dewasa . . .*
2. *Untuk adikku, Amoraon Fasada dan Rismawati Artha Fasara terima kasih atas do'a,
kasih sayang, kesabaran dan seluruh pengertiannya*
3. *Untuk sahabatku Maya, Mbak Yani, Tini, Rifki, dan Nanung terima kasih atas do'a,
bantuan, semangat, kebersamaan dan persahabatannya*
4. *Untuk sahabatku Dina, Lucie, Atri, terima kasih atas do'a, bantuan, dukungan,
kebersamaan dan persahabatannya*
5. *Untuk sahabatku Eni, Erni, Esti, Nia, Epri, There, Ika, dan Mita terima kasih atas
dukungan dan persahabatannya.*
6. *Almh. Wulan, Rekan-rekan Matematika angkatan 2006, dan khususnya
cah_ndableg.com, terima kasih atas masukan dan bantuannya dalam menyelesaikan
studi di Jurusan Pendidikan Matematika.*

ANALISIS KOVARIANS DALAM RANCANGAN BUJUR SANGKAR YOUTDEN

Oleh:

Ayomi Pasana

NIM. 06305144027

ABSTRAK

Analisis kovarians (anakova) adalah suatu teknik yang mengkombinasikan analisis variansi dan analisis regresi yang dapat digunakan untuk perbaikan ketelitian suatu percobaan. Analisis ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan adanya variabel lain atau yang lebih sering disebut variabel konkomitan yang muncul dalam suatu percobaan yang dapat mempengaruhi variabel respons dalam suatu penelitian. Analisis kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden (RBSY) merupakan suatu analisis untuk percobaan yang berdasarkan pada pengelompokkan baris dan pengelompokkan kolom, dengan banyak perlakuan tidak sama dengan banyak baris atau kolom, dan mengikutsertakan satu variabel konkomitan dalam model. Tujuan penelitian ini untuk menjelaskan prosedur anakova dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden beserta penerapannya.

Prosedur anakova dalam RBSY meliputi : (1) Pengujian asumsi yang terdiri dari empat hal yaitu variabel konkomitan tidak berhubungan dengan faktor yang dicobakan, antara variabel konkomitan dan variabel respons berhubungan linier, galat berdistribusi normal, dan koefisien regresi X mempengaruhi Y , (2) Pengujian hipotesis yang bertujuan untuk menentukan ada tidaknya pengaruh perlakuan, pengaruh baris, dan pengaruh kolom terhadap faktor yang dicobakan.

Penerapan anakova dalam RBSY pada skripsi ini adalah di bidang pertanian dan industri. Pada bidang pertanian, anakova dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis pupuk pada varietas jagung terhadap hasil produksi yang diukur dalam petak lahan, dengan variabel kolom berupa jarak tanam dan variabel baris berupa jenis pupuk yang digunakan, dan banyaknya jagung yang ada dalam tiap petak lahan sebagai variabel konkomitan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan pemberian dosis pupuk, perbedaan jenis pupuk, dan perbedaan jarak tanam tidak memberikan pengaruh terhadap hasil produksi jagung, akan tetapi hasil analisis kovarians menunjukkan bahwa banyaknya jagung yang ada dalam tiap petak lahan memberikan pengaruh terhadap hasil analisis, sehingga banyak tanaman jagung yang terdapat dalam petak lahan tidak dapat diabaikan. Pada bidang industri, anakova dilakukan untuk mengetahui pengaruh bahan baku oli campuran terhadap masa pakai oli tersebut. Merk mobil sebagai variabel baris, bulan percobaan sebagai variabel kolom, dan masa pakai oli sebelum pencampuran sebagai variabel konkomitan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan bahan baku oli, perbedaan merk mobil,

dan perbedaan bulan percobaan tidak berpengaruh terhadap lamanya masa pakai oli, akan tetapi hasil analisis kovarians menunjukkan bahwa masa pakai oli sebelum pencampuran memberikan pengaruh terhadap hasil analisis, sehingga masa pakai oli sebelum pencampuran tidak dapat diabaikan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga memberikan kekuatan, kemudahan, kemampuan dan kelapangan hati kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul “ Analisis Kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Penulis menyadari akan kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ariswan sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Hartono sebagai Ketua Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Ibu Atmini Dhoruri, M.S sebagai Ketua Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Ibu Karyati, M.Si sebagai pembimbing akademik yang berkenan memberikan informasi dan pengarahan selama penulis duduk di bangku perkuliahan.

5. Ibu Elly Arliani, M.Si sebagai pembimbing skripsi yang berkenan memberikan waktu bimbingan serta dengan penuh kesabaran memberi pengarahan, nasehat dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi.
6. Ibu Dr. Djamilah Bondan W, Ibu Dr. Dhoriva Urwatul W, dan Ibu Retno Subekti, M.Sc sebagai penguji skripsi yang telah memberikan saran dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ilmu kepada penulis, semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa penulis harapkan. Semoga amal dan kebaikan dari semua pihak mendapatkan balasan dari Allah SWT. Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis tetapi juga bagi para pembaca. Amin.

Yogyakarta, 14 Desember 2010

Penulis

Ayomi Pasana

06305144027

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Pembatasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penulisan	5
E. Manfaat Penulisan	6
BAB II DASAR TEORI	
A. Rancangan Bujur Sangkar Latin	8
B. Rancangan Acak Kelompok Lengkap Tak Seimbang.....	10
C. Rancangan Bujur Sangkar Youden	
1. Gambaran Umum RBSY	12
2. Model Linier RBSY	15
D. Analisis Regresi	19
E. Analisis Kovarians	20
F. Distribusi F	22
G. Galat	23
H. Koefisien Keragaman	24
BAB III PEMBAHASAN	
A. Analisis Kovarians dalam RBSY	26
B. Prosedur Anakova dalam RBSY	
1. Pengujian Asumsi Anakova dalam RBSY	28
2. Pengujian Hipotesis	39
C. Penerapan Anakova dalam RBSY	44
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	96
B. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Denah Percobaan RAKTLS dengan Perlakuan 1, 2, 3 dan 4
Tabel 2.2	Denah Percobaan RBSL 7 x 7 dengan Perlakuan 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7
Tabel 2.3	Denah Percobaan RBSY-7 dengan $k = 3$
Tabel 2.4	Denah Percobaan RBSY-7 dengan $k = 6$
Tabel 2.5	Analisis Varians Rancangan Bujur Sangkar Youden Model Tetap
Tabel 3.1	Daftar Anakova dalam RBSY
Tabel 3.2	Data Hasil Produksi (Y) dan Banyaknya Tanaman (X)
Tabel 3.3	Perhitungan $\hat{Y}_i$ dan e_i
Tabel 3.4	Perhitungan $z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$ dan Nilai Harapan
Tabel 3.5	Perhitungan Sisa e_i dan Nilai Harapan
Tabel 3.6	Galat Percobaan pada Percobaan Varietas Jagung Terhadap Hasil Produksi
Tabel 3.7	Perhitungan Uji Bartlet Contoh 1
Tabel 3.8	Daftar Anakova Hasil Produksi Varietas Jagung
Tabel 3.9	Pemakaian Oli Sebelum Pencampuran (X) dan Pemakaian Oli Setelah Pencampuran (Y)
Tabel 3.10	Perhitungan $\hat{Y}_i$ dan e_i
Tabel 3.11	Perhitungan $z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$ dan Nilai Harapan
Tabel 3.12	Perhitungan Sisa e_i dan Nilai Harapan
Tabel 3.13	Galat Percobaan Pada Percobaan Oli Terhadap Masa Pakai
Tabel 3.14	Perhitungan Uji Bartlet Contoh 2
Tabel 3.15	Daftar Anakova Masa Pakai Oli dari Lima Jenis Oli

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penelitian dapat diartikan sebagai suatu upaya pengamatan secara sistematis terhadap suatu obyek penelitian untuk memperoleh fakta-fakta atau falsafah-falsafah baru (Hanafiah, 2003:19). Prosedur suatu penelitian dikenal sebagai metode ilmiah (*scientific method*) yang memiliki unsur-unsur fakta observasi, hipotesis, dan percobaan. Percobaan dilakukan dengan tujuan untuk menyelidiki sesuatu yang belum diketahui atau untuk menguji suatu teori atau hipotesis (Hanafiah, 2003:20). Sebelum melakukan suatu percobaan sebaiknya dibuat suatu rancangan percobaan terlebih dahulu agar hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan dalam percobaan.

Rancangan percobaan adalah suatu uji yang bertujuan untuk mengubah variabel *input* menjadi suatu *output* yang merupakan respons dari suatu percobaan (Gaspersz, 1994 : 19). 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, 2002 : 29). Salah satu contoh rancangan perlakuan adalah rancangan faktorial. Rancangan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang diberikan dan juga interaksi antar faktor-faktornya. Sedangkan rancangan lingkungan adalah rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan ditempatkan pada unit

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penelitian dapat diartikan sebagai suatu upaya pengamatan secara sistematis terhadap suatu obyek penelitian untuk memperoleh fakta-fakta atau falsafah-falsafah baru (Hanafiah, 2003:19). Prosedur suatu penelitian dikenal sebagai metode ilmiah (*scientific method*) yang memiliki unsur-unsur fakta observasi, hipotesis, dan percobaan. Percobaan dilakukan dengan tujuan untuk menyelidiki sesuatu yang belum diketahui atau untuk menguji suatu teori atau hipotesis (Hanafiah, 2003:20). Sebelum melakukan suatu percobaan sebaiknya dibuat suatu rancangan percobaan terlebih dahulu agar hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan dalam percobaan.

Rancangan percobaan adalah suatu uji yang bertujuan untuk mengubah variabel *input* menjadi suatu *output* yang merupakan respons dari suatu percobaan (Gaspersz, 1994 : 19). 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, 2002 : 29). Salah satu contoh rancangan perlakuan adalah rancangan faktorial. Rancangan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang diberikan dan juga interaksi antar faktor-faktornya. Sedangkan rancangan lingkungan adalah rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan ditempatkan pada unit

percobaan. Adapun contoh rancangan lingkungan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dan Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL).

RAL merupakan rancangan dengan unit percobaan dan lingkungan yang bersifat homogen. Akan tetapi jika unit percobaan dan lingkungan tidak cukup homogen, maka unit percobaan dapat dikelompokkan ke dalam kelompok-kelompok yang relatif homogen, untuk itu dapat digunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). Sebuah rancangan khusus yang memungkinkan untuk menilai pengaruh berbagai perlakuan terhadap unit percobaan dengan adanya pembatasan yang berbentuk pengelompokan ganda (pengelompokan baris dan kolom) disebut dengan Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) (Sudjana, 2002: 87).

Pada RBSL, tiap perlakuan hanya boleh muncul satu kali pada tiap baris dan tiap kolom, banyak kategori dari setiap kelompok baris dan kolom harus sama dengan banyaknya perlakuan (Neter&Wasserman, 1974 : 1034). Hal tersebut menyebabkan banyaknya unit percobaan dalam tiap kelompok harus sama dengan banyak perlakuan yang diteliti. Pembatasan ini membuat RBSL tidak dapat diterapkan dalam suatu percobaan yang banyaknya 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). Banyaknya faktor perlakuan dalam RBSY

adalah lebih banyak atau sama dengan banyaknya baris atau kolom (Johnson & Leone, 1977: 739), dengan perlakuan terjadi satu kali pada setiap kolom dan baris dan bersifat seperti RBSL yaitu adanya pengelompokan ganda terhadap unit percobaannya.

Dalam suatu percobaan, seringkali dijumpai adanya pengaruh variabel-variabel lain diluar variabel penelitian. Misalkan variabel Y adalah suatu variabel respons yang terjadi akibat pengaruh suatu faktor atau beberapa faktor. Nilai-nilai variabel Y bisa berubah-ubah karena ada variabel lain, misalkan variabel X . Variabel X ini sering tidak dapat dikontrol, sehingga tidak dapat diabaikan begitu saja saat dilakukan percobaan. Variabel X ini dapat diukur bersama-sama dengan variabel Y . Variabel X yang bersifat demikian disebut variabel konkomitan (Sudjana, 2002 : 341).

Variabel konkomitan yang muncul dalam suatu percobaan akan mempengaruhi tingkat ketelitian hasil percobaan dan analisisnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis mengenai variabel respons dengan terlebih dahulu memurnikan variabel respons Y dari variabel X . Hal ini dapat dilakukan dengan jalan mengoreksi pengaruh X terhadap variabel respons Y , kemudian melakukan analisis terhadap variabel respons yang sudah dimurnikan untuk melihat efek faktor yang diselidiki. Nilai Y yang diperoleh dengan jalan demikian disebut dengan Y terkoreksi. Untuk itu diperlukan analisis statistika yang berhubungan dengan variabel konkomitan tersebut. Analisis ini dinamakan analisis kovarians yang disingkat anakova.

Anakova dapat diterapkan dalam berbagai rancangan termasuk RBSY. Model linier RBSY untuk anakova dapat berupa model tetap atau model acak, dengan asumsi untuk masing-masing model berbeda. Model tetap merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang digunakan dalam percobaan berasal dari populasi yang terbatas dan pemilihan perlakuannya ditentukan secara langsung oleh si peneliti. Sedangkan model acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan.

Anakova dalam RBSY dapat diterapkan dalam berbagai bidang antara lain dalam bidang pertanian, industri, pendidikan dan ilmu-ilmu lainnya. Contoh percobaan dalam bidang pertanian adalah percobaan untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis pupuk yang berbeda terhadap hasil produksi tanaman jagung yang diukur dalam petak lahan. Dosis pupuk sebagai perlakuan, jarak tanaman sebagai kelompok kolom, dan jenis pupuk sebagai kelompok baris. Dana yang terbatas menyebabkan jenis pupuk yang digunakan kurang dari banyaknya perlakuan, sehingga digunakan RBSY. Dalam kasus tersebut, banyaknya tanaman jagung tiap petak lahan ternyata ikut berpengaruh terhadap hasil produksi tanaman jagung. Banyaknya tanaman jagung tiap petak lahan dianggap sebagai variabel konkomitan.

B. Pembatasan Masalah

Penulis akan memaparkan tentang analisis kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden (RBSY) dengan asumsi model linier berupa model tetap.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden?
2. Bagaimana ilustrasi penerapan analisis kovarians Rancangan Bujur Sangkar Youden?

D. Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan analisis kovarians pada Rancangan Bujur Sangkar Youden.
2. Menjelaskan ilustrasi penerapan analisis kovarians Rancangan Bujur Sangkar Youden.

E. Manfaat Penulisan

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat.

Antara lain:

1. Memberikan penjelasan mengenai analisis kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden.
2. Memberikan ilustrasi tentang penerapan analisis kovarians dalam suatu rancangan percobaan, terutama bagi peneliti yang memerlukan analisis kovarians dalam meneliti data penelitiannya.

BAB II

DASAR TEORI

Rancangan percobaan memiliki tujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan dalam melakukan suatu penelitian.

Prinsip-prinsip dasar dalam rancangan percobaan (Mattjik & Sumertajaya, 2000 : 59) yaitu adanya :

1. Pengulangan (*replication*), yaitu pengulangan *eksperimen* dasar atau banyaknya suatu perlakuan yang diselidiki dalam suatu percobaan. Jumlah ulangan suatu perlakuan tergantung pada derajat ketelitian yang diinginkan oleh si peneliti terhadap kesimpulan hasil percobaannya.
2. Pengacakan (*randomization*), yaitu setiap unit percobaan harus memiliki peluang yang sama untuk suatu perlakuan tertentu.
3. Pengendalian (*local control*), yaitu usaha untuk mengendalikan keragaman yang muncul akibat keheterogenan kondisi lingkungan.

Istilah-istilah dalam rancangan percobaan menurut Mattjik & Sumertajaya (2000 : 64-65) adalah :

1. Perlakuan (*treatment*) adalah suatu prosedur atau metode yang diterapkan pada unit percobaan.
2. Unit percobaan adalah unit terkecil dalam suatu percobaan yang diberi suatu perlakuan.

3. Satuan amatan adalah anak gugus dari unit percobaan tempat dimana respon perlakuan diukur.

A. Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)

Pada kondisi-kondisi tertentu keheterogenan unit percobaan tidak bisa dikendalikan hanya dengan pengelompokan melalui satu sisi keragaman unit-unit percobaan. Dalam kondisi seperti ini dibutuhkan suatu rancangan yang dapat mengelompokkan keragaman unit percobaan lebih dari satu sisi. Salah satu rancangan yang mampu mengendalikan komponen keragaman unit-unit percobaan lebih dari satu sisi adalah rancangan bujur sangkar latin.

Pada RBSL, pengelompokan dilakukan dalam dua arah, yaitu baris dan kolom. Pengelompokan ganda ini berguna untuk mendapatkan informasi yang lebih banyak dan lebih teliti. Dalam rancangan ini terdapat pembatasan-pembatasan yang harus dipenuhi (Hanafiah, 2003 : 48) yaitu :

1. Banyaknya perlakuan yang diteliti harus sama dengan banyaknya baris dan banyaknya kolom. Pembatasan ini menyebabkan rancangan tidak efisien apabila banyaknya perlakuan yang diteliti besar, karena akan memerlukan unit percobaan yang besar pula.
2. Tidak ada interaksi antara kelompok kolom atau baris dengan perlakuan. Jika terdapat interaksi antara sumber variansi, maka RBSL tidak dapat digunakan dan jika tetap digunakan maka kesimpulan yang didapatkan menjadi bias.
3. Adanya dua sumber keragaman data di luar perlakuan yang diteliti.

Secara umum model linear aditif dari rancangan satu faktor dengan RBSL dapat dituliskan sebagai berikut (Gaspersz, 1994 : 91).

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_l + \varepsilon_{ijl} \quad (2.1)$$

dengan :

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

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

$l = 1, 2, \dots, r$

Y_{ijl} = pengamatan dari perlakuan ke- l , yang dipengaruhi oleh baris ke- i dan kolom ke- j

μ = rata-rata populasi

α_i = pengaruh aditif dari baris ke- i

β_j = pengaruh aditif dari kolom ke- j

τ_l = pengaruh aditif dari perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j

ε_{ijl} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j

Ada beberapa asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam RBSL (Gaspersz, 1994 : 158).

1. Untuk model tetap

$$\sum \alpha_i = 0, \quad \sum \beta_j = 0, \quad \sum \tau_k = 0$$

$$\varepsilon_{ijl} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

2. Untuk model acak

$$\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2), \quad \beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2), \quad \tau_l \sim N(0, \sigma_\tau^2)$$

$$\varepsilon_{ijl} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

B. Rancangan Acak Kelompok Lengkap Tak Seimbang (RAKTLS)

Dalam percobaan yang menggunakan rancangan acak kelompok terkadang terjadi bahwa tidak semua perlakuan terdapat dalam tiap kelompok. Hal ini terjadi apabila banyaknya perlakuan lebih banyak daripada penempatan perlakuan dalam sebuah kelompok. Keadaan ini menyebabkan kelompok menjadi tak lengkap sehingga rancangan yang tepat untuk kondisi tersebut adalah rancangan acak kelompok tak lengkap.

RAKTLS adalah suatu rancangan kelompok tak lengkap dengan banyaknya perlakuan yang muncul dalam jumlah yang sama banyak. Misal dalam suatu percobaan terdapat 4 kelompok dengan 4 perlakuan 1, 2, 3, 4, apabila menggunakan RAKL berarti harus tersedia $4 \times 4 = 16$ unit percobaan. Namun apabila dalam percobaan tersebut hanya tersedia 12 unit percobaan maka digunakan RAKTLS dengan tiap perlakuan akan muncul sebanyak 3 kali dalam rancangan itu. Dalam RAKL setiap kelompok harus memuat 4 perlakuan, akan tetapi dalam RAKTLS setiap kelompok diperolehkan memuat perlakuan kurang dari 4. Salah satu denah percobaan untuk RAKTLS dapat ditunjukkan seperti berikut ini.

Tabel 2.1 Denah Percobaan RAKTLS dengan Perlakuan 1, 2, 3, dan 4

kelompok			
a	b	c	d
1	4	1	-
2	1	-	2
-	2	3	3
3	-	4	4

Dari tabel 2.1 diketahui bahwa :

Banyaknya perlakuan yang diteliti : $t = 4$, yaitu perlakuan 1, 2, 3, 4.

Banyaknya kelompok tak lengkap : $b = 4$, yaitu kelompok a, b, c, d.

Banyaknya perlakuan yang terdapat dalam setiap kelompok tak lengkap :

$k = 3$, yaitu 123, 412, 134 dan 234.

Banyaknya ulangan dari setiap perlakuan dalam rancangan tersebut : $r = 3$.

Banyaknya pengamatan : N .

Secara umum model linear aditif dari rancangan satu faktor dengan RAKTLS dapat dituliskan sebagai berikut .

$$Y_{ij} = \pi + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (2.2)$$

dengan :

Y_{ij} = nilai pengamatan dari perlakuan ke- i dalam kelompok ke- j

π = rata-rata populasi

τ_i = pengaruh dari perlakuan ke- i

β_j = pengaruh dari kelompok ke- j

ε_{ij} = pengaruh galat yang muncul dari perlakuan ke- i dalam kelompok ke- j

Asumsi dasar yang harus dipenuhi dari RAKLTS adalah sebagai berikut.

1. Untuk model tetap

$$\sum \tau_i = 0, \quad \sum \beta_j = 0$$

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

2. Untuk model acak

$$\tau_i \sim N(0, \sigma_\tau^2), \quad \beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2)$$

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

C. Rancangan Bujur Sangkar Youden (RBSY)

Dalam suatu penelitian, terkadang ada suatu kondisi dimana banyaknya unit-unit percobaan dan perlakuan berbeda. Hal ini akan mempengaruhi metode yang tepat untuk menganalisa suatu permasalahan dalam penelitian. Apabila dalam suatu percobaan, dilakukan pengelompokan dua arah dengan banyaknya baris dan perlakuan tidak sama dengan banyaknya kolom, maka digunakan Rancangan Bujur Sangkar Youden (RBSY). Bentuk rancangan ini akan memungkinkan mengendalikan keragaman dari dua arah (Gaspersz, 1995 : 298).

RBSY merupakan gabungan dari Rancangan Bujur Sangkar Latin 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 tiap-tiap kolom atau baris.

1. Gambaran Umum Rancangan Bujur Sangkar Youden

Pengelompokan dalam RBSY dilakukan dalam dua arah, yaitu baris dan kolom. Dalam RBSY banyak perlakuan tidak harus sama dengan banyak baris atau kolom. Banyaknya perlakuan harus lebih banyak dari banyaknya baris atau banyaknya kolom. Setiap perlakuan terjadi tepat satu kali dalam setiap baris dan kolom. Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam penggunaan model RBSY adalah galat percobaan muncul secara acak, berdistribusi normal dan bebas dengan nilai rata-rata nol dan

ragam σ^2 , atau dinyatakan secara singkat sebagai berikut: $\mathcal{E}_{ijh} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

RBSY diberi nama sesuai dengan banyaknya perlakuan yang diteliti. Jika dalam suatu percobaan terdapat t buah perlakuan maka akan didapatkan RBSY- t . dalam sebuah RBSY- t dapat dibentuk lebih dari satu macam RBSY tergantung pada banyaknya kelompok tak lengkap (b) dengan $b = t$, banyaknya perlakuan yang muncul dalam setiap kelompok tak lengkap (k) dengan $k < t$, banyaknya pasangan perlakuan yang muncul sama banyak dengan pasangan yang lain (λ), serta banyaknya pengamatan (N).

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. Keseimbangan dalam rancangan ditunjukkan dengan adanya pasangan perlakuan yang muncul sama banyak dengan pasangan yang lain, sehingga λ konstan untuk semua pasangan. Hal ini terjadi karena semua perlakuan yang akan diteliti dianggap sama penting sehingga kombinasi perlakuan yang digunakan dalam setiap kelompok dipilih dengan proses yang seimbang. λ dapat ditentukan dengan menggunakan rumus (2.3), yaitu :

$$\lambda = \frac{r(k-1)}{t-1} \quad (2.3)$$

t = banyaknya perlakuan yang diteliti

- b = banyaknya kelompok tak lengkap
 r = banyaknya ulangan dari setiap perlakuan selama percobaan
 k = banyaknya perlakuan yang muncul dalam setiap kelompok tak lengkap
 N = banyak pengamatan = $bk = tr$
 λ = banyaknya dua perlakuan yang muncul sama banyak dengan pasangan yang lain

Oleh karena itu, tidak semua RBSL dengan satu atau beberapa kolom atau baris yang dihapus merupakan RBSY. Penghapusan lebih dari satu baris atau kolom dari RBSL secara sembarangan dapat merusak keseimbangan dari rancangan itu.

Misalnya RBSY-7 dapat dibentuk dengan menghapus kolom ke 1, 4, 6, dan 7 dari RBSL 7×7 .

Tabel 2.2 Denah percobaan RBSL 7×7 dengan perlakuan 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7

		Kelompok kolom						
		a	b	c	d	e	f	g
Kelompok baris	a	1	2	3	4	5	6	7
	b	2	3	4	5	6	7	1
	c	3	4	5	6	7	1	2
	d	4	5	6	7	1	2	3
	e	5	6	7	1	2	3	4
	f	6	7	1	2	3	4	5
	g	7	1	2	3	4	5	6

Dengan menghapus kolom ke a, d, f, dan g dari RBSL 7×7 , akan

berlaku hubungan $t = b = 7$, $k = r = 3$, dan $\lambda = \frac{3(3-1)}{7-1} = 1$. Hubungan

ini sudah memenuhi persamaan (2.3), sehingga didapatkan RBSY-7

dengan $t = b = 7$, $k = r = 3$, dan $\lambda = 1$

Tabel 2.3 Denah percobaan RBSY-7, $t = b = 7$, $k = r = 3$, dan $\lambda = 1$ dengan perlakuan 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7

		Kelompok kolom					
			b	c		e	
Kelompok baris	a		2	3		5	
	b		3	4		6	
	c		4	5		7	
	d		5	6		1	
	e		6	7		2	
	f		7	1		3	
	g		1	2		4	

Dari RBSL 7×7 juga dapat dibentuk RBSY-7 dengan $t = b = 7$, $k = r = 6$, dan $\lambda = 5$ dengan baris ke 1 seperti dibawah ini.

Tabel 2.4 Denah percobaan RBSY-7, $t = b = 7$, $k = r = 6$, dan $\lambda = 5$ dengan perlakuan 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7

		Kelompok kolom						
		a	b	c	d	e	f	g
Kelompok baris	a	1	2	3	4	5	6	7
	b	2	3	4	5	6	7	1
	c	3	4	5	6	7	1	2
	d	4	5	6	7	1	2	3
	e	5	6	7	1	2	3	4
	f	6	7	1	2	3	4	5

Dalam RBSY selalu berlaku hubungan $k = r$ dan $t = b$, karena RBSY bersifat simetrik.

2. Model Linear RBSY

Menurut Gaspersz, (1995: 301), RBSY memiliki model linear sebagai berikut:

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_l + \varepsilon_{ijl} \quad (2.4)$$

dengan

- $i = 1, 2, \dots, r$
 $j = 1, 2, \dots, b$
 $l = 1, 2, \dots, t$
 Y_{ijl} = nilai pengamatan pada perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j
 μ = rata-rata umum
 α_i = pengaruh baris ke- i
 τ_l = pengaruh perlakuan ke- l
 β_j = pengaruh kolom ke- j
 ε_{ijl} = pengaruh perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j ,
 dengan $\varepsilon_{ijl} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Jika model tetap yang digunakan dalam RBSY maka asumsi yang harus dipenuhi adalah :

$$\sum_{i=1}^t \alpha_i = \sum_{j=1}^b \beta_j = \sum_{l=1}^t \tau_l = 0$$

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

Bentuk hipotesis RBSY untuk model tetap adalah :

a. Pengaruh Perlakuan

- 1) $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan pada respons yang diamati)

$$H_1 : \exists \tau_l \neq 0, l = 1, 2, \dots, t \text{ (ada pengaruh perlakuan pada respons yang diamati)}$$

b. Pengaruh baris

- 1) $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_r = 0$ (tidak ada pengaruh baris pada respons yang diamati)

$$H_1 : \exists \alpha_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, r \text{ (ada pengaruh baris pada respons yang diamati)}$$

c. Pengaruh kolom

1) $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ (tidak ada pengaruh kolom pada respons yang diamati)

$H_1 : \exists \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, k$ (ada pengaruh kolom pada respons yang diamati)

Tabel 2.5 Analisis Varians Rancangan Bujur Sangkar Youden Model Tetap

Sumber Variansi	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	$F = \frac{KTP}{KTG}$
Baris	b-1	JKB	KTB	$F = \frac{KTB}{KTG}$
Kolom	k-1	JKK	KTK	$F = \frac{KTK}{KTG}$
Galat	(t-1)(b-1) -(k-1)	JKG	KTG	-
Total	tb - 1	JKT	-	-

dengan :

FK = Faktor Koreksi

$$= \frac{Y^2}{N} \quad (2.5)$$

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t (Y_{ijl} - \bar{Y}_{...})^2 \\
 &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t (Y_{ijl}^2 - 2Y_{ijl} \bar{Y}_{...} + \bar{Y}_{...}^2) \\
 &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t Y_{ijl}^2 - 2Y_{ijl} \frac{Y_{...}}{N} + N \frac{Y_{...}}{N} \frac{Y_{...}}{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t Y_{ijl}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} \\
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t Y_{ijl}^2 - FK
\end{aligned} \tag{2.6}$$

Jumlah Kuadrat Baris (JKB)

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t (Y_{i..} - \bar{Y}_{...})^2 \\
&= \sum_{i=1}^r \frac{Y_{i..}^2}{b} - FK
\end{aligned} \tag{2.7}$$

Jumlah Kuadrat Kolom (JKK)

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...})^2 \\
&= \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j.}^2}{r} - FK
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^t (\bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{...})^2 \\
&= \sum_{l=1}^t \frac{Y_{...l}^2}{r} - FK
\end{aligned} \tag{2.9}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$= JKT - JKB - JKK - JKP \tag{2.10}$$

B. Analisis Regresi

Pengertian Analisis Regresi menurut Neter dkk, (1997 : 19) adalah alat statistik yang memanfaatkan hubungan antara dua atau lebih peubah kuantitatif sehingga salah satu peubah bisa diramalkan dari peubah lainnya.

Analisis Regresi memiliki tiga kegunaan utama yaitu untuk :

1. Deskripsi, yaitu menjelaskan masalah dengan detail sehingga dapat diketahui dengan jelas permasalahannya dan cara penyelesaiannya yang tepat.
2. Kontrol, yaitu pengendalian dengan mengembangkan suatu hubungan statistik yang bermanfaat antar variabel.
3. Peramalan, yaitu meramalkan suatu hal berdasarkan indikator-indikator sederhana yang mudah diukur sehingga dapat dimanfaatkan di masa yang akan datang.

Regresi linear sederhana memiliki satu peubah bebas dan tidak ada parameter yang muncul sebagai suatu eksponen atau dikalikan atau dibagi oleh parameter lain serta peubahnya berpangkat satu.

Model regresi linear sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (2.11)$$

dengan:

- Y = variabel tak bebas
- X = variabel bebas yang bersifat tetap
- α, β = parameter (koefisien regresi)
- ε = galat, $\varepsilon \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2)$

Apabila taksiran untuk α, β dinyatakan dengan a dan b maka Y dapat ditaksir dengan $\hat{Y}$, maka persamaan regresi linear dugaan menjadi:

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2.12)$$

Regresi linear yang terdiri dari dua variabel atau lebih disebut regresi linear berganda. Model regresi linear berganda dengan dua variabel bebas adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (2.13)$$

dengan :

Y = variabel tak bebas

X_i = variabel bebas ke- i ($i = 1, 2$) yang bersifat tetap

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = parameter (koefisien regresi)

ε = galat, $\varepsilon \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2)$

sedangkan persamaan regresi linear berganda dugaannya adalah

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (2.14)$$

dengan b_0, b_1, b_2 adalah berturut-turut merupakan penduga untuk $\beta_0, \beta_1, \beta_2$

dan $\hat{Y}$ adalah nilai dugaan dari Y untuk suatu nilai X tertentu.

C. Analisis Kovarians (Anakova)

Analisis kovarians merupakan suatu teknik yang mengkombinasikan analisis varians dengan analisis regresi yang dapat digunakan untuk perbaikan ketelitian suatu percobaan (Neter dkk, 1997 : 136).

Anakova memiliki beberapa manfaat (Hanafiah, 2003 : 170) antara lain:

1. Mengontrol galat dan memurnikan rata-rata pengaruh perlakuan.
2. Menaksir data hilang atau data rusak.
3. Meningkatkan keandalan interpretasi dari hasil-hasil percobaan.

Prosedur dalam anakova menggunakan kombinasi analisis variansi dan analisis regresi dimana model linier untuk sebarang rancangannya adalah model analisis variansi ditambah suatu variabel tambahan untuk menggambarkan adanya variabel konkomitan.

Model linear rancangan acak lengkap dengan satu faktor adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (2.15)$$

dengan :

- Y_{ij} = nilai pengamatan dari perlakuan ke- i dalam kelompok ke- j
- i = 1, 2, 3, ..., t (t menyatakan banyaknya perlakuan)
- j = 1, 2, 3, ..., r (r menyatakan banyaknya ulangan)
- μ = rata-rata populasi
- τ_i = pengaruh dari perlakuan ke- i
- ε_{ij} = pengaruh galat yang muncul dari perlakuan ke- i dalam kelompok ke- j , $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

Bentuk umum model linear aditif untuk analisis regresi adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij} \quad (2.16)$$

Gabungan dari persamaan (2.10) dan (2.11) didapatkan model linear aditif dari anakova untuk RAL adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij} \quad (2.17)$$

dengan :

- i = 1, 2, 3, ..., a
- j = 1, 2, 3, ..., b

Asumsi yang harus dipenuhi dalam anakova menurut Gaspersz (1994 : 384) adalah sebagai berikut :

1. Variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.
2. Hubungan antara variabel konkomitan dengan variabel respons bersifat linier.
3. Galat berdistribusi normal
4. Koefisien regresi X mempengaruhi Y

Selain empat asumsi tersebut, masih perlu ditambahkan dengan asumsi-asumsi lain yaitu (Sudjana, 1995 : 352) :

1. Peubah respons dalam tiap kelompok sebagai pengaruh perlakuan memiliki varians yang homogen.
2. Koefisien-koefisien regresi dalam tiap perlakuan bersifat homogen.

D. Distribusi F

Bila s_1^2 dan s_2^2 adalah variansi dari dua 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 :

$$F = \frac{s_1^2 / \sigma_1^2}{s_2^2 / \sigma_2^2} \quad (2.18)$$

Merupakan nilai bagi peubah acak F yang mempunyai distribusi F dengan derajat bebas $v_1 = n_1 - 1$ dan $v_2 = n_2 - 1$ (Walpole, 1995 : 273).

Bukti :

Selang kepercayaan bagi σ^2 dapat diperoleh menggunakan statistik

$\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$, yang disebut khi-kuadrat, yang sebaran penarikan sampelnya

dikenal sebagai sebaran khi-kuadrat dengan derajat bebas $\nu = n - 1$. Bila s^2

adalah variansi sampel acak yang berukuran n yang ditarik dari suatu

populasi normal dengan variansi σ^2 , maka $\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$ (Walpole, 1995 :

273).

Statistik F merupakan rasio dua peubah khi-kuadrat bebas, yang masing-masing dibagi oleh derajat bebasnya,

$$F = \frac{\chi_1 / \nu_1}{\chi_2 / \nu_2} = \frac{(n-1)s_1^2 / (n-1)\sigma_1^2}{(n-1)s_2^2 / (n-1)\sigma_2^2} = \frac{s_1^2 / \sigma_1^2}{s_2^2 / \sigma_2^2} \quad (2.19)$$

Jika F_α dengan derajat bebas pembilang ν_1 dan derajat bebas penyebut ν_2

dilambangkan dengan $F_{\alpha(\nu_1, \nu_2)}$ maka

$$F_{1-\alpha(\nu_1, \nu_2)} = \frac{1}{F_{\alpha(\nu_1, \nu_2)}} \quad (2.20)$$

E. Galat

Menurut Steel (1993 : 153) galat adalah ukuran keragaman di antara semua pengamatan yang berasal dari satuan percobaan yang mendapat perlakuan sama.

Nilainya dinyatakan sebagai (Neter dkk, 1997 : 106) :

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (2.21)$$

dengan :

Y_i = nilai amatan

$\hat{Y}_i$ = nilai dugaan yang diperoleh dari persamaan regresi

Sifat-sifat dari galat adalah :

1. Mean dari galat $E(e_i) = 0$

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} = 0 \quad (2.22)$$

2. Variansi dari n galat untuk model regresi $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ adalah :

$$\frac{\sum_{i=1}^n [e_i - \bar{e}]^2}{n-2} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-2} = KTG \quad (2.23)$$

JKG adalah Jumlah Kuadrat Galat. Jumlah kuadrat galat mempunyai $n-2$ derajat bebas, sebab ada dua parameter dalam model regresi linier sederhana yaitu β_0 dan β_1 .

F. Koefisien Keragaman

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

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}} \times 100\% \quad (2.24)$$

dengan $\bar{y}$ = rata-rata umum

Dalam anakova, koefisien keragaman dinyatakan sebagai berikut :

$$KK = \frac{\sqrt{KTGTerkoreksi}}{\bar{y}} \times 100\% \quad (2.25)$$

Koefisien keragaman menunjukkan tingkat ketelitian dari suatu percobaan. Secara umum dapat dikatakan jika nilai koefisien keragaman semakin kecil berarti tingkat ketelitiannya semakin tinggi dan keabsahan kesimpulan yang diperoleh dari percobaan tersebut semakin baik. Begitu juga sebaliknya, jika nilai koefisien keragaman semakin besar, berarti tingkat ketelitiannya semakin rendah dan keabsahan kesimpulan yang diperoleh dari percobaan tersebut menjadi kurang baik.

BAB III

PEMBAHASAN

A. Analisis Kovarians dalam RBSY

Anakova merupakan suatu teknik yang mengkombinasikan analisis variansi dengan analisis regresi yang dapat digunakan untuk perbaikan ketelitian (Neter dkk, 1997 : 136). Anakova dilakukan berdasarkan pertimbangan bahwa dalam kenyataannya ada variabel tertentu yang tidak dapat dikendalikan tetapi sangat mempengaruhi variabel respons yang diamati. Variabel yang demikian disebut variabel konkomitan.

Analisis kovarians dalam RBSY memiliki beberapa fungsi, yaitu :

1. Mengontrol galat dan meningkatkan ketelitian percobaan.
2. Menyesuaikan mean perlakuan variabel dependen terhadap himpunan harga-harga yang berbeda dari variabel independen yang bersesuaian.
3. Membantu menginterpretasikan data dengan melihat sifat dan efek perlakuan, dengan banyaknya perlakuan lebih banyak dari banyaknya variabel baris atau kolom.

Prosedur analisis kovarians menggunakan kombinasi analisis variansi dan regresi dimana model linear untuk sebarang rancangannya adalah model anava ditambah suatu variabel tambahan untuk menggambarkan adanya variabel konkomitan atau variabel independen. Diberikan model analisis variansi satu faktor dengan efek faktor tetap sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (3.1)$$

Model kovarians dimulai dengan model ini dan secara sederhana ditambah istilah lain yang menggambarkan hubungan antara variabel konkomitan dan variabel dependen. Biasanya, hubungan linear digunakan sebagai suatu pendekatan pertama, yaitu :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \gamma X_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3.2)$$

dengan γ adalah koefisien regresi untuk hubungan antara Y dan X . Dari persamaan tersebut dibuat suatu penyederhanaan perhitungan pada X_{ij} dengan penambahan $\bar{X}_{...}$, akibatnya model kovarians satu faktor dengan faktor tetap menjadi:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \gamma(X_{ij} - \bar{X}_{...}) + \varepsilon_{ij} \quad (3.3)$$

dengan μ adalah rata-rata umum, α_i adalah pengaruh perlakuan tetap dengan $\varepsilon_{\tau_i} = 0$, ε_{ij} adalah galat percobaan yang diasumsikan bebas dan berdistribusi $N(0, \sigma^2)$ dengan $i = 1, 2, \dots, b$ dan $j = 1, 2, \dots, k$.

Diberikan model analisis variansi untuk Rancangan Bujur Sangkar Youden adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij(l)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_l + \varepsilon_{ij(l)} \quad (3.4)$$

dengan :

$Y_{ij(l)}$ = nilai pengamatan pada perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j
 μ = rata-rata umum
 α_i = pengaruh baris ke- i

β_j = pengaruh kolom ke- j
 τ_l = pengaruh perlakuan ke- l
 ε_{ijl} = pengaruh perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j ,

Model analisis kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_l + \gamma(X_{ijl} - \bar{X} \dots) + \varepsilon_{ijl} \quad (3.5)$$

dengan

i = 1, 2, 3, ..., b
 j = 1, 2, 3, ..., k
 l = 1, 2, 3, ..., t
 Y_{ijl} = nilai pengamatan pada perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j
 μ = rata-rata umum
 α_i = pengaruh aditif dari baris ke- i
 β_j = pengaruh aditif dari kolom ke- j
 τ_l = pengaruh aditif dari perlakuan ke- l
 ε_{ijl} = pengaruh perlakuan ke- l dalam baris ke- i dan kolom ke- j
 X_{ijl} = observasi ke- ijl pada variabel konkomitan
 γ = koefisien regresi yang menunjukkan ketergantungan Y_{ijl} pada X_{ijl}

B. Prosedur Anakova dalam RBSY

Prosedur anakova yang dibahas disini adalah anakova dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden.

1. Pengujian Asumsi Anakova dalam RBSY

Pengujian asumsi dalam anakova adalah sebagai berikut:

- a. Variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.

Hipotesis untuk uji ini adalah:

1) H_0 : variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.

H_1 : variabel konkomitan berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.

2) Taraf signifikansi : α

$$3) \text{ Statistik uji : } F = \frac{JKP_x / t - 1}{JKG_x / t(r - 1)} \quad (3.6)$$

dengan :

JKP_x = jumlah kuadrat perlakuan untuk variabel X

JKG_x = jumlah kuadrat galat untuk variabel X

4) Kriteria Keputusan : H_0 ditolak jika $F_{hit} > F_{\alpha(t-1, t(r-1))}$

dengan :

t = banyaknya perlakuan

r = banyaknya ulangan

5) Perhitungan

6) Kesimpulan

b. Hubungan antara variabel konkomitan dengan variabel respons bersifat linear. Asumsi ini dapat diketahui dari plot X dan Y yaitu apabila titik-titik amatan mengikuti arah garis diagonal maka hal tersebut menunjukkan kecenderungan hubungan kedua variabel tersebut bersifat linear.

c. Galat berdistribusi normal. Bila penyimpangan dari kenormalan ternyata kecil maka tidak akan menimbulkan masalah, tetapi bila

penyimpangannya besar maka perlu diperhatikan. Untuk mengetahui kenormalan suku-suku galat dapat diselidiki secara informal dengan cara memeriksa sisa-sisa pada grafik peluang normal. Pada grafik peluang normal tersebut setiap sisa akan ditebarkan terhadap nilai harapannya. Jika grafik tersebut menunjukkan cenderung linier maka ada kesesuaian dengan asumsi kenormalan sehingga asumsi tentang kenormalan terpenuhi. Untuk membuat grafik sisa terhadap nilai harapan diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) mencari persamaan regresi
- 2) menghitung nilai $\hat{Y}_i$
- 3) menghitung nilai sisa $(e_i = Y_i - \hat{Y}_i)$
- 4) menghitung nilai $\sqrt{KTG} = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-2}}$
- 5) mencari $z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$ pada tabel normal baku
- 6) membuat grafik sisa terhadap nilai harapan

Pemeriksaan dengan menggunakan grafik peluang normal dari galat. Apabila titik-titik amatan mengikuti arah garis diagonal maka galat tersebut berdistribusi normal.

Dengan menggunakan metode penduga kuadrat terkecil akan dilakukan pendugaan parameter pada model (3.3) sebagai berikut:

$$\varepsilon_{ijl} = Y_{ijl} - \mu - \alpha_i - \beta_j - \tau_l - \gamma(X_{ijl} - \bar{X} \dots) \quad (3.7)$$

$$Q = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t \varepsilon_{ijl}^2$$

$$Q = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t (Y_{ijl} - \mu - \alpha_i - \beta_j - \tau_l - \gamma(X_{ijl} - \bar{X} \dots))^2 \quad (3.8)$$

1) Estimasi parameter μ

$$\frac{\partial Q}{\partial \mu} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \mu} = -2 \sum \sum \sum (Y_{ijl} - \hat{\mu} - \alpha_i - \beta_j - \tau_l - \gamma(X_{ijl} - \bar{X} \dots)) = 0$$

diketahui bahwa $\sum_{i=1}^b \alpha_i = 0$; $\sum_{j=1}^k \beta_j = 0$; $\sum_{l=1}^t \tau_l = 0$ maka

persamaan di atas menjadi

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t Y_{ijl} - \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t \hat{\mu} - \gamma \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t X_{ijl} - \gamma \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t \bar{X} \dots = 0$$

$$Y_{\dots} - r^2 \hat{\mu} - \gamma X_{\dots} - \gamma r^2 \frac{X_{\dots}}{r^2} = 0$$

$$Y_{\dots} - r^2 \hat{\mu} - \gamma X_{\dots} - \gamma X_{\dots} = 0$$

$$Y_{\dots} - r^2 \hat{\mu} = 0 \Rightarrow \hat{\mu} = \frac{Y_{\dots}}{r^2} = \bar{Y} \dots \quad (3.9)$$

Jadi, estimator $\hat{\mu} = \bar{Y} \dots$

2) Estimasi parameter α_i

$$\frac{\partial Q}{\partial \alpha_i} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \alpha_i} = \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t (Y_{ijl} - \hat{\mu} - \hat{\alpha}_i - \beta_j - \tau_l - \gamma(X_{ijl} - \bar{X} \dots)) = 0$$

$$\sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t Y_{ijl} - \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t \hat{\mu} - \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t \hat{\alpha}_i - r \sum_{j=1}^k \beta_j - r \sum_{l=1}^t \tau_l - \gamma \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t (X_{ijl} - \bar{X} \dots) = 0$$

$$Y_{i\dots} - r\hat{\mu} - r\hat{\alpha}_i - \gamma X_{i\dots} + \gamma r \frac{X_{\dots}}{r^2} = 0$$

$$Y_{i\dots} - r\bar{Y}_{\dots} - r\hat{\alpha}_i - \gamma X_{i\dots} + \gamma \frac{X_{\dots}}{r} = 0$$

$$\hat{\alpha}_i = \frac{Y_{i\dots} - r\bar{Y}_{\dots} - \gamma X_{i\dots} + \gamma \frac{X_{\dots}}{r}}{r} = \bar{Y}_{i\dots} - \bar{Y}_{\dots} - \gamma \bar{X}_{i\dots} + \gamma \bar{X}_{\dots} \quad (3.10)$$

$$\text{Jadi diperoleh } \hat{\alpha}_i = \bar{Y}_{i\dots} - \bar{Y}_{\dots} - \gamma \bar{X}_{i\dots} + \gamma \bar{X}_{\dots}$$

3) Estimasi parameter β_j

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta_j} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta_j} = \sum_{i=1}^b \sum_{l=1}^t (Y_{ijl} - \hat{\mu} - \alpha_i - \hat{\beta}_j - \tau_l - \gamma(X_{ijl} - \bar{X} \dots)) = 0$$

$$\sum_{i=1}^b \sum_{l=1}^t Y_{ijl} - \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t \hat{\mu} - r \sum_{i=1}^b \alpha_i - \sum_{i=1}^b \sum_{l=1}^t \hat{\beta}_j - r \sum_{l=1}^t \tau_l - \gamma \sum_{i=1}^b \sum_{l=1}^t (X_{ijl} - \bar{X} \dots) = 0$$

$$Y_{.j.} - r\hat{\mu} - r\hat{\beta}_{.j.} - \gamma X_{.j.} + \gamma r \frac{X_{\dots}}{r^2} = 0$$

$$Y_{.j.} - r\bar{Y}_{\dots} - r\hat{\beta}_{.j.} - \gamma X_{.j.} + \gamma \frac{X_{\dots}}{r} = 0$$

$$\hat{\beta}_j = \frac{Y_{.j.} - r\bar{Y}_{....} - \gamma X_{.j.} + \gamma \frac{X_{....}}{r}}{r} = \bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{....} - \gamma \bar{X}_{.j.} + \gamma \bar{X}_{....}$$

$$\text{Jadi diperoleh } \hat{\beta}_j = \bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{....} - \gamma \bar{X}_{.j.} + \gamma \bar{X}_{....} \quad (3.11)$$

4) Estimasi parameter τ_i

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial \tau_l} &= 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial \tau_l} &= \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (Y_{ijl} - \hat{\mu} - \alpha_i - \beta_j - \hat{\tau}_l - \gamma(X_{ijl} - \bar{X}_{...})) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k Y_{ijl} - \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{k=1}^t \hat{\mu} - r \sum_{i=1}^b \alpha_i - r \sum_{i=1}^b \beta_j - \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \hat{\tau}_l \\ &- \gamma \sum_i \sum_j (X_{ijl} - \bar{X}_{...}) = 0 \end{aligned}$$

$$Y_{...k.} - r\hat{\mu} - r\hat{\tau}_l - \gamma X_{...l} + \gamma r \frac{X_{....}}{r^2} = 0$$

$$Y_{...l} - r\bar{Y}_{....} - r\hat{\tau}_l - \gamma X_{...l} + \gamma \frac{X_{....}}{r} = 0$$

$$\hat{\tau}_l = \frac{Y_{...l} - r\bar{Y}_{....} - \gamma X_{...l} + \gamma \frac{X_{....}}{r}}{r} = \bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{....} - \gamma \bar{X}_{...l} + \gamma \bar{X}_{....}$$

$$\text{Jadi diperoleh } \hat{\tau}_l = \bar{Y}_{...l} - \bar{Y}_{....} - \gamma \bar{X}_{...l} + \gamma \bar{X}_{....} \quad (3.12)$$

5) Estimasi parameter γ

$$\frac{\partial P}{\partial \gamma} = -2 \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (Y_{i.l} - \mu - \alpha_i - \gamma (\bar{X}_{i.l} - \bar{X}_{...})) (\bar{X}_{i.l} - \bar{X}_{...}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (Y_{i,l} - \hat{\mu} - \hat{\alpha}_i - \hat{\gamma}(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}))(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) = 0$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (Y_{i,l} - \hat{\mu})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) - \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\hat{\alpha}_i)(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) \\ & - \hat{\gamma} \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) = 0 \end{aligned}$$

dengan mensubstitusikan $\hat{\alpha}_i = \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...} - \gamma(\bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...})$ diperoleh

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (Y_{i,l} - \bar{Y}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) - \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...} - \gamma(\bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...}))(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) \\ & - \hat{\gamma} \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (Y_{i,l} - \bar{Y}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) - \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) + \\ & \hat{\gamma} \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) - \hat{\gamma} \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n (\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...})(\bar{X}_{i,l} - \bar{X}_{...}) = 0 \end{aligned}$$

$$JHKT_x - JKT_x + \hat{\gamma}(JKA_x - JKT_{ax}) = 0$$

$$\hat{\gamma}(JKTa_x - JKA_x) = JHKT_x - JKT_x \quad \hat{\gamma}(JKG_{xx}) = JHKG_{xy}$$

$$\hat{\gamma} = \frac{JHKG_{xy}}{JKG_{xx}} \quad (3.13)$$

$$6) \quad \hat{\varepsilon}_{ijl} = Y_{ijl} - \hat{Y}_{ijl} = Y_{ijl} - \hat{\mu} - \hat{\alpha} - \hat{\beta} - \hat{\tau} - \hat{\gamma}(X_{ijl} - \bar{X}_{...}) \quad (3.14)$$

d. Koefisien regresi X mempengaruhi Y

Hipotesis untuk uji ini adalah :

1) $H_0 : \gamma = 0$ (nilai X tidak mempengaruhi nilai Y)

$H_1 : \gamma \neq 0$ (nilai X mempengaruhi nilai Y)

2) Taraf signifikansi : α

3) Statistik uji : $F = \frac{\text{KT regresi}}{\text{KT galat terkoreksi}}$ (3.15)

4) Kriteria keputusan : H_0 ditolak jika $F_{\text{hit}} > F_{\alpha}$ (db regresi, db galat terkoreksi)

5) Perhitungan

6) Kesimpulan

e. Peubah respons dalam tiap kelompok sebagai pengaruh perlakuan memiliki varians yang homogen.

Untuk menguji asumsi ini dapat menggunakan uji Bartlett dengan hipotesis nol $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ yang menyatakan bahwa sampel berasal dari populasi yang mempunyai variansi yang homogen. Dimana sampel acak berukuran n_i yang masing-masing diambil dari populasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, k$) yang berdistribusi normal, maka sebelum uji Bartlett harus dilakukan dahulu uji normalitas (Sudjana, 1994 : 51).

Statistik uji yang digunakan untuk uji Bartlett adalah :

$$X^2 = (\ln 10) \left\{ B - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log s_i^2 \right\}$$

dengan :

$$B = (\log s^2) \sum_{i=1}^k (n_i - 1)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)}$$

Nilai X^2_{hitung} ini kemudian dibandingkan dengan nilai $X^2_{\alpha(k-1)}$. Jika nilai $X^2_{hitung} < X^2_{\alpha(k-1)}$ maka dapat disimpulkan bahwa sampel berasal dari populasi yang mempunyai variansi homogen.

- f. Koefisien-koefisien regresi dalam tiap perlakuan bersifat homogen.

Akan diuji apakah koefisien-koefisien regresi untuk masing-masing perlakuan adalah homogen. Pengujian pertama dilakukan pada perlakuan kemudian dilanjutkan dengan pengujian koefisien-koefisien regresi pada baris dan kolom.

Uji homogenitas koefisien-koefisien regresi

- 1) Hipotesis untuk uji ini adalah:

- Untuk perlakuan

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_l \text{ (koefisien regresi homogen)}$$

$$H_1 : \text{sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama / koefisien regresi tidak homogen}$$

- Untuk baris

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i \text{ (koefisien regresi homogen)}$$

$$H_1 : \text{sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama / koefisien regresi tidak homogen}$$

- Untuk kolom

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k$ (koefisien regresi homogen)

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama / koefisien regresi tidak homogen

2) Taraf signifikansi: α

3) Statistik uji :

- Untuk perlakuan :

$$\frac{S_1 / (t-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - t} \quad (3.17)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKGxy_{perlakuan}^2}{JKGx_{perlakuan}} - \frac{JHKGxy}{JKGx} \quad (3.18)$$

$$S_2 = JKGy - \sum_{l=1}^t \frac{JHKGxy_{perlakuan}^2}{JKGx_{perlakuan}} \quad (3.19)$$

- Untuk baris :

$$\frac{S_1 / (b-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - b} \quad (3.20)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKGxy_{baris}^2}{JKGx_{baris}} - \frac{JHKGxy}{JKGx} \quad (3.21)$$

$$S_2 = JKGy - \sum_{l=1}^t \frac{JHKGxy_{baris}^2}{JKGx_{baris}} \quad (3.22)$$

- Untuk kolom :

$$\frac{S_1 / (k-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - k} \quad (3.23)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKGxy_{kolom}^2}{JKGx_{kolom}} - \frac{JHKGxy}{JKGx} \quad (3.24)$$

$$S_2 = JKGy - \sum_{l=1}^t \frac{JHKGxy_{kolom}^2}{JKGx_{kolom}} \quad (3.25)$$

dengan :

$$JHKGxy = \sum_{l=1}^t X_{i..} Y_{i..} - \sum \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{N} \quad (3.26)$$

$$JKGx = \sum X_i^2 - \sum \frac{(X_i)^2}{N} \quad (3.27)$$

4) Kriteria keputusan:

- Untuk perlakuan

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((t-1),((t-1)(b-1)-(k-1))-t)}$$

- Untuk baris

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((b-1),((t-1)(b-1)-(k-1))-b)}$$

- Untuk kolom

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((k-1),((t-1)(b-1)-(k-1))-k)}$$

5) Perhitungan

6) Kesimpulan

Apabila asumsi-asumsi di atas telah dipenuhi maka dapat dilanjutkan ke pengujian hipotesis pengaruh perlakuan, pengaruh baris, dan pengaruh kolom.

2. Pengujian Hipotesis

a. Menentukan Hipotesis

1) Pengaruh perlakuan

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_l = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan terhadap faktor yang dicobakan)

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$ (ada pengaruh perlakuan terhadap faktor yang dicobakan)

2) Pengaruh baris

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i = 0$ (tidak ada pengaruh baris terhadap faktor yang dicobakan)

H_1 : minimal ada satu $\alpha_i \neq 0$ (ada pengaruh baris terhadap faktor yang dicobakan)

3) Pengaruh kolom

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$ (tidak ada pengaruh kolom terhadap faktor yang dicobakan)

H_1 : minimal ada satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh kolom terhadap faktor yang dicobakan)

b. Taraf Signifikansi : α

c. Statistik Uji

1) Pengaruh Perlakuan

$$F = \frac{KTP \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.28)$$

dengan: KTP= Kuadrat Tengah Perlakuan
KTG= Kuadrat Tengah Galat

2) Pengaruh Baris

$$F = \frac{KTB \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.29)$$

dengan: KTB = Kuadrat Tengah Baris
KTG = Kuadrat Tengah Galat

3) Pengaruh Kolom

$$F = \frac{KTK \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.30)$$

dengan: KTK = Kuadrat Tengah Kolom
KTG = Kuadrat Tengah Galat

d. Kriteria Keputusan

1) Pengaruh Perlakuan

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hit} > F_{\alpha, (dbP, dbG)}$$

dengan : dbP = derajat bebas perlakuan
dbG = derajat bebas galat

2) Pengaruh Baris

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hit} > F_{\alpha, (dbB, dbG)}$$

dengan : dbB = derajat bebas baris
dbG = derajat bebas galat

3) Pengaruh Kolom

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hit} > F_{\alpha, (dbK, dbG)}$$

dengan : dbK = derajat bebas kolom

dbG = derajat bebas galat

e. Perhitungan

1) Menghitung Jumlah Kuadrat Total (JKT) dari X , Y , dan Jumlah Hasil

Kali Total (JHKT) dari XY

$$JKT_x = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t X_{ijl}^2 - \frac{X_{...}^2}{N} \quad (3.31)$$

$$JKT_y = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t Y_{ijl}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N} \quad (3.31)$$

$$JHKT_{xy} = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t X_{ijl} Y_{ijl} - \frac{X_{...} Y_{...}}{N} \quad (3.32)$$

2) Menghitung Jumlah Kuadrat Baris (JKB) dari X , Y dan Jumlah Hasil

Kali Baris (JHKB) dari XY

$$JKB_x = \sum_{i=1}^b \frac{X_{i...}^2}{r} - \frac{X_{...}^2}{N} \quad (3.33)$$

$$JKB_y = \sum_{i=1}^b \frac{Y_{i...}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{N} \quad (3.34)$$

$$JHKB_{xy} = \sum_{i=1}^b \frac{X_{i...} Y_{i...}}{r} - \frac{X_{...} Y_{...}}{N} \quad (3.35)$$

3) Menghitung Jumlah Kuadrat Kolom (JKK) dari X , Y dan Jumlah Hasil

Kali Kolom (JHKK) dari XY

$$JKK_x = \sum_{j=1}^k \frac{X_{.j..}^2}{r} - \frac{X_{...}^2}{N} \quad (3.36)$$

$$JKK_y = \sum_{j=1}^k \frac{Y_{.j..}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{N} \quad (3.37)$$

$$JHKK_{xy} = \sum_{j=1}^k \frac{X_{.j..} Y_{.j..}}{r} - \frac{X_{....} Y_{....}}{N} \quad (3.38)$$

- 4) Menghitung Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) dari X , Y dan Jumlah Hasil Kali Perlakuan (JHKP) dari XY

$$JKP_x = \sum_{l=1}^t \frac{X_{...l}^2}{r} - \frac{X_{....}^2}{N} \quad (3.39)$$

$$JKP_y = \sum_{l=1}^t \frac{Y_{...l}^2}{r} - \frac{Y_{....}^2}{N} \quad (3.40)$$

$$JHKP_{xy} = \sum_{l=1}^t \frac{X_{...l} Y_{...l}}{r} - \frac{X_{....} Y_{....}}{N} \quad (3.41)$$

- 5) Menghitung Jumlah Kuadrat galat (JKG) dari X , Y dan Jumlah Hasil Kali Galat (JHKG) dari XY

$$JKG_x = JKT_x - JKB_x - JKK_x - JKY_x - JKP_x \quad (3.42)$$

$$JKG_y = JKT_y - JKB_y - JKK_y - JKY_y - JKP_y \quad (3.43)$$

$$JHKG_{xy} = JKT_{xy} - JKB_{xy} - JKK_{xy} - JKY_{xy} - JKP_{xy} \quad (3.44)$$

- 6) Menghitung Jumlah Kuadrat Terkoreksi

Jumlah Kuadrat Galat terkoreksi Y (JKG_y terkoreksi) adalah

$$JKG_y \text{ terkoreksi} = JKG_y - \frac{(JHKG_{xy})^2}{JKG_x} \quad (3.45)$$

Jumlah Kuadrat (perlakuan + galat) terkoreksi adalah

$$JK(P + G) \text{ terkoreksi} = (JKP_y + JKG_y) - \frac{(JHKG_{xy} + JHKG_{xy})^2}{JKP_x + JKG_x} \quad (3.46)$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan terkoreksi Y (JKP_y terkoreksi) adalah

$$JKP_y \text{ terkoreksi} = JK(P + G) \text{ terkoreksi} - JKG_y \text{ terkoreksi} \quad (3.47)$$

Jumlah Kuadrat (baris + galat) terkoreksi adalah

$$JK(B + G) \text{ terkoreksi} = (JKB_y + JKG_y) - \frac{(JHKB_{xy} + JHKG_{xy})^2}{JKB_x + JKG_x} \quad (3.48)$$

Jumlah Kuadrat Baris terkoreksi Y (JKB_y terkoreksi) adalah

$$JKB_y \text{ terkoreksi} = JK(B + G) \text{ terkoreksi} - JKG_y \text{ terkoreksi} \quad (3.49)$$

Jumlah Kuadrat (kolom + galat) terkoreksi adalah

$$JK(K + G) \text{ terkoreksi} = (JKK_y + JKG_y) - \frac{(JHKK_{xy} + JHKG_{xy})^2}{JKK_x + JKG_x} \quad (3.50)$$

Jumlah Kuadrat Kolom terkoreksi Y (JKK_y terkoreksi) adalah

$$JKK_y \text{ terkoreksi} = JK(K + G) \text{ terkoreksi} - JKG_y \text{ terkoreksi} \quad (3.51)$$

- 7) Menghitung derajat bebas (db) terkoreksi untuk galat, perlakuan, baris, dan kolom

$$db \text{ galat terkoreksi} = (t-1)(b-1) - (k-1) - 1$$

$$db \text{ perlakuan terkoreksi} = t - 1$$

$$db \text{ baris terkoreksi} = b - 1$$

$$db \text{ kolom terkoreksi} = k - 1$$

- 8) Menghitung Kuadrat Tengah

$$KTG \text{ Terkoreksi} = \frac{JKG_y \text{ terkoreksi}}{db \text{ galat terkoreksi}} \quad (3.52)$$

$$KTP \text{ terkoreksi} = \frac{JKPy \text{ terkoreksi}}{db \text{ galat terkoreksi}} \quad (3.53)$$

$$KTB \text{ terkoreksi} = \frac{JKBy \text{ terkoreksi}}{db \text{ galat terkoreksi}} \quad (3.54)$$

$$KTK \text{ terkoreksi} = \frac{JKKy \text{ terkoreksi}}{db \text{ galat terkoreksi}} \quad (3.55)$$

$$KTY \text{ terkoreksi} = \frac{JKYy \text{ terkoreksi}}{db \text{ galat terkoreksi}} \quad (3.56)$$

Tabel 3.1 Daftar Anakova dalam RBSY

SV	Sebelum dikoreksi				KT Regresi	db regresi	Setelah dikoreksi			F _{hit}
	db	JK _X	JK _Y	JHK _{XY}			db	JK	KT	
Total	tr -1	JKT _X	JKT _Y	JHKT _{XY}	-	-	tr -2	-	-	-
Baris	b-1	JKB _X	JKB _Y	JHKB _{XY}	-	-	b-1	JKB (kor)	$\frac{JKB(kor)}{db}$	$\frac{KTB(kor)}{KTG(kor)}$
Kolom	k-1	JKK _X	JKK _Y	JHKK _{XY}	-	-	k-1	JKK (kor)	$\frac{JKK(kor)}{db}$	$\frac{KTK(kor)}{KTG(kor)}$
Perlakuan	t-1	JKP _X	JKP _Y	JHKP _{XY}	-	-	t-1	JKP (kor)	$\frac{JKP(kor)}{db}$	$\frac{KTP(kor)}{KTG(kor)}$
Galat	$((t-1)(b-1))-(k-1)$	JKG _X	JKG _Y	JHKG _{XY}	$\frac{JHKG_X^2}{JKG_X}$	1	$(t-1)(b-1)-(k-1)-1$	JKG (kor)	$\frac{JKG(kor)}{db}$	-

f. Kesimpulan

C. Penerapan Anakova dalam RBSY

1. Contoh penerapan yang pertama diambil dari contoh soal yang belum dianalisis lebih lanjut pada buku Gaspersz (1991 : 530). Dalam suatu percobaan ingin diketahui pengaruh pemberian dosis pupuk tujuh varietas jagung terhadap hasil produksi yang diukur dalam petak. Telah diketahui bahwa hasil produksi per petak lahan juga tergantung pada banyaknya tanaman jagung yang ada dalam petak lahan percobaan itu. Perlakuan ditetapkan terdiri dari tujuh yaitu A, B, C, D, E, F dan G dengan masing-masing perlakuan:

- A = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 20 kg/hektar
- B = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 35 kg/hektar
- C = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 50 kg/hektar
- D = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 65 kg/hektar
- E = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 80 kg/hektar
- F = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 95 kg/hektar
- G = varietas jagung dengan pemberian pupuk sebesar 105 kg/hektar

Oleh karena dana terbatas, maka percobaan hanya dapat menggunakan enam jenis pupuk yaitu jenis 1, 2, 3, 4, 5, 6. Jenis pupuk sebagai komponen keragaman baris. Sebagai komponen keragaman kolom digunakan jarak tanam yang ditetapkan terdiri dari tujuh yaitu 5-20 cm, 15-20 cm, 25-30 cm, 35-40 cm, 45-50 cm, 55-60 cm, 65-70 cm. Dalam kasus ini, banyak perlakuan lebih banyak daripada banyaknya baris, maka diselesaikan dengan RBSY. Banyaknya tanaman jagung yang ada dalam petak lahan percobaan dianggap sebagai variabel X atau variabel konkomitan, sedangkan hasil produksi sebagai variabel Y . Berdasarkan semua komponen yang digunakan dalam percobaan sehingga kesimpulan yang dimaksudkan untuk semua komponen yang digunakan maka model matematisnya adalah model tetap. Data percobaan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data Hasil Produksi (Y) dan Banyaknya Tanaman (X)

Jenis Pupuk	Jarak Tanaman														Total	
	5-10 cm		15-20cm		25-30cm		35-40cm		45-50cm		55-60 cm		65-70cm			
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	15	11,6 A	14	10,4 B	12	10,1 G	17	14,1 C	16	11,3 D	14	11,4 E	12	9,7 F	100	78,6
2	13	10,1 G	15	11,4 D	17	14,2 E	12	10,4 F	16	10,8 B	13	10,1 A	15	11,8 C	101	78,8
3	16	13,8 E	17	13,3 F	13	11,2 A	14	10,1 D	15	13,3 C	12	10,1 G	12	10,0 B	99	81,8
4	14	11,1 B	16	14,3 A	13	11,8 F	15	13,3 E	14	11,4 G	16	14,1 C	16	13,1 D	104	89,4
5	14	12,5 D	13	11,3 G	15	12,2 C	13	11,4 B	17	14,2 A	14	12,4 F	17	14,5 E	103	88,5
6	17	14,3 E	14	12,1 F	14	13,4 A	12	11,1 D	16	10,4 C	15	13,9 G	12	9,1 B	100	84,3
Total	89	73,7	89	72,8	84	72,9	83	70,4	94	71,4	84	72,0	84	68,2	607	501,4

Data total perlakuan

	A	B	C	D	E	F	G
X	88	81	94	87	96	82	79
Y	74,8	62,8	75,9	69,5	81,5	69,7	66,9

Model linear untuk percobaan yang menggunakan RBSY dengan mengikutsertakan satu variabel konkomitan (X) adalah :

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_l + \gamma(X_{ijl} - \bar{X}...) + \varepsilon_{ijl} \quad , \quad \varepsilon_{ijl} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2) \quad (3.57)$$

dengan :

i = 1, 2, 3, 4, 5, 6

j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

l = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Y_{ijl} = hasil produksi varietas jagung ke- l dalam jenis pupuk ke- i dan jarak tanam ke- j

μ = rata-rata hasil produksi

α_i = pengaruh aditif dari jenis pupuk ke- i

β_j = pengaruh aditif dari jarak tanam ke- j

τ_l = pengaruh aditif dari varietas jagung dengan pemberian pupuk ke- l

ε_{ijl} = pengaruh galat yang timbul dari varietas jagung dengan pemberian pupuk ke- l dalam jenis pupuk ke- i dan jarak tanam ke- j

- X_{ijl} = banyaknya tanaman jagung dari varietas jagung dengan pemberian pupuk ke- l dalam jenis pupuk ke- i dan jarak tanam ke- j , merupakan variabel konkomitan yang mempengaruhi nilai pengamatan Y_{ijl}
- $\bar{X}...$ = nilai rata-rata banyaknya tanaman jagung
- γ = koefisien regresi yang menunjukkan hubungan ketergantungan hasil produksi (Y) pada banyaknya tanaman jagung (X) dalam percobaan.

a. Tahap pengecekan asumsi

- 1) Variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan

Hipotesis untuk uji ini adalah:

H_0 : Variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan

H_1 : Variabel konkomitan berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{JKP_x / t - 1}{JKG_x / t (r - 1)} \quad (3.58)$$

Kriteria Keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(t-1, t(r-1))}$

dengan: t = banyak perlakuan
 r = banyak ulangan

Perhitungan:

Perhitungan JKP_x dan JKG_x ada di halaman 63

$$F = \frac{31,57142867 / 6}{63,57142837 / 36} = 2,9797753$$

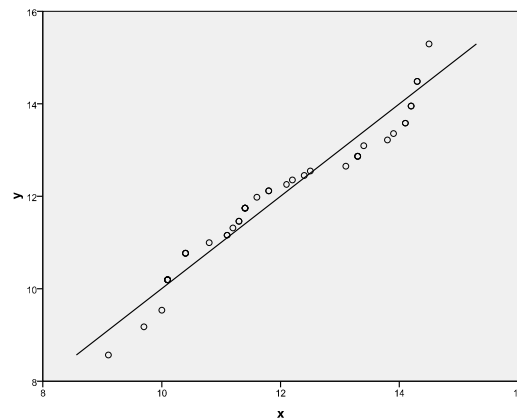
Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 2,9797753 < F_{0,01(6,36)} = 3,362$, maka H_0 diterima.

Artinya variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.

- 2) Hubungan antara variabel X dengan variabel Y bersifat linier.

Hal ini dapat diketahui berdasarkan output SPSS berikut:



Terlihat bahwa hubungan antara variabel X dengan variabel Y mengikuti arah garis diagonal, yang menunjukkan kecenderungan hubungan kedua variabel tersebut bersifat linier.

- 3) Galat berdistribusi normal

Bila penyimpangan dari kenormalan ternyata kecil maka tidak akan menimbulkan masalah, tetapi bila penyimpangannya besar maka perlu diperhatikan. Untuk mengetahui kenormalan suku-suku galat dapat

diselidiki secara informal dengan cara memeriksa sisa-sisa pada grafik peluang normal.

Pada grafik peluang normal tersebut setiap sisa akan ditebarkan terhadap nilai harapannya. Jika grafik tersebut menunjukkan cenderung linier maka ada kesesuaian dengan asumsi kenormalan sehingga asumsi tentang kenormalan terpenuhi.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat persamaan regresi adalah sebagai berikut :

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i = 1,431 + 0,727 X \quad (3.59)$$

Berdasarkan persamaan regresi tersebut maka diperoleh nilai $\hat{Y}_i$ dan e_i adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3
Perhitungan $\hat{Y}_i$ dan e_i

i	X_i	Y_i	$\hat{Y}_i$	e_i	e_i^2
1	15	11,6	12,556	-0,956	0,914
2	14	10,4	11,609	-1,209	1,461
3	12	10,1	10,155	-0,055	0,003
4	17	14,1	13,79	0,31	0,096
5	16	11,3	13,063	-1,763	3,108
6	14	11,4	11,609	0,209	0,044
7	12	9,7	10,155	-0,455	0,207
8	13	10,1	10,882	-0,782	0,612
9	15	11,4	12,336	-0,936	0,876
10	17	14,2	13,790	0,41	0,168
11	12	10,4	10,155	0,245	0,06
12	16	10,8	13,063	-2,263	5,121
13	13	10,1	10,882	-0,782	0,612
14	15	11,8	12,336	-0,536	0,287
15	16	13,8	13,063	0,737	0,543
16	17	13,3	13,790	-0,49	0,240
17	13	11,2	10,882	0,318	0,101
18	14	10,1	11,609	-1,509	2,277
19	15	13,3	12,556	0,744	0,553
20	12	10,1	10,155	-0,055	0,003

21	12	10,0	10,155	-0,155	0,024
22	14	11,1	11,609	-0,509	0,259
23	16	14,3	13,063	1,237	1,530
24	13	11,8	10,882	0,918	0,843
25	15	13,3	12,336	0,964	0,929
26	14	11,4	11,609	-0,209	0,044
27	16	14,1	13,063	1,037	1,0754
28	16	13,1	13,063	0,037	0,001
29	14	12,5	11,609	0,893	0,794
30	13	11,3	10,882	0,418	0,175
31	15	12,2	12,556	-0,356	0,127
32	13	11,4	10,882	0,518	0,268
33	17	14,2	13,790	0,41	0,168
34	14	12,4	11,609	0,791	0,626
35	17	14,5	13,790	0,71	0,504
36	17	14,3	13,790	0,51	0,260
37	14	12,1	11,609,	0,491	0,241
38	14	13,4	11,609	1,791	3,208
39	12	11,1	10,155	0,945	0,893
40	16	10,4	13,063	-2,663	7,09
41	15	13,9	12,556	1,344	1,806
42	12	9,1	10,155	-1,055	1,113
Total	607	501,4	502,271	0	39,267

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai $\sqrt{KTG}$

$$\sqrt{KTG} = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{39,267}{40}} = 0,9908$$

Tabel 3.4

Perhitungan $z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$ dan nilai harapan

i	$\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$	$z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$	Nilai harapan $\sqrt{KTG}\left(z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)\right)$
1	0,0148	-2,17	-2,151
2	0,0385	-1,77	-1,754
3	0,621	-1,54	-1,526
4	0,0858	-1,37	-1,358
5	0,1095	-1,23	-1,219
6	0,1331	-1,11	-1,100
7	0,1568	-1,01	-1,001
8	0,1805	-0,91	-0,902
9	0,2041	-0,83	-0,823

10	0,228	-0,75	-0,743
11	0,2515	-0,67	-0,664
12	0,275	-0,60	-0,595
13	0,2988	-0,53	-0,525
14	0,3225	-0,46	-0,456
15	0,3462	-0,40	-0,396
16	0,3698	-0,33	-0,327
17	0,3935	-0,27	-0,268
18	0,4174	-0,21	-0,208
19	0,4408	-0,15	-0,149
20	0,4645	-0,09	-0,089
21	0,4882	-0,03	-0,029
22	0,51183	0,03	0,029
23	0,5355	0,09	0,089
24	0,55917	0,15	0,149
25	0,5828	0,21	0,208
26	0,6065	0,27	0,268
27	0,6302	0,34	0,327
28	0,6538	0,40	0,396
29	0,6775	0,46	0,456
30	0,7012	0,53	0,525
31	0,7249	0,60	0,595
32	0,7485	0,67	0,664
33	0,7722	0,75	0,743
34	0,7959	0,83	0,822
35	0,8195	0,91	0,902
36	,08432	1,01	1,001
37	0,8669	1,11	1,100
38	0,8905	1,23	1,219
39	0,9142	1,37	1,358
40	0,9379	1,54	1,526
41	0,9615	1,77	1,754
42	0,9852	2,17	2,150

Untuk membuat grafik sisa terhadap nilai harapan, sisa harus diurutkan dengan urutan naik sebagai berikut :

Tabel 3.5
Perhitungan sisa e_i dan Nilai harapan

i	e_i	Nilai harapan
1	1,791	-2,151
2	1,344	-1,754
3	1,237	-1,526
4	1,037	-1,358
5	0,964	-1,219

6	0,945	-1,100
7	0,918	-1,001
8	0,893	-0,902
9	0,791	-0,823
10	0,744	-0,743
11	0,737	-0,664
12	0,71	-0,595
13	0,518	-0,525
14	0,51	-0,456
15	0,491	-0,396
16	0,418	-0,327
17	0,41	-0,268
18	0,41	-0,208
19	0,318	-0,149
20	0,31	-0,089
21	0,245	-0,029
22	0,037	0,029
23	-0,055	0,089
24	-0,055	0,149
25	-0,155	0,208
26	-0,209	0,268
27	-0,209	0,327
28	-0,356	0,396
29	-0,455	0,456
30	-0,49	0,525
31	-0,509	0,595
32	-0,536	0,664
33	-0,782	0,743
34	-0,782	0,822
35	-0,936	0,902
36	-0,956	1,001
37	-1,055	1,100
38	-1,209	1,219
39	-1,509	1,358
40	-1,763	1,526
41	-2,263	1,754
42	-2,663	2,150

Komponen galat percobaan dicari menurut prosedur berikut:

$$\text{i. } \hat{\mu}_y = \bar{Y} \dots = \frac{501,4}{42} = 11,93809524$$

$$\text{ii. } \hat{\mu}_x = \bar{X} \dots = \frac{607}{42} = 14,45238095$$

$$\text{iii. } \hat{\gamma} = \frac{JHK_{xy}}{JK_x} = \frac{48,97142953}{63,57142837} = 0,7703370962$$

$$\text{iv. } \hat{\alpha}_i = (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}...) - \hat{\gamma}(\bar{X}_{i..} - \bar{X}...)$$

$$\hat{\alpha}_1 = \left(\frac{78,6}{7} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{100}{7} - \frac{607}{42} \right) = -0,5811342935$$

$$\hat{\alpha}_2 = \left(\frac{78,8}{7} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{101}{7} - \frac{607}{42} \right) = -0,6626110216$$

$$\hat{\alpha}_3 = \left(\frac{81,8}{7} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{99}{7} - \frac{607}{42} \right) = -0,0139432798$$

$$\hat{\alpha}_4 = \left(\frac{89,4}{7} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{104}{7} - \frac{607}{42} \right) = 0,5215302226$$

$$\hat{\alpha}_5 = \left(\frac{88,5}{7} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{103}{7} - \frac{607}{42} \right) = 0,503006951$$

$$\hat{\alpha}_6 = \left(\frac{84,3}{7} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{100}{7} - \frac{607}{42} \right) = 0,2331514208$$

$$\text{v. } \hat{\beta}_j = (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}...) - \hat{\gamma}(\bar{X}_{.j.} - \bar{X}...)$$

$$\hat{\beta}_1 = \left(\frac{73,7}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{89}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,0517763443$$

$$\hat{\beta}_2 = \left(\frac{72,8}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{89}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,0982236557$$

$$\hat{\beta}_3 = \left(\frac{72,9}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{84}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,5603905911$$

$$\hat{\beta}_4 = \left(\frac{70,4}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{83}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,2721134405$$

$$\hat{\beta}_5 = \left(\frac{71,4}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{94}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,9735045692$$

$$\hat{\beta}_6 = \left(\frac{72}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{84}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,4103905911$$

$$\hat{\beta}_7 = \left(\frac{68,2}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{84}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,2229427422$$

$$\text{vi. } \hat{\tau}_l = (\bar{Y}_{..l} - \bar{Y}...) - \hat{\gamma}(\bar{X}_{..l} - \bar{X}...)$$

$$\hat{\tau}_A = \left(\frac{74,8}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{88}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,3634991937$$

$$\hat{\tau}_B = \left(\frac{62,8}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{81}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,7377741941$$

$$\hat{\tau}_C = \left(\frac{75,9}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{94}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,2235045692$$

$$\hat{\tau}_D = \left(\frac{69,5}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{87}{6} - \frac{607}{42} \right) = -0,3914446236$$

$$\hat{\tau}_E = \left(\frac{81,5}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{96}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,4530497321$$

$$\hat{\tau}_F = \left(\frac{69,7}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{82}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,2838362899$$

$$\hat{\tau}_G = \left(\frac{66,9}{6} - \frac{501,4}{42} \right) - 0,7703370962 \left(\frac{79}{6} - \frac{607}{42} \right) = 0,2023381713$$

$$\text{vii. } \hat{\varepsilon}_{ijl} = Y_{ijl} - \hat{Y}_{ijl} = Y_{ijl} - \hat{\mu} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}_j - \hat{\tau}_l - \hat{\gamma}(X_{ijl} - \bar{X}...)$$

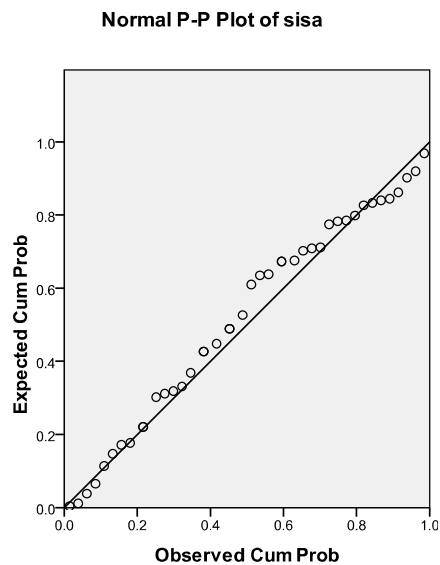
untuk baris 1, kolom 1, perlakuan A

$$\begin{aligned} \hat{\varepsilon}_{11A} &= 11,6 - 11,93809524 - (-0,5811342935) - 0,0517763443 - (-0,3634991937) \\ &\quad - 0,7703370962(15 - 14,45238095) \\ &= 0,1329106341 \end{aligned}$$

untuk baris, kolom, dan perlakuan selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 3.3

Tabel 3.6 Galat Percobaan Pada Percobaan Pemberian Pupuk Varietas Jagung terhadap Hasil Produksi

Jenis Pupuk	Jarak Tanaman							Total
	5-10 cm	15-20 cm	25-30 cm	35-40 cm	45-50 cm	55-60 cm	65-70 cm	
1	0,133	0,228	-0,131	0,732	0,116	-0,472	-0,606	0
2	-0,311	0,192	-0,052	0,458	0,044	-0,104	-0,227	0
3	0,179	-0,772	0,198	-1,356	1,373	-0,548	0,926	0
4	0,308	0,386	-0,385	-0,307	-0,91	0,463	0,445	0
5	0,02	-0,126	-0,999	0,493	1,133	-0,387	-0,134	0
6	-0,339	0,092	1,369	-0,02	1,752	1,044	-0,404	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0



berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa titik-titik mengikuti arah garis lurus. Hal ini menunjukkan bahwa suku-suku galat tidak menyimpang terlalu jauh dari suatu sebaran normal, yang berarti tidak terjadi penyimpangan terhadap asumsi kenormalan dari galat.

- 4) Koefisien regresi X mempengaruhi Y .

Hipotesis untuk uji ini adalah:

H_0 : $\gamma = 0$ (nilai X tidak mempengaruhi nilai Y)

H_1 : $\gamma \neq 0$ (nilai X mempengaruhi nilai Y)

Taraf signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik uji:

$$F = \frac{KT \text{ regresi}}{KT \text{ galat terkoreksi}} \quad (3.60)$$

Kriteria keputusan:

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

Perhitungan:

$$F = \frac{\frac{JHKG_{xy}^2}{JKG_x}}{\frac{JKG \text{ terkoreksi}}{db}} = \frac{48,97142953 / 63,57142837}{16,22929994 / 36} = 83,68089335$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 83,68089335 > F_{0,01(1, 36)} = 7,41$, maka H_0 ditolak.

Artinya, nilai X mempengaruhi nilai Y .

- 5) Peubah respons dalam tiap kelompok sebagai pengaruh perlakuan memiliki varians yang homogen.

Hipotesis :

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 \text{ (variansi homogen)}$$

$H_1 : \exists \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ untuk $i \neq j, i, j = 1, 2, 3$ (paling sedikit satu tanda sama tidak berlaku/ variansi tidak homogen)

Taraf signifikansi :

$$\alpha = 0,01$$

Statistik uji :

Uji Bartlett

$$X^2 = (\ln 10) \left\{ B - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log s_i^2 \right\} \quad (3.61)$$

dengan :

$$B = (\log s^2) \sum_{i=1}^k (n_i - 1)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)}$$

Kriteria keputusan :

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

Perhitungan :

Tabel 3.7
Perhitungan Uji Bartlett Contoh 1

Sampel	$n_i - 1$	S_i^2	$\log S_i^2$	$(n_i - 1) S_i^2$	$(n_i - 1) \log S_i^2$
Perlakuan	7-1=6	39,0481	1,5946	234,2886	9,5496
Baris	6-1=5	21,8827	1,3401	109,4133	6,7005
Kolom	7-1=6	3,4557	0,5385	20,7343	3,2312
Total	17			364,4362	19,4813

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)s_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)} = \frac{364,4362}{17} = 21,4374$$

$$B = (\log s^2) \sum_{i=1}^k (n_i - 1) = (\log 21,4374)(17) = (1,3312)(17) = 22,6299$$

$$\begin{aligned}\chi^2 &= (\ln 10) \left\{ B - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log s_i^2 \right\} \\ &= (2,3026) \{ 22,6299 - 19,4813 \} \\ &= (2,3026)(3,1486) \\ &= 7,2499\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Karena $\chi^2_{hitung} = 7,2499 < \chi^2_{0,01(2)} = 9,210$,

H_0 diterima, artinya sampel berasal dari populasi yang mempunyai variansi homogen.

6) Koefisien-koefisien regresi dalam tiap perlakuan bersifat homogen.

Akan diuji apakah koefisien-koefisien regresi untuk masing-masing perlakuan adalah homogen. Pengujian pertama dilakukan pada perlakuan kemudian dilanjutkan dengan pengujian koefisien-koefisien regresi pada baris dan kolom.

Uji homogenitas koefisien-koefisien regresi

Hipotesis untuk uji ini adalah:

- Untuk perlakuan

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t \text{ (koefisien regresi homogen)}$$

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama /
koefisien regresi tidak homogen

- Untuk baris

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$ (koefisien regresi homogen)

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama /
koefisien regresi tidak homogen

- Untuk kolom

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k$ (koefisien regresi homogen)

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama /
koefisien regresi tidak homogen

Taraf signifikansi: α

Statistik uji :

- Untuk perlakuan :

$$\frac{S_1 / (t-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - t} \quad (3.62)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JKG_x}$$

$$S_2 = JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x}$$

- Untuk baris :

$$\frac{S_1 / (b-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - b} \quad (3.63)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JG_x}$$

$$S_2 = JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x}$$

- Untuk kolom :

$$\frac{S_1 / (k-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - k} \quad (3.64)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JG_x}$$

$$S_2 = JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x}$$

Kriteria keputusan:

- Untuk perlakuan

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((t-1), ((t-1)(b-1) - (k-1)) - t)}$$

- Untuk baris

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((b-1), ((t-1)(b-1) - (k-1)) - b)}$$

- Untuk kolom

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((k-1), ((t-1)(b-1) - (k-1)) - k)}$$

Perhitungan

o Untuk perlakuan :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \sum_{i=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JKG_x} \\
 &= \frac{(26,65952333)^2}{31,57142867} - \frac{48,97142953}{63,57142837} \\
 &= 21,74147862
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= JKG_y - \sum_{i=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x} \\
 &= 53,95380876 - 21,74147862 \\
 &= 32,21233014
 \end{aligned}$$

$$\frac{S_1 / (t-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - t} = \frac{21,74147862 / 6}{32,21233014 / 17} = 1,912337786$$

• Untuk baris :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \sum_{i=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JKG_x} \\
 &= \frac{(5,019047143)^2}{2,690476286} - \frac{48,97142953}{63,57142837} \\
 &= 8,592627504
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= JKG_y - \sum_{i=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x} \\
 &= 53,95380876 - 8,592627504 \\
 &= 45,36118126
 \end{aligned}$$

$$\frac{S_1 / (b-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - b} = \frac{8,592627504 / 5}{45,36118126 / 18} = 0,6819368048$$

- Untuk kolom :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \sum_{i=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JGK_x} \\
 &= \frac{(2,52619)^2}{16,57142867} - \frac{48,97142953}{63,57142837} \\
 &= -0,3852383794
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= JKG_y - \sum_{i=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x} \\
 &= 53,95380876 - (-0,3852383794) \\
 &= 54,33904714
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{S_1 / (k-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - k} &= \frac{-0,3852383794 / 6}{54,33904714 / 17} \\
 &= -0,02008700555
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

- o Perlakuan

$$\text{Karena } F_{hitung} = 1,912337786 < F_{0,01(6,17)} = 4,10,$$

H_0 diterima artinya koefisien regresi perlakuan homogen.

- o Baris

$$\text{Karena } F_{hitung} = 0,6819368048 < F_{0,01(5,18)} = 4,25,$$

H_0 diterima artinya koefisien regresi baris homogen.

- o Kolom

$$F_{hitung} = -0,02008700555 < F_{0,01(6,17)} = 4,10,$$

H_0 diterima, artinya koefisien regresi kolom homogen.

Karena keenam asumsi telah terpenuhi, maka dapat dilanjutkan ke hipotesis untuk pengaruh perlakuan, baris, dan kolom.

b) Melakukan Perhitungan

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t X_{ijl} = 607$$

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t Y_{ijl} = 501,4$$

$$\frac{X...^2}{N} = \frac{(607)^2}{6 \cdot 7} = \frac{368449}{42} = 8772,595238$$

$$\frac{Y...^2}{N} = \frac{(501,4)^2}{6 \cdot 7} = \frac{251401,96}{42} = 5985,760952$$

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t X_{ijl}^2 = 15^2 + \dots + 12^2 = 8887$$

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t Y_{ijl}^2 = 6085,82$$

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^t X_{ijl} \cdot Y_{ijl} = 7329,6$$

$$\frac{X...Y...}{N} = \frac{607 \times 501,4}{42} = 7246,42381$$

JKT dan JHKT untuk variabel X dan Y

$$JKTx = \sum_i \sum_j \sum_l X_{ijl}^2 - \frac{X^2 \dots}{N} = 8887 - 8772,595238 = 114,404762$$

$$JKTy = \sum_i \sum_j \sum_l Y_{ijl}^2 - \frac{Y^2 \dots}{N} = 6085,82 - 5985,760952 = 100,059048$$

$$JHKT_{xy} = 7329,6 - 7246,42381 = 83,17619$$

JK dan JHK untuk variabel baris

$$JK_{Bx} = \frac{100^2 + 101^2 + \dots + 100^2}{7} - 8772,595238$$

$$= 2,690476286$$

$$JK_{By} = \frac{78,6^2 + 78,8^2 + \dots + 84,3^2}{7} - 5985,760952$$

$$= 15,63047657$$

$$JHK_{Bxy} = \frac{(100 \times 78,6) + (101 \times 78,8) + \dots + (100 \times 84,3)}{7} - 7246,42381$$

$$= 5,019047143$$

JK dan JHK untuk variabel kolom

$$JHK_x = \frac{89^2 + 89^2 + \dots + 84^2}{6} - 8772,595238$$

$$= 16,57142867$$

$$JKK_y = \frac{73,7^2 + 72,8^2 + \dots + 68,2^2}{6} - 5985,760952$$

$$= 3,439048$$

$$JHKK_{xy} = \frac{(89 \times 73,7) + (89 \times 72,8) + \dots + (84 \times 68,2)}{6} - 7246,42381$$

$$= 2,52619$$

JK dan JHK untuk variabel perlakuan

$$JK_{Px} = \frac{88^2 + 88^2 + \dots + 83^2}{6} - 8772,595238$$

$$= 31,57142867$$

$$JKPy = \frac{68,5^2 + 75,2^2 + \dots + 69,5^2}{6} - 5985,760952$$

$$= 27,03571467$$

$$JHKP_{xy} = \frac{(88 \times 68,5) + (88 \times 75,2) + \dots + (83 \times 69,5)}{6} - 7246,4238$$

$$= 26,65952333$$

JK dan JHK galat untuk variabel X dan Y

$$JKG_x = 114,404762 - 2,690476286 - 16,57142867 - 31,57142867$$

$$= 63,57142837$$

$$JKG_y = 100,059048 - 15,63047657 - 3,439048 - 27,03571467$$

$$= 53,95380876$$

$$JHKG_{xy} = 83,17619 - 5,019047143 - 2,52619 - 26,65952333$$

$$= 48,97142953$$

$$JKG_y \text{ terkoreksi} = 53,95380876 - \frac{(48,97142953)^2}{63,57142837}$$

$$= 16,2292994$$

$$JK (P+G) \text{ terkoreksi} = (27,03571467 + 53,95380876) -$$

$$\frac{(26,65952333 + 48,97142952)^2}{(31,57142867 + 63,57142837)}$$

$$= 20,86597199$$

$$JKPy \text{ terkoreksi} = 20,86597199 - 16,22929994 = 4,636672053$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK (B+G) terkoreksi} &= (15,63047657 + 53,95380876) - \\
 &\quad \frac{(5,019047143 + 48,97142953)^2}{(2,690476286 + 63,57142837)} \\
 &= 25,59261943
 \end{aligned}$$

$$\text{JKBy terkoreksi} = 25,59261943 - 16,22929994 = 9,36331949$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK (K+G) terkoreksi} &= (3,439048 + 53,95380876) - \\
 &\quad \frac{(2,52619 + 48,97142953)^2}{(16,57142867 + 63,57142837)} \\
 &= 24,30152482
 \end{aligned}$$

$$\text{JKKy terkoreksi} = 24,30152482 - 16,22929994 = 8,072224879$$

$$\text{KTG terkoreksi} = \frac{\text{JKGy terkoreksi}}{\text{db galat terkoreksi}} = \frac{16,22929994}{23} = 0,7056217365$$

$$\text{KTP terkoreksi} = \frac{\text{JKPy terkoreksi}}{\text{db perlakuan terkoreksi}} = \frac{4,636672053}{6} = 0,7727786755$$

$$\text{KTB terkoreksi} = \frac{\text{JKBy terkoreksi}}{\text{db baris terkoreksi}} = \frac{9,36331949}{5} = 1,872663898$$

$$\text{KTK terkoreksi} = \frac{\text{JKKy terkoreksi}}{\text{db kolom terkoreksi}} = \frac{8,072224879}{6} = 1,345370813$$

c) Melakukan Uji Hipotesis

1) Pengaruh perlakuan

Hipotesis untuk uji ini adalah:

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = 0$ (tidak ada pengaruh pemberian dosis

pupuk varietas tanaman jagung terhadap hasil produksi jagung)

$H_1 : \exists \tau_k \neq 0$ dengan $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (ada pengaruh pemberian dosis

pupuk varietas tanaman jagung terhadap hasil produksi jagung)

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{KTP \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.65)$$

dengan:

KTP terkoreksi = Kuadrat Tengah Perlakuan Terkoreksi

KTG terkoreksi = Kuadrat Tengah Galat Terkoreksi

Kriteria Keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(db P, db G)}$

dengan :

db P = derajat bebas perlakuan

db G = derajat bebas galat

Perhitungan:

$$F = \frac{0,7727786756}{0,6762208308} = 1,142790403$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 1,14 < F_{0,01(6,24)} = 3,67$ maka H_0 diterima

Artinya, tidak ada pengaruh pemberian dosis pupuk varietas tanaman jagung terhadap hasil produksi jagung.

2) Pengaruh Baris

Hipotesis untuk uji ini adalah:

H_0 : $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = 0$ (tidak ada pengaruh jenis pupuk terhadap hasil produksi jagung)

H_1 : $\exists \alpha_i \neq 0$ dengan $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (ada pengaruh jenis pupuk terhadap hasil produksi jagung)

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{KTB \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.66)$$

dengan: KTB terkoreksi = Kuadrat Tengah Baris terkoreksi
KTG terkoreksi = Kuadrat Tengah Galat terkoreksi

Kriteria Keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(db B, db G)}$

dengan: dbB = derajat bebas Baris
dbG = derajat bebas Galat

Perhitungan :

$$F = \frac{1,873}{0,676} = 2,770$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 2,770 < F_{0,01(5,24)} = 3,90$ maka H_0 diterima

Maka tidak ada pengaruh jenis pupuk terhadap hasil produksi jagung.

3) Pengaruh Kolom

Hipotesis untuk uji ini adalah :

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0$ (tidak ada pengaruh jarak tanam terhadap hasil produksi jagung)

H_1 : $\exists \beta_j \neq 0$ dengan $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ (ada pengaruh jarak tanam terhadap hasil produksi jagung)

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{KTK \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.67)$$

dengan: KTK terkoreksi = Kuadrat Tengah Kolom terkoreksi
KTG terkoreksi = Kuadrat Tengah Galat terkoreksi

Kriteria Keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(dbK, dbG)}$

dengan: dbK = derajat bebas Kolom
dbG = derajat bebas Galat

Perhitungan:

$$F = \frac{1,34570813}{0,6762208308} = 1,989543581$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 1,989543581 < F_{0,01(6,24)} = 3,67$ maka H_0 diterima

Maka, jarak tanam tidak mempengaruhi hasil produksi jagung.

Tabel 3.8 Daftar Anakova Hasil Produksi dari Enam Varietas Jagung

Sumber Variansi	Sebelum Dikoreksi				KT Regresi	db Regresi	Setelah Dikoreksi			
	Db	JKx	JKy	JHKxy			db	JK	KT	Fhitung
Total	41	114,4048	100,059	83,1762	-	-	40	-	-	-
Baris	5	2,6905	15,6305	5,0190	-	-	5	9,3633	1,8727	2,6539
Kolom	6	16,5714	3,4390	2,5262	-	-	6	8,0722	1,3454	1,9066
Perlakuan	6	31,5714	27,0357	26,6595	-	-	6	4,6367	0,7728	1,0952
Galat	24	63,5714	53,9538	48,9714	37,7245	1	23	16,2293	0,7056	-

Akan dibandingkan ketepatan analisis antara analisis variansi biasa (sebelum dilakukan koreksi terhadap JK dan JHK) dengan analisis kovariansi (setelah dilakukan koreksi terhadap JK dan JHK) dengan menghitung koefisien keragaman:

$$\text{KK sebelum dikoreksi} = \frac{\sqrt{\frac{53,9538}{24}}}{11,93809524} \times 100\% = 12,55944343\%$$

$$\text{KK setelah dikoreksi} = \frac{\sqrt{0,7056217365}}{11,93809524} \times 100\% = 7,036406742\%$$

Dari perhitungan diatas, terlihat bahwa koefisien keragaman setelah dikoreksi lebih kecil dibandingkan koefisien keragaman sebelum dikoreksi, hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ketepatan penelitian sebesar 5,52%, sehingga pada kasus ini variabel konkomitan tidak dapat diabaikan. Dalam hal ini, analisis kovarians jelas lebih tepat dibandingkan dengan analisis varians.

2. Penerapan dalam bidang industri diilhami dari *Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry* karangan Carl A.Bennet dan Norman L.Franklin (1954 : 529) yang berupa RBSL, tetapi sudah dimodifikasi agar sesuai dengan RBSY.

Sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan minyak pelumas (oli) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh bahan baku oli campuran terhadap masa pakainya (mil/lt). Perlakuan ditetapkan terdiri dari lima yaitu :

A : oli dengan campuran zat aditif minyak jarak

B : oli dengan campuran zat aditif asam oleat

C : oli dengan campuran zat aditif toluene

D : oli dengan campuran zat aditif akuades

E : oli dengan campuran zat aditif isobutanol

Karena dana percobaan terbatas, maka diputuskan akan dilakukan percobaan selama 4 bulan. Perusahaan tersebut menetapkan 5 merk mobil yang akan digunakan untuk percobaan tersebut. Untuk mengetahui masa pakai oli (mil/lt) tiap mobil, para peneliti memperkirakan waktu 1 bulan. Sebanyak 20 mobil dimana masing-masing mobil dioperasikan selama 4 bulan dengan menggunakan oli yang berbeda tiap bulannya. Terbatasnya waktu mengakibatkan tidak semua oli dapat dicobakan pada tiap merk mobil. Sebagai keragaman baris digunakan lima merk mobil yaitu Altis, Corolla, Mercedess, Yaris, Picanto. Sebagai komponen keragaman kolom digunakan bulan percobaan yang terdiri dari empat yaitu bulan ke-1, ke-2, ke-3, ke-4. Oleh karena banyaknya perlakuan lebih banyak dari banyaknya kolom, maka dilakukan penyelesaian dengan RBSY. Dalam kasus ini, masa pakai oli sebelum menggunakan oli campuran yang digunakan pada mobil, ikut mempengaruhi masa pakai oli setelah menggunakan oli campuran maka

dianggap sebagai variabel X atau variabel konkomitan, sedangkan masa pakai oli setelah pencampuran sebagai variabel Y . Data percobaan dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.9
Pemakaian Oli Sebelum Pencampuran (X) dan Pemakaian Oli Setelah Pencampuran (Y)

Merk Mobil	Bulan Percobaan								Total	
	1		2		3		4			
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Altis	14,29	14,35 A	15,00	15,08 C	14,12	14,29 D	12,97	13,41 B	56,38	57,13
Corolla	13,10	13,26 B	13,44	13,86 D	14,56	14,92 E	14,92	14,98 C	56,02	57,02
Mercedess	12,15	12,27 C	12,78	12,62 E	13,37	14,07 A	13,06	13,12 D	51,36	52,08
Yaris	14,16	14,60 D	14,60	14,29 A	14,40	15,49 B	13,27	13,58 E	56,43	57,96
Picanto	13,28	13,28 E	13,50	13,88 B	13,32	13,66 C	14,19	15,28 A	54,29	56,31
Total	66,98	67,97	69,32	69,73	69,77	72,43	68,41	70,37	274,48	280,5

Data total perlakuan

	A	B	C	D	E
X	56,45	53,97	55,39	54,78	53,89
Y	57,99	56,04	55,99	55,87	54,61

Model linear untuk percobaan yang menggunakan RBSY dengan mengikutsertakan satu variabel konkomitan (X) adalah :

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_l + \gamma(X_{ijl} - \bar{X}...) + \varepsilon_{ijl} \quad , \quad \varepsilon_{ijl} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2) \quad (3.68)$$

dengan :

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$l = 1, 2, 3, 4, 5$$

Y_{ijl} = masa pakai oli dengan menggunakan oli ke- l dalam mobil ke- i dan bulan ke- j

- μ = rata-rata masa pakai oli
 α_i = pengaruh aditif dari jenis mobil ke- i
 β_j = pengaruh aditif dari bulan percobaan ke- j
 τ_l = pengaruh aditif dari jenis oli ke- l
 ε_{ijl} = pengaruh galat yang timbul dari jenis oli ke- l dalam mobil ke- i dan bulan percobaan ke- j
 X_{ijl} = masa pakai oli sebelum pemakaian oli ke- l dalam mobil ke- i dan bulan percobaan ke- j , merupakan variable konkomitan yang mempengaruhi nilai pengamatan Y_{ijl}
 $\bar{X}...$ = nilai rata-rata masa pakai oli
 γ = koefisien regresi yang menunjukkan hubungan ketergantungan masa pakai jenis oli sesudah pencampuran (Y) pada masa pakai sebelum pencampuran (X) dalam percobaan.

a. Tahap Pengecekan Asumsi

- 1) Variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan

Hipotesis untuk uji ini adalah :

H_0 : variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan

H_1 : variabel konkomitan berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan

Taraf Signifikansi :

$$\alpha = 0,01$$

Statistik uji:

$$F = \frac{JKP_x / t - 1}{JKG_x / t(r - 1)} \quad (3.69)$$

Kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(t-1, t(r-1))}$

dengan: t = banyak perlakuan

r = banyak ulangan

Perhitungan:

Perhitungan JKP_x dan JKG_x ada di halaman 87

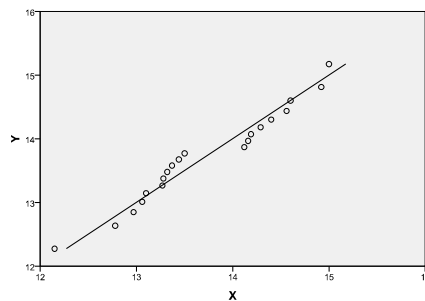
$$F = \frac{1,13548 / 4}{4,73925 / 15} = 0,8984687385$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 0,8984687385 < F_{0,01(4,15)} = 4,89$ maka H_0 diterima

Artinya variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.

- 2) Hubungan antara variabel X dengan variabel Y bersifat linier. Hal ini dapat diketahui berdasarkan output SPSS berikut:



Terlihat bahwa hubungan antara variabel X dengan variabel Y mengikuti arah garis diagonal, yang menunjukkan kecenderungan hubungan kedua variabel tersebut bersifat linier.

3) Galat berdistribusi normal

Bila penyimpangan dari kenormalan ternyata kecil maka tidak akan menimbulkan masalah, tetapi bila penyimpangannya besar maka perlu diperhatikan. Untuk mengetahui kenormalan suku-suku galat dapat diselidiki secara informal dengan cara memeriksa sisa-sisa pada grafik peluang normal. Pada grafik peluang normal tersebut setiap sisa akan ditebarkan terhadap nilai harapannya. Jika grafik tersebut menunjukkan cenderung linier maka ada kesesuaian dengan asumsi kenormalan sehingga asumsi tentang kenormalan terpenuhi.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat persamaan regresi adalah sebagai berikut :

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_1 = 6,622 + 0,5394X \quad (3.70)$$

berdasarkan persamaan regresi tersebut maka diperoleh nilai $\hat{Y}_i$ dan e_i adalah sebagai berikut :

Tabel 3.10
Perhitungan $\hat{Y}_i$ dan e_i

i	X_i	Y_i	$\hat{Y}_i$	e_i	e_i^2
1	14,29	14,35	14,330	0,02	0,001
2	15,00	15,08	14,713	0,367	0,135
3	14,12	14,29	14,239	0,051	0,003
4	12,97	13,41	13,618	-0,2083	0,043
5	13,10	13,26	13,688	-0,428	0,183
6	13,44	13,86	13,872	-0,012	0,001

7	14,56	14,92	14,476	0,444	0,197
8	14,92	14,98	14,670	0,31	0,096
9	12,15	12,27	13,176	-0,906	0,821
10	12,78	12,62	13,516	-0,896	0,803
11	13,37	14,07	13,834	0,236	0,056
12	13,06	13,12	13,667	-0,547	0,299
13	14,16	14,60	14,260	0,34	0,116
14	14,60	14,29	14,498	-0,208	0,043
15	14,40	15,49	14,389	1,100	1,211
16	13,27	13,58	13,780	-0,200	0,040
17	13,28	13,28	13,786	-0,506	0,256
18	13,50	13,88	13,904	-0,024	0,001
19	13,32	13,66	13,807	-0,147	0,022
20	14,19	15,28	14,276	1,004	1,001
Total	274,48	280,29	280,5	0	5,332

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai $\sqrt{KTG}$

$$\sqrt{KTG} = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{5,332}{18}} = 0,5443$$

Tabel 3.11

Perhitungan $z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$ dan nilai harapan

i	$\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$	$z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)$	Nilai harapan $\sqrt{KTG}\left(z\left(\frac{i-0,375}{n+0,25}\right)\right)$
1	0,0309	-1,87	-1,018
2	0,080	-1,41	-0,767
3	0,1296	-1,13	-0,615
4	0,179	-0,92	-0,501
5	0,2284	-0,74	-0,403
6	0,278	-0,59	-0,321
7	0,3272	-0,44	-0,239
8	0,377	-0,32	-0,174
9	0,426	-0,19	-0,103
10	0,475	-0,06	-0,033
11	0,525	0,06	0,033
12	0,5741	0,19	0,103
13	0,6235	0,32	0,174
14	0,6728	0,44	0,239
15	0,722	0,59	0,321
16	0,772	0,74	0,403
17	0,821	0,92	0,501

18	0,8704	1,13	0,615
19	0,9198	1,41	0,767
20	0,9691	1,87	1,018

Untuk membuat grafik sisa terhadap nilai harapan, sisa harus diurutkan dengan urutan naik sebagai berikut :

Tabel 3.12
Perhitungan sisa e_i dan Nilai harapan

i	e_i	Nilai harapan
1	1,100	-1,018
2	1,004	-0,767
3	0,444	-0,615
4	0,367	-0,501
5	0,34	-0,403
6	0,31	-0,321
7	0,236	-0,239
8	0,051	-0,174
9	0,02	-0,103
10	-0,012	-0,033
11	-0,024	0,033
12	-0,147	0,103
13	-0,200	0,174
14	-0,208	0,239
15	-0,2083	0,321
16	-0,428	0,403
17	-0,506	0,501
18	-0,547	0,615
19	-0,896	0,767
20	-0,906	1,018

Komponen galat percobaan dicari menurut prosedur berikut:

$$\text{i. } \hat{\mu}_Y = \bar{Y} \dots = \frac{280,5}{20} = 14,025$$

$$\text{ii. } \hat{\mu}_X = \bar{X} \dots = \frac{274,48}{20} = 13,724$$

$$\text{iii. } \hat{\gamma} = \frac{JHK_{xy}}{JK_X} = \frac{4,7014}{4,73923} = 0,99201769$$

$$\text{iv. } \hat{\alpha}_i = (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}...) - \hat{\gamma}(\bar{X}_{i..} - \bar{X}...)$$

$$\hat{\alpha}_1 = \left(\frac{57,13}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{56,38}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,110538563$$

$$\hat{\alpha}_2 = \left(\frac{57,02}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{56,02}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,04875697$$

$$\hat{\alpha}_3 = \left(\frac{52,08}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{51,36}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,128056362$$

$$\hat{\alpha}_4 = \left(\frac{57,96}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{56,43}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,08456121589$$

$$\hat{\alpha}_5 = \left(\frac{56,31}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{54,29}{5} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,20279068$$

$$\text{v. } \hat{\beta}_j = (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}...) - \hat{\gamma}(\bar{X}_{.j.} - \bar{X}...)$$

$$\hat{\beta}_1 = \left(\frac{67,97}{5} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{66,98}{5} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,1056181977$$

$$\hat{\beta}_2 = \left(\frac{69,73}{5} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{69,32}{5} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,2178824766$$

$$\hat{\beta}_3 = \left(\frac{72,43}{5} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{69,77}{5} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,2328359313$$

$$\hat{\beta}_4 = \left(\frac{70,37}{5} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{68,41}{5} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,09066474298$$

$$\text{vi. } \hat{\tau}_l = (\bar{Y}_{..l} - \bar{Y}...) - \hat{\gamma}(\bar{X}_{..l} - \bar{X}...)$$

$$\hat{\tau}_A = \left(\frac{57,99}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{56,45}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,0871011274$$

$$\hat{\tau}_B = \left(\frac{56,04}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{53,97}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = 0,2146520952$$

$$\hat{\tau}_C = \left(\frac{55,99}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{55,39}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,1500141847$$

$$\hat{\tau}_D = \left(\frac{54,61}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{53,89}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,1234705096$$

$$\hat{\tau}_E = \left(\frac{54,61}{4} - \frac{280,5}{20} \right) - 0,99201769 \left(\frac{53,89}{4} - \frac{274,48}{20} \right) = -0,123007551$$

$$\text{vii. } \hat{\varepsilon}_{ijl} = Y_{ijl} - \hat{Y}_{ijl} = Y_{ijl} - \hat{\mu} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}_j - \hat{\tau}_l - \hat{\gamma}(X_{ijl} - \bar{X} \dots)$$

untuk baris 1, kolom 1, perlakuan A

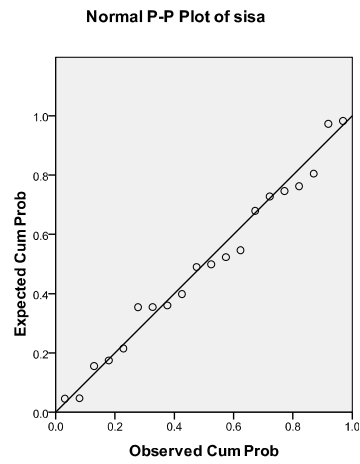
$$\begin{aligned} \hat{\varepsilon}_{11A} &= 14,35 - 14,025 - 0,110538562 - (-0,1056181977) \\ &\quad - 0,99201769(14,29 - 13,724) \\ &= -0,2414023768 \end{aligned}$$

untuk baris, kolom, dan perlakuan selanjutnya dapat dilihat pada

tabel 3.6

Tabel 3.13 Galat Percobaan Pada Percobaan Bahan Baku Oli
Campuran terhadap Masa Pakai Oli

Merk Mobil	Bulan Percobaan				
	1	2	3	4	
Altis	-0,2414	0,0872	-0,3477	-0,2829	0
Corolla	-0,4313	0,5497	0,0049	-0,1233	0
Mercedess	0,1901	-0,5996	0,3035	0,106	0
Yaris	0,5513	-0,5588	0,2891	-0,2816	0
Picanto	-0,0687	-0,2633	-0,2498	0,5818	0
	0	0	0	0	0



berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa titik-titik mengikuti arah garis lurus. Hal ini menunjukkan bahwa suku-suku galat tidak menyimpang terlalu jauh dari suatu sebaran normal, yang berarti tidak terjadi penyimpangan terhadap asumsi kenormalan dari galat.

4) Koefisien regresi X mempengaruhi Y

Hipotesis untuk uji ini adalah:

$H_0 : \gamma = 0$ (nilai X tidak mempengaruhi nilai Y)

$H_1 : \gamma \neq 0$ (nilai X mempengaruhi nilai Y)

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{KT \text{ regresi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.71)$$

Kriteria Keputusan:

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

Perhitungan:

$$F = \frac{JHKG_{xy}^2 / JKG_x}{JKG(\text{terkoreksi}) / db} = \frac{4,7014^2 / 4,73923}{1,071758029 / 8} = \frac{4,663871971}{0,1339697536} = 34,81287265$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 34,81287265 > F_{0,01(1,7)} = 12,25$, maka H_0 ditolak.

Artinya, nilai X mempengaruhi nilai Y .

- 5) Peubah respons dalam tiap kelompok sebagai pengaruh perlakuan memiliki variansi yang homogen.

Hipotesis :

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$ (variansi homogen)

$H_1 : \exists \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ untuk $i \neq j, i, j = 1, 2, 3$ (paling sedikit satu tanda sama tidak berlaku/ variansi tidak homogen)

Taraf signifikansi :

$\alpha = 0,01$

Statistik uji :

Uji Bartlett

$$X^2 = (\ln 10) \left\{ B - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log s_i^2 \right\} \quad (3.72)$$

dengan :

$$B = (\log s^2) \sum_{i=1}^k (n_i - 1)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)}$$

Kriteria keputusan :

$$H_0 \text{ ditolak jika } \chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha(k-1)}$$

Perhitungan :

Tabel 3.14
Perhitungan Uji Bartlet Contoh 2

Sampel	$n_i - 1$	S_i^2	$\text{Log } S_i^2$	$(n_i - 1) S_i^2$	$(n_i - 1) \text{Log } S_i^2$
Perlakuan	5-1=4	1,4652	0,1659	5,8608	0,6636
Baris	5-1=4	5,39285	0,7318	21,5714	2,3273
Kolom	4-1=3	3,39103	0,5303	10,1731	1,5909
Total	11			37,6053	5,1819

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i - 1)} = \frac{37,6053}{11} = 3,4187$$

$$B = (\log s^2) \sum_{i=1}^k (n_i - 1) = (\log 3,4187)(11) = 5,8724$$

$$\begin{aligned} \chi^2 &= (\ln 10) \left\{ B - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \log s_i^2 \right\} \\ &= (2,3026) \{ 5,8724 - 5,1819 \} \\ &= (2,3026)(0,6905) \\ &= 1,5899453 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

$$\text{Karena } \chi^2_{hitung} = 1,5899453 < \chi^2_{0,01(2)} = 9,210 ,$$

H_0 diterima, artinya sampel berasal dari populasi yang mempunyai variansi homogen.

6) Koefisien-koefisien regresi dalam tiap perlakuan bersifat homogen.

Akan diuji apakah koefisien-koefisien regresi untuk masing-masing perlakuan adalah homogen. Pengujian pertama dilakukan pada perlakuan kemudian dilanjutkan dengan pengujian koefisien-koefisien regresi pada baris dan kolom.

Uji homogenitas koefisien-koefisien regresi

Hipotesis untuk uji ini adalah:

- Untuk perlakuan

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_l \text{ (koefisien regresi homogen)}$$

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama /
koefisien regresi tidak homogen

- Untuk baris

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i \text{ (koefisien regresi homogen)}$$

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama /
koefisien regresi tidak homogen

- Untuk kolom

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k \text{ (koefisien regresi homogen)}$$

H_1 : sekurang – kurangnya ada dua koefisien regresi tidak sama /
koefisien regresi tidak homogen

Taraf signifikansi: α

Statistik uji :

- Untuk perlakuan :

$$\frac{S_1 / (t-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - t} \quad (3.73)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JG_x}$$

$$S_2 = JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x}$$

- Untuk baris :

$$\frac{S_1 / (b-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - b} \quad (3.74)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JG_x}$$

$$S_2 = JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x}$$

- Untuk kolom :

$$\frac{S_1 / (k-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - k} \quad (3.75)$$

$$S_1 = \sum_{l=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JG_x}$$

$$S_2 = JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x}$$

Kriteria keputusan:

- Untuk perlakuan

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((t-1),((t-1)(b-1)-(k-1))-t)}$$

- Untuk baris

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((b-1),((t-1)(b-1)-(k-1))-b)}$$

- Untuk kolom

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha((k-1),((t-1)(b-1)-(k-1))-k)}$$

Perhitungan

- o Untuk perlakuan :

$$\begin{aligned} S_1 &= \sum_{l=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JKG_x} \\ &= \frac{(1,115975)^2}{1,13548} - \frac{4,7014}{4,73923} \\ &= 0,1048 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKP_{xy}^2}{JKP_x} \\ &= 5,73563 - 1,096805052 \\ &= 5,630842638 \end{aligned}$$

$$\frac{S_1 / (t-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1)-(k-1))-t} = \frac{0,1048 / 4}{5,630842638 / 8} = 0,0372$$

- Untuk baris :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \sum_{l=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JKG_x} \\
 &= \frac{(4,875825)^2}{4,67233} - \frac{4,7014}{4,73923} \\
 &= 4,096165171
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKB_{xy}^2}{JKB_x} \\
 &= 5,73563 - 4,096165171 \\
 &= 1,639464829
 \end{aligned}$$

$$\frac{S_1 / (b-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - b} = \frac{4,096165171 / 4}{1,639464829 / 8} = 4,996954006$$

- Untuk kolom :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \sum_{l=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x} - \frac{JHKG_{xy}}{JKG_x} \\
 &= \frac{(1,1714)^2}{0,90924} - \frac{4,7014}{4,73923} \\
 &= 0,50171305651
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= JKG_y - \sum_{l=1}^t \frac{JHKK_{xy}^2}{JKK_x} \\
 &= 5,73563 - 0,50171305651 \\
 &= 5,233916943
 \end{aligned}$$

$$\frac{S_1 / (k-1)}{S_2 / ((t-1)(b-1) - (k-1)) - k} = \frac{0,50171305651 / 3}{5,233916943 / 9} = 0,2875741411$$

Kesimpulan :

o Perlakuan :

$$\text{Karena } F_{hitung} = 0,03721906956 < F_{0,01(4,8)} = 7,01,$$

H_0 diterima artinya koefisien regresi perlakuan homogen.

o Baris :

$$\text{Karena } F_{hitung} = 4,996954006 < F_{0,01(4,8)} = 7,01,$$

H_0 diterima artinya koefisien regresi baris homogen.

o Kolom :

$$F_{hitung} = 0,2875741411 < F_{0,01(3,9)} = 6,99,$$

H_0 diterima, artinya koefisien regresi kolom homogen.

Karena keenam asumsi telah terpenuhi, maka dapat dilanjutkan ke hipotesis untuk pengaruh perlakuan, baris, dan kolom.

b. Melakukan Perhitungan

$$\sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t X_{ijl} = 274,48$$

$$\sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t Y_{ijl} = 280,5$$

$$\frac{X_{...}^2}{N} = \frac{(274,48)^2}{4 \cdot 5} = 3766,96352$$

$$\frac{Y_{...}^2}{N} = \frac{(280,5)^2}{4 \cdot 5} = 3934,0125$$

$$\sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t X_{ijl}^2 = 14,29^2 + 15,00^2 + \dots + 14,19^2 = 3778,4198$$

$$\sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t Y_{ijl}^2 = 14,35^2 + 15,08^2 + \dots + 15,28^2 = 3948,6408$$

$$\sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t X_{ijl} Y_{ijl} = 3861,4466$$

$$\frac{X...Y...}{N} = \frac{274,48 \times 280,5}{20} = 3849,582$$

JKT dan JHKT untuk variabel X dan Y

$$JKTx = \sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t X_{ijl}^2 - \frac{X...^2}{N} = 3778,4198 - 3766,96352 = 11,45628$$

$$JKTy = \sum_i^b \sum_j^k \sum_l^t Y_{ijl}^2 - \frac{Y...^2}{N} = 3948,6408 - 3934,0125 = 14,6283$$

$$JHKT_{xy} = 3861,4466 - 3849,582 = 11,8646$$

JK dan JHK untuk variabel baris

$$JKBx = \frac{56,38^2 + 56,02^2 + \dots + 54,29^2}{4} - 3766,96352$$

$$= 4,67233$$

$$JKBy = \frac{57,13^2 + 57,02^2 + \dots + 56,31^2}{4} - 3934,0125$$

$$= 5,39285$$

$$JHKB_{xy} = \frac{(56,38 \times 57,13) + (56,02 \times 57,02) + \dots + (54,29 \times 56,31)}{4}$$

$$- 3849,582$$

$$= 4,875825$$

JK dan JHK untuk variabel kolom

$$JKK_x = \frac{66,98^2 + 69,32^2 + \dots + 68,41^2}{5} - 3766,96352$$

$$= 0,90924$$

$$JKK_y = \frac{67,97^2 + 69,73^2 + \dots + 70,37^2}{5} - 3934,0125$$

$$= 2,03462$$

$$JHKK_{xy} = \frac{(66,98 \times 67,97) + (69,32 \times 69,73) + \dots + (68,41 \times 70,37)}{5}$$

$$- 3849,582$$

$$= 1,1714$$

JK dan JHK untuk variabel perlakuan

$$JKP_x = \frac{56,45^2 + 53,97^2 + \dots + 53,89^2}{4} - 3766,9352$$

$$= 1,13548$$

$$JKP_y = \frac{57,99^2 + 56,04^2 + \dots + 54,61^2}{4} - 3934,0125$$

$$= 1,4652$$

$$JHKP_{xy} = \frac{(56,45 \times 57,99) + (53,97 \times 56,04) + \dots + (53,89 \times 54,61)}{4}$$

$$- 3849,582$$

$$= 1,115975$$

JK dan JHK galat untuk variabel X dan Y

$$JK_{Gx} = 11,45628 - 4,67233 - 0,90924 - 1,13548 = 4,73923$$

$$JK_{Gy} = 14,6283 - 5,39285 - 2,03462 - 1,4652 = 5,73563$$

$$JHK_{Gxy} = 11,8646 - 4,875825 - 1,1714 - 1,115975 = 4,7014$$

$$JK_{Gy} \text{ terkoreksi} = 5,73563 - \frac{4,7014^2}{4,73923}$$

$$= 1,071758029$$

$$JK(P+G) \text{ terkoreksi} = (1,4652 + 5,73563) - \frac{(1,115975 + 4,7014)^2}{(1,13548 + 4,73923)}$$

$$= 1,440230432$$

$$JK_{Py} \text{ terkoreksi} = 1,440230432 - 1,071758029 = 0,368472403$$

$$JK(B+G) \text{ terkoreksi} = (5,39285 + 5,73563) - \frac{(4,875825 + 4,7014)^2}{(4,67233 + 4,73923)}$$

$$= 1,382673917$$

$$JK_{By} \text{ terkoreksi} = 1,382673917 - 1,071758029 = 0,310915888$$

$$JK(K+G) \text{ terkoreksi} = (2,03462 + 5,73563) - \frac{(1,1714 + 4,7014)^2}{(0,90924 + 4,73923)}$$

$$= 1,664210694$$

$$JK_{Ky} \text{ terkoreksi} = 1,664210694 - 1,07158029 = 0,592452665$$

$$KTG \text{ terkoreksi} = \frac{JK_{Gy} \text{ terkoreksi}}{db \text{ galat terkoreksi}} = \frac{1,071758029}{7}$$

$$= 0,1531082899$$

$$KTP \text{ terkoreksi} = \frac{JK_{Py} \text{ terkoreksi}}{db \text{ perlakuan terkoreksi}} = \frac{0,368472403}{4}$$

$$= 0,09211810075$$

$$\text{KTB terkoreksi} = \frac{JKBy \text{ terkoreksi}}{db \text{ baris terkoreksi}} = \frac{0,310915888}{3}$$

$$= 0,1036386293$$

$$\text{KTK terkoreksi} = \frac{JKKy \text{ terkoreksi}}{db \text{ kolom terkoreksi}} = \frac{0,592452665}{4}$$

$$= 0,1481131663$$

c. Melakukan Uji Hipotesis

1) Pengaruh Perlakuan

Hipotesis untuk uji ini adalah:

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$ (tidak ada pengaruh bahan baku oli campuran terhadap masa pakai oli)

$H_1 : \exists \tau_l \neq 0$ dengan $l = 1, 2, 3, 4$ (ada pengaruh bahan baku oli campuran terhadap masa pakai oli)

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{KTP \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.76)$$

dengan: KTP terkoreksi = Kuadrat Tengah Perlakuan terkoreksi
KTG terkoreksi = Kuadrat Tengah Galat terkoreksi

Kriteria Keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(dbP, dbG)}$

dengan: dbP = derajat bebas perlakuan
dbG = derajat bebas galat

Perhitungan:

$$F = \frac{0,09211810075}{0,1339697536} = 0,6876037186$$

Kesimpulan:

Karena $F_{hitung} = 0,6876037186 < F_{0,01}(4,8) = 7,01$ maka H_0 diterima

Artinya, tidak ada pengaruh bahan baku oli campuran terhadap masa pakai oli.

2) Pengaruh Baris

Hipotesis untuk uji ini adalah

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$ (tidak ada pengaruh merk mobil terhadap masa pakai oli)

$H_1 : \exists \alpha_i \neq 0$ dengan $i = 1, 2, 3, 4, 5$ (ada pengaruh merk mobil terhadap masa pakai oli)

Taraf Signifikansi:

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji:

$$F = \frac{KTB_{terkoreksi}}{KTG_{terkoreksi}} \quad (3.77)$$

dengan: KTB terkoreksi = Kuadrat Tengah Baris terkoreksi

KTG terkoreksi = Kuadrat Tengah Galat terkoreksi

Kriteria Keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha}(dbB, dbG)$

dengan: dbB = derajat bebas baris

dbG = derajat bebas galat

Perhitungan :

$$F = \frac{0,1036386293}{0,1339697536} = 0,7735972226$$

Kesimpulan :

Karena $F_{hitung} = 0,77 < F_{0,01(4,8)} = 7,01$ maka H_0 diterima

Artinya tidak ada pengaruh merk mobil terhadap masa pakai oli.

3) Pengaruh Kolom

Hipotesis untuk uji ini adalah :

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$ (tidak ada pengaruh bulan percobaan terhadap masa pakai oli)

H_1 : $\exists \beta_j \neq 0$ dengan $j = 1, 2, 3, 4$ (ada pengaruh bulan percobaan terhadap masa pakai oli)

Taraf Signifikansi :

$$\alpha = 0,01$$

Statistik Uji :

$$F = \frac{KTK \text{ terkoreksi}}{KTG \text{ terkoreksi}} \quad (3.78)$$

dengan: KTK terkoreksi = Kuadrat Tengah Kolom terkoreksi
KTG terkoreksi = Kuadrat Tengah Galat terkoreksi

Kriteria Keputusan :

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(dbK, dbG)}$

dengan : dbK = derajat bebas kolom
dbG = derajat bebas galat

Perhitungan :

$$F = \frac{0,1481131663}{0,1339697536} = 1,105571686$$

Kesimpulan :

Karena $F_{hitung} = 1,105571686 < F_{0,01(3,8)} = 7,59$ maka H_0 diterima

Artinya tidak ada pengaruh bulan percobaan terhadap masa pakai oli.

Tabel 3.15 Daftar Anakova Percobaan Bahan Baku Oli Campuran terhadap Masa Pakai Oli

Sumber Variansi	Sebelum Dikoreksi				KT regresi	db regresi	Setelah dikoreksi			
	db	JKx	JKy	JHKxy			db	JK	KT	Fhitung
Total	19	11,4563	14,6283	11,8646	-	-	18	-	-	-
Baris	4	4,6723	5,3929	4,8758	-	-	4	0,3109	0,1036	0,6769
Kolom	3	0,9092	2,0346	1,1714	-	-	3	0,5925	0,1481	0,9674
Perlakuan	4	1,1355	1,4652	1,1160	-	-	4	0,3685	0,0921	0,6017
Galat	8	4,7392	5,7356	4,7014	4,6639	1	7	1,0712	0,1531	-

Akan dibandingkan ketepatan analisis antara analisis variansi biasa (sebelum dilakukan koreksi terhadap JK dan JHK) dengan analisis kovarians (sesudah dilakukan koreksi terhadap JK dan JHK) dengan menghitung koefisien keragaman :

$$KK \text{ sebelum dikoreksi} = \frac{\sqrt{\frac{5,73563}{8}}}{14,025} \times 100\% = 6.037299214$$

$$KK \text{ setelah dikoreksi} = \frac{\sqrt{0,1531082899}}{14,025} \times 100\% = 2,789950404$$

Dari perhitungan diatas, terlihat bahwa koefisien keragaman setelah dikoreksi lebih kecil dibandingkan koefisien keragaman sebelum dikoreksi, hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ketepatan

penelitian sebesar 3,25%, sehingga pada kasus ini variabel konkomitan tidak dapat diabaikan begitu saja. Dalam hal ini, terlihat bahwa analisis kovarians lebih tepat dibandingkan dengan analisis variansi.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan mengenai analisis kovarians dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Anakova dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden

Anakova dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden untuk model tetap meliputi dua tahap yaitu :

a) Pengujian Asumsi

Tahap pengujian asumsi meliputi enam hal sebagai berikut :

- 1) Variabel konkomitan tidak berkorelasi dengan perlakuan yang dicobakan.
- 2) Hubungan antara variabel konkomitan dengan variabel respons bersifat linear.
- 3) Galat berdistribusi normal.
- 4) Koefisien regresi X mempengaruhi Y
- 5) Peubah respons dalam tiap kelompok sebagai pengaruh perlakuan memiliki varians yang homogen.
- 6) Koefisien–koefisien regresi dalam tiap perlakuan bersifat homogen.

b) Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan, pengaruh baris dan pengaruh kolom terhadap

faktor yang dicobakan. Langkah-langkah yang diambil dalam pengujian hipotesis adalah menentukan hipotesis, taraf signifikansi, statistik uji, kriteria keputusan, perhitungan, dan penarikan kesimpulan.

2. Penerapan Anakova dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden.

- a) Dalam skripsi ini, penerapan anakova dalam bidang pertanian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis pupuk tujuh varietas jagung terhadap hasil produksi yang diukur dalam petak lahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk yang berbeda, pemberian jenis pupuk yang berbeda, dan jarak tanam yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap hasil produksi jagung. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa analisis kovarians memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan menggunakan analisis variansi.
- b) Penerapan anakova selanjutnya dalam bidang industri. Suatu penelitian pada sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan minyak pelumas (oli) untuk mengetahui pengaruh lima bahan baku oli yang berbeda terhadap masa pakainya (mil/lt). Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan bahan baku oli, perbedaan merk mobil, dan perbedaan bulan percobaan tidak berpengaruh terhadap lamanya masa pakai oli. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa analisis kovarians memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan menggunakan analisis variansi.

B. Saran

Anakova yang digunakan pada skripsi ini adalah anakova dalam Rancangan Bujur Sangkar Youden untuk model tetap. Pembaca yang tertarik untuk melanjutkan permasalahan selanjutnya dapat menggunakan Rancangan Bujur Sangkar Youden model acak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, Carl A & Franklin, Norman L. 1954. *Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry*. New York: John Wiley&Sons, Inc.
- Fisher, Ronald A & Yates, Frank. 1953. *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*. London: Oliver and Boyd.
- Gaspersz, Vincent : 1994. *Metode Perancangan Percobaan*. Bandung : CV Armico.
- : 1995. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan Jilid I*. Bandung : CV Armico.
- Hanafiah, Kemas Ali. 2003. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Johnson, Norman.L & Leone, Fred C. 1977. *Statistics and Experimental Design in Engineering and the Physical Sciences (Volume II, Second Edition)*. New York : John Wiley & Sons, Inc
- Mattjik, A.A.& Sumertajaya,I.M. 2002. *Perancangan Percobaan*. Bogor : IPB Press
- Montgomery, D.C. 1991. *Design and Analysis of Experiments*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Neter, J., Wasserman, William. & Kutner, Michael H : 1985. *Applied Linear Statistical Model, Regression, Analysis of Variance and Experiments Design Second Edition*. Illionis : Richard D. Ir. Win.
- Steel, Robert G. D & Torrie, James H. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik Edisi Kedua*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Sudjana. 2002. *Desain dan Analisis Eksperimen Edisi Ketiga*. Bandung : Tarsito.
- Sumantri, Bambang. 1997. *Model Linear Terapan Buku I Analysis Regresi Linear Sederhana* (Neter, J., Wasserman, William. & Kutner, Michael H. Terjemahan). Illionis : Richard D. Ir. Win.
- Walpole, Ronald E. 1995. *Pengantar Statistika Edisi Ketiga*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Daftar Nilai Kritik Sebaran F Pada Taraf Kritis 1%

v_2	v_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052	4999,5	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6022
2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,37	99,39
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,35
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	10,16
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,60
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,7	3,56	3,46
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,26
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,46	3,32	3,22
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,56
∞	6,63	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41

Lanjutan Lampiran 1

Daftar Nilai Kritik Sebaran F Pada Taraf Kritis 1%

v_2	v_1									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	99,40	99,42	99,43	99,45	99,46	99,47	99,47	99,48	99,49	99,50
3	27,23	27,05	26,87	26,69	26,60	26,50	26,41	26,32	26,72	26,13
4	14,55	14,37	14,20	14,02	13,93	13,84	13,75	13,65	13,56	13,46
5	10,05	9,89	9,72	9,55	9,47	9,38	9,29	9,20	9,11	9,02
6	7,87	7,72	7,56	7,40	7,31	7,23	7,14	7,06	6,97	6,88
7	6,62	6,47	6,31	6,16	6,07	5,99	5,91	5,82	5,74	5,65
8	5,81	5,67	5,52	5,36	5,28	5,20	5,12	5,03	4,95	4,86
9	5,26	5,11	4,96	4,81	4,73	4,65	4,57	4,48	4,40	4,31
10	4,85	4,71	4,56	4,41	4,33	4,25	4,17	4,08	4,00	3,91
11	4,54	4,40	4,25	4,10	4,02	3,94	3,86	3,78	3,69	3,60
12	4,30	4,16	4,01	3,86	3,78	3,70	3,62	3,54	3,45	3,36
13	4,10	3,96	3,82	3,66	3,59	3,51	3,43	3,34	3,25	3,17
14	3,94	3,80	3,66	3,51	3,43	3,35	3,27	3,18	3,09	3,00
15	3,80	3,67	3,52	3,37	3,29	3,21	3,13	3,05	2,96	2,87
16	3,69	3,55	3,41	3,26	3,18	3,10	3,02	2,93	2,84	2,75
17	3,59	3,46	3,31	3,16	3,08	3,00	2,92	2,83	2,75	2,65
18	3,51	3,37	3,23	3,08	3,00	2,92	2,84	2,75	2,66	2,57
19	3,43	3,30	3,15	3,00	2,92	2,84	2,76	2,67	2,58	2,49
20	3,37	3,23	3,09	2,94	2,86	2,78	2,69	2,61	2,52	2,42
21	3,31	3,17	3,03	2,88	2,80	2,72	2,64	2,55	2,46	2,36
22	3,26	3,12	2,98	2,83	2,75	2,67	2,58	2,50	2,40	2,31
23	3,21	3,07	2,93	2,78	2,70	2,62	2,54	2,45	2,35	2,26
24	3,17	3,03	2,89	2,74	2,66	2,58	2,49	2,40	2,31	2,21
25	3,13	2,99	2,85	2,70	2,62	2,54	2,45	2,36	2,27	2,17
26	3,09	2,96	2,81	2,66	2,58	2,50	2,42	2,33	2,23	2,13
27	3,06	2,93	2,78	2,63	2,55	2,47	2,38	2,29	2,20	2,10
28	3,03	2,90	2,75	2,60	2,52	2,44	2,35	2,26	2,17	2,06
29	3,00	2,87	2,73	2,57	2,49	2,41	2,33	2,23	2,14	2,03
30	2,98	2,84	2,70	2,55	2,47	2,39	2,30	2,21	2,11	2,01
40	2,80	2,66	2,52	2,37	2,29	2,20	2,11	2,02	1,92	1,80
60	2,63	2,50	2,35	2,20	2,12	2,03	1,94	1,84	1,73	1,60
120	2,47	2,34	2,19	2,03	1,95	1,86	1,76	1,66	1,53	1,38
∞	2,32	2,18	2,04	1,88	1,79	1,70	1,59	1,47	1,32	1,00

Lampiran 2

Daftar Nilai Kritik Sebaran Khi-Kuadrat

v	α							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0 ⁴ 393	0,0 ³ 157	0,0 ³ 982	0,0 ² 393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,869
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672