

**BAHAN AJAR  
MATA KULIAH PERANCANGAN PERCOBAAN  
(Kode MK/SKS: 339H1203/3SKS)**



**Disusun Oleh :**

**Drs. Raupong, M.Si  
Anisa, S.Si, M.Si**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
JURUSAN MATEMATIKA  
FAK. MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2011**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN BAHAN AJAR**  
**PROGRAM HIBAH PENULISAN BAHAN AJAR**  
**BAGI TENAGA AKADEMIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN TAHUN 2011**

Judul Buku Ajar : **PERANCANGAN PERCOBAAN**  
Ketua Tim : Drs. Raupong, M.Si.  
NIP : 19621015 198810 1 001  
Pangkat / Golongan : Pembina / IVa  
Jurusan / Program Studi : Matematika / Statistika  
Fakultas / Universitas : MIPA / Universitas Hasanuddin  
Jangka Waktu Kegiatan : 2 bulan (Oktober s/d November 2011)  
Biaya : Rp 5.000.000.-

Dibiayai oleh Dana DIPA BLU Universitas Hasanuddin  
Tahun 2011, Sesuai dengan SK Rektor UNHAS  
Nomor : /H4.2/KU.10/2011 Tanggal .....

**Dekan FMIPA Unhas,**

Makassar, 25 November 2011  
**Ketua Tim,**

Prof. Dr. H. Abd. Wahid Wahab, M.Sc  
NIP. 19490827 197602 1 001

Drs. Raupong, M.Si  
NIP. 19621015 198810 1 001

Mengetahui:  
**Ketua Lembaga Kajian dan Pengembangan Pendidikan (LKPP)**  
**Universitas Hasanuddin,**

Prof. Dr. Ir. Lellah Rahim, M.Sc  
NIP. 19630501 198803 1 004

## *Kata Pengantar*

*Puji syukur kepada Allah Yang Maha pengasih lagi Maha Penyayang, karena hanya izin-Nya Bahan ajar untuk mata kuliah Perancangan Percobaan ini dapat diselesaikan. Tak lupa pula ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah banyak berkolaborasi dari awal bahan ajar yang masih berupa catatan-catatan lepas selama perkuliahan hingga sampai tersusunnya menjadi buku ini. Semoga apa yang kita lakukan bersama ini dapat menggugah semua orang yang menyentuh dan membaca buku ini.*

*Sebagai Bahan ajar, kehadiran kumpulan catatan kuliah ini bukan sebagai acuan utama para pembelajar mata kuliah ini. Kehadirannya lebih sebagai pelengkap dan penuntun untuk memahami literatur terkait dengan topik Perancangan Percobaan. Bahan ajar ini disajikan dalam 5 topik besar yang coba disederhanakan oleh penyusun agar mudah difahami.*

*Terlepas dari segala kelebihan dan sedikit kekurangan yang dimiliki oleh buku ini, besar harapan kami, pembelajar dapat memimpin dirinya untuk belajar mandiri dari berbagai fasilitas dan layanan yang telah tersedia di lingkungan Universitas Hasanuddin. Semoga apa yang digagas melalui kegiatan penulisan bahan ajar ini dapat menjadi berkah bagi semuanya. Sehingga tak lupa kami ucapkan terima kasih atas hadirnya program hibah penulisan bahan ajar tahun 2011 di bawah koordinasi dari Lembaga Kajian dan Pengembangan Pendidikan (LKPP) Universitas Hasanuddin ini.*

*Makassar, November 2011*

*Penyusun*

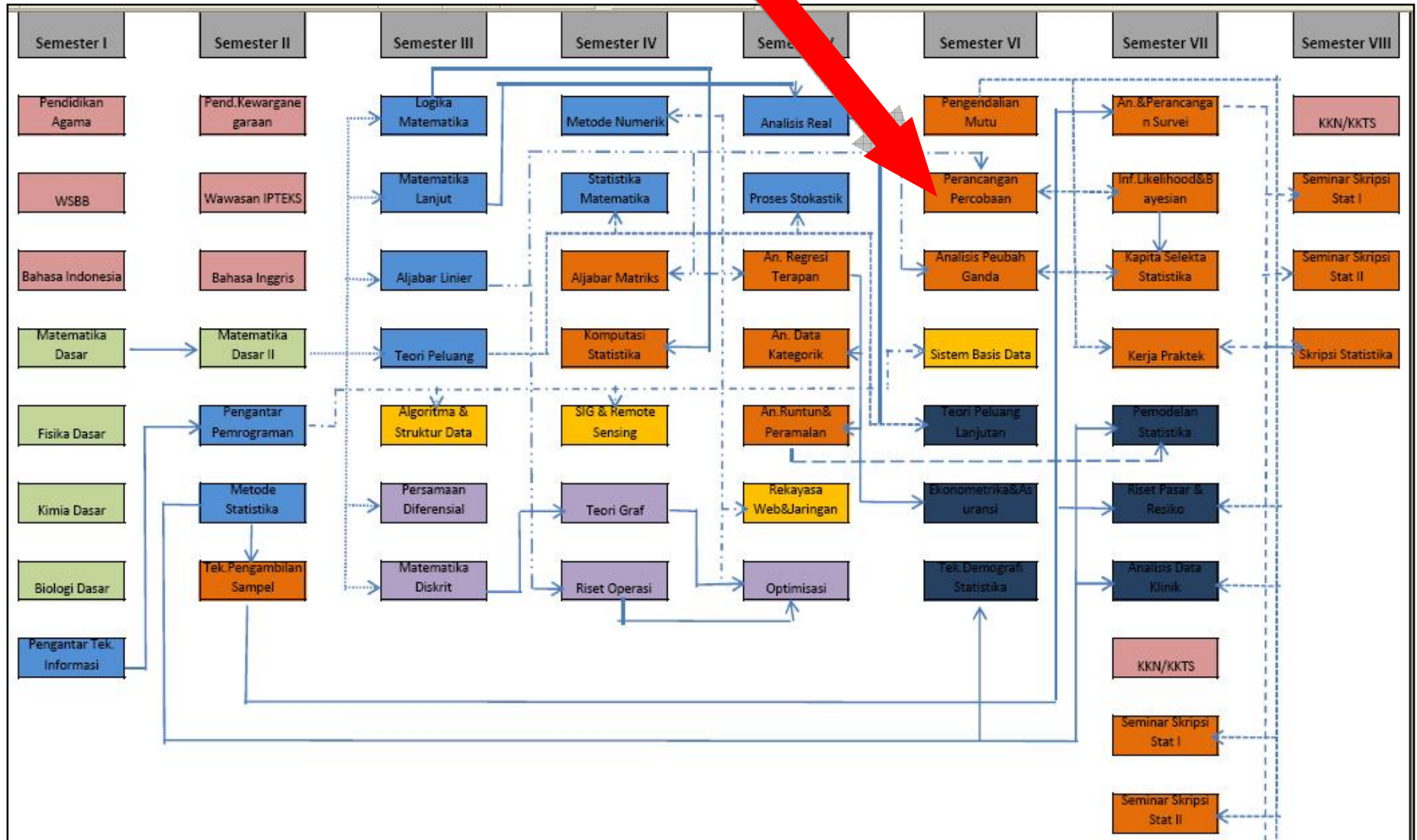
# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Ringkasan .....	v
Peta Kedudukan Bahan Ajar .....	vi
Senarai Kata Penting ( <i>Glossarium</i> ) .....	vii
Bab 1. Pendahuluan .....	1
Bab 2. Bahan Pembelajaran 1, Prinsip Dasar Perancangan Percobaan	7
Bab 3. Bahan Pembelajaran 2, Percobaan Satu Faktor dan Perbandingan Nilai Tengah .....	19
Bab 4. Bahan Pembelajaran 3, Percobaan Dua Faktor .....	66
Bab 5. Bahan Pembelajaran 4, Rancangan Percobaan dengan Pengamatan Berulang ( <i>Repeated Measurement</i> ) .....	83
Bab 6. Bahan Pembelajaran 5, Asumsi dalam Perancangan Percobaan: Deteksi dan Penanganannya .....	103
Evaluasi .....	131

## Ringkasan

Secara garis besar buku ajar ini disusun dalam 5 bagian utama dalam mata kuliah Perancangan Percobaan, yaitu 1) Prinsip dasar perancangan percobaan, yang merupakan pengetahuan dasar yang harus diketahui/dimiliki sebelum seseorang melakukan percobaan (*experiment*) secara Statistika; 2) Percobaan Satu Faktor, yang hanya mempertimbangkan satu faktor yang mempengaruhi percobaan, sehingga umumnya perhatian difokuskan pada rancangan lingkungan yang akan digunakan; 3) Percobaan Dua Faktor, yang mempertimbangkan dua faktor yang mempengaruhi percobaan, sehingga perhatian pada umumnya difokuskan pada interaksi kedua faktor tersebut dalam percobaan, di samping rancangan lingkungan yang digunakan; 4) Rancangan percobaan dengan pengamatan berulang (*repeated measurement*), yang fokus pada pemberian perlakuan secara berulang pada unit percobaan untuk melihat bagaimana respon dari unit percobaan tersebut terhadap perlakuan yang diberikan dari waktu ke waktu; serta 5) Asumsi dalam Perancangan Percobaan, yang mengulas mengenai asumsi yang harus dipenuhi dalam Perancangan Percobaan, serta bagaimana mendeteksi dan melakukan pengujian untuk melihat terpenuhi atau tidak asumsi-asumsi tersebut, dan bagaimana melakukan penanganan jika terdapat asumsi yang tidak dipenuhi oleh data. Kelima materi tersebut diberikan dengan penguatan teori dalam bentuk pemahaman model yang digunakan, serta penguatan dalam proses melakukan pengolahan data baik yang dikerjakan secara manual maupun menggunakan bantuan software-software pengolah data Statistika. Sehingga mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah ini diharapkan mempunyai kemampuan untuk menyelesaikan dan mengolah data yang dihasilkan dari percobaan (*experiment*). Untuk itu sangat dianjurkan sebelum mengikuti kuliah ini pembelajar terlebih dahulu telah melulusi mata kuliah Metode Statistika, Aljabar Linier, Aljabar Matriks, Teori Peluang, dan Komputasi Statistika.

# Peta Kedudukan Bahan Ajar dalam Kurikulum PRODI Statistika UNHAS



## Senarai Kata Penting (*Glossarium*)

Istilah	Keterangan
Perancangan Percobaan	Perancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistika deskripsi maupun statistik inferensi yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut
Perlakuan	Perlakuan merupakan suatu prosedur atau metode yang diharapkan pada unit percobaan
Unit Percobaan	Unit percobaan adalah unit terkecil dalam suatu percobaan yang diberi suatu perlakuan
Satuan Amatan	Satuan amatan adalah anak gugus dari dari unit percobaan tempat dimana respon perlakuan diukur
Faktor	Faktor adalah peubah bebas yang dicobakan dalam percobaan sebagai penyusun struktur perlakuan
Taraf/Level	Taraf adalah nilai-nilai dari peubah bebas (faktor) yang dicobakan dalam percobaan
Rancangan Lingkungan	Rancangan lingkungan adalah suatu rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut ditempatkan pada unit percobaan
Rancangan Perlakuan ( <i>Faktorial</i> )	Rancangan perlakuan berkaitan dengan seberapa banyak faktor sebagai penyusun suatu struktur perlakuan digunakan dalam percobaan
Rancangan Pengukuran	Rancangan pengukuran adalah merupakan rancangan yang membicarakan bagaimana respon percobaan diambil unit-unit percobaan yang diteliti
Pengamatan Berulang	Pengamatan berulang adalah pengamatan yang dilakukan berulang kali dalam waktu yang berbeda pada suatu objek atau satuan amatan yang sama, untuk mengetahui keragaman yang timbul pada respon
Asumsi	Anggapan atau dugaan mengenai terpenuhinya syarat cukup dan perlu terhadap unit percobaan/satuan amatan yang menjadi fokus dalam perancangan percobaan sehingga kesimpulan mengenai data percobaan yang dihasilkan secara Statistika bisa diterima dan diandalkan

# **Bab 1. Pendahuluan**

## **A. Gambaran Profil Lulusan Program Studi Statistika**

Profil Lulusan PRODI Statistika disusun berdasarkan Profil Kompetensi Sarjana (S1) UNHAS yang didasarkan pada SK REKTOR UNHAS No. 1067/J04/P/2003 pasal 3 ayat 2.

**Profil Lulusan PRODI Statistika** yang diharapkan dimiliki oleh lulusannya adalah :

1. Menguasai dasar-dasar ilmiah dan keterampilan dalam bidang Statistika sehingga mampu menemukan, memahami, menjelaskan dan merumuskan cara penyelesaian masalah yang ada di dalam kawasan keahliannya sesuai dengan bidang spesifik yang dipilihnya.
2. Mampu menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dimilikinya sesuai dengan bidang Statistika dalam kegiatan produktif dan pelayanan kepada masyarakat, dengan sikap dan perilaku yang sesuai dengan tata kehidupan bersama.
3. Mampu bersikap dan berperilaku dalam membawakan diri berkarya di bidang Statistika maupun dalam kehidupan bersama di masyarakat.
4. Mampu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau seni yang berhubungan dengan keahliannya di bidang Statistika.

## **B. Kompetensi Lulusan Program Studi Statistika**

Secara bahasa, **Kompetensi** adalah pengakuan kemampuan kerja untuk menghasilkan suatu produk yang telah dibakukan mutunya. Untuk PRODI Statistika sebagai suatu institusi pendidikan, maka yang memberi pengakuan kemampuan kerja adalah masyarakat pengguna termasuk pemerintah daerah, industri, ilmu lain yang terkait, dan keluarga alumni. Produk yang dihasilkan adalah Sarjana Statistika.

Berdasarkan pemikiran di atas, maka **Kompetensi Lulusan Srata Satu (S1) PRODI Statistika** disusun dan dikembangkan berdasarkan Profil Lulusan PRODI Statistika, berdasarkan hasil keputusan rapat Tim Pengembangan Kurikulum 2008 PRODI Statistika tanggal 26 Agustus 2007. Kompetensi tersebut dikelompokkan ke dalam Kompetensi Utama, Kompetensi Pendukung dan Kompetensi Lainnya (*Additional*) yang diuraikan berikut ini.

Rumusan **Kompetensi Utama Lulusan PRODI Statistika** adalah :

1. Kemampuan memahami sains dasar dan aplikasinya.
2. Kemampuan dalam dasar-dasar Matematika/Statistika dan aplikasinya.
3. Kemampuan mengkomunikasikan konsep-konsep Statistika secara Matematis.
4. Kemampuan melakukan pengumpulan, pengelolaan, analisis dan interpretasi terhadap data berdasarkan konsep-konsep Statistika.
5. Kemampuan menerapkan Statistika sesuai dengan bidang konsentrasi/kekhususan yang telah dipilihnya.

Rumusan **Kompetensi Pendukung Lulusan PRODI Statistika** adalah :

1. Kemampuan terlibat dalam kegiatan lintas disiplin.
2. Kemampuan membuat laporan tertulis dan presentasi.
3. Kemampuan dalam penguasaan dasar-dasar pemrograman dan pemanfaatan komputer dalam mendukung proses pembelajaran.
4. Kemampuan berkomunikasi dalam bahasa Inggris.

Rumusan **Kompetensi Lainnya (*Additional*) Lulusan PRODI Statistika** adalah :

1. Kemampuan beradaptasi dalam masyarakat dan lingkungan kerja.
2. Kemampuan mengembangkan diri berdasarkan prinsip-prinsip budaya bahari.
3. Kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama dalam suatu tim kerja.
4. Kemampuan menjunjung norma, tata nilai, moral, agama, etika dan tanggung jawab sosial.

## C. Analisis Kebutuhan Pembelajaran Mata Kuliah Perancangan Percobaan

Mata kuliah Perancangan Percobaan merupakan mata kuliah keahlian yang wajib diambil oleh semua mahasiswa Program Studi (PRODI) Statistika dan pilihan bagi mahasiswa PRODI Matematika. Mata kuliah ini diajarkan pada semester akhir tahun ketiga. Sebelum mengambil mata kuliah ini diharapkan mahasiswa sudah mempunyai pengetahuan dasar Statistika dengan syarat sudah mengambil mata kuliah Metode Statistika, Aljabar Linier, Aljabar Matriks, Teori peluang dan Komputasi Statistika. Sebagai mata kuliah wajib, kompetensi dasar yang harus dimiliki oleh lulusan Statistika UNHAS adalah mampu menggunakan konsep-konsep metode perancangan percobaan dan analisisnya dengan menggunakan software statistika pada berbagai bidang ilmu yang terkait.

Secara garis besar, materi yang ada di mata kuliah Perancangan Percobaan adalah *Prinsip Dasar Perancangan Percobaan, Percobaan Satu Faktor, Uji Perbandingan Nilai Tengah, Percobaan Faktorial, Rancangan Percobaan dengan Pengamatan Berulang, dan Asumsi dalam Perancangan Percobaan*. Materi-materi tersebut dirancang untuk diberikan secara kontinu selama satu semester (kurang lebih 14 minggu pembelajaran) dengan metode pembelajaran (*learning*) fokus pada mahasiswa sebagai pusat pembelajaran sebagaimana yang dicanangkan di UNHAS melalui *Student Centered Learning* atau SCL. Berbagai metode pembelajaran yang ditawarkan bertujuan agar mahasiswa dapat memahami Metode pembelajaran yang ditawarkan bertujuan agar mahasiswa dapat memahami konsep-konsep Perancangan Percobaan dengan benar, dapat melakukan analisis data percobaan pada berbagai bidang ilmu terkait, baik secara manual maupun dengan bantuan paket software pengolahan data Statistika. Untuk itu, jangka panjang metode ini akan memberikan keahlian dalam perancangan percobaan bagi lulusan Statistika untuk digunakan dalam dunia kerja maupun untuk kelanjutan studinya.

## **Bab 2. Bahan Pembelajaran 1**

### **PRINSIP DASAR PERANCANGAN PERCOBAAN**

#### **A. Pendahuluan**

Bahan Pembelajaran 1 berupa modul ini adalah suatu pengantar dalam perancangan percobaan yang akan dibahas hubungannya dengan sasaran, analisis dan efisiensi. Jika pada kenyataannya bahwa pengetahuan baru paling sering diperoleh melalui analisis dan interpretasi data, maka diperlukan suatu usaha dan pemikiran yang cukup memadai. Pada tahap perencanaan pengumpulan data diperlukan konsentrasi pemikiran sehingga informasi yang diperoleh maksimum dengan biaya dan sumber daya seminimum mungkin. Dengan demikian, merancang percobaan yang efisien merupakan hal yang sangat penting dan utama untuk memperoleh nilai dugaan tak bias bagi nilai tengah perlakuan, beda antara nilai tengah, dan galat percobaan.

Adapun ruang lingkup materi modul 1 ini meliputi : Perancangan percobaan, tujuan percobaan, prinsip dasar percobaan, istilah-istilah dalam percobaan dan klasifikasi rancangan percobaan

Keterkaitan modul ini dengan modul lainnya adalah bahwa modul ini merupakan pengantar bagi modul-modul selanjutnya.

Sasaran yang ingin dicapai dari Bahan Pembelajaran 1 ini adalah :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan secara tertulis atau lisan 3 (tiga) prinsip dasar percobaan dan memberikan masing-masing satu contoh
2. Mahasiswa dapat menjelaskan istilah-istilah dalam percobaan
3. Mahasiswa dapat menuliskan minimal 2 (dua) tujuan umum suatu percobaan
4. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian rancangan perlakuan, rancangan lingkungan dan rancangan pengukuran.

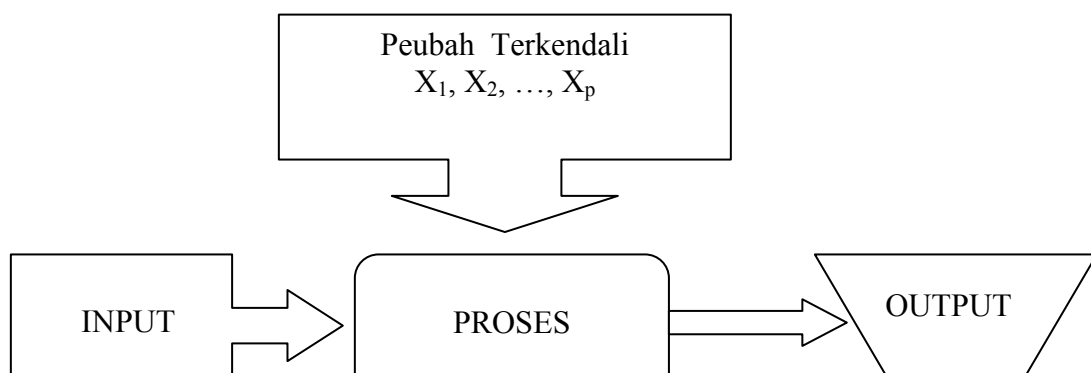
#### **B. Uraian Bahan Pembelajaran**

1. **Perancangan Percobaan**

Percobaan dapat diartikan sebagai berikut :

1. Percobaan adalah suatu tindakan atau pengamatan khusus yang dilakukan untuk memperkuat atau meniadakan sesuatu yang meragukan, khususnya untuk hal-hal yang kondisinya ditentukan oleh si peneliti sebelumnya.
2. Percobaan adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk menemukan beberapa prinsip atau pengaruh yang tidak/belum diketahui atau untuk menguji, menguatkan, atau menjelaskan beberapa pendapat atau kebenaran yang diketahui atau diduga sebelumnya.

Perancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistika deskripsi maupun statistik inferensi yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut atau Perancangan percobaan adalah prosedur untuk menempatkan perlakuan ke dalam satuan-satuan percobaan dengan tujuan utama mendapatkan data yang memenuhi persyaratan ilmiah. Adapun ilustrasinya dapat dibuat sebagai berikut.



**Gambar 1.** Prosedur dalam Perancangan Percobaan.

## **2. Tujuan Suatu Percobaan**

Dalam merancang suatu percobaan, tuliskan tujuan secara jelas, dapat juga dalam bentuk pertanyaan yang harus diperoleh jawabannya, hipotesis yang hendak diuji, dan pengaruh yang hendak diuji.

Adapun tujuan secara umum dari suatu perancangan percobaan ini adalah:

1. Memilih perubah terkendali (X) yang paling berpengaruh terhadap respon (Y)
2. Memilih gugus perubah X yang paling mendekati nilai harapan Y
3. Memilih gugus perubah X yang menyebabkan keragaman respon ( $\sigma^2$ ) paling kecil
4. Memilih gugus peubah X yang mengakibatkan pengaruh perubah tak terkendali paling kecil.

## **3. Prinsip Dasar Percobaan**

Prinsip utama dari perancangan percobaan merupakan gagasan dasar dari *R.A.Fisher* dan *F.Yates* dari stasiun percobaan Rothamsted. Prinsip-prinsip tersebut adalah: pengacakan (*randomization*), pengulangan

(*replication*) dan pengendalian lokal (*local control*). Prinsip itu dibutuhkan untuk pendugaan yang sah (*valid*) dari galat percobaan (*experimental error*) dan usaha meminimumkan galat percobaan guna meningkatkan ketelitian percobaan.

Ketelitian (*precision*), kepekaan (*sensitivity*) dan banyaknya keterangan (*amount of information*) dari suatu percobaan diukur sebagai berbanding terbalik dari ragam (*Variance*) dan nilai tengah (*mean*). Jika  $I$  dilambangkan banyaknya keterangan, maka :

$$I = \frac{1}{\sigma_y^2} = \frac{1}{(\sigma^2/n)} = \frac{n}{\sigma^2}$$

Berdasarkan persamaan di atas, jika ragam  $\sigma^2$  meningkat, maka banyaknya keterangan akan berkurang; jika ukuran  $n$  meningkat maka banyaknya keterangan akan bertambah. Keadaan ini mengakibatkan perbandingan dua nilai tengah sampel meningkat menjadi lebih peka, dengan demikian kita dapat menemukan perbedaan yang lebih kecil di antara nilai tengah populasi jika ukuran sampel meningkat.

Dalam suatu perancangan percobaan, data yang dianalisis statistika dikatakan sah atau valid apabila data tersebut diperoleh dari suatu percobaan yang memenuhi tiga prinsip dasar yaitu:

1. Pengacakan (*Randomization*)

Pengacakan yaitu setiap unit percobaan harus memiliki peluang yang sama untuk diberi suatu perlakuan tertentu. Pengacakan perlakuan pada unit-unit percobaan dapat menggunakan tabel bilangan acak, sistem lotere secara manual atau dapat juga menggunakan komputer. Fungsi dari pengacakan adalah menjamin sahnya atas dugaan takbias galat percobaan dan nilai tengah perlakuan serata perbedaan di antara mereka. Pengacakan salah satu dari beberapa ciri modern pengacakan percobaan yang muncul atas gagasan *R.A. Fisher*. Acak (*random*) berbeda dengan sembarang (*haphazard*). Dimana sembarang akan merusak atau melemahkan teknik percobaan sedangkan acak mengandung pengertian memberikan kesempatan yang sama kepada

masing-masing satuan percobaan untuk dikenakan perlakuan. Cochran dan Cox (1957) menyatakan "pengacakan adalah suatu yang analogi dengan asuransi, yaitu semacam tindakan pencegahan melawan gangguan yang mungkin terjadi dan dapat berakibat serius jika mereka terjadi". Melalui pengacakan maka uji-uji statistika menjadi sah di mana salah satu asumsi dalam analisis data bahwa galat bersifat bebas dapat dipenuhi. Kadang-kadang konsep pengacakan dipernalkan sebagai suatu cara untuk "menghilangkan" bias. Dengan demikian konsep pengacakan memainkan peranan penting dalam perancangan percobaan yang sah.

2. Pengulangan (*Replication*), yaitu pengalokasian suatu perlakuan tertentu terhadap beberapa unit percobaan pada kondisi yang seragam.

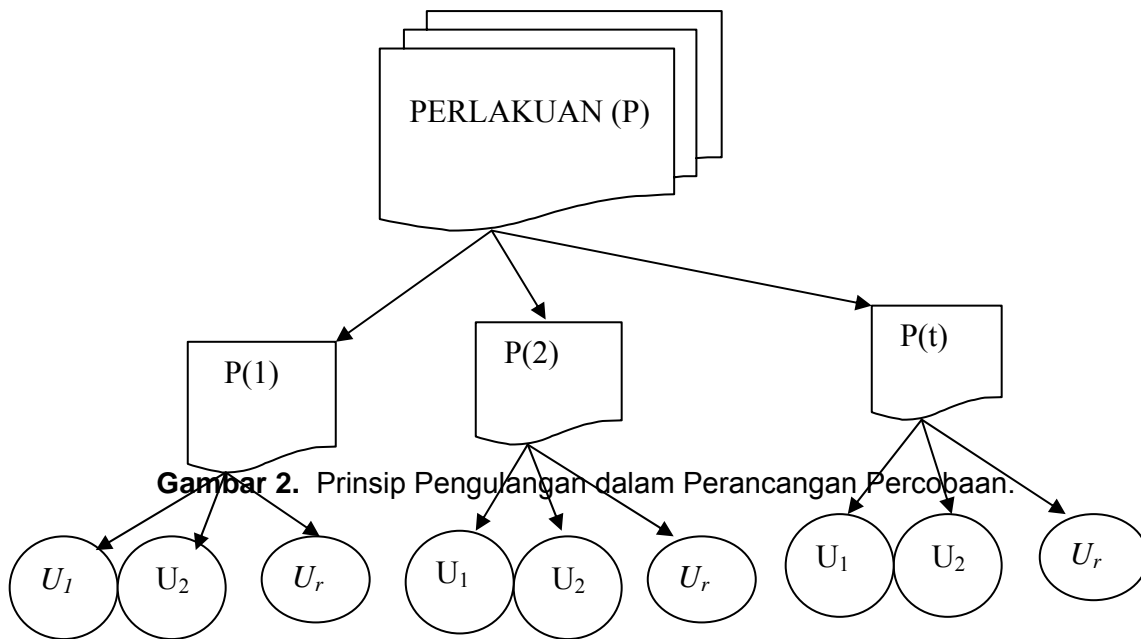
Pengulangan bertujuan untuk:

- a. Menduga ragam (variansi) dari galat percobaan
- b. Menduga galat baku (standard error) dari rata-rata perlakuan
- c. Meningkatkan ketetapan percobaan
- d. Memperluas presisi kesimpulan percobaan yaitu melalui pemilihan dan penggunaan satuan-satuan percobaan yang lebih bervariasi.

Jika jumlah ulangan meningkat (bertambah) maka dugaan nilai tengah populasi (Population means) melalui titik tengah perlakuan yang diamati menjadi lebih teliti. Dalam batas-batas tertentu penggunaan satuan-satuan percobaan yang kurang homogen atau teknik-teknik yang kurang teliti, dapat diatasi dengan menambah jumlah ulangan. Hal ini akan memberikan populasi induk yang baru dengan galat percobaan yang lebih besar. Bagaimanapun, menambah jumlah ulangan biasanya meningkatkan ketelitian, mengurangi panjang selang kepercayaan, dan meningkatkan kuasa uji statistika. Pengulangan juga memungkinkan kita untuk mengelompokkan satuan-satuan percobaan menurut respon yang diharapkan. Tujuannya adalah memaksimalkan keragaman antar kelompok dan meminimumkan keragaman

dalam kelompok. Dengan cara ini membuat satuan-satuan percobaan dalam kelompok relatif lebih homogen sehingga usaha mempelajari perbedaan di antara perlakuan-perlakuan dapat lebih teliti. Melalui cara ini ragam galat dapat dikendalikan.

Sebagai ilustrasi perhatikan gambar berikut.



Gambar 2. Prinsip Pengulangan dalam Perancangan Percobaan.

3. Pengendalian lingkungan (*local control*), yaitu usaha untuk mengendalikan keragaman yang muncul akibat keheterogenan kondisi lingkungan. Usaha-usaha pengendalian lingkungan yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan pengelompokan (*blocking*) satu arah, maupun multi arah. Pengelompokan dikatakan baik jika keragaman didalam kelompok lebih kecil dibandingkan dengan keragaman antar kelompok. Untuk mencapai kondisi tersebut maka kelompok yang dibentuk harus tegak lurus dengan arah keragaman unit percobaan.

Pengendalian lingkungan dapat dikerjakan melalui :

- a. Perancangan Percobaan

Penggunaan perancangan percobaan untuk pengendalian galat percobaan telah digunakan secara meluas oleh peneliti dalam

melaksanakan percobaannya. Pengendalian galat percobaan melalui pemilihan perancangan percobaan biasanya dikerjakan melalui pengelompokan satuan-satuan percobaan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (*randomized blok design*).

- b. Penggunaan Pengamatan Pengiring (*concomitant observations*) atau Peubah Pengiring (*concomitant variable*)

Dalam banyak percobaan tingkat ketelitian dapat ditingkatkan melalui penggunaan peubah pengiring dan dalam statistika teknik ini disebut analisis peragam (*analysis of variance*). Analisis ini digunakan bila keragaman di antara satuan-satuan percobaan ada, dalam hal mana keragaman dari karakteristik lain yang dapat diukur tidak cukup terkendali melalui prinsip-prinsip di atas.

- c. Pemilihan Ukuran Satuan-satuan Percobaan.

Telah menjadi suatu aturan bahwa ukuran satuan percobaan yang besar akan menunjukkan keragaman yang lebih kecil daripada satuan-satuan percobaan yang sedikit. Seperti telah dikemukakan di depan, bahwa ada suatu hubungan antara ukuran sampel  $n$  dengan ragam  $\sigma^2$ ; di mana galat percobaan  $\sigma_y^2 = \sigma^2/n$ ,

sehingga jika  $n$  semakin besar, maka galat percobaan akan semakin kecil yang berarti tingkat ketelitian akan semakin tinggi.

#### **4. Beberapa Istilah dalam Suatu Percobaan**

Ada beberapa istilah dalam perancangan percobaan yang harus dikenal antara lain :

1. **Perlakuan (*Treatment*)**  
Perlakuan merupakan suatu prosedur atau metode yang diharapkan pada unit percobaan. Prosedur atau metode yang diterapkan dapat berupa pemberian jenis pupuk yang berbeda, dosis pemupukan yang berbeda, jenis varietas yang digunakan berbeda, pemberian jenis pakan yang berbeda, kombinasi dari semua taraf-teraf beberapa faktor dan lain-lain.
2. **Unit Percobaan**  
Unit percobaan adalah unit terkecil dalam suatu percobaan yang diberi suatu perlakuan. Unit terkecil ini bisa berupa petak lahan, individu, sekandang ternak dll tergantung pada bidang penelitian yang sedang dipelajari.
3. **Satuan Amatan**  
Satuan amatan adalah anak gugus dari dari unit percobaan tempat dimana respon perlakuan diukur.
4. **Faktor**  
Faktor adalah peubah bebas yang dicobakan dalam percobaan sebagai penyusun struktur perlakuan. Peubah bebas yang dcobakan dapat berupa peubah kualitatif maupun peubah kuantitatif
5. **Taraf (*Level*)**  
Taraf adalah nilai-nilai dari peubah bebas (faktor) yang dicobakan dalam percobaan. Misal, faktor jenis varietas dibedakan menjadi 3 taraf yaitu varietas A, varietas B dan varietas C.

## **5. Klasifikasi dalam Perancangan Percobaan**

Suatu rancangan percobaan merupakan satu kesatuan antara rancangan perlakuan, rancangan lingkungan dan rancangan pengukuran. Rancangan perlakuan adalah merupakan rancangan yang berkaitan dengan

bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut dibentuk. Komposisi dari suatu perlakuan dapat dibentuk dari satu faktor, dua faktor, atau lebih, ini sangat tergantung pada fokus penelitian.

Rancangan lingkungan adalah suatu rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut ditempatkan pada unit percobaan. Penempatan perlakuan pada unit percobaan dilakukan secara acak yang didasarkan pada kondisi unit-unit percobaan yang digunakan dalam penelitian.

Sedangkan rancangan pengukuran adalah merupakan rancangan yang membicarakan bagaimana respon percobaan diambil unit-unit percobaan yang diteliti. Sebagai misal pengukuran luas permukaan daun dari suatu tanaman, untuk memperoleh ukuran luas permukaan daun diperlukan suatu teknik pengukuran yang biasa dipertahankan secara umum.

Secara garis besar rancangan percobaan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Rancangan Perlakuan
  - a. Satu faktor
  - b. Dua faktor
    - Faktorial
      - Bersilang
      - Tersarang
    - Split plot (Petak terbagi)
    - Split Blok (Blok terpisah)
  - c. Tiga Faktor atau lebih
    - Faktorial
      - Bersilang
      - Tersarang
      - Campuran (bersilang sebagian dan tersarang sebagian)
    - Split-split plot (petak terbagi bagi)
    - Split-split blok (blok terpisah-pisah)

2. Rancangan Lingkungan
  - Rancangan acak lengkap (RAL)
  - Rancangan acak kelompok lengkap (RAKL)
  - Rancangan bujur sangkar latin (RBSL)
  - Rancangan *Lattice*
    - *Lattice* seimbang
    - *Triple Lattices*
    - *Quadruple lattices*

Disamping rancangan tersebut di atas masih terdapat rancangan–rancangan lain seperti rancangan tidak lengkap ataupun berbagai rancangan lainnya.

## C. Penutup

Sebagai penutup untuk Bahan Pembelajaran 1 ini, berikut diberikan soal kuis untuk melihat sejauh mana pemahaman mahasiswa untuk modul yang pertama ini.

### **Soal Kuis.**

1. Sebutkan dan jelaskan 3 (tiga) prinsip dasar percobaan dan berikan contoh!
2. Sebutkan dan jelaskan 4 (empat) istilah dalam percobaan
3. Jelaskan dan berikan contoh :
  - a. Rancangan perlakuan
  - b. Rancangan lingkungan dan
  - c. Rancangan pengukuran

Keberhasilan mahasiswa memahami konsep prinsip dasar perancangan percobaan dan dapat menyelesaikan soal-soal dengan baik akan memudahkan untuk mempelajari modul selanjutnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Montgomery Douglas C. (1991). Design and Analysis of Experiments, Third Edition, John Wiley & Sons.
- [2] Ahmad Ansori Mattjik Ir., M. Sc., Ph.D dan Made Sumertajaya Ir., M.Si. (2000). Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB. Edisi Kesatu, IPB PRESS, BOGOR.
- [3] Sudjana, M.A., M.Sc., DR. Prof. (1994). Desain dan Analisis Eksperimen, Edisi III. Tarsito Bandung.
- [4] Stell R.G.D. dan Torrie J. H. (1993). Prinsip dan Prosedur Statistika, Edisi Ketiga, Gramedia Pustaka Utama.
- [5] Vincent Gaspersz Ir, Dr. (1991). Metode Perancangan Percobaan, CV. ARMICO. Bandung.

## **Bab 3. Bahan Pembelajaran 2**

# PERCOBAAN SATU FAKTOR DAN UJI PERBANDINGAN NILAI TENGAH

## A. Pendahuluan

Percobaan satu faktor adalah suatu percobaan yang dirancang dengan hanya melibatkan satu faktor dengan beberapa taraf sebagai perlakuan. Rancangan ini pada dasarnya menjaga kondisi faktor-faktor lain dalam kondisi tetap. Sebagai contoh percobaan hasil produksi jagung atau padi beberapa varietas, percobaan pemupukan dengan berbagai dosis yang melibatkan satu jenis pupuk, percobaan faksinasi dengan berbagai dosis yang melibatkan satu jenis faksin dan lain-lain. Percobaan satu faktor dapat diterapkan pada berbagai rancangan lingkungan seperti RAL, RAKL, RBSL dll tergantung dari kondisi unit percobaan yang digunakan.

Adapun ruang lingkup materi modul 2 ini meliputi : Rancangan Acak Lengkap (RAL), Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) dan Uji Perbandingan Nilai Tengah Perlakuan.

Keterkaitan modul ini dengan modul lainnya adalah bahwa modul ini sangat erat kaitan dengan modul selanjutnya seperti percobaan dua faktor atau lebih.

Sasaran yang ingin dicapai dari Bahan Pembelajaran 2 ini adalah :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan secara tertulis dan membedakan cara pengacakan RAL, RAKL dan RBSL
2. Mahasiswa dapat menuliskan model linier aditif RAL, RAKL dan RBSL dan menjelaskan simbol-simbol yang digunakan
3. Mahasiswa dapat menurunkan rumus-rumus dalam analisis variansi (ANOVA) pada Rancangan Acak lengkap
4. Mahasiswa dapat membuat tabel anava pada RAL, RAKL dan RBSL.
5. Mahasiswa dapat menggunakan uji perbandingan nilai tengah
6. Mahasiswa dapat mengaplikasikan pada berbagai bidang ilmu pengetahuan.
7. Mahasiswa dapat menggunakan software Statistika dalam menganalisis RAL, RAKL dan RBSL.

## **B. Uraian Bahan Pembelajaran**

### **1. Rancangan Acak Lengkap (*Completely Randomize Design* = RAL)**

Penerapan percobaan satu faktor dalam rancangan acak lengkap atau disingkat RAL, biasanya digunakan jika kondisi unit percobaan yang digunakan relatif homogen. Percobaan ini biasa dilakukan di laboratorium / rumah kaca dan melibatkan sedikit unit percobaan, keheterogenan unit percobaan bisa dijamin. Sedangkan untuk dilapangan keheterogenan unit percobaan sangat sulit untuk dipenuhi, begitu juga bila melibatkan unit-unit percobaan yang cukup besar.

Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang paling sederhana di antara rancangan-rancangan yang baku. Jika kita ingin mempelajari  $t$  buah perlakuan dan menggunakan  $r$  satuan percobaan untuk setiap perlakuan atau menggunakan total  $rt$  satuan percobaan, maka RAL membutuhkan kita mengalokasikan  $t$  perlakuan secara acak kepada  $rt$  satuan percobaan. Beberapa keuntungan dari penggunaan RAL, antara lain : (1) denah perancangan lebih mudah, (2) analisis statistics terhadap subjek percobaan sangat sederhana, (3) fleksibel dalam penggunaan jumlah perlakuan dan jumlah ulangan, (4) kehilangan informasi relatif sedikit dalam dalam hal data hilang dibandingkan dengan rancangan lain. Penggunaan rancangan acak lengkap (RAL) akan tepat dalam kasus : (1) bila bahan percobaan homogen atau relatif homogen, dan (2) jumlah perlakuan terbatas.

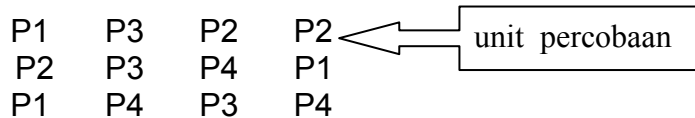
#### **1.1 Pengacakan dan Bagan Percobaan**

Pengacakan adalah suatu proses yang membuat kaidah-kaidah peluang dapat diterapkan sehingga analisis data menjadi sah. Melalui pengacakan setiap satuan percobaan mempunyai peluang yang sama untuk menerima suatu perlakuan. Pengacakan dapat dikerjakan

dengan cara undian (lotere) atau menggunakan tabel angka acak ataupun menggunakan software computer. Berikut ini akan dikemukakan proses pengacakan sebagai berikut.

**Kasus.**

Suatu percobaan dengan empat buah perlakuan (P1,P2,P3 dan P4) dan setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Dengan demikian akan melibatkan unit percobaan sebanyak  $3 \times 4 = 12$  unit percobaan. Pengacakan perlakuan dilakukan langsung terhadap terhadap 12 unit percobaan. Sehingga bagan percobaannya digambarkan sebagai berikut.



Tabulasi Data disajikan sebagai berikut :

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	
1	$y_{11}$	$Y_{21}$	$y_{31}$	$y_{41}$	
2	$y_{12}$	$Y_{22}$	$y_{32}$	$y_{42}$	
3	$y_{13}$	$Y_{23}$	$y_{33}$	$y_{43}$	
Total ( $y_{i0}$ )	$y_{10}$	$Y_{20}$	$y_{30}$	$y_{40}$	$y_{00}$

**1.2 Model Linier dan Penguraian Keragaman Total**

Model linier aditif secara umum dari rancangan satu faktor dengan RAL dapat dibedakan menjadi dua yaitu model tetap dan model acak. Model tetap

adalah model dimana perlakuan-perlakuan yang digunakan dalam percobaan berasal dari populasi yang terbatas dan pemilihan perlakuannya ditentukan secara langsung oleh sipeneliti. Kesimpulan yang diperoleh dari model tetap terbatas hanya pada perlakuan-perlakuan yang cobakan saja dan tidak bisa digeneralisasikan. Dalam model ini pengaruh perlakuan ( $\tau_i$ ) bersifat tetap dan galat percobaan ( $\varepsilon_{ij}$ ) bebas, menyebar secara normal dengan nilai tengah sama dengan nol dan ragam sama dengan ( $\sigma^2$ ). Sedangkan model acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan. Dalam model acak, seorang peneliti akan berhadapan dengan populasi perlakuan. Kesimpulan yang diperoleh dari model acak berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan yang didasarkan atas  $t$  buah perlakuan yang dicobakan dimana perlakuan-perlakuan tersebut dipilih secara acak dari populasi perlakuan yang ada.

Bentuk umum model linier aditif dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{atau} \quad y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij} \quad ;$$

$$i = 1, 2, \dots, t ; j = 1, 2, \dots, r$$

dimana:

$y_{ij}$  = Pengamatan pada perlakuan ke- $i$  dan ulangan ke- $j$

$\mu$  = Rataan umum

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke- $i$

$\varepsilon_{ij}$  = Error (pengaruh acak) pada perlakuan ke- $i$  dan ulangan ke- $j$

Asumsi untuk model tetap adalah  $\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$ ,  $Var(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2 \forall ij$  dan

$\varepsilon_{ij} \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma^2)$ , sedangkan untuk model acak adalah bahwa  $E(\tau_i) = 0$ ,

$Var(\tau_i) = \sigma_\tau^2$ ,  $Var(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2 \forall ij$ , dan  $\varepsilon_{ij} \stackrel{bsi}{\sim} N(0, \sigma^2)$ .

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji sebagai berikut :

$$H_o : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \tau_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, t$$

atau

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_1 : \text{Ada } \mu_i \neq \mu_{i^*} \text{ untuk } i \neq i^*$$

Berdasarkan model di atas maka dengan metode kuadrat terkecil penduga dari  $\mu$ ,  $\mu_i$ , dan  $\varepsilon_{ij}$  diperoleh sebagai berikut :

$$\hat{\mu} = \bar{y}_{oo} ,$$

$$\hat{\mu}_i = \bar{y}_{io} \text{ dan}$$

$$\hat{\varepsilon}_{ij} = e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_{io}$$

sehingga keragaman total dapat diuraikan sbb :

$$y_{ij} - \bar{y}_{oo} = y_{ij} - \bar{y}_{io} + \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo} \text{ atau}$$

$$(y_{ij} - \bar{y}_{oo}) = (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo}) + (y_{ij} - \bar{y}_{io})$$

dan jika dikuadratkan di jumlahkan, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{oo})^2 &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{io})^2 + \\ &\quad \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(y_{ij} - \bar{y}_{io}) \end{aligned}$$

karena 
$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(y_{ij} - \bar{y}_{io}) = 0.$$

Rumusan di atas secara bahasa dapat dinyatakan sebagai :

$$\text{Jumlah kuadrat total} = \text{jumlah kuadrat perlakuan} + \text{jumlah kuadrat galat (error)},$$

Atau jika Jumlah Kuadrat Total dinyatakan dengan JKT, Jumlah Kuadrat Perlakuan dinyatakan dengan JKP, dan Jumlah Kuadrat Galat (Error) dinyatakan dengan JKG, maka bentuk di atas dapat dituliskan menjadi:

$$\text{JKT} = \text{JKP} + \text{JKG}$$

Tabel Analisis Variansi (ANOVA) dengan uraian keragaman di atas disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Analisis Variansi Berdasarkan Uraian Keragaman.

Sumber keragaman	Derajat bebas (DB)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F-hitung
<b>Ulangan Sama (<math>r_1 = r_2 = \dots = r_t = r</math>)</b>				
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Galat	T(r-1)	JKG	KTG	
Total	tr-1	JKT		
<b>Ulangan Tidak Sama (<math>r_1 \neq r_2 \neq \dots \neq r_t</math>)</b>				
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Galat	$\sum (r_i - 1)$	JKG	KTG	
Total	$\sum r_i - 1$	JKT		

Rumus untuk menghitung jumlah kuadrat untuk percobaan dengan ulangan setiap perlakuan sama dapat dirumuskan sebagai berikut.

Untuk FK = Faktor Koreksi, maka

$$FK = \frac{y_{oo}^2}{tr}$$

Untuk JKT = Jumlah Kuadrat Total, maka

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{oo})^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - FK$$

Untuk JKP = Jumlah Kuadrat Perlakuan, maka

$$JKP = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})^2 = \sum_{i=1}^t \frac{y_{io}^2}{r} - FK$$

Untuk JKG = Jumlah Kuadrat Galat, maka

$$JKG = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{io})^2 = JKT - JKP$$

### 1.3. Pengujian Hipotesis

Statistik uji  $F_{hitung} = KTG/KTP$  mengikuti sebarang  $F$  dengan derajat bebas pembilang sebesar  $t-1$  dan derajat bebas penyebut sebesar  $t(r-1)$ . Dengan demikian jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel} (F_{\alpha; (t-1); t(r-1)})$  maka hipotesis nol ditolak.

Dan berlaku sebaliknya. Penolakan hipotesis nol ( $H_0$ ) berimplikasi bahwa perlakuan yang diberikan pada unit-unit percobaan memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon yang diamati.

Penduga variansi galat dapat diuraikan sbb:

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2 &= \frac{JKG}{t(r-1)} = \frac{JKG}{\sum (r_i - 1)} \\ &= \frac{(r_1 - 1)s_1^2 + (r_2 - 1)s_2^2 + \dots + (r_t - 1)s_t^2}{\sum (r_i - 1)} \end{aligned}$$

Penduga variansi pengaruh perlakuan adalah

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{KTP - KTG}{r}$$

dan

Koefisien Keragaman/variansi (KK) atau sering juga disebut sebagai keragaman relatif terhadap besaran data adalah :

$$KK = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{y}_{oo}} \times 100\% = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}_{oo}} \times 100\%$$

Nilai KK yang terlalu besar bila dibandingkan dengan nilai yang biasa diperoleh peneliti, mencerminekan bahwa unit-unit percobaan yang digunakan tidak homogen. Besaran ideal dari nilai KK ini sangat tergantung pada bidang studi yang digeluti. Sebagai contoh, untuk bidang pertanian nilai KK yang dianggap wajar adalah 20%-25%, namun demikian untuk percobaan yang dilakukan di laboratorium nilai KK tentunya diharapkan lebih kecil. Besaran KK dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi apakah data yang diperoleh perlu ditransformasi.

**Contoh.**

Suatu penelitian mengenai kandungan nitrogen dalam milligram dari tanaman "red clover" yang disuntik dengan jamur *Rhizobium trifolii* ditambah gabungan dari lima strain *Rhizobium melitoti*. Terdapat enam perlakuan, dimana lima perlakuan merupakan penularan *R. trifolii* salah satu *R. melitoti* serta satu perlakuan merupakan penularan gabungan darisemua strain. Penularan dilakukan di rumah kaca, dimana setiap perlakuan dilakukan pada 5 pot tanaman. Jumlah pot yang disediakan adalah 30 buah dengan tanaman yang serupa. Penyuntikan keenam perlakuan dilakukan secara acak. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap. Hasil pengukuran kandungan Nitrogen tanaman "red clover" (mg) sebagai berikut.

Ulangan	Perlakuan						Total
	3Dok1	3Dok5	3Dok4	3Dok7	3Dok13	Gabungan	
1	19,4	17,7	17,0	20,7	14,3	17,3	
2	32,6	24,8	19,4	21,0	14,4	19,4	
3	27,0	27,9	9,1	20,5	11,8	19,1	

4	32,1	25,2	11,9	18,8	11,6	16,9	
5	33,0	24,3	15,8	18,6	14,2	20,8	
<b>Total</b>	144,1	119,9	73,2	99,6	66,3	93,5	596,6
<b>Rataan</b>	28,8	24,0	14,6	19,9	13,3	18,7	

Hasil penelitian tersebut dapat dibuat langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

### 1. Model

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\dots,6; j = 1,2,\dots,5$$

dimana :

$y_{ij}$  = kandungan nitrogen dari tanaman ke- $j$  yang memperoleh perlakuan ke- $i$

$\mu$  = Rataan umum (nilai tengah)

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke- $i$

$\varepsilon_{ij}$  = Error (pengaruh acak) pada tanaman ke- $j$  yang memperoleh perlakuan ke- $i$

### 2. Asumsi yang diperlukan untuk analisis ini adalah :

- Komponen  $\mu, \tau_i$  dan  $\varepsilon_{ij}$  bersifat aditif
- Nilai tengah  $\tau_i$  ( $i = 1,2,3,4,5,6$ ) tetap,  $\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$  dan  $E(\tau_i) = \tau_i$
- $\varepsilon_{ij}$  timbul secara acak, menyebar secara normal dengan nilai tengah nol dan ragam  $\sigma^2$ , atau ditulis  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

### 3. Hipotesis

Hipotesis yang akan diuji melalui model ini adalah :

$$H_o : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_6 = 0$$

tidak ada pengaruh perlakuan terhadap kandungan nitrogen tanaman

$$H_1 : \text{Ada } \tau_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, 6$$

minimal ada satu perlakuan yang mempengaruhi kandungan nitrogen tanaman

#### 4. Perhitungan

Adapun tahap-tahap perhitungan sebagai berikut :

- a. Derajat bebas (db) untuk setiap sumber keragaman sebagai berikut :

$$\text{db total} = t.r - 1 = (6)(5) - 1 = 29$$

$$\text{db perlakuan} = t - 1 = 6 - 1 = 5$$

$$\text{db galat} = t(r - 1) = 6(5-1) = 24$$

- b. Dengan menggunakan notasi  $y_{ij}$  sebagai pengukuran hasil kandungan nitrogen untuk masing-masing tanaman, t sebagai jumlah perlakuan dan r jumlah ulangan proses perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) sebagai berikut :

$$\text{Faktor Koreksi atau } FK = \frac{y_{oo}^2}{tr} = \frac{(596,6)^2}{30} = 11864,38$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total atau } JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - FK = 1129,98$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan atau } JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_{io}^2}{r} - FK = 847,05$$

Jumlah Kuadrat Galat atau

$$JKG = JKT - JKP = 1129,98 - 847,05 = 282,93$$

- c. Menghitung Kuadrat Tengah (KT) melalui pembagian setiap JK dengan derajat bebasnya, sebagai berikut :

$$\text{Kuadrat Tengah Pelakuan atau } KTP = \frac{JKP}{t-1} = \frac{847,05}{5} = 169,41$$

$$\text{Kuadrat Tengah Galat atau } KTG = \frac{JKG}{t(r-1)} = \frac{282,93}{24} = 11,79$$

- d. Menghitung nilai  $F_{hitung}$  , yakni :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{169,41}{11,79} = 14,37$$

- e. Menghitung Koefisien Keragaman (KK), yakni :

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}_{oo}} \times 100\% = \frac{\sqrt{11,79}}{19,89} = 17,26 \%$$

- f. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat disusun tabel analisis variansi (ANOVA) sebagai berikut :

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Baris (hari)	4	7,36	1,84	1,30 <sup>tn</sup>	3,26	5,41
Kolom (mobil)	4	13,36	3,34	2,37 <sup>tn</sup>	3,26	5,41
Perlakuan	4	23,76	5,94	4,21*	3,26	5,41
Galat	12	16,88	1,41			
Total	24	61,36				

## 5. Kaidah Keputusan

Adapun kaidah keputusan pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Jika  $F_{hitung}$  lebih besar daripada  $F_{tabel}$  pada taraf 1%, perbedaan diantara nilai tengah perlakuan (atau pengaruh perlakuan) dikatakan sangat nyata ( $F_{hitung}$  ditandai dengan tanda \*\*).
- b. Jika  $F_{hitung}$  lebih besar dari pada  $F_{tabel}$  pada taraf 5 %, perbedaan diantara nilai tengah perlakuan (atau pengaruh perlakuan) dikatakan nyata ( $F_{hitung}$  dapat ditandai dengan tanda \*).
- c. Jika  $F_{hitung}$  lebih kecil dari pada  $F_{tabel}$  pada taraf 5 %, perbedaan diantara nilai tengah perlakuan (atau pengaruh perlakuan) dikatakan nyata ( $F_{hitung}$  dapat ditandai dengan  $tn$ ).

Berdasarkan kaidah keputusan di atas, karena nilai  $F_{hitung} = 14,37$  lebih besar dari pada  $F_{tabel}$  pada taraf 1 %, maka diputuskan untuk menolak  $H_0$ , yang berarti perbedaan di antara perlakuan sangat nyata.

## 6. Kesimpulan

Rata-rata (yang sesungguhnya) dari ke enam perlakuan yang dicobakan tidak semuanya sama. Atau , paling sedikit ada satu perlakuan yang rata-ratanya berbeda dengan yang lain. Atau paling sedikit ada satu perlakuan yang mempengaruhi kandungan nitrogen tanaman sehingga nilai rata-ratanya berbeda dengan yang lainnya.

Hasil perhitungan di atas, menghasilkan pula nilai  $KK = 17,26\%$ . Nilai  $KK$  menunjukkan derajat ketepatan dalam suatu percobaan tertentu. Koefisien keragaman ( $KK$ ) merupakan indeks keterandalan yang baik bagi suatu percobaan la menunjukkan galat percobaan sebagai

persentase dari nilai tengah umum, sehingga jika nilai ini (KK) semakin besar menunjukkan keterandalan suatu percobaan semakin rendah. Dengan demikian untuk penelitian di atas galat percobaan sebagai persentase dari nilai tengah umum adalah 17,26%. Walaupun tidak ada patokan berapa sebaiknya nilai kk ini, tetapi percobaan yang cukup terandal sebaiknya nilai kk tidak melebihi 20%.

## **2. Rancangan Acak Kelompok Lengkap (*Complete Block Design* =RAKL)**

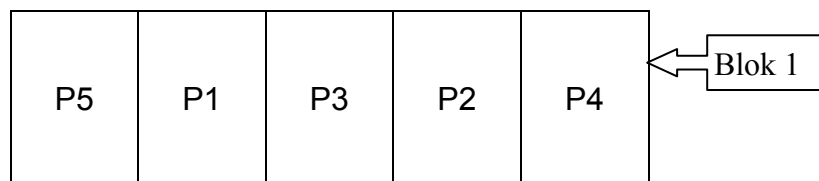
Rancangan acak kelompok lengkap sangat baik digunakan keheterogenan unit percobaan berasal dari sumber keragaman. Sebagai contoh, percobaan yang dilakukan pada hari yang berbeda, percobaan yang melibatkan umur tanaman atau hewan yang berbeda dan lain-lain. Disamping itu percobaan RAKL cukup baik digunakan untuk mengatasi kesulitan dalam mempersiapkan unit percobaan yang homogen dalam jumlah besar. Komponen keragaman unit percobaan yang perlu diperhatikan dalam menentukan pembentukan kelompok adalah komponen keragaman diluar perlakuan yang ikut mempengaruhi respon dari unit-unit percobaan dan hendaknya menghindari terjadi interaksi dengan perlakuan.

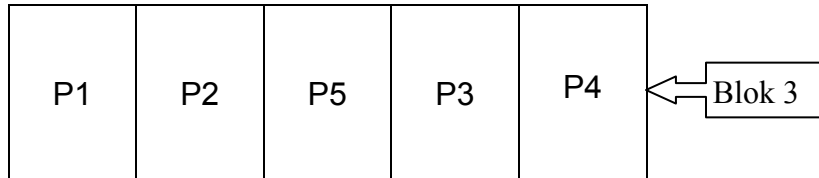
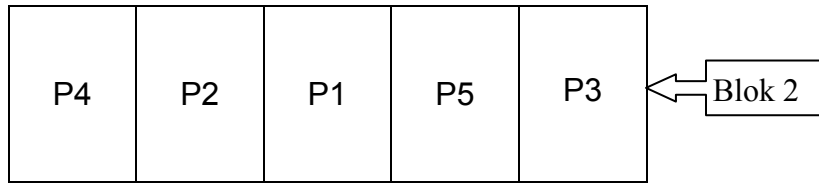
RAKL merupakan salah satu bentuk rancangan yang telah digunakan secara meluas dalam berbagai bidang seperti pertanian, induksi, kesehatan dll. Rancangan ini dicirikan oleh adanya kelompok dalam jumlah yang sama, dimana setiap kelompok dikenakan perlakuan-perlakuan. Melalui pengempokan yang tepat atau efektif, maka rancangan ini dapat mengurangi galat percobaan. Disamping itu rancangan ini juga fleksibel dan sederhana. Jika pada RAL yang dipelajari adalah satu keragaman yang menyebabkan nilai-nilai pengamatan beragam, yaitu keragaman karena perlakuan yang dicobakan, maka pada RAKL yang diperhatikan adalah di samping perlakuan dan pengaruh galat masih dilihat juga adanya kelompok yang berbeda. Kalau digunakan RAL maka satuan percobaan harus homogen sedangkan yang

berlainan adalah perlakuan, apabila menggunakan RAKL satuan percobaan tidak perlu homogen, dimana satuan satuan percobaan tersebut dapat dikelompokkan ke dalam kelompok-kelompok tertentu sehingga satuan percobaan dalam kelompok tersebut menjadi relatif homogen. Dengan demikian proses pengelompokan adalah membuat keragaman dalam kelompok menjadi sekecil mungkin dan keragaman antar kelompok menjadi sebesar mungkin. Suatu pengelompokan yang tepat akan meningkatkan perbedaan di antara kelompok-kelompok sementara akan meninggalkan satuan percobaan di dalam kelompok homogen.

## 2.1 Pengacakan dan Bagan Percobaan

**Kasus.** Suatu percobaan dengan lima buah perlakuan (P1, P2, P3, P4 dan P5) dan setiap perlakuan diulang dalam tiga kelompok atau blok. Dengan demikian akan unit percobaan yang dilibatkan sebanyak 5 unit setiap blok sehingga secara keseluruhan dibutuhkan  $3 \times 5 = 15$  unit percobaan. Pengacakan dilakukan pada masing-masing blok percobaan. Sehingga bagan percobaannya dapat digambarkan sebagai berikut :





Tabulasi datanya dapat disajikan sebagai berikut :

Blok						Total Blok
	P1	P2	P3	P4	P5	( $y_{oj}$ )
1	$y_{11}$	$y_{21}$	$y_{31}$	$y_{41}$	$y_{51}$	$y_{o1}$
2	$y_{12}$	$y_{22}$	$y_{32}$	$y_{42}$	$y_{52}$	$y_{o2}$
3	$y_{13}$	$y_{23}$	$y_{33}$	$y_{43}$	$y_{53}$	$y_{o3}$
<b>Total Perlakuan (<math>y_{io}</math>)</b>	$y_{1o}$	$y_{2o}$	$y_{3o}$	$y_{4o}$	$y_{5o}$	$y_{oo}$

## 2.2 Model Linier dan Penguraian Keragaman

Model Linier aditif secara umum rancangan acak kelompok lengkap adalah sebagai berikut :

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, t ; j = 1, 2, \dots, b$$

dimana

$y_{ij}$  = Pengamatan pada perlakuan ke- $i$  dan kelompok ke- $j$

$\mu$  = Rataan umum

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke- $i$

$\beta_j$  = Pengaruh kelompok ke- $j$

$\varepsilon_{ij}$  = Error (pengaruh acak) pada perlakuan ke- $i$  dan kelompok ke- $j$

Asumsi untuk model tetap adalah  $\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$ ,  $\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$ , dan  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ , sedangkan untuk model acak,  $\tau_i \sim N(0, \sigma_\tau^2)$ ,  $\beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2)$ , dan  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji sebagai berikut :

1) Pengaruh Perlakuan :

$$H_o : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \tau_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, t$$

2) Pengaruh Kelompok:

$$H_o : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \beta_j \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, b$$

Berdasarkan model di atas maka dengan metode kuadrat terkecil penduga dari  $\mu, \mu_i, \mu_j$ , pengaruh perlakuan ( $\tau$ ), pengaruh kelompok atau blok ( $\beta$ ) dan pengaruh acak atau galat /error ( $\varepsilon_{ij}$ ) diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \bar{y}_{oo}, \quad \hat{\mu}_i = \bar{y}_{io}, \quad \hat{\mu}_j = \bar{y}_{oj},$$

$$\hat{\tau}_i = \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo},$$

$$\hat{\beta}_i = \bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo} \text{ dan}$$

$$\hat{\epsilon}_{ij} = e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo}$$

Sehingga keragaman total dapat diuraikan sbb :

$$y_{ij} - \bar{y}_{oo} = y_{ij} - \bar{y}_{io} + \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo} \text{ atau}$$

$$(y_{ij} - \bar{y}_{oo}) = (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo}) + (\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo}) + (y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo})$$

dan jika dikuadratkan di jumlahkan, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{oo})^2 &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo})^2 + \\ &\quad \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo})^2 \end{aligned}$$

karena

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo}) = 0, \text{ dan}$$

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{jo} - \bar{y}_{oo})(y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo}) = 0$$

Jadi diperoleh :

$$JKT = JKP + JKB + JKG$$

Adapun tabel analisis variansi (anava) dapat disajikan pada tabel berikut.

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F <sub>hitung</sub>
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Blok	b-1	JKB	KTB	KTB/KTG
Galat	(t-1)(b-1)	JKG	KTG	
Total	(bt -1)	JKT		

Rumus-rumus perhitungan dalam anava sbb:

Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{y_{oo}^2}{tb}$$

Jumlah Kudrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{oo})^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - FK$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})^2 = \sum_{i=1}^t \frac{y_{io}^2}{b} - FK = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^t y_{io}^2 - FK$$

Jumlah Kuadrat Blok (JKB)

$$JKP = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{oj} - \bar{y}_{oo})^2 = \sum_{j=1}^b \frac{y_{oj}^2}{t} - FK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y_{oj}^2 - FK$$

Jumlah Kuadrat Galat

$$JKG = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo})^2 = JKT - JKP - JKB$$

Pengujian hipotesis yang dilakukan berdasarkan pada ketentuan berikut.

- ❖  $F_{hitung} = \text{KTP/KTG}$  berdistribusi  $F$  dengan db pembilang  $t-1$  dan db penyebut  $(t-1)(b-1)$ , Jika  $F_{hitung} > F_{\alpha;(t-1);(t-1)(b-1)}$ , maka  $H_0$  ditolak dan berlaku sebaliknya.
- ❖  $F_{hitung} = \text{KTB/KTG}$  berdistribusi  $F$  dengan db pembilang  $b-1$  dan db penyebut  $(t-1)(b-1)$ , Jika  $F_{hitung} > F_{\alpha;(b-1);(t-1)(b-1)}$ , maka  $H_0$  ditolak dan berlaku sebaliknya.

**Contoh .**

Suatu percobaan di bidang peternakan tentang pengaruh berbagai campuran ransum (makanan), katakanlah campuran A, B, C, dan D terhadap penambahan bobot badan selamamasa percobaan (diukur dalam kg). Hewan percobaan yang digunakan adalah domba jantan yang terdiri dari umur yang berbeda. Karena berbeda umur, maka dilakuan pengelompokan dan katakanlah ada empat kelompok berdasarkan tingkat umur domba tersebut. Data hasil percobaan diberikan pada tabel sebagai berikut.

Kelompok umur	Perlakuan				Total Kelompok
	A	B	C	D	
1	2	5	8	6	21
2	3	4	7	5	19
3	3	5	10	5	23
4	5	5	9	2	21
Total	13	19	34	18	84

Perlakuan	3,25	4,75	8,50	4,50	5,25
Rata-rata					

Berdasarkan hasil percobaan di atas dapat dibuat langkah-langkah pengujian sebagai berikut.

**1. Model :**

Asumsikan bahwa kita hanya berurusan dengan keempat macam makanan tersebut, sehingga model yang dihadapi adalah model tetap. Model linier untuk percobaan di atas, adalah :

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,3,4 \quad ; \quad j = 1,2,3,4$$

dimana

$y_{ij}$  = Penambahan bobot badan domba ke- $j$  yang memperoleh campuran makanan ke- $i$

$\mu$  = Rataan umum

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan makanan ke- $i$

$\beta_j$  = Pengaruh kelompok domba (kelompok umur) ke- $j$

$\varepsilon_{ij}$  = Pengaruh galat percobaan pada domba ke- $j$  yang memperoleh perlakuan ke- $i$

**2. Asumsi :**

Asumsi yang dibutuhkan untuk analisis ini adalah (untuk model tetap) :

a. Komponen  $\mu, \tau_i, \beta_j$  dan  $\varepsilon_{ij}$  bersifat aditif

b. Nilai-nilai  $\tau_i$  ( $i = 1,2,3,4$ ) tetap,  $\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$  dan  $E(\tau_i) = \tau_i$

- c. Nilai-nilai  $\beta_j$  ( $j = 1,2,3,4$ ) tetap,  $\sum_{i=1}^t \beta_j = 0$  dan  $E(\beta_j) = \beta_j$
- d.  $\varepsilon_{ij}$  timbul secara acak, menyebar secara normal dengan nilai tengah nol dan ragam  $\sigma^2$ , atau ditulis  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

### 3. Hipotesis :

$$H_o : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$$

tidak ada pengaruh perlakuan makanan terhadap penambahan bobot domba jantan

$$H_1 : \text{Ada } \tau_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1,2,3,4$$

minimal ada satu perlakuan makanan yang mempengaruhi penambahan bobot domba jantan.

### 4. Perhitungan :

Proses perhitungan dapat mengikuti tahap-tahap berikut :

- a. Derajat bebas (db) untuk setiap sumber keragaman sebagai berikut :

$$\text{db total} = t.b - 1 = (4)(4) - 1 = 15$$

$$\text{db kelompok} = b - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{db perlakuan} = t - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{db galat} = (t - 1)(b - 1) = (4-1)(4-1) = 9$$

- b. Dengan menggunakan notasi  $y_{ij}$  sebagai pengukuran hasil penambahan bobot badan masing-masing domba jantang, t sebagai jumlah perlakuan dan b jumlah kelompok (blok) proses perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) sebagai berikut :

$$\text{Faktor Koreksi atau } FK = \frac{y_{oo}^2}{tb} = \frac{(84)^2}{16} = 441$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total atau } JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - FK = 81$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Keompok (Blok) atau } JKB = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j}^2}{t} - FK = 2$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan atau } JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_{io}^2}{r} - FK = 61,5$$

Jumlah Kuadrat Galat atau

$$JKG = JKT - JKB - JKP = 81 - 2 - 61,5 = 17,5$$

- c. Menghitung Kuadrat Tengah (KT) melalui pembagian setiap JK dengan derajat bebasnya, sebagai berikut :

$$\text{Kuadrat Tengah Kelompok atau } KTB = \frac{JKB}{b-1} = \frac{2}{3} = 0,6667$$

$$\text{Kuadrat Tengah Pelakuan atau } KTP = \frac{JKP}{t-1} = \frac{61,5}{3} = 20,5$$

$$\text{Kuadrat Tengah Galat atau } KTG = \frac{JKG}{(b-1)(t-1)} = \frac{17,5}{(3)(3)} = 1,9444$$

- d. Menghitung nilai  $F_{hitung}$  , yakni :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{20,5}{1,9444} = 10,54$$

e. Menghitung Koefisien Keragaman (*KK*), yakni :

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}_{oo}} \times 100\% = \frac{\sqrt{1,9444}}{5,25} = 26,56 \%$$

f. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat disusun tabel analisis variansi (ANOVA) sebagai berikut :

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Kelompok	3	2,0	0,6667	10,54**	3,86	6,99
Perlakuan	3	61,5	20,5			
Galat	9	17,5	1,9444			
Total	15	81				

5. Karena  $F_{hitung}$  untuk perlakuan sangat nyata, maka kita memutuskan untuk menolak  $H_0$ . Hal ini berarti ada perbedaan dalam pengaruh perlakuan.

6. Kesimpulan :

Berdasarkan analisis ragam di atas, maka dapat di simpulkan bahwa rata-rata yang sesungguhnya dari keempat perlakuan makanan yang dicobakan tidak semuanya sama. Atau dengan kata lain, palingan sedikit ada satu perlakuan makanan yang mempengaruhi penambahan bobot badan domba jantung , sehingga nilai tangahnya berbeda dengan yang lain.

### 2.3 Efisiensi Relatif (*ER*) RAKL terhadap RAL

Untuk mengetahui apakah RAKL lebih baik dibandingkan dengan RAL dapat dilihat dari besaran  $ER$  dari RAKL. Besaran ini menunjukkan besarnya peningkatan ulangan yang diperlukan jika rancangan yang diterapkan RAL dibandingkan dengan RAK.

$$ER = \frac{(db_b + 1)(db_r + 3) \hat{\sigma}_r^2}{(db_b + 3)(db_r + 1) \hat{\sigma}_b^2}$$

dimana :

$db_b$  = derajat bebas galat dari RAKL

$db_r$  = derajat bebas galat dari RAL

$\hat{\sigma}_b^2$  = KTG dari RAKL

$$\hat{\sigma}_r^2 = \frac{(b-1)KTB + b(t-1)KTG}{tb-1}$$

Sebagai contoh, jika  $ER = 2$  berarti untuk memperoleh sensitifitas RAL sama dengan RAKL maka ulangan yang digunakan dalam penerapan RAL harus 2 kali dari blok (kelompok) dalam RAKL.

### 3. Rancangan Bujur Sangkar Latin (*Latin Square Design* atau RBSL)

Pada kondisi tertentu keheterogenan unit percobaan tidak bisa dikendalikan hanya dengan pengelompokan satu sisi keragaman unit-unit percobaan, namun memerlukan penanganan yang lebih kompleks. Kondisi tentunya memerlukan bentuk rancangan yang lain. Salah satu rancangan yang mampu mengendalikan komponen keragaman unit-unit percobaan lebih dari satu sisi komponen keragaman adalah RBSL. Rancangan ini mengendalikan komponen keragaman unit-unit percobaan dari dua arah (sebutlah arah baris dan arah lajur).

Hal yang perlu dan penting untuk diperhatikan dalam menerapkan RBSL meliputi :

- (1) Banyaknya perlakuan yang dicobakan harus sama banyaknya ulangan
- (2) Perlakuan hanya boleh muncul sekali baris dan setiap lajur.

Dengan demikian, RBSL sangat tidak efektif bila percobaan melibatkan perlakuan dalam jumlah besar.

Dalam RBSL kita menyusun perlakuan-perlakuan di dalam kelompok dengan dua cara, yang biasanya disebut melalui baris dan melalui kolom. Setiap perlakuan hanya diberikan sekali untuk setiap baris dan kolom. Rancangan ini dikenal sebagai suatu rancangan yang mampu mengelompokkan baris dan kolom. Dengan kata lain, jika pada RAKL hanya mengelompokkan satuan percobaan berdasarkan satu kriteria, maka RBSL mampu mengelompokkan satuan percobaan berdasarkan dua kriteria, yaitu baris dan kolom. Persyaratan RBSL yang kadang-kadang dianggap sebagai suatu keterbatasan dari rancangan ini adalah bahwa jumlah ulangan harus sama dengan jumlah perlakuan. Keterbatasan ini kadang-kadang dipandang sangat serius, karena untuk jumlah perlakuan yang besar berarti harus diulang sebanyak itu sehingga dianggap kurang praktis. Keterbatasan lain adalah bahwa untuk jumlah perlakuan yang terlalu kecil dari empat akan mengakibatkan jumlah derajat bebas galat percobaan menjadi sangat kecil dengan konsekuensinya bahwa galat percobaan menjadi besar. Dengan demikian, secara umum RBSL hanya digunakan untuk percobaan yang menggunakan empat sampai dengan delapan perlakuan. Karena keterbatasan dan kurang fleksibelnya membuat RBSL tidak digunakan secara meluas dalam percobaan-percobaan meskipun memiliki kemampuan yang besar dalam mengendalikan galat percobaan. Namun, bukan berarti RBSL tidak penting dan tidak dipergunakan sama sekali. Dalam kenyataannya kadang-kadang RBSL dipergunakan secara efektif dalam mengantisipasi masalah kekurangan satuan percobaan.

### **3.1 Pengacakan dan Bagan Percobaan**

**Kasus :**

Suatu penelitian melibatkan empat perlakuan (A, B, C, dan D), dimana penempatan perlakuan diacak berdasarkan posisi baris dan lajur dan unit-unit percobaan diperlukan sebanyak  $4 \times 4 = 16$  unit percobaan. Salah satu cara mendapatkan penempatan perlakuan yang tepat maka dapat dilakukan tiga langkah sebagai berikut.

- (1) Pilih perlakuan secara acak dan tempatkan pada diagonal utama
- (2) Acaklah penempatan baris dan
- (3) Acaklah penempatan lajur.

Salah satu kemungkinan bagan percobaan sebagai berikut :

No. baris	No. lajur			
	1	2	3	4
1	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
2	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>
3	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
4	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>

Untuk pengacakan penempatan baris, salah satu hasilnya diperlihatkan pada tabel berikut.

acak baris	No. lajur			
	1	2	3	4
2	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>
4	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
3	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

Untuk pengacakan penempatan lajur, salah satu hasilnya diperlihatkan pada tabel berikut.

no. baris	acak lajur			
	2	3	1	4
2	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
4	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>C</b>

bagan

1	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	percobaan Terakhir
3	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	

Bentuk tabulasinya disajikan berdasarkan bagan percobaan terakhir sbb :

Baris	Lajur				Total baris ( $y_{i0(o)}$ )
	1	2	3	4	
1	<b>C</b> $y_{11(3)}$	<b>D</b> $y_{12(4)}$	<b>B</b> $y_{13(2)}$	<b>A</b> $y_{14(1)}$	$y_{10(o)}$
2	<b>A</b> $y_{21(1)}$	<b>B</b> $y_{22(2)}$	<b>D</b> $y_{23(4)}$	<b>C</b> $y_{24(3)}$	$y_{20(o)}$
3	<b>D</b> $y_{31(4)}$	<b>A</b> $y_{32(1)}$	<b>C</b> $y_{33(3)}$	<b>B</b> $y_{34(2)}$	$y_{30(o)}$
4	<b>B</b> $y_{41(2)}$	<b>C</b> $y_{42(3)}$	<b>A</b> $y_{43(1)}$	<b>D</b> $y_{44(4)}$	$y_{40(o)}$
Total lajur ( $y_{i0(o)}$ )	$y_{01(o)}$	$y_{02(o)}$	$y_{03(o)}$	$y_{04(o)}$	$y_{00(o)}$

### 3.2 Model Linier dan Penguraian Keragaman Total

Model Linier aditif secara umum rancangan bujur sangkar latin adalah sebagai berikut :

$$y_{ij(k)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_{(k)} + \varepsilon_{ij(k)} \quad ; \quad i = j = k = 1, 2, \dots, r$$

dimana

$y_{ij}$  = Pengamatan pada perlakuan ke- $k$  dalam baris ke- $i$  , lajur ke- $j$

$\mu$  = Rataan umum

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke- $k$

$\alpha_i$  = Pengaruh baris ke- $i$

$\beta_j$  = Pengaruh lajur ke- $j$

$\varepsilon_{ij}$  = Error (pengaruh acak) pada perlakuan ke- $k$  dalam baris ke- $i$  , lajur ke- $j$

Asumsi untuk model tetap adalah  $\sum_{k=1}^r \tau_k = 0$ ,  $\sum_{i=1}^r \alpha_i = 0$ ,  $\sum_{j=1}^r \beta_j = 0$ , dan  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ , sedangkan untuk model acak,  $\tau_k \sim N(0, \sigma_\tau^2)$ ,  $\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2)$ ,  $\beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2)$ , dan  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji sebagai berikut :

1) Pengaruh perlakuan :

$$H_o : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_r = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \tau_k \neq 0 \text{ untuk } k = 1, 2, \dots, r$$

2) Pengaruh baris:

$$H_o : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_r = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \alpha_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, r$$

3) Pengaruh lajur :

$$H_o : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_r = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \beta_j \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, r$$

Struktur tabel analisis variansi (anava) ditunjukkan dalam tabel berikut.

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	F <sub>hitung</sub>
Perlakuan	r-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Baris	r-1	JKB	KTB	KTB/KTG
Lajur	r-1	JKL	KTL	KTL/KTG
Galat	(r-1)(r-2)	JKG	KTG	

Total	$(r^2 - 1)$	JKT
-------	-------------	-----

Langkah-langkah perhitungan pada anava sbb:

Faktor Koreksi (*FK*)

$$FK = \frac{y_{oo(o)}^2}{r^2}$$

Jumlah Kudrat Total (*JKT*)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r (y_{ij(k)} - \bar{y}_{oo(o)})^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r y_{ij(k)}^2 - FK$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (*JKP*)

$$JKP = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{oo(k)} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{k=1}^r \frac{\bar{y}_{oo(k)}^2}{r} - FK$$

Jumlah Kuadrat Baris (*JKB*)

$$JKB = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{io(o)} - \bar{y}_{oo(o)})^2 = \sum_{i=1}^r \frac{\bar{y}_{io(o)}^2}{r} - FK$$

Jumlah Kuadrat Lajur (*JKL*)

$$JKL = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{oj(o)} - \bar{y}_{oo(o)})^2 = \sum_{j=1}^r \frac{\bar{y}_{oj(o)}^2}{r} - FK$$

Jumlah Kuadrat Galat (*JKG*)

$$JKG = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^r (y_{ij(k)} - \bar{y}_{io(o)} - \bar{y}_{oj(o)} - \bar{y}_{oo(k)} + 2\bar{y}_{oo(o)})^2$$

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

Pengujian hipotesis :

- ❖  $F_{hitung} = \text{KTP/KTG}$  berdistribusi  $F$  dengan db pembilang  $r-1$  dan db penyebut  $(r-1)(r-2)$ , Jika  $F_{hitung} > F_{\alpha;(r-1);(r-1)(r-2)}$ , maka  $H_0$  ditolak dan berlaku sebaliknya.
- ❖  $F_{hitung} = \text{KTB/KTG}$  berdistribusi  $F$  dengan db pembilang  $r-1$  dan db penyebut  $(r-1)(r-2)$ , Jika  $F_{hitung} > F_{\alpha;(r-1);(r-1)(r-2)}$ , maka  $H_0$  ditolak dan berlaku sebaliknya.
- ❖  $F_{hitung} = \text{KTL/KTG}$  berdistribusi  $F$  dengan db pembilang  $r-1$  dan db penyebut  $(r-1)(r-2)$ , Jika  $F_{hitung} > F_{\alpha;(r-1);(r-1)(r-2)}$ , maka  $H_0$  ditolak dan berlaku sebaliknya.

**Contoh.**

Suatu percobaan telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh pencampuran bensin terhadap penghematan bahan bakar yang diukur melalui jarak tempuh (km/liter). Karena keterbatasan mobil yang ada maka, diputuskan menggunakan RBSL; dengan memperpanjang waktu percobaan. Terdapat lima merk mobil yang berbeda yaitu : Daihatsu (P), Honda (H), Nissan (N), Susuki (S), dan Toyota (T). Pelakuan yang dicobakan sebanyak 5 macam, yaitu :

- A : kontrol (bensin tanpa campuran)
- B : kontrol + bahan X yang diproduksi perusahaan I
- C : kontrol + bahan Y yang diproduksi perusahaan II
- D : kontrol + bahan U yang diproduksi perusahaan I
- E : kontrol + bahan V yang diproduksi perusahaan II

Misalkan telah dilakukan pengacakan seperti prosedur di atas diperoleh hasil sbb:

Hari (Waktu)	Merk Mobil					Total baris
	P	H	N	S	T	
1	B=14	A=10	E=11	C=12	D=10	57
2	C=10	D=10	B=11	A=8	E=12	51

3	E=14	B=12	C=13	D=11	A=9	59
4	A=11	C=11	D=10	E=10	B=13	55
5	D=13	E=12	A=9	B=10	C=13	57
Total kolom	62	55	54	51	57	279

Total dan nilai tengah perlakuan diberikan pada tabel berikut:

Perlakuan	A	B	C	D	E
Total	47	60	59	54	59
Nilai Tengah	9,4	12	11,8	10,8	11,8

Hasil percobaan di atas dapat dibuat langkah-langkah perhitungan dan pengujian sbb:

1. Model :

Asumsikan bahwa kita hanya berurusan dengan lima macam perlakuan demikian pula dengan kelima merk mobil tersebut, sehingga model yang dihadapi adalah model tetap. Model linier untuk percobaan di atas, adalah :

$$y_{ij(k)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_{(k)} + \varepsilon_{ij(k)} \quad ; \quad i = j = k = 1,2,3,4,5$$

dimana

$y_{ij}$  = Penggunaan bahan bakar pada hari ke-i dari mobil ke-j yang memperoleh perlakuan ke-k

$\mu$  = Rataan umum

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke-k

$\alpha_i$  = Pengaruh baris ke-i

$\beta_j$  = Pengaruh lajur (kolom) ke-j

$\varepsilon_{ij}$  = Error (pengaruh acak) pada perlakuan ke-k dalam baris ke-i, lajur ke-j

2. Asumsi :

Asumsi yang dibutuhkan untuk analisis ini adalah (untuk model tetap) :

- a. Komponen  $\mu, \alpha_i, \beta_j, \tau_k$  dan  $\varepsilon_{ijk}$  bersifat aditif
- b. Nilai-nilai  $\alpha_i$  ( $i = 1,2,3,4,5$ ) tetap,  $\sum_{i=1}^r \alpha_i = 0$  dan  $E(\alpha_i) = \alpha_i$
- c. Nilai-nilai  $\beta_j$  ( $j = 1,2,3,4,5$ ) tetap,  $\sum_{j=1}^r \beta_j = 0$  dan  $E(\beta_j) = \beta_j$
- d. Nilai-nilai  $\tau_k$  ( $k = 1,2,3,4,5$ ) tetap,  $\sum_{k=1}^r \tau_k = 0$  dan  $E(\tau_k) = \tau_k$
- e.  $\varepsilon_{ijk}$  timbul secara acak, menyebar secara normal dan bebas dengan nilai tengah nol dan ragam  $\sigma^2$ , atau ditulis  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

3. Hipotesis :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_5 = 0$$

tidak ada pengaruh perlakuan campuran bensin terhadap penggunaan bahan bakar

$$H_1 : \text{Ada } \tau_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1,2,3,4,5$$

minimal ada satu perlakuan campuran bensin mempengaruhi penggunaan bahan bakar

4. Perhitungan :

Proses perhitungan dapat mengikuti tahap-tahap berikut :

- a. Derajat bebas (db) untuk setiap sumber keragaman sebagai berikut :  
db total =  $r^2 - 1 = (5)(5) - 1 = 24$   
db baris (hari) =  $r - 1 = 5 - 1 = 4$   
db kolom (merk mobil) =  $r - 1 = 5 - 1 = 4$

$$\text{db perlakuan} = r - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$\text{db galat} = (r - 1)(r - 2) = (5-1)(5-1) = 12$$

- b. Dengan menggunakan notasi  $y_{ij}$  sebagai hasil penggunaan bahan bakar (km/liter) dari mobil  $ke-j$  pada hari  $ke-i$ ,  $r$  sebagai jumlah perlakuan, maka proses perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) sebagai berikut :

$$\text{Faktor Koreksi atau } FK = \frac{y_{000}^2}{r \cdot r} = \frac{(279)^2}{25} = 3113,64$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total atau } JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^t y_{ijk}^2 - FK = 61,36$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Baris atau } JKB = \sum_{j=1}^r \frac{y_{j0}^2}{r} - FK = 7,36$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Kolom atau } JKK = \sum_{i=1}^r \frac{y_{i0}^2}{r} - FK = 13,36$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan atau } JKP = \sum_{i=1}^r \frac{y_{ok}^2}{r} - FK = 23,76$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Galat atau } JKG = JKT - JKB - JKK - JKP = 16,88$$

- c. Menghitung Kuadrat Tengah (KT) melalui pembagian setiap JK dengan derajat bebasnya, sebagai berikut :

$$\text{Kuadrat Tengah Baris atau } KTB = \frac{JKB}{r-1} = \frac{7,36}{4} = 1,84$$

$$\text{Kuadrat Tengah Kolom atau } KTK = \frac{JKK}{r-1} = \frac{13,36}{4} = 3,34$$

$$\text{Kuadrat Tengah Perlakuan atau } KTP = \frac{JKP}{t-1} = \frac{23,76}{4} = 5,94$$

$$\text{Kuadrat Tengah Galat atau } KTG = \frac{JKG}{(r-1)(r-2)} = \frac{16,88}{12} = 1,41$$

- d. Menghitung nilai  $F_{hitung}$  , yakni :

$$F_{htg}(Baris) = \frac{KT B}{KTG} = \frac{1,84}{1,41} = 1,30$$

$$F_{htg}(Kolom) = \frac{KT K}{KTG} = \frac{3,34}{1,41} = 2,37$$

$$F_{htg}(Perlakuan) = \frac{KT P}{KTG} = \frac{5,94}{1,41} = 4,21$$

e. Menghitung Koefisien Keragaman (*KK*), yakni :

$$KK = \frac{\sqrt{KTG}}{\bar{y}_{ooo}} \times 100\% = \frac{\sqrt{1,41}}{11,88} = 10,64\%$$

f. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat disusun tabel analisis variansi (ANAVA) sebagai berikut :

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Baris (hari)	4	7,36	1,84	1,30 <sup>tn</sup>	3,26	5,41
Kolom (mobil)	4	13,36	3,34	2,37 <sup>tn</sup>	3,26	5,41
Perlakuan	4	23,76	5,94	4,21*	3,26	5,41
Galat	12	16,88	1.41			
Total	24	61,36				

5. Keputusan :

Karena  $F_{hitung}$  untuk perlakuan nyata, maka kita memutuskan untuk menolak  $H_0$ . Hal ini berarti ada perbedaan yang nyata di antara nilai-nilai tengah perlakuan.

6. Kesimpulan :

Berdasarkan analisis variansi (ragam) di atas, maka dapat di simpulkan bahwa pencampuran bensin mempengaruhi respon penggunaan bahan

bakar. Untuk mengetahui lebih jauh tentang perlakuan mana yang paling efisien dapat dilakukan dengan pengujian perbandingan nilai tengah perlakuan.

### 3.3 Efisiensi Relatif (ER) dari RBSL terhadap RAKL

Untuk mengetahui apakah RBSL lebih baik dibandingkan dengan RAKL dapat dilihat dari besaran  $ER$  dari RBSL. Jika baris dalam RBSL dianggap blok dalam RAKL maka  $ER$  ini sebenarnya membandingkan tanpa kolom dengan kolom.  $ER$  dapat dirumuskan sbb:

$$ER = \frac{(db_l + 1)(db_b + 3) \hat{\sigma}_b^2}{(db_l + 3)(db_b + 1) \hat{\sigma}_l^2}$$

dimana :

$db_l$  = derajat bebas galat dari RBSL

$db_b$  = derajat bebas galat dari RAKL

$\hat{\sigma}_l^2$  = KTG dari RBSL

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{(r-1)KTL + [(r-1) + \{(r-1)(r-2)\}]KTG}{r(r-1)}$$

Sebagai contoh, jika  $ER = 3$  berarti agar sensitifitas RAKL sama dengan RBSL maka harus blok yang digunakan dalam penerapan RAKL sebanyak 3 kali dari banyaknya lajur yang digunakan dalam RBSL.

## 4. Uji Perbandingan Nilai Tengah

Pada pembahasan sebelumnya, uji F digunakan untuk menguji perbedaan perlakuan yang dicobakan. Jika hipotesis nol diterima, yang berarti semua perlakuan yang dicobakan memberikan pengaruh yang sama, dengan kata lain nilai tengah perlakuan tersebut semuanya sama, maka ini memberikan konsekuensi pada kita untuk tidak perlu lagi melakukan pengujian

lanjutan. Dengan kata lain jika hipotesis nol diterima, maka tidak ada lagi pertanyaan berikut yang perlu dijawab. Namun demikian jika hipotesis di tolak, yang berarti paling sedikit ada dua nilai tengah perlakuan yang berbeda, maka pertanyaan berikutnya tentang nilai tengah-perlakuan mana saja yang menunjukkan perbedaan tersebut perlu dijawab. Hal ini berarti perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk melacak perbedaan di antara nilai tengah perlakuan tersebut. Prosedur perbandingan berganda merupakan topik yang akan dibahas selanjutnya guna keperluan pelacakan nilai tengah perlakuan mana saja yang berbeda apabila hipotesis nol ditolak.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk membandingkan nilai tengah perlakuan antara lain : beda nyata terkecil (BNT), Uji Tukey, Uji Duncan, Uji Kontras dan lain-lain.

#### **4.1 Beda Nyata Terkecil (*Least Significance Difference = BNT*)**

Salah satu prosedur uji yang paling sederhana untuk menjawab pertanyaan tentang nilai tengah perlakuan mana yang berbeda apabila hipotesis nol ditolak adalah uji beda nyata terkecil (*Least Significance Difference = BNT*).

Uji ini secara singkat telah didiskusikan oleh Fisher (1935), sehingga dikenal pula sebagai beda nyata terkecil Fisher (*Fisher's LSD*) atau uji t berganda (*multiple t test*). Perlu dicatat bahwa uji ini akan sangat baik digunakan apabila pengujian nilai tengah perlakuan yang akan diperbandingkan telah direncanakan. Sehingga sering juga dikenal sebagai pembandingan terencana.

Tingkat ketepatan dari uji BNT akan berkurang apabila digunakan untuk menguji kemungkinan pasangan nilai tengah perlakuan, yaitu melakukan pembandingan yang tidak terencana (*unplanned comparisons*). Beberapa aturan dasar yang perlu diperhatikan agar uji BNT dapat digunakan secara efektif sbb:

1. Gunakan uji BNT hanya bila uji F dalam anova nyata

2. Tidak menggunakan uji BNT untuk perbandingan semua kombinasi pasangan nilai tengah perlakuan bila percobaan mencakup lebih dari lima perlakuan
3. Gunakan uji BNT untuk perbandingan terencana tanpa memperhatikan banyaknya perlakuan.

Uji BNT menguji perlakuan secara berpasang-pasangan, sebagai contoh bila terdapat empat perlakuan maka ada sebanyak  $C_2^4 = 6$  pasangan yang akan diuji di mana setiap pasangan memiliki peluang galat jenis I sebesar  $\alpha$ , artinya semakin banyak jumlah perlakuan yang dibandingkan akan mengakibatkan kesalahan yang juga harus ditanggung semakin besar. Hal ini tentunya akan mengurangi tingkat keterandalan pengujian dilakukan.

Hipotesis uji BNT adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_i = \mu_{i^*} \text{ Vs } H_1 : \mu_i \neq \mu_{i^*}$$

dimana Statistik uji yang digunakan adalah:

$$BNT = t_{\alpha/2; db_g} \cdot S_{\bar{y}_i - \bar{y}_{i^*}} \text{ dimana } S_{\bar{y}_i - \bar{y}_{i^*}} = \sqrt{KTG \left( \frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_{i^*}} \right)}$$

Jika ulangan sama maka untuk semua pasangan perlakuan hanya memerlukan satu nilai BNT, sedangkan bila ulangannya berbeda maka setiap pasangan memerlukan satu nilai BNT.

Kriteria uji : nilai  $|\bar{y}_i - \bar{y}_{i^*}| >$  nilai BNT, maka tolak  $H_0$ , artinya kedua perlakuan tersebut berbeda nyata pada taraf  $\alpha$ .

#### 4.2 Uji Tukey (*Honestly Significant Difference = BNJ*)

Uji Tukey atau *Honest Significance Dfference* (Beda Nyata Jujur = BNJ). Uji ini dipernalkan oleh J.W Tukey (1953). Dalam pembahsan di atas, telah dikemukakan bahwa uji BNT mempunyai keterbatasan atau kelemahan

apabila digunakan untuk menguji semua kombinasi pasangan nilai tengah perlakuan secara tanpa terencana. Jika perbandingan tanpa terencana diuji dengan  $BNT_{0,05}$ , maka salah jenis I yang ditetapkan 5% sesungguhnya jauh lebih besar dari 5%. Untuk 4 perlakuan dengan  $BNT_{0,05}$  sesungguhnya salah jenis I sebesar  $1-(0,95)^4 = 0,19$ , ini berarti salah jenis I sebesar 19% jauh lebih besar dari 5% yang ditetapkan. Alternatif untuk melakukan pengujian perbandingan tanpa terencana, yaitu menguji semua kombinasi pasangan nilai tengah perlakuan dapat digunakan uji BNJ. Penggunaan uji ini sangat sederhana karena hanya membutuhkan satu nilai tunggal BNJ yang digunakan sebagai pembanding. Jika beda dua nilai tengah perlakuan lebih besar dari pada nilai BNJ maka kedua perlakuan dinyatakan berbeda.

Perbedaan mendasar BNJ dan BNT yaitu pada penentuan nilai  $\alpha$  dimana metode BNJ untuk semua perbandingan perlakuan yang mungkin ditetapkan kesalahannya sebesar  $\alpha$ , sehingga untuk t perlakuan akan menerima kesalahan sebesar  $\frac{\alpha}{(2 * C_2^t)} \%$ .

Hipotesis uji BNJ adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_i = \mu_{i*} \quad \text{Vs} \quad H_1 : \mu_i \neq \mu_{i*}$$

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$BNJ = q_{\alpha; p; db_g} \cdot S_{\bar{y}} \quad \text{dimana} \quad S_{\bar{y}} = \sqrt{KTG / r}$$

$$q_{\alpha; p; db_g} = \text{Tabel Tukey}$$

Jika ulangan tidak sama maka r bisa didekati dengan rata-rata harmonik.

$$r_h = \frac{t}{\sum_{i=1}^t (1/r_i)} \quad \text{atau} \quad \frac{1}{r_h} = \frac{\sum_{i=1}^t (1/r_i)}{t}$$

#### 4.3 Uji Perbandingan Berganda Duncan (*Duncan Multiple Range Test = DMRT*)

Uji Duncan didasarkan pada sekumpulan nilai beda nyata yang ukurannya semakin besar tergantung pada jarak di antara pangkat-pangkat dari dua nilai tengah yang dibandingkan. Uji Duncan dapat digunakan untuk menguji perbandingan di antara semua pasangan perlakuan yang mungkin tanpa memperhatikan jumlah perlakuan yang ada dari percobaan tersebut serta masih dapat mempertahankan tingkat nyata ditetapkan.

Perbandingan berganda Duncan pada dasarnya hampir sama dengan metode Tukey tetapi prosedur duncan mempersiapkan segugus nilai perbandingan yang nilainya meningkat tergantung dari jarak peringkat dua buah perlakuan yang akan dibandingkan. Nilai kritis Duncan dapat dihitung sbb:

$$R_p = r_{\alpha; p; db_g} \cdot S_{\bar{y}} \text{ dimana } S_{\bar{y}} = \sqrt{KTG / r}$$

$$r_{\alpha; p; db_g} = \text{Tabel Duncan}$$

Jika ulangan tidak sama maka r bisa didekati dengan rata-rata harmonik.

$$r_h = \frac{t}{\sum_{i=1}^t (1/r_i)} \quad \text{atau} \quad \frac{1}{r_h} = \frac{\sum_{i=1}^t (1/r_i)}{t}$$

### C. Penutup

Keberhasilan mahasiswa memahami konsep prinsip dasar perancangan percobaan dan dapat menyelesaikan soal-soal dengan baik akan memudahkan untuk mempelajari modul selanjutnya.

#### Tugas Kelompok.

1. Masing-masing kelompok cari tugas akhir S1 (Skripsi) yang berkaitan dengan penggunaan RAL dan RAKL lalu selesaikan dengan semi manual dan selesaikan pula dengan menggunakan software SPSS.
2. Buktikan :

$$a. \quad \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(y_{ij} - \bar{y}_{io}) = 0 \quad (\text{RAL})$$

$$b. \quad \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{io} - \bar{y}_{oo})(y_{ij} - \bar{y}_{io} - \bar{y}_{oj} + \bar{y}_{oo}) = 0 \quad (\text{RAKL})$$

3. Masing-masing kelompok buat ringkasan teori dan berikan contoh tentang
- Uji Kontras Ortogonal
  - Student Newman-Keuls (SNK)
  - Uji Scheffe

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Montgomery Douglas C. (1991). Design and Analysis of Experiments, Third Edition, John Wiley & Sons.
- [2] Ahmad Ansori Mattjik Ir., M. Sc., Ph.D dan Made Sumertajaya Ir., M.Si. (2000). Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB. Edisi Kesatu, IPB PRESS, BOGOR.
- [3] Sudjana, M.A., M.Sc., DR. Prof. (1994). Desain dan Analisis Eksperimen, Edisi III. Tarsito Bandung.
- [4] Stell R.G.D. dan Torrie J. H. (1993). Prinsip dan Prosedur Statistika, Edisi Ketiga, Gramedia Pustaka Utama.
- [5] Vincent Gaspersz Ir, Dr. (1991). Metode Perancangan Percobaan, CV. ARMICO. Bandung.
- [6] Gomez K.A. dan Gomez A.A. (1995). Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian, Edisi Kedua, UI-PRESS, Jakarta.

## **Bab 4. Bahan Pembelajaran 3**

### **PERCOBAAN DUA FAKTOR**

#### **A. Pendahuluan**

Pada berbagai bidang penerapan rancangan percobaan diketahui bahwa respon dari individu merupakan akibat dari berbagai faktor secara simultan. Hal ini menunjukkan bahwa percobaan satu faktor akan menjadi sangat tidak efektif mengingat respon yang muncul akan berbeda jika kondisi faktor lain berubah. Oleh karena itu memerlukan rancangan percobaan yang menggunakan beberapa faktor sebagai perlakuan pada saat yang bersamaan.

Adapun percobaan yang melibatkan dua faktor sebagai kombinasi perlakuan yang diuji secara simultan, meliputi : Percobaan Faktorial (PF = *Factorial experiments*), Rancangan Petak Terbagi/Terpisah (RPT = *Split Plot Design*) dan Rancangan Blok Terbagi/Terpisah (RBT = *Split Block Design or Strip Plot Design*).

Adapun Sasaran Pembelajaran pada bahasan ini antara lain :

- a. Mahasiswa dapat menjelaskan secara tertulis cara pengacakan PF, RPT dan RBT
- b. Mahasiswa dapat menuliskan model linier aditif PF, RPT dan RBT serta menjelaskan simbol-simbol yang digunakan
- c. Mahasiswa dapat membuat tabel anava PF, RPT dan RBT

- d. Mahasiswa dapat mengaplikasikan pada berbagai bidang ilmu pengetahuan.
- e. Mahasiswa dapat menggunakan software Statistika dalam menganalisis PF, RPT dan RBT.

## B. Uraian Bahan Pembelajaran

### 1. Percobaan Faktorial (Factorial Experiments = PF)

Ciri percobaan faktorial adalah perlakuan yang merupakan komposisi dari semua kemungkinan kombinasi dari taraf-taraf dua faktor atau lebih. Misalkan percobaan dua faktor dimana faktor terdiri dari dua taraf yakni faktor A adalah varietas ( $V_1$  dan  $V_2$ ) dan faktor B dosis pupuk ( $D_1, D_2$  dan  $D_3$ ). Dengan demikian perlakuan yang dicobakan adalah sebagai berikut:

Perlakuan 1 :	$V_1$ dan $D_1$	Perlakuan 4 :	$V_2$ dan $D_1$
Perlakuan 2 :	$V_1$ dan $D_2$	Perlakuan 5 :	$V_2$ dan $D_2$
Perlakuan 3 :	$V_1$ dan $D_3$	Perlakuan 6 :	$V_2$ dan $D_3$

Istilah faktorial mengacu pada bagaimana perlakuan-perlakuan yang akan diteliti disusun, tetapi tidak menyatakan bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut ditempatkan pada unit-unit percobaan. Ini menegaskan perbedaan antara rancangan perlakuan dan rancangan lingkungan. Jika kasus di atas diterapkan pada RAL, maka rancangan tersebut dinamakan Rancangan Faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap atau Faktorial RAL dan bila diterapkan pada RAKL disebut Faktorial RAKL.

Keuntungan percobaan faktorial adalah mampu mendeteksi respon dari taraf masing-masing faktor (pengaruh utama) serta interaksi antar dua faktor (pengaruh sederhana).

### 2. Percobaan Dua Faktor dalam Rancangan Acak Lengkap (Two Factors Experiments in Completely Randomized Design)

Percobaan dua faktor dapat diterapkan secara langsung terhadap seluruh unit-unit percobaan jika unit percobaannya relatif homogen. Rancangan sering disebut rancangan dua faktor dalam RAL atau disingkat Faktorial RAL.

**Kasus.**

Penelitian dua varietas jagung ( $V_1$  dan  $V_2$ ) dan yang diberikan 3 dosis pupuk ( $D_1, D_2$  dan  $D_3$ ). Dengan demikian banyaknya perlakuan yang dicobakan ada sebanyak  $2 \times 3 = 6$  kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali, sehingga petak lahan yang digunakan sebanyak  $6 \times 3 = 18$  unit percobaan.

Kombinasi perlakuan :

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1. $V_1D_1$ | 4. $V_2D_1$ |
| 2. $V_1D_2$ | 5. $V_2D_2$ |
| 3. $V_1D_3$ | 6. $V_2D_3$ |

Langkah-langkah pengacakan :

- Beri nomor setiap kombinasi perlakuan (1 – 6)
- Beri nomor petak lahan (unit percobaan) yang digunakan (1 -18)
- Pilih bilangan acak (3 digit) sebanyak 18 bilangan kemudian petakan nomor perlakuan (1-6) diulang 3 kali sampai ke 18 bilangan terpetakan. Peringkatlah bilangan-bilangan acak tersebut
- Petakanlah perlakuan-perlakuan pada bagan petak lahan sesuai dengan peringkat bilangan acak.

Contoh pemilihan bilangan acak :

bilangan acak	971	843	297	572	723	790
Perlakuan	1	2	3	4	5	6
Peringkat	18	14	5	9	12	13

bilangan acak	967	867	358	705	275	305
Perlakuan	1	2	3	4	5	6
Peringkat	17	15	8	11	4	7
bilangan acak	298	120	144	901	216	577
Perlakuan	1	2	3	4	5	6
Peringkat	6	1	2	16	3	10

Bagan Percobaan :

1. $V_1D_2$	4. $V_2D_2$	7. $V_2D_3$	10. $V_2D_3$	13. $V_2D_3$	16. $V_2D_1$
2. $V_1D_3$	5. $V_1D_3$	8. $V_1D_3$	11. $V_2D_1$	14. $V_1D_2$	17. $V_1D_1$
3. $V_2D_2$	6. $V_1D_1$	9. $V_2D_1$	12. $V_2D_2$	15. $V_1D_2$	18. $V_1D_1$

Tabulasi data dapat dibuat sebagai berikut:

Varietas Jagung	Ulangan	Dosis pupuk			Total ( $y_{i00}$ )
		$D_1$	$D_2$	$D_3$	
$V_1$	1	$Y_{111}$	$y_{121}$	$y_{131}$	$Y_{100}$
	2	$Y_{112}$	$y_{122}$	$y_{132}$	
	3	$Y_{113}$	$y_{123}$	$y_{133}$	
	Total ( $y_{1j0}$ )	$Y_{110}$	$y_{120}$	$y_{130}$	
$V_2$	1	$Y_{211}$	$y_{221}$	$y_{231}$	$y_{200}$
	2	$Y_{212}$	$y_{222}$	$y_{232}$	
	3	$Y_{213}$	$y_{223}$	$y_{233}$	
	Total ( $y_{2j0}$ )	$Y_{210}$	$y_{220}$	$y_{230}$	

Total (y <sub>0j0</sub> )	y <sub>010</sub>	y <sub>020</sub>	Y <sub>030</sub>	y <sub>000</sub>
---------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Model linier aditif :

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad i=1,2,\dots,a \quad ; \quad j=1,2,\dots,b; \\ k=1,2,\dots,r$$

dimana

$y_{ijk}$  = Pengamatan pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B dalam baris ke- $j$ , dan ulangan ke- $k$

$\mu$  = Rataan umum

$\alpha_i$  = Pengaruh utama faktor A

$\beta_j$  = Pengaruh utama faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh komponen interaksi faktor A dan faktor B

$\varepsilon_{ijk}$  = Error (pengaruh acak) pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B dalam baris ke- $j$ , dan ulangan ke- $k$ , serata menyebar normal  $(0, \sigma^2)$

Asumsi :

1. Model Tetap :  $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \beta_j = 0, \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0$

2. Model Acak :  $\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2), \beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2), (\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma_{\alpha\beta}^2)$

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji sebagai berikut :

1). Pengaruh utama faktor A

$$H_o : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \alpha_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, a$$

2) Pengaruh utama faktor B :

$$H_o : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \beta_j \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, b$$

3). Pengaruh sederhana ( interaksi) faktor A dan faktor B :

$$H_o : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \text{ utk } i = 1, 2, \dots, a; \quad j = 1, 2, \dots, b$$

Struktur tabel anava sebagai berikut :

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	Nilai harapan Kuadrat Tengah E(KT)
<b>Model Tetap (faktor A dan faktor B tetap)</b>				
A	a-1	JKA	KTA	$\sigma_e^2 + br(\sum \alpha_i^2) / a - 1$
B	b-1	JKB	KTB	$\sigma_e^2 + ar(\sum \beta_j^2) / b - 1$
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$\sigma_e^2 + r(\sum \sum \alpha\beta_{ij}^2) / (a-1)(b-1)$
Galat (b)	ab(r-1)	JKG	KTG	$\sigma_e^2$
<b>Model Acak (faktor A dan faktor B Acak)</b>				
A	a-1	JKA	KTA	$\sigma_e^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2 + br\sigma_{\alpha}^2$

B	b-1	JKB	KTB	$\sigma_e^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2 + ar\sigma_{\beta}^2$
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$\sigma_e^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2$
Galat (b)	ab(r-1)	JKG <sub>b</sub>	KTG <sub>b</sub>	$\sigma_e^2$
<b>Model campuran (faktor A acak dan faktor B tetap atau sebaliknya)</b>				
A	a-1	JKA	KTA	$\sigma_e^2 + br\sigma_{\alpha}^2$
B	b-1	JKB	KTB	$\sigma_e^2 + r(b/(b-1))\sigma_{\alpha\beta}^2 + ar(\sum \beta_i^2)/(b-1)$
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$\sigma_e^2 + r(b/(b-1))\sigma_{\alpha\beta}^2$
Galat (b)	ab(r-1)	JKG <sub>b</sub>	KTG <sub>b</sub>	$\sigma_e^2$
Total	abr - 1	JKT		

Langkah-langkah perhitungan pada anava sbb:

Faktor Koreksi (*FK*)

$$FK = \frac{y_{ooo}^2}{abr}$$

Jumlah Kudrat Total (*JKT*)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (y_{ijk} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk}^2 - FK$$

Jumlah Kuadrat Faktor A (*JKA*)

$$JKA = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ioo} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \frac{y_{ioo}^2}{br} - FK$$

Jumlah Kuadrat Faktor B (*JKB*)

$$JKA = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ojo} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{j=1}^b \frac{\bar{y}_{ojo}^2}{ar} - FK$$

Jumlah Kuadrat Interaksi Faktor A dan B (*JKAB*)

$$JKAB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ijo} - \bar{y}_{ioo} - \bar{y}_{ojo} - \bar{y}_{ooo})^2 = JKP - JKA - JKB$$

$$\text{dimana : } JKP = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ijo} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{\bar{y}_{ijo}}{r} - FK$$

Jumlah Kuadrat Galat (*JKG*)

$$JKG = JKT - JKP$$

#### **Kriteria Pengujian Hipotesis :**

Ketiga model rancangan menunjukkan bahwa model yang berbeda akan menyebabkan struktur pengujian masing-masing sumber keragaman berbeda atau dengan kata lain selalu sumber keragaman diuji dengan keragaman galat. Untuk model tetap pengujian faktor A, faktor B dan interaksi diuji dengan distribusi F, yakni dengan membandingkan rasio kuadrat tengah dengan kuadrat tengah galat, sedangkan untuk model acak pengujian pengaruh faktor A dan B diuji dengan distribusi F, yakni dengan menghitung rasio KT masing-masing terhadap kudrat tengah interaksi, tetapi pengujian pengaruh interaksi diuji melalui rasio KTAB terhadap KTG. Adapu model campuran cara pengujian adalah faktor A (acak) diuji dengan menghitung rasio KTA terhadap KTAB, sedangkan pengaruh faktor B (tetap) dan pengaruh interaksi diuji dengan cara menghitung masing-masing rasio kuadrat tengah terhadap KTG.

### **3. Rancangan Petak Terbagi/terpisah (RPT=*Split Plot Design*)**

Rancangan petak terbagi/terpisah (RPT) merupakan bentuk khusus dari rancangan faktorial, dimana kombinasi perlakuan tidak diacak secara

sempurna terhadap unit-unit percobaan, rancangan ini diterapkan karena berbagai alasan diantaranya :

- ❖ Adanya tingkatan kepentingan dari faktor-faktor yang dilibatkan dalam percobaan.
- ❖ Pengembangan dari percobaan yang telah berjalan
- ❖ Kendala pengacakan di lapangan salah satu faktor yang dicobakan tidak bisa atau tidak efisien jika dilakukan pengacakan secara sempurna karena taraf-taraf dari faktor tersebut membutuhkan unit-unit percobaan yang lebih besar dibanding dengan taraf-taraf faktor yang lain.

Dari berbagai alasan yang dikemukakan di atas tentunya membutuhkan model rancangan lain yang mampu menangani teknik penerapan perlakuan tersebut yang tentunya merupakan penyimpangan dari model faktorial biasa. Model tersebut dikenal dengan istilah RPT (*split plot design*). Rancangan ini dapat diterapkan pada berbagai rancangan lingkungan (RAL, RAKL dan RBSL).

#### **Cara Pengacakan :**

Pengacakan perlakuan terhadap unit-unit percobaan dilakukan bertahap, yaitu faktor yang ditempatkan sebagai petak utama diacak terlebih dahulu terhadap unit-unit percobaan, baru selanjutnya faktor yang ditempatkan sebagai anak petak diacak pada setiap petak utama.

#### **Kasus.**

Percobaan dua faktor (Nitrogen :  $N_1$  dan  $N_2$ ; Varietas :  $V_1$  dan  $V_2$ ) dimana nitrogen ditempatkan sebagai petak utama dan varietas sebagai anak petak. Setiap perlakuan diulang 3 kali dan unit-unit percobaan diasumsikan homogen. Dengan demikian rancangan yang digunakan adalah RPT RAL.

Pada tahap awal unit-unit percobaan dikelompokkan menjadi 6 kelompok (2 taraf nitrogen x 3 ulangan) dimana setiap kelompok terdiri dari 2 unit. Acaklah

taraf-taraf nitrogen ke dalam 6 kelompok unit percobaan tersebut. Kemudian acaklah varietas pada setiap taraf nitrogen. Bagan percobaan sebagai berikut :

	N <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1	1	1	2	1	1	2
2	2	2	1	2	2	1

Tetapi jika rancangan lingkungan digunakan adalah RAKL maka pengacakan perlakuan dilakukan sbb: pilih secara acak kelompok, kemudian acaklah taraf-taraf nitrogen pada kelompok terpilih, dan pada taraf akhir acaklah varietas pada masing-masing taraf nitrogen.

#### 4. Model Linier Aditif

Bentuk umum model linier :

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,a \\ j=1,2,\dots,b; \\ k=1,2,\dots,r \end{matrix}$$

$y_{ijk}$  = Pengamatan pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B dalam baris ke- $j$ , dan ulangan ke- $k$

$\mu$  = Rataan umum

$\alpha_i$  = Pengaruh utama faktor A

$\delta_{ik}$  = Komponen acak dari petak utama berdistribusi normal  $(0, \sigma_\delta^2)$

$\beta_j$  = Pengaruh utama faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh komponen interaksi faktor A dan faktor B

$\varepsilon_{ijk}$  = Error (pengaruh acak) pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B dalam baris

ke- $j$ , dan ulangan ke- $k$ , serata menyebarkan normal  $(0, \sigma^2)$

**Asumsi :**

1. Model Tetap :  $\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \beta_j = 0, \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0$

2. Model Acak :  $\alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha^2), \beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2),$   
 $(\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma_{\alpha\beta}^2)$

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji sebagai berikut :

1). Pengaruh utama faktor A

$$H_o : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \alpha_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, a$$

2) Pengaruh utama faktor B :

$$H_o : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \beta_j \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, b$$

3). Pengaruh sederhana ( interaksi) faktor A dan faktor B :

$$H_o : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ab} = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \text{ utk } i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b$$

Hipotesis di atas berlaku hanya untuk model tetap sedangkan untuk model acak hipotesis yang diuji adalah keragaman pengaruh faktor A ( $\sigma_{\alpha}^2$ ), keragaman pengaruh faktor B ( $\sigma_{\beta}^2$ ), serta keragaman pengaruh interaksi faktor A dan faktor B ( $\sigma_{\alpha\beta}^2$ ) sedangkan untuk model campuran disesuaikan dengan sifat dari masing-masing faktor, misalnya faktor A acak dan faktor B tetap atau sebaliknya.

Stuktur tabel anava sebagai berikut :

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat tengah (KT)	Nilai harapan Kuadrat Tengah E(KT)
<b>Model Tetap (faktor A dan faktor B tetap)</b>				
A	a-1	JKA	KTA	$\sigma_e^2 + b\sigma_{\beta}^2 + br(\sum \alpha_i^2)/a-1$
Galat (a)	a(r-1)	JKG <sub>a</sub>	KTGa	$\sigma_e^2 + b\sigma_{\beta}^2$
B	b-1	JKB	KTb	$\sigma_e^2 + a\sigma_{\alpha}^2 + ar(\sum \beta_j^2)/b-1$
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$\sigma_e^2 + a\sigma_{\alpha}^2$
Galat (b)	A(a-1)(b-1)	JKG <sub>b</sub>	KTG <sub>b</sub>	$\sigma_e^2$
<b>Model Acak (faktor A dan faktor B Acak)</b>				
A	a-1	JKA	KTA	$\sigma_e^2 + b\sigma_{\beta}^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2 + br\sigma_{\alpha}^2$
Galat (a)	a(r-1)	JKG <sub>a</sub>	KTGa	$\sigma_e^2 + b\sigma_{\beta}^2$
B	b-1	JKB	KTb	$\sigma_e^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2 + ar\sigma_{\beta}^2$
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$\sigma_e^2 + r\sigma_{\alpha\beta}^2$
Galat (b)	A(a-1)(b-1)	JKG <sub>b</sub>	KTG <sub>b</sub>	$\sigma_e^2$
<b>Model campuran (faktor A acak dan faktor B tetap atau sebaliknya)</b>				

A	a-1	JKA	KTA	$\sigma_e^2 + b\sigma_\beta^2 + br\sigma_\alpha^2$
Galat (a)	a(r-1)	JKG <sub>a</sub>	KTG <sub>a</sub>	$\sigma_e^2 + b\sigma_\beta^2$
B	b-1	JKB	KTB	$\sigma_e^2 + r(b/(b-1))\sigma_{\alpha\beta}^2 + ar(\sum \beta_i^2)/(b-1)$
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$\sigma_e^2 + r(b/(b-1))\sigma_{\alpha\beta}^2$
Galat (b)	A(a-1)(b-1)	JKG <sub>b</sub>	KTG <sub>b</sub>	$\sigma_e^2$
Total	abr - 1	JKT		

Langkah-langkah perhitungan pada anava sbb:

1. Faktor Koreksi (*FK*)

$$FK = \frac{y_{ooo}^2}{abr}$$

Jumlah Kudrat Total (*JKT*)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (y_{ijk} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk}^2 - FK$$

2. Rekap data berdasarkan taraf faktor pada petak utama dengan ulangan, kemudian dihitung

Jumlah Kuadrat Subtotal (*JKST*)

$$JKST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ioj} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^r \frac{y_{iok}^2}{b} - FK$$

Jumlah Kuadrat Faktor A (*JKA*)

$$JKA = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ioo} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \frac{y_{ioo}^2}{br} - FK$$

Jumlah kuadrat galat petak utama

$$JKG_a = JKST - JKA$$

3. Rekap data berdasarkan taraf faktor pada petak utama dengan ulangan, kemudian dihitung

Jumlah Kuadrat Faktor B ( $JKB$ )

$$JKB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ojo} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{j=1}^b \frac{\bar{y}_{ojo}^2}{ar} - FK$$

Jumlah Kuadrat Interaksi Faktor A dan B ( $JKAB$ )

$$JKAB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ijo} - \bar{y}_{ioo} - \bar{y}_{ojo} - \bar{y}_{ooo})^2 = JKP - JKA - JKB$$

$$\text{dimana : } JKP = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r (\bar{y}_{ijo} - \bar{y}_{ooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{\bar{y}_{ijo}^2}{r} - FK$$

Jumlah Kuadrat Galat ( $JKG_b$ )

$$JKG_b = JKT - JKP - JKG_a$$

### **Pengujian Hipotesis :**

Ketiga model rancangan menunjukkan bahwa model yang berbeda akan menyebabkan struktur pengujian masing-masing sumber keragaman berbeda atau dengan kata lain selalu sumber keragaman diuji dengan keragaman galat. Untuk model tetap pengujian faktor A, faktor B dan interaksi diuji dengan distribusi F, yakni dengan membandingkan rasio kuadrat tengah dengan kuadrat tengah galat, sedangkan untuk model acak pengujian pengaruh faktor A dan B diuji dengan distribusi F, yakni dengan menghitung rasio KT masing-masing terhadap kuadrat tengah interaksi, tetapi pengujian pengaruh

interaksi diuji melalui rasio KTAB terhadap KTG. Adapun model campuran cara pengujian adalah faktor A (acak) diuji dengan menghitung rasio KTA terhadap KTAB, sedangkan pengaruh faktor B (tetap) dan pengaruh interaksi diuji dengan cara menghitung masing-masing rasio kuadrat tengah terhadap KTG.

### **C. Penutup**

Keberhasilan mahasiswa memahami konsep prinsip dasar perancangan percobaan dan dapat menyelesaikan soal-soal dengan baik akan memudahkan untuk mempelajari modul selanjutnya.

#### **BAHAN DISKUSI .**

**Kasus :** Penelitian tentang produksi tiga varietas ( $V_1$ ,  $V_2$  dan  $V_3$ ) dan yang diberikan 4 dosis pupuk  $N(N_1, N_2, N_3$  dan  $N_4)$  dengan tiga ulangan. Jika petak lahan yang digunakan tidak bisa dijamin kehomogenannya karena kondisi lahannya tidak merata tetapi miring dengan sudut kemiringan tertentu. Oleh karena itu perlu dibentuk tiga kelompok lahan yang homogen. Kelompok lahan yang bentuk harus tegak lurus dengan arah keragaman lahan.

1. Mahasiswa di bagi kedalam 4 kelompok
2. Masing-masing kelompok menuliskan makalah dan memperentasikannya sbb:

#### **Kelompok 1 :**

Langkah-langkah pengacakan dan bentuk tabulasi datanya

**Kelompok 2 :**

Model linier yang bersesuaian dengan rancangan tersebut dan asumsi serta hipotesis yang akan diuji

**Kelompok 3 :**

Analisis variansi (anava) dan langkah-langkah perhitungannya serta kaedah keputusan

**Kelompok 4 :**

Contoh aplikasi dan menyelesaikannya dengan semi manual

**Kelompok 5 :**

Contoh aplikasi dan menyelesaikannya dengan software Statistika)

**Tugas.**

Peserta kuliah dibagi dalam 4 kelompok kecil (kel-1, kel-2, dan kel-3) dan masing kelompok membuat makalah dan mempresentasikan, adapun tugasnya sbb :

Kel-1 : Faktorial dalam RBSL

Kel-2 : Split Plot Design dalam RAKL

Kel-3 : Split Blok Design

**Kriteria Penilaian :**

- a. Kerja sama kelompok
- b. Isi makalah
- c. Penampilan (baik dalam tampilan slide maupun dalam membawakan makalah)
- d. Keaktifan dalam diskusi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Montgomery Douglas C. (1991). Design and Analysis of Experiments, Third Edition, John Wiley & Sons.
  
- [2] Ahmad Ansori Mattjik Ir., M. Sc., Ph.D dan Made Sumertajaya Ir., M.Si. (2000). Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB. Edisi Kesatu, IPB PRESS, BOGOR.
  
- [3] Sudjana, M.A., M.Sc., DR. Prof. (1994). Desain dan Analisis Eksperimen, Edisi III. Tarsito Bandung.
  
- [4] Stell R.G.D. dan Torrie J. H. (1993). Prinsip dan Prosedur Statistika, Edisi Ketiga, Gramedia Pustaka Utama.
  
- [5] Vincent Gaspersz Ir, Dr. (1991). Metode Perancangan Percobaan, CV. ARMICO. Bandung.
  
- [6] Gomez K.A. dan Gomez A.A. (1995). Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian, Edisi Kedua, UI-PRESS, Jakarta.

## **Bab 5. Bahan Pembelajaran 4**

### **RANCANGAN PERCOBAAN DENGAN PENGAMATAN BERULANG (*REPEATED MEASUREMENT*)**

#### **A. Pendahuluan**

Banyak percobaan yang dilakukan baik di lapangan maupun laboratorium, pengukuran respon dari unit-unit percobaan dilakukan berulang-ulang pada waktu yang berbeda. Misalnya percobaan melihat pengaruh pemupukan pada tanaman cabe. Perlakuan pemupukan N yang dicobakan yaitu dosis (0, 100, 200, 300kg/h) Pengamatan produksi dilakukan beberapa kali panen, misal 3 kali panen pertama.

Percobaan pengamatan berulang memerlukan penanganan model analisis yang lain dari model rancangan dasar agar informasi yang diperoleh lebih luas. Disamping perlakuan yang dicobakan tentunya juga diharapkan mampu melihat perkembangan/pertumbuhan respon selama penelitian berjalan.

Adapun ruang lingkup bahan pembelajaran 4 ini meliputi percobaan dengan pengamatan berulang yang mempunyai rancangan dasar faktorial atau disebut faktorial dalam waktu (*Factorial in time*).

Keterkaitan modul ini dengan modul lainnya adalah bahwa modul ini merupakan perluasan dari bahan-bahan pembelajaran sebelumnya, namun difokuskan pada pengamatan terhadap satuan amatan/unit percobaan berulang kali

dalam waktu yang berbeda untuk mengetahui respon dari satuan atau unit percobaan tersebut terhadap perlakuan yang diberikan.

Sasaran yang ingin dicapai dari Bahan Pembelajaran 4 ini adalah :

1. Mahasiswa dapat menuliskan 2 contoh kasus pada bidang yang berbeda
2. Mahasiswa dapat menuliskan model linier aditif
3. Mahasiswa dapat membuat tabel anava
4. Mahasiswa dapat mengaplikasikan pada berbagai bidang ilmu pengetahuan
5. Mahasiswa dapat menggunakan software Statistika, khususnya SPSS, dalam menganalisis data dengan satuan amatan/unit percobaan diamati berulang kali dalam waktu yang berbeda

## B. Uraian Bahan Pembelajaran

### 1. Model Linier dalam Waktu

#### Kasus.

Rancangan faktorial 2x3 dalam waktu dengan rancangan lingkungan RAL, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \delta_{ijk} + \omega_l + \gamma_{kl} + \alpha\omega_{il} + \beta\omega_{jl} + \alpha\beta\omega_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

dimana  $y_{ijkl}$  adalah nilai respon pada faktor A taraf ke- $i$ , faktor B taraf ke- $j$ , ulangan ke- $k$  dan waktu pengamatan ke- $l$ ;  $\mu$  rata-rata umum ;  $\alpha_i$  pengaruh faktor A taraf ke- $i$ ;  $\beta_j$  pengaruh faktor B taraf ke- $j$ ;  $\alpha\beta_{ij}$  pengaruh interaksi faktor A dengan faktor B;  $\delta_{ijk}$  komponen acak

perlakuan;  $\omega_l$  pengaruh waktu pengamatan ke- $l$ ;  $\gamma_{kl}$  komponen acak waktu pengamatan;  $\alpha\omega_{il}$  pengaruh interaksi waktu dengan faktor A;  $\beta\omega_{jl}$  pengaruh interaksi waktu dengan faktor B;  $\alpha\beta\omega_{ijl}$  pengaruh interaksi faktor A, faktor B dengan waktu;  $\varepsilon_{ijkl}$  pengaruh acak dari interaksi waktu dengan perlakuan.

## 2. Sumber-sumber Keragaman

Penguraian keragaman total akan dilakukan untuk faktorial AxB dalam waktu dengan RAL. Faktor A terdiri dari  $a$  taraf, faktor B terdiri dari  $b$  taraf, dan ulang sebanyak  $r$  kali serta pengamatan dilakukan sebanyak  $c$  kali, maka sumber-sumber keragaman yang muncul dapat dilihat pada tabel anava berikut.

Sumber keragaman	Derajat bebas (Db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Faktor A	a-1	JKA	KTA	KTA/KTG(a)
Faktor B	b-1	JKB	KTB	KTB/KTG(a)
Interaksi A*B	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	KTAB/KTG(a)
Galat (a)	ab(r-1)	JKG(a)	KTG(a)	
Waktu W	c-1	JKW	KTW	KTW/KTG(b)
Galat (b)	c(r-1)	JKG(b)	KTG(b)	
Interaksi A*W	(a-1)(c-1)	JKAW	KTAW	KTAW/KTG(c)
Interaksi B*W	(b-1)(c-1)	JKBW	KTBW	KTBW/KTG(c)
Interaksi A*B*W	(a-1)(b-1)(c-1)	JKABW	KTABW	KTABW/KTG(c)
Galat (c)	(abc-ab-c)(r-1)	JKG(c)	JKG(c)	
Total	abc-1	JKT		

Bentuk umum hipotesis yang akan diuji sebagai berikut :

- 1). Pengaruh Waktu

$$H_o : \omega_1 = \omega_2 = \dots = \omega_c = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \omega_l \neq 0 \text{ untuk } l = 1, 2, \dots, c$$

- 2) Pengaruh interaksi faktor A dengan Waktu :

$$H_o : \alpha\omega_{11} = \alpha\omega_{12} = \dots = \alpha\omega_{ac} = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \alpha\omega_{il} \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, a; l = 1, 2, \dots, c$$

- 3). Pengaruh interaksi faktor B dengan Waktu

$$H_o : \beta\omega_{11} = \beta\omega_{12} = \dots = \beta\omega_{bc} = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \beta\omega_{jl} \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, b; l = 1, 2, \dots, c$$

- 4). Pengaruh interaksi faktor A dan B dengan Waktu

$$H_o : \alpha\beta\omega_{111} = \alpha\beta\omega_{112} = \dots = \alpha\beta\omega_{abc} = 0$$

$$H_1 : \text{Ada } \alpha\beta\omega_{ijl} \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b;$$

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

### Langkah-langkah perhitungan pada anava sbb:

3. Dari tabulasi silang antara AxBxCXR

Faktor Korekasi (FK)

$$FK = \frac{y_{oooo}^2}{abcr}$$

Jumlah Kudrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c (y_{ijkl} - \bar{y}_{oooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c y_{ijkl}^2 - FK$$

4. Rekap data, tabulasi silang AxBxR

Jumlah Kuadrat Subtotal 1 (JKST1)

$$JKST1 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{ijko} - \bar{y}_{oooo})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \frac{y_{ijko}^2}{c} - FK$$

5. Rekap data tabulasi silang AxB

Jumlah Kuadrat Faktor A (*JKA*)

$$JKA = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{i000} - \bar{y}_{0000})^2 = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i000}^2}{bcr} - FK$$

Jumlah Kuadrat Faktor B (*JKB*)

$$JKB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{0j00} - \bar{y}_{0000})^2 = \sum_{j=1}^b \frac{y_{0j00}^2}{acr} - FK$$

Jumlah kuadrat interaksifaktor A dan faktor B (*JKAB*)

$JKAB = JKP - JKA - JKB$  dimana :

$$JKP = cr \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{ij00} - \bar{y}_{0000})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij00}^2}{cr} - FK$$

Jumlah Kuadrat Galat (a) atau (*JKG(a)*)

$$JKG(a) = JKST1 - JKP$$

3. Rekap data, tabulasi silang WxR

Jumlah Kuadrat Subtotal2 (*JKST2*)

$$JKST2 = ab \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{00kl} - \bar{y}_{0000})^2 = \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^c \frac{y_{00kl}^2}{ab} - FK$$

Jumlah Kuadrat Waktu (*JKW*)

$$JKW = abr \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{000l} - \bar{y}_{0000})^2 = \sum_{l=1}^c \frac{y_{000l}^2}{abr} - FK$$

Jumlah Kuadrat Galat (B) atau (*JKG(b)*)

$$JKG(b) = JKST2 - JKW$$

5. Rekap data, tabulasi silang AxBxW

Jumlah Kuadrat Interaksi AxW

$JKAW = JKP1 - JKA - JKW$  dimana :

$$JKP1 = br \sum \sum (\bar{y}_{iojo} - \bar{y}_{oooo})^2$$

Jumlah Kuadrat interaksi BxW

$$JKBW = JKP2 - JKB - JKW \text{ dimana :}$$

$$JKP2 = ar \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{ojol} - \bar{y}_{oooo})^2$$

Jumlah Kuadrat interaksi AxBxW

$$JKABW = JKP3 - JKA - JKB - JKW - JKAB - JKAW - JKBW$$

dimana :

$$JKP3 = r \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^c (\bar{y}_{ijol} - \bar{y}_{oooo})^2$$

Jumlah Kuadrat Galat (c) atau  $JKG(c)$

$$JKG(c) = JKT - JKA - JKB - JKAB - JKG(a) - JKW - JKG(b) - JKAW - JKBW - JKABW$$

Koefisien keragaman percobaan ini ada tiga jenis yaitu :

- 1). Koefisien keragaman dalam perlakuan ( $KK1$ )

$$KK1 = \frac{\sqrt{KTG(a)}}{\bar{y}_{oooo}} \times 100\%$$

- 2). Koefisien kegraman dalam waktu ( $KK2$ )

$$KK2 = \frac{\sqrt{KTG(b)}}{\bar{y}_{oooo}} \times 100\%$$

- 3). Koefisien keragaman dalam perlakuan dan waktu ( $KK3$ )

$$KK3 = \frac{\sqrt{KTG(c)}}{\bar{y}_{oooo}} \times 100\%$$

### 3. Contoh Pengolahan Data dengan SPSS

### Kasus.

Percobaan dilakukan dengan pemberian sejenis obat yang dianggap ampuh untuk menurunkan berat badan dan kadar trigliserida dalam darah dan melihat respon dari pemberian obat tersebut terhadap dua kelompok jenis kelamin yang berbeda, yaitu pria dan wanita. 16 orang pria dan 16 orang wanita diamati selama jangka waktu tertentu untuk melihat respon dari perlakuan yang diberikan. Datanya diberikan pada tabel berikut.

Patid	Age	Gender	tg0	tg1	tg2	tg3	tg4	wg0	wg1	wg2	wg3	wg4
1	45	0	180	148	106	113	100	198	196	193	188	192
2	56	0	139	94	119	75	92	237	233	232	228	225
3	50	0	152	185	86	149	118	233	231	229	228	226
4	46	1	112	145	136	149	82	179	181	177	174	172
5	64	0	156	104	157	79	97	219	217	215	213	214
6	49	1	167	138	88	107	171	169	166	165	162	161
7	63	0	138	132	146	143	132	222	219	215	215	210
8	63	1	160	128	150	118	123	167	167	166	162	161
9	52	0	107	120	129	195	174	199	200	196	196	193
10	45	0	156	103	126	135	92	233	229	229	229	226
11	61	1	94	144	114	114	121	179	181	176	173	173
12	49	1	107	93	156	148	150	158	153	155	155	154
13	61	1	145	107	129	86	159	157	151	150	145	143
14	59	0	186	142	128	122	101	216	213	210	210	206
15	52	0	112	107	103	89	148	257	255	254	252	249
16	60	1	104	103	117	79	130	151	146	144	144	140

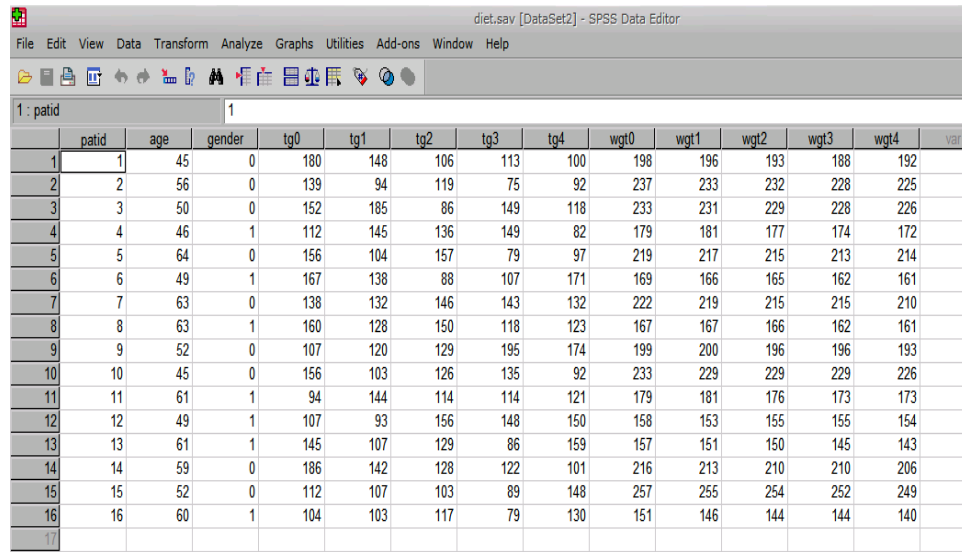
Pertanyaan yang ingin dijawab adalah:

1. Apakah ada pengaruh perbedaan jenis kelamin pria dan wanita terhadap penurunan berat badan dan kadar kolesterol?
2. Apakah orang yang berjenis kelamin laki-laki memiliki reduksi pengurangan berat badan maupun kadar kolesterol yang lebih cepat atau sebaliknya?

Analisis data menggunakan SPSS diuraikan dalam langkah-langkah berikut.

Cara pengolahan data melalui SPSS dapat disajikan sebagai berikut:

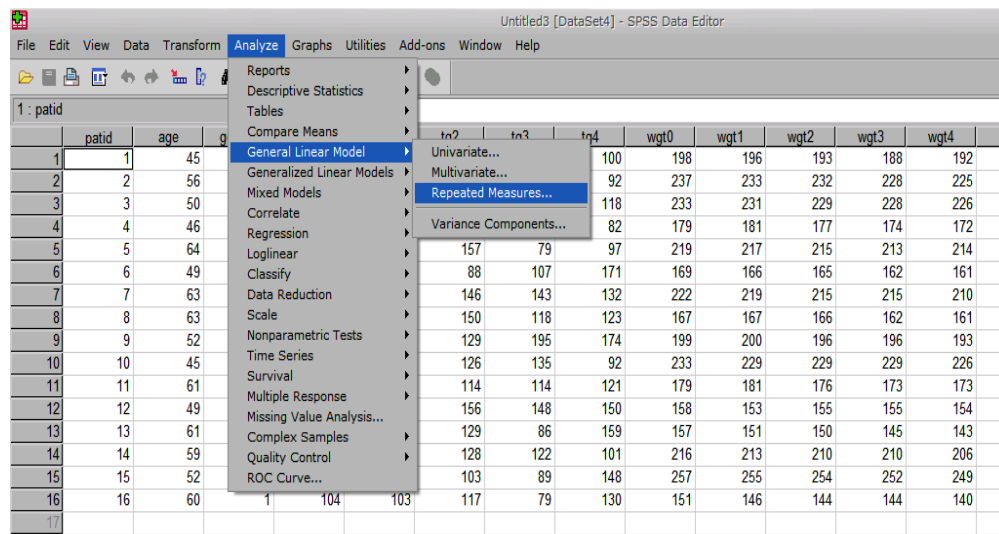
1. Masukkan data di atas ke dalam program SPSS sebagai berikut:



	patid	age	gender	tg0	tg1	tg2	tg3	tg4	wgt0	wgt1	wgt2	wgt3	wgt4	var
1	1	45	0	180	148	106	113	100	198	196	193	188	192	
2	2	56	0	139	94	119	75	92	237	233	232	228	225	
3	3	50	0	152	185	86	149	118	233	231	229	228	226	
4	4	46	1	112	145	136	149	82	179	181	177	174	172	
5	5	64	0	156	104	157	79	97	219	217	215	213	214	
6	6	49	1	167	138	88	107	171	169	166	165	162	161	
7	7	63	0	138	132	146	143	132	222	219	215	215	210	
8	8	63	1	160	128	150	118	123	167	167	166	162	161	
9	9	52	0	107	120	129	195	174	199	200	196	196	193	
10	10	45	0	156	103	126	135	92	233	229	229	229	226	
11	11	61	1	94	144	114	114	121	179	181	176	173	173	
12	12	49	1	107	93	156	148	150	158	153	155	155	154	
13	13	61	1	145	107	129	86	159	157	151	150	145	143	
14	14	59	0	186	142	128	122	101	216	213	210	210	206	
15	15	52	0	112	107	103	89	148	257	255	254	252	249	
16	16	60	1	104	103	117	79	130	151	146	144	144	140	
17														

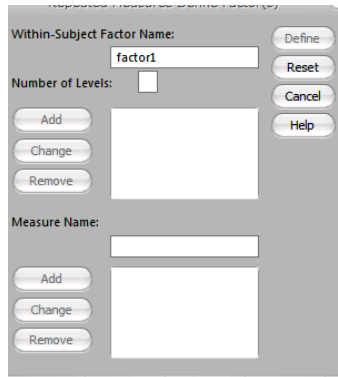
dimana Wgt menyatakan berat badan objek yang diamati, sedangkan Tg menyatakan kadar trigleserida darah dari objek amatan.

2. Pilih Menu **Analyze** kemudian **General Linear Model** . Setelah itu pilih **Repeated Measures**

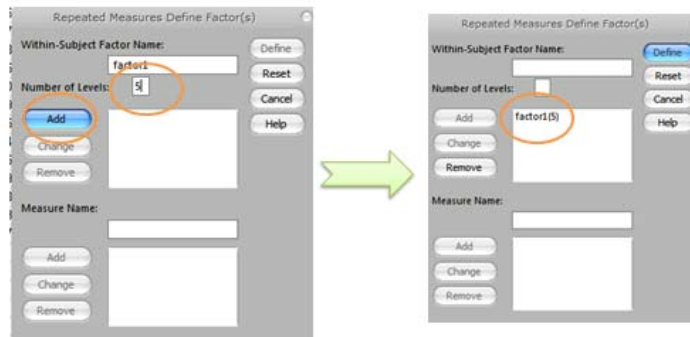


	patid	age	g	tn2	tn3	tn4	wgt0	wgt1	wgt2	wgt3	wgt4			
1	1	45					100	198	196	193	188	192		
2	2	56					92	237	233	232	228	225		
3	3	50					118	233	231	229	228	226		
4	4	46					82	179	181	177	174	172		
5	5	64					157	79	97	219	217	215	213	214
6	6	49					88	107	171	169	166	165	162	161
7	7	63					146	143	132	222	219	215	215	210
8	8	63					150	118	123	167	167	166	162	161
9	9	52					129	195	174	199	200	196	196	193
10	10	45					126	135	92	233	229	229	229	226
11	11	61					114	114	121	179	181	176	173	173
12	12	49					156	148	150	158	153	155	155	154
13	13	61					129	86	159	157	151	150	145	143
14	14	59					128	122	101	216	213	210	210	206
15	15	52					103	89	148	257	255	254	252	249
16	16	60		1	104	103	117	79	130	151	146	144	144	140
17														

Dan akan muncul layar seperti yang ada di bawah ini:



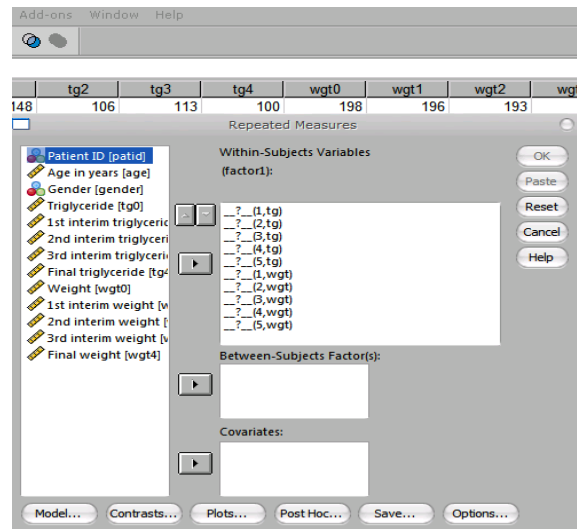
3. Pada layar di atas , pada *number of levels* isikan 5 karena terdapat 5 ukuran level setelah itu pilih add



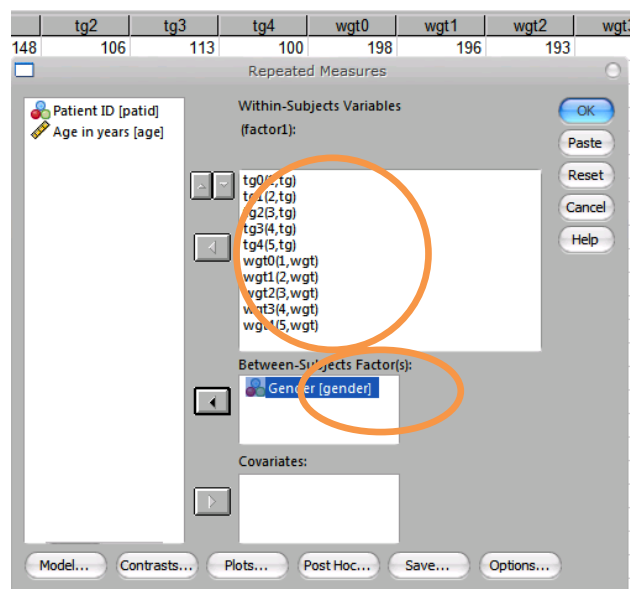
Pada menu *measures name*, kita melakukan 2 macam pengukuran yaitu mengukur trigleserida (tg) dan berat badan (wgt), maka



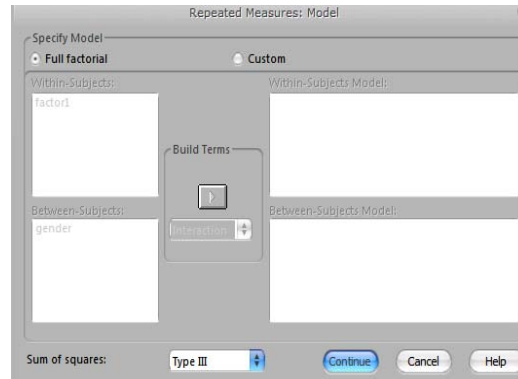
Pilih **define** sehingga muncul layar sebagai berikut:



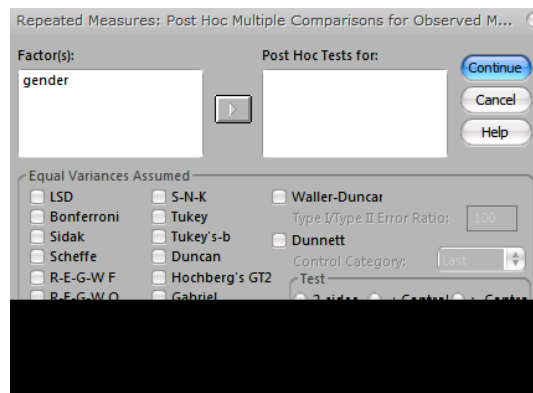
4. Sekarang kita akan mendefinisikan within dan between subjectnya sebagai berikut:



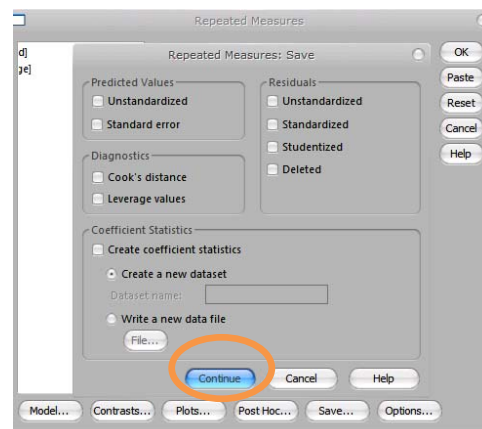
5. Pada kotak dialog **model**, pada sum of squares pilih **type III**. setelah itu pilih **continue**



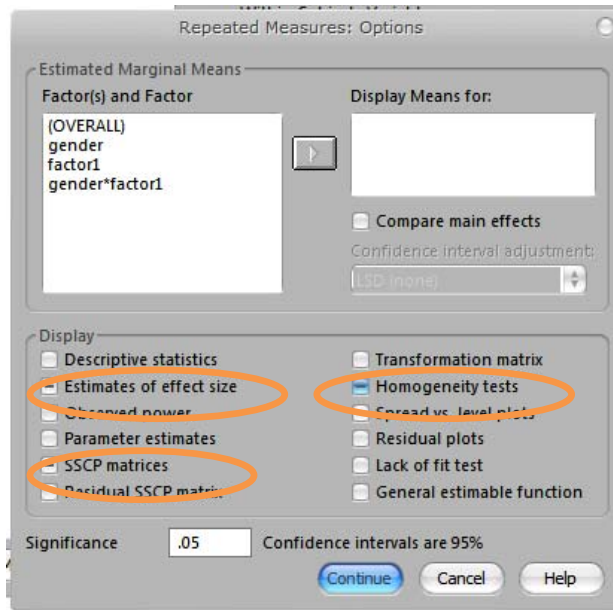
6. Pada kotak dialog **Kontras**, ganti polynomial menjadi repeated, pilih **change >> continu**.
7. Pada kotak dialog **PLOTS**, pilih **factor 1** sebagai horizontal Axis dan **gender** sebagai separate lines. Lalu **add**.
8. Pada kotak dialog Post Hoc, Pilih **continuu**:



9. Pada kotak dialoh Save, pilih **continuu**

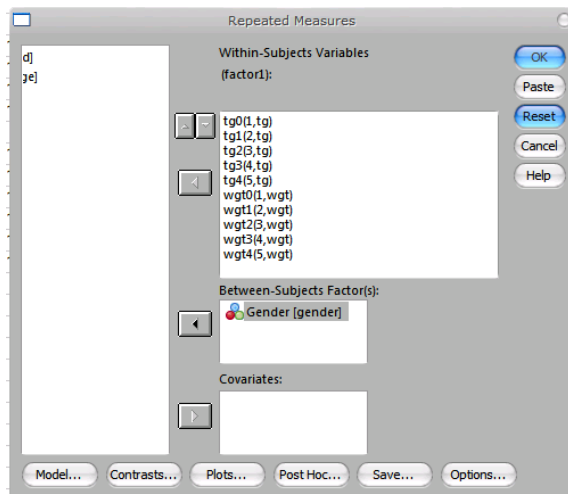


10. Pada kotak dialog Option pilih Estimate of effect size, SSCP matrices, Homogeneity test:



Pilih **continue**

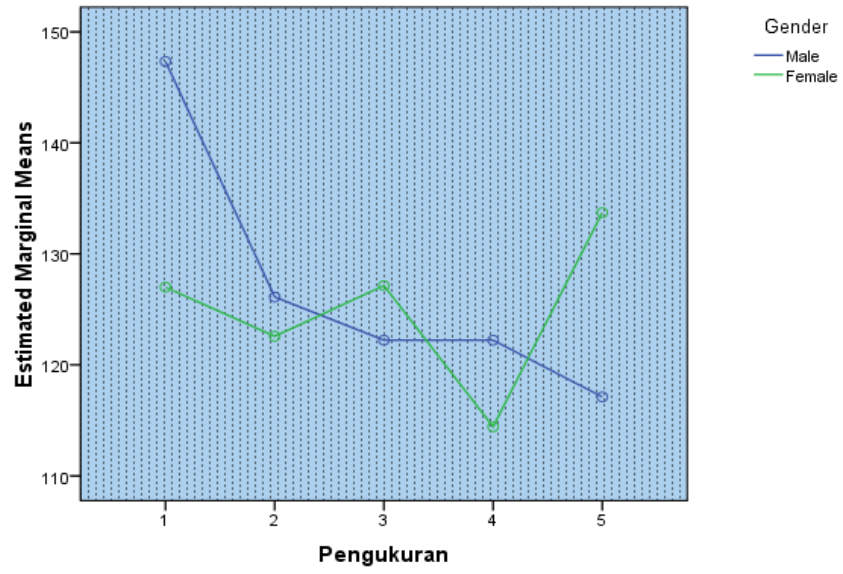
11. Pilih **OK**



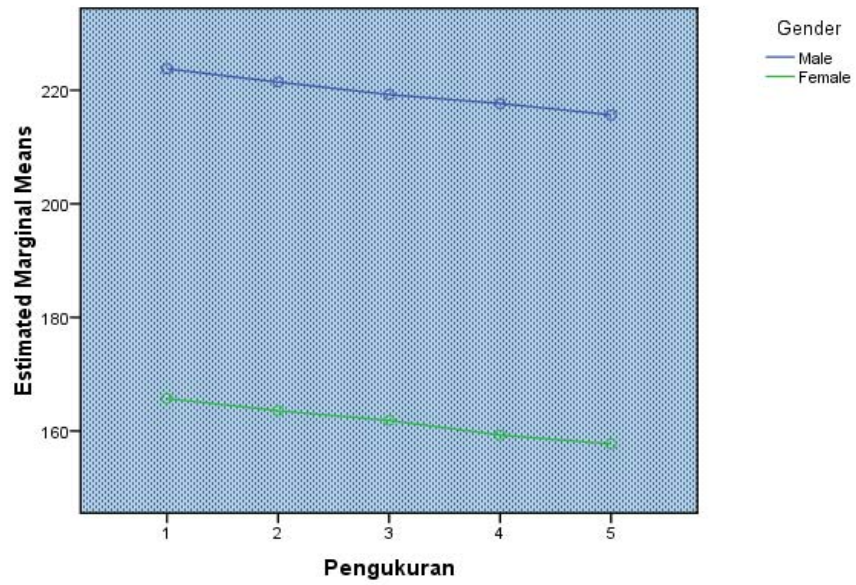
Output SPSS yang dihasilkan:

- 1) Plot Profil

Textbox  
**Estimated Marginal Means of Tg**



**Estimated Marginal Means of Wgt**



Keterangan :

Untuk plot profil trigliserida dalam darah terlihat bahwa kadarnya menurun setelah beberapa minggu pengamatan pada pria dibandingkan wanita. Sedangkan untuk berat badan, terlihat bahwa baik pria maupun wanita menunjukkan penurunan berat badan yang sama setelah beberapa minggu pemberian obat diberikan.

2) Deskripsi **Between & Within Subjects**

Yang menjadi *within-subjects* atau pengaruh dari individu/objek yang sama untuk memberikan kontribusi pada skor pada setiap grup adalah Triglyceride dan berat badan, yang menunjukkan nilai dari data setiap individu. Sementara *between-subjects factors*nya yang merupakan ukuran pengaruh dari individu/subjek yang berbeda terhadap setiap grup adalah pengaruh dari jenis kelamin. Hasilnya adalah:

**Within-Subjects Factors**

Measure	hsl_diet	Dependent Variable
tg	1	tg0
	2	tg1
	3	tg2
	4	tg3
	5	tg4
wgt	1	wgt0
	2	wgt1
	3	wgt2
	4	wgt3
	5	wgt4

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
Gender	0	Male	9
	1	Female	7

3) Pengujian Between-Subjects Effect Univariate

**Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>**

	F	df1	df2	Sig.
Triglyceride	.630	1	14	.440
1st interim triglyceride	.433	1	14	.521
2nd interim triglyceride	.034	1	14	.857
3rd interim triglyceride	.823	1	14	.380
Final triglyceride	.004	1	14	.953
Weight	1.521	1	14	.238
1st interim weight	.231	1	14	.638
2nd interim weight	.991	1	14	.336
3rd interim weight	1.158	1	14	.300
Final weight	.711	1	14	.413

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + gender

Within Subjects Design: Pengukuran

Hipotesis :

H0 : ada pengaruh jenis kelamin terhadap penurunan berat badan dan kadar kolesterol

H1 : tidak ada pengaruh jenis kelamin terhadap penurunan berat badan dan kadar kolesterol

Dari hasil pengujian didapatkan nilai

$$tg_0 = 0.440$$

$$tg_1 = 0.521$$

$$tg_2 = 0.857$$

$$tg_3 = 0.380$$

$$tg_4 = 0.953$$

dimana semua nilai hasil pengujian memperlihatkan nilai hasil uji  $> 0.05$  sehingga tolak H0

wgt0 = 0.238  
 wgt1 = 0.638  
 wgt2 = 0.336  
 wgt3 = 0.300  
 wgt4 = 0.413

dimana semua nilai hasil pengujian dari tes 1 – tes 5 memperlihatkan nilai hasil uji > 0.05 sehingga tolak H0

dari hasil pengujian didapatkan sebuah kesimpulan bahwa tidak ada pengaruh antara jenis kelamin terhadap penurunan berat badan dan kadar kolesterol.

#### 4. Pengujian Between-Subjects Effect Multivariate

**Tests of Between-Subjects Effects**  
 Transformed Variable: Average

Source	Measure	Type IV Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Tg	249990.303	1	249990.303	1630.913	.000	.991
	Wgt	572124.021	1	572124.021	2162.867	.000	.994
gender	tg	16.203	1	16.203	.106	.750	.007
	wgt	13212.421	1	13212.421	49.948	.000	.781
Error	tg	2145.954	14	153.282			
	wgt	3703.297	14	264.521			

Dari tabel terlihat bahwa nilai sig. Tg > 0.05 dan nilai sig. Wgt < 0.05

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa :

1. Jenis kelamin tidak memiliki pengaruh atau tidak memiliki keterhubungan dengan perubahan trigleserida.
2. Jenis kelamin memiliki pengaruh atau memiliki keterhubungan dengan perubahan berat badan.

#### 5. Pengujian Within-Subjects Effect univariate:

**Mauchly's Test of Sphericity<sup>b</sup>**

Within Subjects Effect	Measure	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon <sup>a</sup>		
						Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Pengukuran	Tg	.490	8.858	9	.454	.819	1.000	.250
	Wgt	.399	11.423	9	.252	.763	1.000	.250

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

b. Design: Intercept + gender

Within Subjects Design: Pengukuran

Pada tabel pengujian **Mauchly's Test of Sphericity<sup>b</sup>** terlihat bahwa nilai sig. Untuk tg = 0.454 dan wgt = 0.252 yang dimana nilai keduanya lebih besar dari 0.05. sehingga terdapat perbedaan yang signifikan terhadap perbedaan nilainya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh antara jenis kelamin dengan kecepatan pengurangan berat badan serta penurunan kadar kolesterol.

## C. Penutup

Keberhasilan mahasiswa dalam menganalisis dengan menggunakan software SPSS akan memudahkan untuk menerapkan perancangan percobaan dengan pengamatan berulang dengan menggunakan rancangan lingkungan RAKL.

### Tugas Mandiri.

Cari satu kasus yang berhubungan dengan faktorial AxB dalam waktu dengan rancangan lingkungan rancangan acak lengkap, lalu analisis dengan menggunakan software SPSS dan interpretasikan output tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Montgomery Douglas C. (1991). Design and Analysis of Experiments, Third Edition, John Wiley & Sons.
- [2] Ahmad Ansori Mattjik Ir., M. Sc., Ph.D dan Made Sumertajaya Ir., M.Si. (2000). Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB. Edisi Kesatu, IPB PRESS, BOGOR.
- [3] Sudjana, M.A., M.Sc., DR. Prof. (1994). Desain dan Analisis Eksperimen, Edisi III. Tarsito Bandung.
- [4] Stell R.G.D. dan Torrie J. H. (1993). Prinsip dan Prosedur Statistika, Edisi Ketiga, Gramedia Pustaka Utama.
- [5] Vincent Gaspersz Ir, Dr. (1991). Metode Perancangan Percobaan, CV. ARMICO. Bandung.
- [6] Gomez K.A. dan Gomez A.A. (1995). Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian, Edisi Kedua, UI-PRESS, Jakarta.

## **Bab 6. Bahan Pembelajaran 5**

### **ASUMSI DALAM PERANCANGAN PERCOBAAN : DETEKSI DAN PENANGANANNYA**

#### **A. Pendahuluan**

Asumsi untuk pengujian hipotesis yang didasarkan pada model ANOVA faktor tunggal sebenarnya berhubungan dengan nilai residual atau error ( $\epsilon_{ij}$ ). Banyak referensi yang menyatakan bahwa ANOVA faktor tunggal cukup handal terhadap asumsi ini, misalnya Uji F tetap handal dan dapat diandalkan meskipun asumsi tidak terpenuhi. Meskipun demikian, tingkat keandalannya sangat sulit diukur dan tergantung juga pada ukuran sampel yang harus seimbang. Uji F bisa menjadi sangat tidak dapat diandalkan apabila ukuran sampel tidak seimbang, apalagi jika ditambah dengan sebaran data yang tidak normal dan ragam tidak homogen. Oleh karena itu, sangat direkomendasikan untuk memeriksa terlebih dahulu asumsi ANOVA sebelum melanjutkan ke tahap analisis.

Apabila kita menganalisis data yang sebenarnya tidak memenuhi asumsi analisis ragam maka kesimpulan yang diambil tidak akan menggambarkan keadaan

yang sebenarnya bahkan menyesatkan. Dengan demikian, sebelum melakukan analisis ragam, terlebih dahulu kita harus memeriksa apakah data tersebut sudah memenuhi asumsi dasar analisis ragam atau belum.

Strategi umum untuk memeriksa asumsi ANOVA serta urutan asumsi yang harus diperiksa terlebih dahulu di bahas secara detail oleh Dean dan Voss (1999). Mereka menitikberatkan pada pengamatan plot residual, dengan alasan berikut: pemeriksaan plot residual lebih subjektif dibanding dengan pengujian formal dan yang lebih penting, plot residual lebih informatif tentang sifat dari masalah, konsekuensi, dan tindakan korektif yang bisa diambil.

Adapun ruang lingkup Bahan Pembelajaran 5 ini meliputi pendeteksian data apakah telah memenuhi asumsi atau tidak dan bagaimana cara mengatasi asumsi yang tidak terpenuhi.

Keterkaitan modul ini dengan modul lainnya adalah bahwa modul ini merupakan syarat perlu supaya bahan pembelajaran sebelumnya dapat diterima hasil pengujiannya secara Statistika.

Sasaran yang ingin dicapai dari Bahan Pembelajaran 5 ini adalah :

1. Mahasiswa dapat menuliskan asumsi yang harus dipenuhi dalam perancangan percobaan
2. Mahasiswa dapat mendeteksi terpenuhinya asumsi pada data percobaan atau tidak
3. Mahasiswa dapat mengambil langkah untuk melakukan penanganan terhadap data percobaan yang tidak memenuhi asumsi tersebut

## **B. Uraian Bahan Pembelajaran**

### **1. Model Linier**

Coba anda perhatikan model linier untuk rancangan RAL (One Way Anova) atau RAK berikut ini:

**Model linier untuk RAL (One Way Anova):**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}.$$

**dan model linier untuk RAK:**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij},$$

dimana  $\varepsilon_{ij} \approx \text{NIID}(0, \sigma^2)$ , NIID = *Normal, Independent, Identically Distributed* dengan rata-rata 0 dan ragam  $\sigma^2$

Dalam prakteknya, makna yang tersirat dari model tersebut adalah:

- Data pengamatan dari setiap kelompok perlakuan berasal dari populasi normal/berdistribusi normal (ini diperlukan sehingga  $\varepsilon_{ij}$  **terdistribusi secara normal**).
- Semua kelompok perlakuan mempunyai ragam yang homogen (ini diperlukan sehingga  $\varepsilon_{ij}$  akan memiliki **ragam homogen** untuk setiap taraf perlakuan, i).
- Unit satuan percobaan ditentukan dan ditempatkan secara acak pada setiap kelompok perlakuan (ini diperlukan sehingga  $\varepsilon_{ij}$  **independen** (*saling bebas*) satu sama lain).
- Pengaruh dari faktor perlakuan ( $\tau_i$ ) dan lingkungan ( $\beta_j$ ) dan galat ( $\varepsilon_{ij}$ ) bersifat aditif, maksudnya tinggi rendahnya respons semata-mata akibat dari pengaruh **penambahan** perlakuan dan atau kelompok. Nilai Respons ( $Y_{ij}$ ) merupakan nilai rata-rata umum ( $\mu$ ) ditambah dengan penambahan dari perlakuan ( $\tau_i$ ) dan galat ( $\varepsilon_{ij}$ ).

Dengan demikian, asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam melakukan analisis ragam adalah, **Normalitas, homoskedastisitas (kehomogenan ragam), Independensi (kebebasan galat), dan Aditif.**

## 2. Asumsi Normalitas

Normalitas berarti nilai residual ( $\epsilon_{ij}$ ) dalam setiap perlakuan (grup) yang terkait dengan nilai pengamatan  $Y_i$  harus terdistribusi secara normal. Jika nilai residual terdistribusi secara normal, maka nilai  $Y_i$  pun akan berdistribusi normal. Apabila ukuran sampel dan varians sama, maka uji ANOVA sangat tangguh terhadap asumsi ini. Dampak dari ketidaknormalan tidak terlalu serius, namun apabila ketidaknormalan tersebut disertai dengan ragam yang heterogen, masalahnya bisa menjadi serius.

## 2.1 Penyebab Ketidaknormalan

Dalam praktiknya, jarang sekali ditemukan sebaran nilai pengamatan yang mempunyai bentuk ideal, seperti distribusi normal, bahkan sebaliknya, kita sering menemukan bentuk yang cenderung tidak normal (skewed atau multimodal) karena keragaman dari sampling. Keragaman ini terjadi apabila ukuran sampel yang terlalu sedikit, misalnya kurang dari 8–12 (Keppel & Wickens, 2004; Tabachnick & Fidell, 2007), atau apabila terdapat outliers. Outlier biasanya terjadi karena adanya kesalahan, terutama kesalahan dalam entri data, salah dalam pemberian kode, kesalahan partisipan dalam mengikuti instruksi, dan lain sebagainya.

Beberapa contoh kasus yang sebaran datanya cenderung tidak normal misalnya:

- Banyaknya parasit dalam kehidupan liar
- Perhitungan jumlah bakteri
- Data dalam bentuk proporsi atau persentase
- Skala Arbitrary, seperti pengujian 10 skala uji rasa
- Penimbangan objek yang sangat kecil, berhubungan dengan keterbatasan alat penimbangan.

Hal lain yang bisa merusak asumsi kenormalan ini adalah apabila dalam melakukan pengacakan (*randomization*) tidak sesuai dengan prinsip

pengacakan suatu rancangan percobaan. Hal ini memungkinkan data akan menyebar secara tidak normal.

## **2.2 Konsekuensi**

Konsekuensi akibat data yang tidak menyebar normal adalah akan menyebabkan keputusan yang di bawah dugaan (*under estimate*) atau diatas dugaan (*over estimate*) terhadap taraf nyata percobaan yang sudah ditentukan (Kesalahan Jenis I).

Meskipun demikian, harus diingat bahwa dalam asumsi analisis ragam (syarat kecukupan model), uji kenormalan merupakan hal yang tidak terlalu penting dibandingkan dengan uji lainnya, asalkan:

- Ukuran contoh yang besar dan jumlah sampel yang seimbang.
- Sepanjang seluruh sampel data mempunyai distribusi yang hampir sama dan jumlah sampel sama atau hampir sama dan tidak ada penyimpangan yang ekstrim, tidak diperlukan pengujian kenormalan.

## **2.3. Hubungan dengan kehomogenan ragam**

Sebenarnya ada hubungan simultan antara data yang menyebar secara normal dan data yang mempunyai ragam homogen. Data yang ragamnya homogen akan menyebar secara normal, tetapi data yang menyebar secara normal tidak selalu mempunyai ragam yang homogen.

## 2.4 Pengujian Kenormalan:

Beberapa cara untuk memeriksa asumsi normalitas :

- Uji kenormalan harus dilaksanakan pada masing-masing kombinasi perlakuan (*cell by cell basis*)
- Periksa outliers, kemiringan (*skewness*) dan bimodality.
  - Histogram dan Stem-and-Leaf-Plot dari nilai observasi atau residual
  - Box plot
    - Boxplots dari pengamatan atau residu dalam setiap perlakuan (kelompok) harus simetris.
    - data pengamatan atau residual seharusnya tidak simetris (*Side-by-side boxplots*)
  - Koefisien kemiringan (*skewness*) and kurtosis

Sampel dari distribusi miring akan menunjukkan hubungan positif antara nilai rata-rata dan varians.

- Plot grup **Rata-rata perlakuan vs. residual**
- Plot grup **Rata-rata vs Varians** seharusnya tidak menunjukkan adanya korelasi
  - Nilai rata-rata dan varians yang berasal dari distribusi normal bersifat independen (saling bebas) sehingga plot sampel rata-rata terhadap varians sampel harus menunjukkan tidak ada hubungan.
- Normal Probabilitas plot antara nilai residual dengan nilai prediksi atau observasi, juga cukup informatif.

- Data dikatakan berdistribusi normal apabila plot data tersebut mengikuti garis normal (garis diagonal )

## 2.5 Formal Test : *Shapiro-Wilk test, Kulmogorov-Smirnov test*

Ada juga beberapa tes formal normalitas (misalnya uji Shapiro-Wilks tes; goodness-of-fit seperti uji Kulmogorov-Smirnov), namun menurut beberapa literatur, metode grafis jauh lebih informatif dalam memeriksa asumsi ANOVA sebelum analisis ragam dilakukan.

## 2.6 Solusi

- Usahakan banyaknya ulangan sama untuk setiap perlakuan karena ukuran sampel yang seragam sangat handal terhadap ketidaknormalan.
- Periksa outlier, hilangkan apabila point data tersebut tidak representatif atau cek kembali kebenaran data tersebut
- Pendekatan selanjutnya untuk mengurangi pelanggaran normalitas adalah memangkas nilai-nilai data pengamatan yang paling ekstrim, dengan tujuan untuk mengurangi pengaruh dari skewness dan kurtosis, misalnya, membuang 5 persen bagian atas dan bawah dari suatu distribusi (Anderson, 2001).
- Transformasi data
- Uji non parametric

## **LANGKAH KERJA PENGUJIAN KENORMALAN DATA DENGAN CARA LILLIFORS.**

1. Langkah pertama buat tabel bantu analisis dengan format sebagai berikut

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi)-Z(Si)
1					
2					
3					
...					
...					
...					
n					

2. Isikan pada kolom X dengan data yang mau di uji, dengan mengurutkan data dengan nilai terendah s/d tertinggi, sehingga isian tabel menjadi sbb

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi)-Z(Si)
1	125				
2	128				
3	130				
4	135				
5	155				
6	165				
7	175				
8	178				
9	178				
10	180				
11	180				
12	195				
Total					
Mean					
Median					
Sdt.Dev/Simp.					
Baku (S)					
Varian $S^2$					

Hitung Nilai total ( $\sum X$ ) mean ( $\bar{x}$ ), median ( $m$ ), Standar Deviasi ( $S$ ) dan Varian ( $S^2$ ) dari data berat tersebut. Jika telah di hitung, maka isian tabel menjadi

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi)-Z(Si)
1	125				
2	128				
3	130				
4	135				
5	155				
6	165				
7	175				
8	178				
9	178				
10	180				
11	180				
12	195				
Total	1924				
Mean	160,33				
Median	176,50				
Sdt.Dev	24,72				
Varian	611,078				

- Untuk mencari nilai normal baku ( $Z$ ) dari data  $X$  dilakukan transformasi data dengan rumus

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

$$Z_1 = \frac{125 - 160,33}{24,72} = -1,4286 ; \text{dst...dst sampai } Z_{12}$$

Jika telah di hitung dengan rumus Z maka isian tabel menjadi seperti tabel di berikut ini.

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi)-Z(Si)
1	125	-1.42			
2	128	-1.30			
3	130	-1.22			
4	135	-1.02			
5	155	-0.21			
6	165	0.18			
7	175	0.59			
8	178	0.71			
9	178	0.71			
10	180	0.79			
11	180	0.79			
12	195	1.40			
Total	1924				
Mean	160,33				
Median	176,50				
Sdt.Dev	24,72				
Varian	611,07				

- Selanjutnya hitung nilai baku mutlak (Zi) dengan melakukan konjugasi pada tabel Z sebagai contoh

Nilai  $Z_1 = -1,42$  di tabel lihat baris -1,4 dan kolom 0,02 sebaran normal bakunya 0,0778

Nilai  $Z_2 = -1,30$  di tabel lihat baris -1,3 dan kolom 0,00 sebaran normal bakunya 0,0968

Nilai  $Z_3 = -1,35$  di tabel lihat baris -1,3 dan kolom 0,05 sebaran normal bakunya 0,0885

Dan seterusnya sampai  $Z_{12}$ .

Nilai  $Z_{12} = 1,40$  di tabel lihat baris 1,4 dan kolom 0,00 sebaran normal bakunya 0,9192

Jika telah di hitung dengan melihat tabel Z maka isian tabel menjadi

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi)-Z(Si)
1	125	-1.42	0,0778		
2	128	-1.30	0,0968		
3	130	-1.22	0,0885		
4	135	-1.02	0,1539		
5	155	-0.21	0,4168		
6	165	0.18	0,5174		
7	175	0.59	0,7224		
8	178	0.71	0,7611		
9	178	0.71	0,7611		
10	180	0.79	0,7952		
11	180	0.79	0,7952		
12	195	1.40	0,9192		
Total	1924				
Mean	160,33				
Median	176,50				
Sdt.Dev	24,72				
Varian	611,07				

5. Kemudian hitung nilai empirik baku  $S(Z_i)$  dengan cara banyaknya  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n/n$   
 $1/12 = 0,0833$   $2/12 = 0,1667$   $3/12 = 0,2500$   $4/12 = 0,3333$  dst... s/d  $12/12 = 1,000$

Jika telah di hitung dengan  $S(Z_i)$  maka isian tabel menjadi

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi) – S(Zi)
1	125	-1.42	0,0778	0.0833	
2	128	-1.30	0,0968	0.1667	
3	130	-1.22	0,0885	0.2500	
4	135	-1.02	0,1539	0.3333	
5	155	-0.21	0,4168	0.4167	
6	165	0.18	0,5174	0.5000	
7	175	0.59	0,7224	0.5833	
8	178	0.71	0,7611	0.6667	
9	178	0.71	0,7611	0.7500	
10	180	0.79	0,7952	0.8333	
11	180	0.79	0,7952	0.9167	
12	195	1.40	0,9192	1.0000	
Total	1924				
Mean	160,33				
Median	176,50				
Sdt.Dev	24,72				
Varian	611,07				

6. Hitung selisih beda mutlak maksimum  $[F(Z_i) - S(Z_i)]$

$$0,0778 - 0,0833 = 0,0055$$

$$0,0968 - 0,1667 = 0,0699$$

$$0,0885 - 0,2500 = 0,1615$$

Jika telah di hitung dengan  $[F(Z_i) - S(Z_i)]$  maka isian tabel menjadi

No	X	Zi	F(Zi)	S(Zi)	F(zi) – S(Zi)
1	125	-1.42	0,0778	0.0833	0.0055
2	128	-1.30	0,0968	0.1667	0.0699
3	130	-1.22	0,0885	0.2500	0.1615
4	135	-1.02	0,1539	0.3333	0.1794*
5	155	-0.21	0,4168	0.4167	0.0001
6	165	0.18	0,5174	0.5000	0.0174
7	175	0.59	0,7224	0.5833	0.1391
8	178	0.71	0,7611	0.6667	0.0944
9	178	0.71	0,7611	0.7500	0.0111
10	180	0.79	0,7952	0.8333	0.0381
11	180	0.79	0,7952	0.9167	0.1215
12	195	1.40	0,9192	1.0000	0.0808
Total	1924				
Mean	160,33				
Median	176,50				
Sdt.Dev	24,72				
Varian	611,07				

Nilai beda mutlak maksimum semua bernilai positif, beri tanda (\*) pada nilai tertinggi untuk nantinya dibandingkan dengan Nilai L tabel. 5% atau 1%.

## 7. Kesimpulan akhir

- Jika  $L_{hitung} < L_{tabel\ 5\% \ \& \ 1\%}$ , data menyebar normal
- Jika  $L_{hitung} > L_{tabel\ 5\% \ \& \ 1\%}$ , data tidak menyebar normal  
Maka nilai tertinggi dari nilai beda mutlak maksimum  $[F(Z_i) - S(Z_i)]$  adalah 0,1794.
- Lihat tabel  $L_{\alpha}(n) = L_{5\%}(12) = 0,242$
- Lihat tabel  $L_{\alpha}(n) = L_{1\%}(12) = 0,275$

$L_{hitung} (0,1794) < L_{Tabel\ 5\%} (0,242) \ \& \ L_{Tabel\ 1\%} (0,275)$

Dengan hasil tersebut maka ragam data berat ikan mas dalam karamba menyebar normal.

### 3. Asumsi Kehomogenan Ragam

Asumsi lain yang mendasari analisis ragam adalah kehomogenan ragam atau asumsi homoskedastisitas (*homoscedasticity*). Homoskedastisitas berarti bahwa ragam dari nilai residual bersifat konstan. Asumsi homogenitas mensyaratkan bahwa distribusi residu untuk masing-masing perlakuan/kelompok harus memiliki ragam yang sama. Dalam prakteknya, ini berarti bahwa nilai  $Y_{ij}$  pada setiap level variabel independen masing-masing beragam di sekitar nilai rata-ratanya.

- Ragam nilai residual dan ragam data pengamatan dalam grup yang sama seharusnya homogen
- Dampak ketidakhomogenan ragam lebih serius dibandingkan dengan ketidaknormalan data karena dapat mempengaruhi Uji-F. Hal ini akan meningkatkan kesalahan tipe I (tampak seperti ada pengaruh dari perlakuan padahal sebenarnya tidak ada)
- Box plot data pengamatan seharusnya tersebar merata diantara kelompok perlakuan (among grup)

- Sebaran residual harusnya merata pada saat diplotkan dengan nilai rata-ratanya

Ragam yang heterogen merupakan penyimpangan asumsi dasar pada analisis ragam. Data yang seperti ini tidak layak untuk dianalisis ragam. Artinya untuk bisa dianalisis ragam, data harus mempunyai ragam yang homogen.

### **3.1. Penyebab Heteroskedastisitas**

Pertama, penentuan taraf atau klasifikasi dari faktor (variabel independent), misalnya jenis kelamin, varietas, mempunyai keragaman alami yang unik dan berbeda. Kedua, manipulasi faktor perlakuan yang menyebabkan suatu objek (tanaman, peserta, dsb) mempunyai karakteristik atau perilaku yang cenderung lebih sama atau berbeda dibandingkan dengan kontrol. Ketiga, keragaman dari respons (variabel dependent) berhubungan dengan ukuran sampel yang kita ambil. Keragaman bisa menjadi serius apabila ukuran sampel tidak seimbang (Keppel & Wickens, 2004).

### **3.2 Konsekuensi Heteroskedastisitas**

Ragam yang tidak homogen ditambah dengan ukuran sampel yang tidak sama, dapat menjadi masalah serius pada pengujian hipotesis dengan ANOVA. Pelanggaran terhadap asumsi ini lebih serius dibandingkan dengan asumsi Normalitas, karena akan berdampak serius terhadap kepekaan hasil pengujian analisis ragam. Wilcox et al. (1986) dengan menggunakan data simulasi membuktikan bahwa:

- dengan empat perlakuan/kelompok dan ukuran contoh (n) sama, yaitu sebelas, rasio standar deviasi terbesar dengan terkecil = 4:1 (berarti rasio ragam = 16:1) menghasilkan tingkat kesalahan Tipe I untuk taraf nyata 0.05 adalah sebesar 0.109.
- Selanjutnya, dengan batasan yang sama seperti di atas, namun ukuran sampelnya yang berbeda, yaitu 6, 10, 16 dan 40, laju kesalahan Tipe I dapat mencapai 0,275.

Ragam yang lebih besar dengan ukuran sampel yang lebih kecil akan mengakibatkan peningkatan tingkat kesalahan Tipe I sehingga uji F cenderung liberal dimana nilai taraf nyata yang kita tentukan 0.05, pada kenyataannya nilai  $\alpha$  tersebut lebih longgar, misalnya 0.10. Sebaliknya, Ragam yang lebih besar dengan ukuran sampel yang lebih besar mengakibatkan berkurangnya power, sehingga uji F cenderung lebih konservatif dimana nilai taraf nyata yang kita tentukan 0.05, pada kenyataannya nilai  $\alpha$  tersebut lebih ketat, misalnya 0.01 (Coombs et al. 1996, Stevens, 2002).

### 3.3. Uji Kehomogenan Ragam

Terdapat beberapa alternatif untuk menguji apakah data percobaan sudah memenuhi asumsi kehomogenan ragam atau tidak.

- Metode Grafis:
  - Side-by-side boxplots.
    - Boxplots data pengamatan dalam setiap perlakuan/kelompok sebarannya harus mirip.
  - Plot antara nilai residual dengan nilai rata-ratanya

- Sebaran nilai residual pada setiap rata-rata perlakuan/kelompok harus mirip.
    - Variance/Standard Deviation/IQR statistics
  - Uji Formal:
    - Terdapat beberapa tes formal untuk menguji kehomogenan ragam, misalnya uji Bartlett's, Hartley's, Cochran, Levene's.

Harus diperhatikan bahwa di antara uji Formal tersebut ada yang sangat sensitif terhadap ketidak normalan data, terutama terhadap data yang sebarannya cenderung menjulur ke arah kanan (Positif skewness). Kedua, dan ini lebih penting, jika ukuran sampel kecil, uji tes formal terkadang gagal dalam menolak  $H_0$ , sehingga kita akan menganggap bahwa ragam sudah homogen. Dengan kata lain, apabila data tidak menyebar normal, maka uji kehomogenan ragam tersebut tidak bisa diandalkan.

Akhirnya, uji homogenitas ragam hanya memberikan sedikit informasi tentang penyebab yang mendasari ketidakhomogenan ragam, dan teknik diagnostik (misalnya plot residual) masih tetap dibutuhkan untuk memutuskan tindakan perbaikan yang sesuai.

### **3.4. Solusi**

- Menggunakan nilai taraf nyata yang lebih ketat, misalnya 0.025 (sehingga kesalahan jenis I diharapkan akan tetap berada di bawah 0.05)
- Transformasi data
- Menggunakan model pendugaan lain yang lebih sesuai

Untuk memudahkan perhitungan Data disusun dalam berikut ini

Perlakuan	Ulangan				Total	Rerata
	1	2	3	4		
A	125	130	128	135	518	129,5
(PT.Comfed)	165	178	180	155	678	169,5
(PT.Java)	175	180	195	178	728	182,0
C (Pabrikan lokal)						
Total	465	488	503	468	1924	481
Rerata	155	162,67	167,67	156	962,0	240,5

Maka nilai galat dari masing-masing perlakuan dan ulangan adalah sebagai berikut.

$$\text{Nilai galat A1} = 125 - 129,5 = -4,5$$

$$\text{Nilai galat A2} = 130 - 129,5 = 0,5$$

$$\text{Nilai galat A3} = 128 - 129,5 = -1,5$$

$$\text{Nilai galat A4} = 135 - 129,5 = 5,5$$

$$\text{Nilai galat B1} = 165 - 169,5 = -4,5$$

$$\text{Nilai galat B2} = 178 - 169,5 = 8,5$$

$$\text{Nilai galat B3} = 180 - 169,5 = 10,5$$

$$\text{Nilai galat B4} = 155 - 169,5 = -14,5$$

$$\text{Nilai galat C1} = 175 - 182,0 = -7,0$$

$$\text{Nilai galat C2} = 180 - 182,0 = -2,0$$

$$\text{Nilai galat C3} = 195 - 182,0 = 13,0$$

$$\text{Nilai galat C4} = 178 - 182,0 = -4,0$$

Jika telah di hitung dengan cara di atas, maka nilai galat setiap perlakuan dan ulangan adalah sebagai berikut

Perlakuan	Ulangan			
	1	2	3	4

A (PT.Comfed)	-4,5	0,5	-1,5	5,5
(PT.Java)	-4,5	8,5	10,5	-14,5
C (Pabrikan lokal)	-7,0	-2,0	13,0	-4,0

Bertolak dari asumsi bahwa, seharusnya tidak ada perbedaan hasil respon jika perlakuan yang diterapkan sama meskipun ulangan berbeda maka galatnya harus konstan nol (0) di setiap petak perlakuan, namun pada kenyataannya dari hasil perhitungan tidak ada nilai yang nol (0).

Karena adanya nilai galat yang bervariasi di setiap petak penelitian menimbulkan keraguan kita apakah ragam galat dari perlakuan tersebut adalah sama?. Sedangkan ANAVA menghendaki jika ingin tepat kesimpulan yang didapat maka varian galat hendaknya konstan ( $\sigma^2 = 0$ ). atau dengan akata lain ragam galat harus homogen atau memiliki varian yang relatif sama.

Untuk menjawab keraguan tersebut maka dilakukan uji Homogenitas salah satunya dengan cara Bartlett untuk memastikan bahwa ragam data berasal dari varian yang homogen.

Untuk menguji homegenitas dengan cara Bartlett ikuti langkah berikut ini dengan runut.

1. hitung nilai total dan rata-rata perlakuan dan ulangan.
2. hitung nilai varian/keragaman masing-masing perlakuan.
3. hitung nilai chi kuadrat. ( $X^2$ )
4. buat hipotesis pengujian  
 $H_0$  = ragam data homogen  
 $H_1$  = ragam data tidak momogen
5. Bandingkan nilai chi kuadrat ( $X^2$ ) dengan chi kuadrat tabel 5% dan 1%, dengan kaidah pengujian.  
 Jika  $X^2$  hitung  $\leq X^2$  tabel 5% dan 1% terima  $H_0$   
 Jika  $X^2$  hitung  $\geq X^2$  tabel 5% dan 1% terima  $H_1$
6. Susun data dalam bentuk tabel berikut

Perlakuan	Ulangan				Total $S^2$	Log $S^2$
	1	2	3	4		
A	125,00	130,00	128,00	135,00	17,67	1,25
B	165,00	178,00	180,00	155,00	137,67	2,14

$$\sum \log S_i^2$$

7. Hitung keragaman/varian dengan persamaan berikut

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

8. Selanjutnya hitung nilai chi kuadrat  $X^2$ , dengan persamaan berikut ini.

$$X^2 = \frac{\ln 10 (n-1) (t \log s_p^2 - \sum_{i=1}^k \log S_i^2)}{1 + [(t+1)/3(t)(n-1)]}$$

Keterangan

n = Jumlah ulangan

t = Jumlah perlakuan

$$X^2 \quad \text{tabel } 5\%(n-1) = 5\%(4-1) = 7,81$$

Karena  $X^2$  hitung (2,37) <  $X^2$  tabel 5% (7,81), maka ragam data homogeny.

Dengan demikian maka dengan terbukti ragam data berasal dari varian yang sama membuat, membuat kita semakin yakin dan dapat disimpulkan bahwa ragam data memiliki varian galat yang sama. Hasil analisis variansi nantinya diharapkan tidak akan bias.

#### **4. Asumsi Independensi (Kebebasan Galat / Independency)**

Nilai residual dan data setiap pengamatan satuan percobaan harus saling bebas, baik di dalam perlakuan itu sendiri (*within group*) atau diantara perlakuan (*between group*). Apabila kondisi ini tidak terpenuhi, akan sulit untuk mendeteksi perbedaan nyata yang mungkin ada.

##### **4.1. Penyebab Ketidakbebasan**

- Tidak bebas:
  - Terdapat korelasi positif diantara ulangan dalam masing-masing kelompok perlakuan (*within group*) yang akan menghasilkan nilai ragam yang berada di bawah dugaan (under estimate) sehingga akan meningkatkan nilai kesalahan tipe I (nilai  $\alpha$  – pengaruh perlakuan yang terdeteksi tidak benar). Sering terjadi pada pengamatan yang dilakukan secara berulang pada satuan percobaan yang sama (repeated measure).
  - Terdapat korelasi negatif diantara ulangan dalam masing-masing kelompok perlakuan (*within group*) yang akan menghasilkan nilai ragam yang berada di atas dugaan (over estimate) sehingga akan meningkatkan nilai kesalahan tipe II (nilai  $\beta$  – pengaruh yang sebenarnya tidak terdeteksi)

- Respons pada salah satu perlakuan mempengaruhi respons pada perlakuan lainnya, misalnya hewan yang bergerak ke perlakuan lainnya.
- Asumsi ini harusnya dipertimbangkan pada saat perancangan sebelum percobaan dimulai.

#### **4.2. Konsekuensi Ketidakbebasan Galat**

Seringkali uji independensi ini diabaikan oleh para peneliti, terutama peneliti dalam ilmu-ilmu sosial dan perilaku. Hays (1981) dan Stevens (2002) menyatakan bahwa pelanggaran terhadap independensi data merupakan masalah yang sangat serius dalam analisis ragam. Konsekuensinya akan menyebabkan inflasi terhadap nilai taraf nyata ( $\alpha$ ) yang sudah ditentukan. Sebagai contoh, Stevens (2002) menyatakan bahwa meskipun indikasi adanya independensi di antara nilai pengamatan hanya sedikit, namun akan meningkatkan nilai kesalahan tipe I (nilai  $\alpha$  – pengaruh perlakuan yang terdeteksi tidak benar) beberapa kali lebih besar, misalnya apabila taraf nyata yang kita tentukan sebesar 0.05, nilai taraf nyata aktual akan jauh lebih besar (misalnya, 0.10 atau 0.20).

#### **4.3. Pengujian Ketidakbebasan Galat**

- Plot antara nilai rata-rata perlakuan/kelompok dengan nilai ragamnya
  - Apabila nilai perlakuan saling bebas, datanya akan tersebar di sekitar garis horisontal

- Apabila independen, sebarannya akan mengikuti pola tertentu, misalnya linier, kuadratik, atau bentuk kurva lainnya.

#### 4.4. Solusi

- Asumsi kebebasan galat ini biasanya bisa terpenuhi apabila pengacakan satuan percobaan sudah dilakukan dengan benar (sesuai dengan prinsip-prinsip perancangan percobaan). Jadi apabila susunan satuan percobaan anda **tersusun secara sistematis**, maka kemungkinan asumsi **kebebasan galat akan dilanggar**.
- Transformasi data yang sesuai akan membantu dalam menghilangkan pengaruh dependensi ini.

### 5. Pengaruh Aditif

Pengaruh dari faktor perlakuan dan lingkungan bersifat aditif, maksudnya tinggi rendahnya respons semata-mata akibat dari pengaruh penambahan perlakuan dan atau kelompok.

Pada model linier di atas, perlakuan ( $\tau_i$ ) dan galat ( $\epsilon_{ij}$ ) bersifat aditif, dengan kata lain pengaruh penambahan yang berasal dari perlakuan bersifat konstan untuk setiap ulangan dan pengaruh ulangan bersifat konstan untuk setiap perlakuan. Nilai Respons ( $Y_{ij}$ ) merupakan nilai rata-rata umum ditambah dengan penambahan dari perlakuan dan galat.

Agar lebih mudah memahami, perhatikan ilustrasi berikut: Misalkan nilai rata-rata umum ( $\mu$ ) = 8 dan pengaruh penambahan dari masing-masing perlakuan ( $\tau_i$ ) serta pengaruh penambahan dari masing-masing ulangan/kelompok ( $\beta_j$ ) seperti terlihat pada tabel berikut. Untuk mempermudah pemisalan, anggap nilai  $\varepsilon_{ij} = 0$ , sehingga nilai respons  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$  bisa dihitung.

Faktor A	Faktor B (Ulangan/Kelompok)		Selisih Pengaruh ulangan
	$\beta_1 = +1$	$\beta_2 = +2$	
$\tau_1 = +1$	$(8+1+1) = 10$	$(8+1+2) = 11$	1
$\tau_2 = +3$	$(8+3+1) = 12$	$(8+3+2) = 13$	1
<b>Selisih Pengaruh Perlakuan</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	

Pada tabel di atas anda perhatikan terlihat bahwa pengaruh perlakuan konstan pada setiap ulangan dan pengaruh ulangan (atau pengaruh kelompok bila anda menggunakan kelompok) selalu konstan pada semua perlakuan. Bila ini yang terjadi, maka data tersebut adalah bersifat aditif. Namun, apabila pengaruh tersebut tidak bersifat aditif, melainkan multiplikatif, maka data reponsnya akan tampak seperti pada tabel berikut.

Faktor A	Ulangan		
	$\beta_1 = +1$	$\beta_2 = +2$	Selisih ulangan

Faktor A	Ulangan		
	$\beta_1 = +1$	$\beta_1 = +2$	Selisih ulangan
$\tau_1 = +1$	$(8 \times 1 \times 1) = 9$	$(8 \times 1 \times 2) = 10$	1
$\tau_2 = +3$	$(8 \times 3 \times 1) = 11$	$(8 \times 3 \times 2) = 14$	3
Selisih Perlakuan	2	4	

Perhatikan, selisih baik dari pengaruh penambahan perlakuan ataupun kelompok tidak lagi bersifat konstan! Apabila ada pengaruh penambahan dari faktor lain diluar percobaan kita, maka pengaruh dari faktor yang kita cobakan sudah tidak bersifat aditif lagi, melainkan multiplikatif.

Lebih jelasnya, perhatikan perbandingan antara pengaruh aditif dan multiplikatif untuk rancangan acak kelompok berikut ini.

**Tabel Perbandingan antara pengaruh aditif dan multiplikatif**

	Faktor A			
Faktor B	$\tau_1 = +1$	$\tau_2 = +2$	$\tau_3 = +3$	
$\beta_1 = +1$	2	3	4	Pengaruh aditif
	1	2	3	Pengaruh multiplikatif
	0	0.30	0.48	Pengaruh multiplikatif (log)
$\beta_2 = +5$	6	7	8	Pengaruh aditif
	5	10	15	Pengaruh multiplikatif

	Faktor A			
Faktor B	$\tau_1 = +1$	$\tau_2 = +2$	$\tau_3 = +3$	
	0.70	1.00	1.18	Pengaruh multiplikatif (log)

### 5.1. Penyebab

Ada pengaruh dari faktor lain diluar faktor yang kita cobakan:

- Pengaruh dari efek sisa penelitian sebelumnya.
- Terdapat interaksi antara perlakuan dengan faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model, seperti jenis kelamin, jenis varietas, dan sebagainya.
- Dalam Rancangan Acak Kelompok, biasanya terjadi interaksi antara perlakuan dengan kelompok

### 5.2. Hubungan dengan Kehomogenan Ragam

Biasanya apabila data bersifat aditif, maka data tersebut mempunyai ragam yang homogen. Sebaliknya apabila data bersifat tidak aditif, maka data tersebut mempunyai ragam yang heterogen. Artinya data yang tidak memenuhi pengaruh aditif akan memiliki keragaman galat yang besar. Untuk melihat ragam galat dari percobaan, anda bisa perhatikan kuadrat tengah (KT) galat pada tabel analisis ragam anda. Semakin besar KT galat anda, maka akan mengindikasikan semakin besar keragaman pada percobaan anda.

Pengaruh perlakuan dan kelompok dikatakan aditif apabila pengaruh perlakuan selalu tetap pada setiap ulangan atau kelompok dan pengaruh ulangan atau kelompok selalu tetap untuk semua perlakuan.

### 5.3 Uji Ketakaditifan:

Model linier RAK:  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ . Nilai galat,  $\varepsilon_{ij}$  disumsikan bersifat independent, homogen, dan berdistribusi normal. Model bersifat aditif apabila interaksi antara perlakuan dan kelompok ( $\tau_i * \beta_j$ ) tidak signifikan. Apabila terdapat interaksi, maka uji-F tidak lagi efisien dan ada kemungkinan terjadinya penarikan kesimpulan yang salah karena pengaruh dari kedua faktor tidak lagi bersifat aditif melainkan multiplikatif.

Uji untuk menguji apakah model bersifat aditif atau tidak adalah dengan menggunakan metode Tukey.

$$SS(\text{ketidakaditifan}) = (\sum \tau_i \beta_j y_{ij})^2 / (\sum \tau_i^2)(\sum \beta_j^2)$$

$$SS(\text{ketidakaditifan}) = Q^2 / \text{Cross Product, } db = 1$$

dimana:

$$Q^2 = [\sum_{i,j} (\bar{y}_{.i} - \bar{y}_{..})(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})y_{ij}]^2$$

$$\text{Cross Product} = \sum_i (\bar{y}_{.i} - \bar{y}_{..})^2 \times \sum_j (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$$

### 5.4. Solusi:

- Transformasi Log

Dari keempat asumsi di atas, asumsi yang paling umum dilanggar adalah **asumsi kehomogenan ragam**. Apabila asumsi kehomogenan ragam terpenuhi, biasanya asumsi kenormalan juga terpenuhi, namun hal sebaliknya tidak selalu terjadi.

## **C. Penutup**

Diharapkan dengan diberikannya bahan pembelajaran ini mahasiswa akan semakin mampu berinteraksi dengan baik jika berhadapan dengan kasus-kasus perancangan percobaan yang ada pada berbagai bidang ilmu.

### **TUGAS KELOMPOK.**

Diskusikan dalam kelompok asumsi yang tidak terlalu ketat untuk dilanggar dan asumsi yang harus dipenuhi jika berhadapan dengan kasus-kasus pada perancangan percobaan.

### **Daftar Pustaka**

- [1]. Angela Dean and Daniel Voss. 1999. Design and Analysis of Experiments. Springer Verlag New York, Inc.
- [2]. Gerry P. Quinn & Michael J. Keough. 2002. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press.
- [3]. Glenn Gamst, Lawrence S. Meyers, and A. J. Guarino. 2008. Analysis of Variance Designs A Conceptual and Computational Approach with SPSS and SAS. Cambridge University Press.

- [4]. Shirley Dowdy, Stanley Weardon, Daniel Chilko. 2004. Statistics for Research (Third Edition). John Wiley & Sons, Inc.
- [5]. Plus Refferensi lainnya.

## EVALUASI

1. Ibu dewi melakukan percobaan tentang pengaruh penambahan Ca ke dalam pakan ternak ayam terhadap tingkat kekerasan kulit telur. Penambahan Ca diberikan sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%. Masing-masing diberikan terhadap 10 ekor ayam petelur. Setiap ayam petelur dikandangkan secara terpisah dan semua ayam petelur yang dilibatkan dikondisikan sehomogen mungkin. Tingkat kekerasan kulit telur diukur dari telur ketiga yang dihasilkan selama pemberian pakan. Dari catatan yang diperoleh terbaca KTG=2,5 sebagai berikut:

Perlakuan	0%	5%	10%	15%	20%
$Y_i$	125	145	150	135	110
$r_i$	8	9	10	10	7

Keterangan: beberapa ayam tidak mau bertelur dan ada juga yang mati

- a. Menurut anda, apa rancangan percobaan yang sesuai dan tuliskanlah model liniernya beserta keterangan yang jelas!
  - b. Berikanlah alasan yang tepat kenapa ayam-ayam tersebut dikandangkan secara terpisah dan apa pula sebabnya pengamatan dilakukan terhadap telur ketiga bukan telur pertama?
  - c. Susunlah tabel sidik ragam untuk menguji penambahan Ca terhadap kekerasan kulit telur, lakukan pengujian pada taraf nyata 5%!
  - d. Untuk menguraikan perlakuan-perlakuan yang berbeda susunlah pembandingan-pembandingan linier orthogonal. Lengkapi setiap pembandingan linier dengan hipotesis dan selang kepercayaan 95%!
2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk terhadap produksi padi varietas tertentu, dilakukan penelitian dengan komposisi perlakuan sebagai berikut:

Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8
Jenis pupuk	N	N	P	P	K	K	Z	Z
Dosis pupuk	0	200	0	200	0	200	0	200

Kondisi lapangan tempat dilaksanakan penelitian tersebut relative homogeny (kesuburan tanah dan iklim). Deskripsi dari data produksi (100kg/Ha) diperoleh sebagai berikut:

Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8
$Y_i$	35,0	30,0	33,0	45,0	41,0	48,0	55,0	60,0
$S_i^2$	4,5	5,5	10,0	8,5	6,0	5,5	9,5	5,0
$r_i$ (Perak)	5	5	6	5	6	6	6	6

Keterangan: 1 perak = 1 Hektar

- a. Tuliskan model linier dari rancangan percobaan di atas, lengkap dengan keterangannya!
- b. Susunlah tabel sidik ragamnya dan apa hipotesis yang diuji?

- c. Dari komposisi perlakuan di atas, susunlah perbandingan-perbandingan yang dapat diuji (minimal 3)!
- d. Apa kesimpulan yang dapat anda ambil?
3. Seorang mahasiswa pasca sarjana ingin meneliti tentang tingkat produksi beberapa varietas padi gogodengan frekuensi penyiangan yang berbeda. Varietas padi gogo yang dicobakan yaitu: A, B, dan C, sedangkan frekuensi penyiangan yang dilakukan adalah tanpa penyiangan, satu kali penyiangan dan dua kali penyiangan dalam satu musim tanam. Ulangan setiap kombinasi perlakuan adalah sebanyak lima kali. Lokasi percobaan yang dilakukan kondisi kesuburannya tidak merata. Jika anda dimintai saran untuk merancang percobaan tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:
- a. Apa rancangan percobaan yang anda sarankan untuk digunakan?
- b. Apa unit percobaannya dan berapa jumlahnya?
- c. Buatlah layout dari rancangan percobaan yang anda sarankan! Lengkapi dengan cara pengacakannya!
- d. Tuliskan model linier dari rancangan yang anda sarankan!
- e. Jika ringkasan tabel sidik ragam dari data produksi sebelumnya diperoleh sebagai berikut:

Sumber keragaman	Db	JK	KT	F-hitung
Varietas (V)				6,00
Penyiangan (P)				4,55
VP				3,67
Galat		550		

Keterangan: sumber keragaman total dan lingkungan tidak disertakan

Berdasarkan model yang anda sarankan dan diperoleh informasi bahwa varietas padi gogo bersifat acak, lengkapilah tabel sidik ragam di atas! Apa kesimpulan anda?

4. Seorang mahasiswa merancang penelitiannya di lapangan sebagai berikut:

P2V1	P1V1	P3V1	P1V1	P3V3	P2V3	P1V3	P3V1	P2V3	P2V3	P2V1	P1V1
P3V3	P3V2	P2V3	P2V2	P1V3	P1V2	P2V2	P1V1	P1V2	P1V2	P1V3	P2V2
P2V2	P1V3	P1V2	P3V2	P2V1	P3V1	P3V2	P2V1	P3V3	P3V2	P3V3	P3V1

Dimana P= pemupukan dengan taraf P1, P2, dan P3, (tetap)  
V= varietas dengan taraf V1, V2, dan V3 (acak)

- a. Tentukanlah rancangan percobaan yang digunakan oleh mahasiswa tersebut (rancangan perlakuan dan rancangan lingkungan)? Berikanlah penjelasan dengan singkat!
- b. Susunlah struktur percobaannya dan tuliskanlah model linier dari rancangan pada point a, lengkap dengan keterangannya!
- c. Dari analisis diketahui sebagai berikut:
  - JK(V)=10683,72
  - KT(V)=19558,36
  - JK(Perlakuan)=59416,22
  - JK(total)=77646,97
  - JK(sisa)=18000,75

Berdasarkan hasil tersebut susunlah tabel sidik ragamnya, lengkap dengan E(KT) serta tuliskan hipotesis yang diuji!
- d. Apa kesimpulan anda dari hasil perhitungan pada point c?
- e. Manakah taraf pemupukkan yang paling baik? Jika diketahui jumlah total untuk setiap taraf pemupukkan adalah sebagai berikut:
  - P1=998, P2=1300 dan P3=1501, gunakan uji Tukey (BNJ)!

5. Dari hasil analisis data suatu percobaan diperoleh hasil sebagai berikut:
  - JKS=161,20
  - JKPLin=33,62
  - JKPKua=343,21
  - KTPKub=64,98
  - KTPKuar=33,95, dan
  - dbg= 20

- a. Berdasarkan hasil yang diketahui pada soal di atas, tentukanlah rancangan percobaan yang sesuai menurut anda, jelaskan dengan singkat!
- b. Susunlah tabel sidik ragamnya, lengkapi dengan hipotesis dan kesimpulan yang dapat anda ambil!

6. Seorang mahasiswa pasca sarjana ingin mengetahui pengaruh beberapa perlakuan terhadap produksi gandum. Mahasiswa tersebut mengklasifikasikan pengaruh lingkungan dalam dua arah. Dari hasil pengamatan diperoleh hasil sebagai berikut:

JK(Baris)=1,95, JK(Lajur)=6,80 dan KT(sisa)=0,45, serta rata-rata perlakuan diberikan sebagai berikut:

Perlakuan	A	B	C	D
Rata-rata	12,0	12,3	10,8	6,8

A&B : varietas baru

C&D : varietas local

- a. Dari informasi di atas susunlah model linier dan kerangka percobaan tersebut, jelaskan dengan singkat!
  - b. Jika mahasiswa tersebut ingin mengetahui pengaruh lingkungan dan perlakuan terhadap produksi gandum, susunlah hipotesis yang akan di uji!
  - c. Susunlah tabel sidik ragamnya dan hitunglah koefisien keragamannya!
  - d. Susunlah kontras orthogonal untuk penguji pengaruh perlakuan, lengkap dengan hipotesisnya!
  - e. Apa kesimpulan yang dapat anda tarik ( $\alpha=0,05$ )?
7. Setiap galur kedelai diyakini memiliki karakteristik yang khas sesuai dengan daerah asalnya. Seorang pemulia tanaman mengamati 5 galur local (g1, g2, g3, g4, g5) di rumh kaca. Setiap galur ditanam pada beberapa pot besar dan

pada setiap pot ditanami 3 tanaman serta dikondisikan serbasama. Karakteristik tanaman yang diamati diantaranya adalah tinggi tanaman (satuan). Pengamatan tinggi tanaman dilakukan setiap dua minggu sekali dan hasil pengamatan ke-2 diperoleh data sebagai berikut:

Pot	Tanaman	Galur				
		g1	g2	g3	g4	g5
1	1	15	20	23	14	30
	2	17	21	24	15	30
	3	16	21	22	13	31
2	1	18	23	25	15	32
	2	15	18	20	13	35
	3	16	18	18	14	30
3	1	17		18	15	
	2	18		24	15	
	3	17		22	14	
Total ( $Y_{i..}$ )		149	121	196	128	188
Total( $Y_{...}$ )		782				

Keterangan: beberapa tanaman mati sehingga tidak bias diamati

- Tuliskan model linier dari rancangan di atas, lengkapi dengan keterangan yang jelas beserta asumsi yang diperlukan!
- Jika galur yang digunakan dalam percobaan ini dipilih secara acak dari populasi galur, tuliskanlah hipotesis yang sesuai untuk diuji!
- Susunlah tabel sidik ragamnya untuk menguji hipotesis pada point b!
- Uraikanlah nilai harapan kuadrat tengah perlakuan, galat percobaan dan galat anak contoh. Kemudian dugalah ragam tinggi tanaman antar galur, ragam antar pot dalam galur dan ragam tanaman dalam pot!
- Apa kesimpulan anda?

8. Dalam menyeleksi kestabilan genotipe pada berbagai lokasi, seorang pemulia tanaman melakukan penelitian dengan melibatkan 10 genotipe (gen1-gen10) yang dicobakan pada 5 lokasi (11-15). Genotipe yang dicobakan terdiri dari 5 genotipe local (gen 1-gen5), 3 genotipe luar (gen6, gen7, gen 10) dan sisanya adalah genotipe nasional. Sedangkan lokasi yang dicoba adalah sebagai berikut: lokasi A musim hujan (11), lokasi A musim kemarau (12), lokasi B musim hujan (13), lokasi C musim kemarau (14) dan lokasi D musim hujan (15). Rancangan yang digunakan adalah factorial RAK.
- Tuliskanlah model linier dari rancangan yang digunakan oleh peneliti tersebut, lengkap dengan keterangannya!
  - Uraikanlah penduga pengaruh utama genotipe, lokasi dan interaksi genotipe dengan lokasi.
  - Susunlah table sidik ragam jika diketahui  
JKV=847.5992  
KTL=187.8222  
KTVL=1893.6312  
JKG=2673.2966  
JKT=7932.4899 serta derajat bebas total 149. Jika genotipe acak dan lokasi tetap, jabarkanlah nilai harapan kuadrat tengah masing-masing sumber keragaman, kemudian lakukanlah pengujian!
  - Dugalah ragam pengaruh genotipe dan ragam galat
  - Susunlah perbandingan linier ortogonal untuk menguji pengaruh lokasi, lengkap dengan hipotesisnya.
  - Apa kesimpulan anda?

## D. Garis Besar Rancangan Pembelajaran (GBRP) Mata Kuliah Perancangan Percobaan

Matakuliah : Perancangan Percobaan, Kode MK/SKS: 339H1203/3SKS, Sem: Akhir (Tahun III)

Prasyarat : Metode Statistika, Aljabar Linier, Teori Peluang, Aljabar Matriks, Komputasi Statistika

Kompetensi (Tujuan Matakuliah) :

- Kompetensi Utama** : Kemampuan melakukan pengumpulan data eksperimen, pengolah/menganalisis serta interpretasi terhadap data berdasarkan konsep- konsep rancangan percobaan (No. 4).  
Kemampuan mengkomunikasikan konsep- konsep eksperimen pada pengguna statistika (No. 5).
- Kompetensi Pendukung** : Kemampuan menerapkan rancangan percobaan pada berbagai bidang ilmu yang terkait (No 7, 8 dan 9).  
Kemampuan membuat laporan tertulis dan presentasi (No. 10).  
Kemampuan menguasai software statistika (No. 12).
- Kompetensi Lainnya** : Kemampuan beradaptasi dalam masyarakat dan lingkungan kerja (No.14).  
Kemampuan berkomunikasi dan berkerja sama dalam satu tim kerja (No. 16).

WAKTU MINGGU KE- (1)	MATERI PEMBELAJARAN (3)	BENTUK PEMBELAJARAN (4)	KOMPETENSI AKHIR SESI PEMBELAJARAN (5)	INDIKATOR PEMBELAJARAN
1	Kontrak Kuliah dan Rencana Pembelajaran	Diskusi	Mahasiswa mampu memahami : Kontrak pembelajaran, tata tertib pembelajaran	
2 dan 3	Prinsip Dasar Perancangan Percobaan: pengertian perancangan percobaan, tujuan percobaan, prinsip dasar percobaan, istilah-istilah dalam percobaan dan klasifikasi rancangan percobaan	Small Grup Discussion	Mahasiswa mampu menjelaskan secara tertulis atau lisan prinsip dasar percobaan, 5 (lima) istilah dalam percobaan dan pengertian ranc. Perlakuan, ranc. Lingkungan serta rancangan pengukuran	(1). Ketepatan m percobaan berser menjelaskan emp percobaan dan (3) pengertian ranc. dan ranc. Penguk
4 dan 5	Rancangan Acak Lengkap (RAL) : Pengertian RAL, Pengacakan dan bagan percobaan, Asumsi pokok, model linear dan anava, contoh kasus dan penyelesaian soal secara semi manual	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana pada 2 bidang ilmu yang terkait	(1). Ketepatan co pengacakan dan l Ketepatanmenuli Ketepatan meny manual (membua
(1)	(2)	(3)	(4)	
6	Uji Perbandingan Nilai Tengah : BNT, Tukey, berganda Duncan, kontras	Small Grup Discussion	Mahasiswa mampu menggunakan uji-uji	(1). Kerja sama T menggunakan uji

	ortogonal, scheffei, dan SNK		perbandingan nilai tengah	tengah pada peny
7	Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) : Pengertian RAKL, Pengacakan dan bagan percobaan, Asumsi pokok, model linear dan anava, contoh kasus, efisiensi RAKL terhadap RAL dan penyelesaian secara semi manual	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana pada 2 bidang ilmu yang terkait	(1). Ketepatan co pengacakan dan b Ketepatanmenuli Ketepatan meny manual (membua Ketepatan mener harus digunakan
8	Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) : Pengertian RBSL, Pengacakan dan bagan percobaan, Asumsi pokok, model linear dan anava, contoh kasus, efisiensi RBSL terhadap RAKL dan penyelesaian secara semi manual	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana	(1). Ketepatan me Ketepatan pengac (3). Ketepatan me Ketepatan meny manual (membua Ketepatan menen harus digunakan b
9 dan 10	Penggunaan Software Statistika : SPSS dan Minitab	Praktikum	Mahasiswa mampu menyelesaikan soal RAL, RAKL dan RBSL serta uji-uji perbandingan nilai tengah	(1). Ketepatan has menggunakan sof (2). Ketepatan int software
11 dan 12	Percobaan dua faktor : Ranc. dua faktor dalam RAL, ranc. dua faktor dalam RAKL, ranc. Petak terbagi dan ranc. blok terpisah	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana	Ketepatan membe pengacakan dan b model linear dan b secara semi manu
13 dan 14	Rancangan Percobaan dengan Pengamatan Berulang : Model linear, sumber-sumber keragaman / analisis Variansi (Anava)	Collaborative Learning, Problem Based Learning,	Mahasiswa mampu menuliskan model linear dan menguraikan sumber-sumber keragaman serta mengujinya	(1). Ketepatan per tertentu; (2). Ket dan (3) Ketepatan
(1)	(2)	(3)	(4)	
15 dan 16	Semua Materi	Final Test dan Remedial	Mahasiswa mampu menyelesaikan soal final dengan benar 85%	Ketepatan penyele

#### Referensi Utama :

1. Montgomery Douglas C. (1991). Design and Analysis of Experiment, third Edition, John Wiley & Sons.
2. Ahmad Ansori Mattjik, Ir., M.Sc., Ph.D., dan Made Sumertajaya Ir., M.Si., DR. (2000). " Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Edisi kesatu, IPB PRESS Bogor.
3. Stell R.G.D dan Torrie J. H. (1993). "Prinsip dan Prosedur Statistika". Edisi Ketiga, Gramedia Putaka Utama Jakarta.
4. Vincent Gaspersz Ir., DR. (1991). " Metode Perancangan Percobaan". CV. Armico, Bandung.

5. Sudjana, M.A., M.Sc., DR. Prof. (1994). Desain dan Analisis Eksperimen, Edisi III. Tarsito Bandung.
6. Gomez K.A. dan Gomez A.A. (1995). Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian, Edisi Kedua, UI-PRESS, Jakarta.

**Additional :**

1. Berbagai sumber belajar lainnya.

## **D. Garis Besar Rancangan Pembelajaran (GBRP) Mata Kuliah Perancangan Percobaan**

**Matakuliah : Perancangan Percobaan, Kode MK/SKS: 339H1203/3SKS, Sem: Akhir (Tahun III)**  
**Prasyarat : Metode Statistika, Aljabar Linier, Teori Peluang, Aljabar Matriks, Komputasi Statistika**

**Kompetensi (Tujuan Matakuliah) :**

- Kompetensi Utama** : Kemampuan melakukan pengumpulan data eksperimen, pengolah/menganalisis serta interpretasi terhadap data berdasarkan konsep- konsep rancangan percobaan (No. 4).  
Kemampuan mengkomunikasikan konsep- konsep eksperimen pada pengguna statistika (No. 5).
- Kompetensi Pendukung** : Kemampuan menerapkan rancangan percobaan pada berbagai bidang ilmu yang terkait (No 7, 8 dan 9).  
Kemampuan membuat laporan tertulis dan presentasi (No. 10).  
Kemampuan menguasai software statistika (No. 12).
- Kompetensi Lainnya** : Kemampuan beradaptasi dalam masyarakat dan lingkungan kerja (No.14).  
Kemampuan berkomunikasi dan berkerja sama dalam satu tim kerja (No. 16).

WAKTU MINGGU KE-(1)	MATERI PEMBELAJARAN (3)	BENTUK PEMBELAJARAN (4)	KOMPETENSI AKHIR SESI PEMBELAJARAN (5)	INDIKATOR PEMBELAJARAN
1	Kontrak Kuliah dan Rencana Pembelajaran	Diskusi	Mahasiswa mampu memahami : Kontrak pembelajaran, tata tertib pembelajaran	
2 dan 3	Prinsip Dasar Perancangan Percobaan: pengertian perancangan percobaan, tujuan percobaan, prinsip dasar percobaan, istilah-istilah dalam percobaan dan klasifikasi rancangan percobaan	Small Grup Discussion	Mahasiswa mampu menjelaskan secara tertulis atau lisan prinsip dasar percobaan, 5 (lima) istilah dalam percobaan dan pengertian ranc. Perlakuan, ranc. Lingkungan serta rancangan pengukuran	(1). Ketepatan m percobaan berser menjelaskan emp percobaan dan (3) pengertian ranc. dan ranc. Penguk

4 dan 5	Rancangan Acak Lengkap (RAL) : Pengertian RAL, Pengacakan dan bagan percobaan, Asumsi pokok, model linear dan anava, contoh kasus dan penyelesaian soal secara semi manual	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana pada 2 bidang ilmu yang terkait	(1). Ketepatan co pengacakan dan b Ketepatanmenuli Ketepatan menyelesaikan manual (membua
(1)	(2)	(3)	(4)	
6	Uji Perbandingan Nilai Tengah : BNT, Tukey, berganda Duncan, kontras ortogonal, scheffei, dan SNK	Small Grup Discussion	Mahasiswa mampu menggunakan uji-uji perbandingan nilai tengah	(1). Kerja sama T menggunakan uji tengah pada peny
7	Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) : Pengertian RAKL, Pengacakan dan bagan percobaan, Asumsi pokok, model linear dan anava, contoh kasus, efisiensi RAKL terhadap RAL dan penyelesaian secara semi manual	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana pada 2 bidang ilmu yang terkait	(1). Ketepatan co pengacakan dan b Ketepatanmenuli Ketepatan menyelesaikan manual (membua Ketepatan mener harus digunakan
8	Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) : Pengertian RBSL, Pengacakan dan bagan percobaan, Asumsi pokok, model linear dan anava, contoh kasus, efisiensi RBSL terhadap RAKL dan penyelesaian secara semi manual	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana	(1). Ketepatan me Ketepatan pengac (3). Ketepatan me Ketepatan menyelesaikan manual (membua Ketepatan mener harus digunakan b
9 dan 10	Penggunaan Software Statistika : SPSS dan Minitab	Praktikum	Mahasiswa mampu menyelesaikan soal RAL, RAKL dan RBSL serta uji-uji perbandingan nilai tengah	(1). Ketepatan has menggunakan sof (2). Ketepatan int software
11 dan 12	Percobaan dua faktor : Ranc. dua faktor dalam RAL, ranc. dua faktor dalam RAKL, ranc. Petak terbagi dan ranc. blok terpisah	Cooperative Learning, Collaborative Learning & Experiential Learning	Mahasiswa mampu memberikan 1 (satu) contoh kasus sederhana	Ketepatan membe pengacakan dan b model linear dan b secara semi manu
13 dan 14	Rancangan Percobaan dengan Pengamatan Berulang : Model linear, sumber-sumber keragaman / analisis Variansi (Anava)	Collaborative Learning, Problem Based Learning,	Mahasiswa mampu menuliskan model linear dan menguraikan sumber-sumber keragaman serta mengujinya	(1). Ketepatan per tertentu; (2). Ket dan (3) Ketepatan
(1)	(2)	(3)	(4)	
15 dan 16	Semua Materi	Final Test dan Remedial	Mahasiswa mampu menyelesaikan soal final dengan benar 85%	Ketepatan penyele

**Referensi Utama :**

7. Montgomery Douglas C. (1991). Design and Analysis of Experiment, third Edition, John Wiley & Sons.
8. Ahmad Ansori Mattjik, Ir., M.Sc., Ph.D., dan Made Sumertajaya Ir., M.Si., DR. (2000). " Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Edisi kesatu, IPB PRESS Bogor.
9. Stell R.G.D dan Torrie J. H. (1993). "Prinsip dan Prosedur Statistika". Edisi Ketiga, Gramedia Putaka Utama Jakarta.
10. Vincent Gaspersz Ir., DR. (1991). " Metode Perancangan Percobaan". CV. Armico, Bandung.
11. Sudjana, M.A., M.Sc., DR. Prof. (1994). Desain dan Analisis Eksperimen, Edisi III. Tarsito Bandung.
12. Gomez K.A. dan Gomez A.A. (1995). Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian, Edisi Kedua, UI-PRESS, Jakarta.

**Additional :**

2. Berbagai sumber belajar lainnya.