Dr. Ir. Yusuf Limbongan, MP.

STATISTIKA dan PERANCANGAN PERCOBAAN

Cara Praktis Belajar Teori, Analisis dan Interpretasi Statistika

Penerbit :

UKI Toraja Press (Anggota APPTI)

Dr. Ir. Yusuf Limbongan, MP

STATISTIKA dan PERANCANGAN PERCOBAAN

Cara Praktis Belajar Teori, Analisis dan Interpretasi Statistika

UKI TORAJA PRESS

Penerbit UKI Toraja Press

STATISTIKA
dan
PERANCANGAN PERCOBAAN

Cara Praktis Belajar Teori, Analisis
dan Interpretasi Statistika

PENERBIT UKI TORAJA PRESS
(Anggota APPTI)
Jln. Nusantara No. 12 Makale 91811 Tana Toraja
Telp. (0423)22468/887, Fax (0423)22073
E.mail : ukitoraja@yahoo.com

Cetakan ke	5	4	3	2	1
Tahun	2021	2016	2015	2014	2013

Editor : Bourgouis Paonganan, S.Pd.
Desain Sampul : Srivan Palelleng, S.Kom, MT.

ISBN 978-602-18328-1-3

Dicetak oleh : Percetakan Sulo

KATA PENGANTAR
REKTOR UKI TORAJA

Usaha untuk membenahi UKI Toraja, terutama dalam rangka memperbaiki infrastruktur dan fasilitas belajar lainnya terus diupayakan pelaksanaannya, termasuk pengadaan buku-buku referensi. Selama ini buku-buku referensi masih belum dapat disusun dan diterbitkan sendiri oleh para dosen UKI Toraja. Selain itu, buku/ diktat kuliah yang dijadikan sebagai literatur oleh mahasiswa belum memiliki ISBN dan tidak tercatat dalam KDT Perpustakaan Nasional Republik Indonesia.

Buku Statistika dan Perancangan Percobaan yang disusun oleh Dr. Ir. Yusuf Limbongan, MP, merupakan buku yang pertama diusulkan oleh staf dosen UKI Toraja ke PNRI untuk memperoleh ISBN.   Buku ini akan sangat bermanfaat untuk menjadi sumber informasi bagi segenap dosen, mahasiswa guru bahkan bagi masyarakat umum yang ingin memperdalam pengetahuannya dalam bidang Statistika dan Perancangan Percobaan.

Sebagai Rektor saya sangat mendukung dan berterima kasih atas upaya staf dosen untuk menulis dan menerbitkan sendiri buku literatur yang berkualitas.

Rektor UKI Toraja,

Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M.Agr.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Halaman

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

BAB I.
PENDAHULUAN

A. PENGERTIAN STATISTIKA

Sudjana (2004) mendefinisikan statistika sebagai pengetahuan yang berhubungan dengan cara-cara pengumpulan fakta, pengolahan serta pembuatan keputusan yang cukup beralasan berdasarkan fakta dan analisis yang dilakukan. Sementara statistik dipakai untuk menyatakan kumpulan fakta, umumnya berbentuk angka yang disusun dalam tabel atau diagram yang melukiskan atau menggambarkan suatu persoalan.Lebih lanjut dia menyatakan statistika adalah ilmu yang terdiri dari teori dan metode yang merupakan cabang dari matematika terapan dan membicarakan tentang: bagaimana mengumpulkan data, bagaimana meringkas data, mengolah dan menyajikan data, bagaimana menarik kesimpulan dari hasil analisis, bagaimana menentukan keputusan dalam batas-batas resiko tertentu berdasarkan strategi yang ada.

Singgih Santoso (2002) menyatakan, pada prinsipnya statistik diartikan sebagai kegiatan untuk mengumpulkan data, meringkas, menyajikan data, menganalisis data dengan metode tertentu, dan menginterpretasikan hasil analisis tersebut. Dalam kaitannya untuk menyelesaikan masalah, pendekatan statistik terbagi dua yaitu pendekatan statistik dalam arti sempit dan luas.

Dalam arti sempit (statistik deskriptif), statistika yang hanya mendeskripsikan tentang data yang dijadikan dalam bentuk tabel, diagram, pengukuran rata-rata, simpangan baku, dan seterusnya tanpa perlu menggunakan signifikansi atau tidak bermaksud membuat generalisasi. Sementara dalam arti luas (statistik inferensi/ induktif) adalah alat pengumpul data, pengolah data, menarik kesimpulan, membuat tindakan berdasarkan analisis data yang dikumpulkan dan hasilnya dimanfaatkan / digeneralisasi untuk populasi.

Bidang keilmuan statistika adalah sekumpulan metode untuk memperoleh dan menganalisis data dalam pengambilan suatu kesimpulan. Meski merupakan cabang ilmu matematika, statistika memiliki perbedaan mendasar pada logikanya. Jika matematika menggunakan logika deduktif, sementara statistika menggunakan logika induktif.

Logika statistika, dengan demikian sering disebut dengan logika induktif yang tidak memberikan kepastian namun memberi tingkat peluang bahwa untuk premis-premis tertentu dapat ditarik kesimpulan, dan kesimpulannya mungkin benar mungkin juga tidak. Langkah yang ditempuh dalam logika statistika adalah :

1. Observasi dan eksperimen
2. Munculnya hipotesis ilmiah
3. Verifikasi dan pengukuhan dan berakhir pada
4. Sebuah teori dan hukum ilmiah (Sumarna, 2004)

B. LANDASAN KERJA STATISTIK

Ada tiga jenis landasan kerja statistik meliputi :

1. *Variasi*. Didasarkan atas kenyataan bahwa seorang peneliti atau penyelidik selalu menghadapi persoalan dan gejala yang bermacam-macam (variasi) baik dalam bentuk tingkatan dan jenisnya
2. *Reduksi*. Hanya sebagian dan seluruh kejadian yang berhak diteliti (sampling)
3. *Generalisasi*. Sekalipun penelitian dilakukan terhadap sebagian atau seluruh kejadian yang hendak diteliti, namun kesimpulan dan penelitian ini akan diperuntukkan bagi keseluruhan kejadian atau gejala yang diambil.

C. KARAKTERISTIK STATISTIK

Riduwan dan Sunarto (2007) menjelaskan beberapa karakteristik pokok statistik meliputi:

1. Statistik bekerja dengan angka

   Pertama, angka statistik sebagai jumlah atau frekuensi dan angka statistik sebagai nilai atau harga. Pengertian ini mengandung arti bahwa data statistik adalah data kuantitatif. Misalnya, jumlah kecelakaan yang terjadi dalam satu tahun, jumlah tersangka koruptor yang diproses di KPK tahun 2011, jumlah siswa SD Toraja tahun 2011, Jumlah siswa yang lulus UAN 2011, dan seterusnya. Angka-angka ini menyatakan nilai atau harga sesuatu.
   Kedua, Angka statistik sebagai nilai mempunyai arti data kualitatif yang diwujudkan dalam angka. Contoh : nilai IQ, mutu pengajaran guru, metode pengajaran, nilai kepuasan, dan seterusnya.

2. Statistik bersifat Objektif

   Statistik bekerja dengan angka sehingga mempunyai sifat objektif, artinya angka statistik dapat digunakan sebagai alat pencari fakta, pengungkapan kenyataan yang ada dan memberikan keterangan yang benar, kemudian menentukan kebijakan sesuai fakta dan temuannya yang diungkapkan apa adanya.

3. Statistik bersifat Universal

   Statistik tidak hanya digunakan dalam salah satu disiplin ilmu saja, tetapi dapat digunakan secara umum dalam berbagai bentuk disiplin ilmu pengetahuan dengan penuh keyakinan.

D. MANFAAT DAN KEGUNAAN STATISTIK

Statistik dapat digunakan sebagai alat (Riduwan dan Sunarto,2007):

1. Komunikasi. Adalah sebagai penghubungan beberapa pihak yang menghasilkan data statistik atau berupa analisis statistik sehingga beberapa pihak tersebut akan dapat mengambil keputusan melalui informasi tersebut.
2. Deskripsi. Merupakan penyajian data dan mengilustrasikan data, misalnya mengukur tingkat kelulusan siswa, laporan keuangan, tingkat inflasi, jumlah penduduk, dan seterusnya
3. Regresi. Adalah meramalkan pengaruh data yang satu dengan data yang lainnya dan untuk menghadapi gejala-gejala yang akan datang
4. Korelasi. Untuk mencari kuatnya atau besarnya hubungan data dalam suatu peneltian
5. Komparasi yaitu membandingkan data dua kelompok atau lebih.

BAB II

POPULASI DAN SAMPEL

A. Definisi

Populasi adalah wilayah generalisasi berupa subjek atau objek yang diteliti untuk dipelajari dan diambil kesimpulan. Sedangkan sampel adalah sebagian dari populasi yang diteliti. Dengan kata lain, sampel merupakan sebagian atau bertindak sebagai perwakilan dari populasi sehingga hasil penelitian yang berhasil diperoleh dari sampel dapat digeneralisasikan pada populasi.

Penarikan sampel diperlukan jika populasi yang diambil sangat besar, dan peneliti memiliki keterbatasan untuk menjangkau seluruh populasi maka peneliti perlu mendefinisikan populasi target dan populasi terjangkau baru kemudian menentukan jumlah sampel dan teknik sampling yang digunakan.

B. Ukuran Sampel

Untuk menentukan sampel dari populasi digunakan perhitungan maupun acuan tabel yang dikembangkan para ahli. Secara umum, untuk penelitian korelasional jumlah sampel adalah 30, sedangkan dalam penelitian eksperimen jumlah sampel minimum 15 dari masing-masing kelompok dan untuk penelitian survey jumlah sampel minimum adalah 100.

Besaran atau jumlah sampel ini sampel sangat tergantung dari besaran tingkat ketelitian atau kesalahan yang diinginkan peneliti. Namun, dalam hal tingkat kesalahan, pada penelitian sosial maksimal tingkat kesalahannya adalah 5% (0,05). Makin besar tingkat kesalahan maka makin kecil jumlah sampel. Namun yang perlu diperhatikan adalah semakin besar jumlah sampel (semakin mendekati populasi) maka semakin kecil peluang kesalahan generalisasi dan sebaliknya, semakin kecil jumlah sampel (menjauhi jumlah populasi) maka semakin besar peluang kesalahan generalisasi. Beberapa rumus untuk menentukan jumlah sampel antara lain :

1. **Rumus Slovin** (*dalam* Riduwan, 2005:65)

   $N = n/N(d)^2 + 1$

   n = sampel; N = populasi; d = nilai presisi 95% atau sig. = 0,05.

   Misalnya, jumlah populasi adalah 125, dan tingkat kesalahan yang dikehendaki adalah 5%, maka jumlah sampel yang digunakan adalah:

   $N = 125 / 125 (0{,}05)^2 + 1 = 95{,}23$, dibulatkan 95

2. Tabel Isaac dan Michael

Tabel penentuan jumlah sampel dari Isaac dan Michael memberikan kemudahan penentuan jumlah sampel berdasarkan tingkat kesalahan 1%, 5% dan 10%. Dengan tabel ini, peneliti dapat secara langsung menentukan besaran sampel berdasarkan jumlah populasi dan tingkat kesalahan yang dikehendaki.

C. Teknik Sampling

Teknik sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang secara umum terbagi dua yaitu probability sampling dan non probability sampling. Dalam pengambilan sampel cara probabilitas besarnya peluang atau probabilitas elemen populasi untuk terpilih sebagai subjek diketahui. Sedangkan dalam pengambilan sampel dengan cara nonprobability besarnya peluang elemen untuk ditentukan sebagai sampel tidak diketahui. Menurut Sekaran (2006), desain pengambilan sampel dengan cara probabilitas jika representasi sampel adalah penting dalam rangka generalisasi lebih luas. Bila waktu atau faktor lainnya, dan masalah generalisasi tidak diperlukan, maka cara nonprobability biasanya yang digunakan.

1. Probability Sampling

Probability sampling adalah teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama kepada setiap anggota populasi untuk menjadi sampel. Teknik ini meliputi simple random sampling, sistematis sampling, proportionate stratified random sampling, disproportionate stratified random sampling, dan cluster sampling.

Simple random sampling

Simple randaom sampling adalah teknik sampling yang paling sederhana (simple). Sampel diambil secara acak, tanpa memperhatikan tingkatan yang ada dalam populasi. Misalnya Populasi adalah siswa SD Negeri XX Rantepao yang berjumlah 500 orang. Jumlah sampel ditentukan dengan Tabel Isaac dan Michael dengan tingkat kesalahan adalah sebesar 5% sehingga jumlah sampel ditentukan sebesar 205.Jumlah sampel 205 ini selanjutnya diambil secara acak tanpa memperhatikan kelas, usia dan jenis kelamin.

Sampling Sistematis

Adalah teknik sampling yang menggunakan nomor urut dari populasi baik yang berdasarkan nomor yang ditetapkan sendiri oleh peneliti maupun nomor identitas tertentu, ruang dengan urutan yang seragam atau pertimbangan sistematis lainnya.

Contohnya :

Akan diambil sampel dari populasi karyawan yang berjumlah 125. Karyawan ini diurutkan dari 1 – 125 berdasarkan absensi. Peneliti bisa menentukan sampel yang diambil berdasarkan nomor genap (2, 4, 6, dst) atau nomor ganjil (1, 2, 3, dst), atau bisa juga mengambil nomor kelipatan (2, 4, 8, 16, dst)

Proportionate Stratified Random Sampling

Teknik ini hampir sama dengan simple random sampling namun penentuan sampelnya memperhatikan strata (tingkatan) yang ada dalam populasi.Misalnya, populasi adalah karyawan PT. AGRO berjumlah 125. Dengan rumus Slovin (lihat contoh di atas) dan tingkat kesalahan 5% diperoleh besar sampel adalah 95. Populasi sendiri terbagi ke dalam tiga bagian (marketing, produksi dan penjualan) yang masing-masing berjumlah :

Marketing : 15
Produksi : 75
Penjualan : 35

Maka jumlah sampel yang diambil berdasarkan masing-masing bagian tersebut ditentukan kembali dengan rumus n = (populasi kelas / jumlah populasi keseluruhan) x jumlah sampel yang ditentukan

Marketing : 15 / 125 x 95 = 11,4 dibulatkan 11
Produksi : 75 / 125 x 95 = 57
Penjualan : 35 / 125 x 95 = 26.6 dibulatkan 27

Sehingga dari keseluruhan sampel kelas tersebut adalah 11 + 57 + 27 = 95 sampel.

Teknik ini umumnya digunakan pada populasi yang diteliti adalah heterogen (tidak sejenis) yang dalam hal ini berbeda dalam hal bidang kerja sehingga besaran sampel pada masing-masing strata atau kelompok diambil secara proporsional.

Disproportionate Stratified Random Sampling

Disproporsional stratified random sampling adalah teknik yang hampir mirip dengan proportionate stratified random sampling dalam hal heterogenitas populasi. Namun, ketidak proporsionalan penentuan sampel didasarkan pada pertimbangan jika anggota populasi berstrata namun kurang proporsional pembagiannya.

Misalnya, populasi karyawan PT. AGRO berjumlah 1000 orang yang berstrata berdasarkan tingkat pendidikan SMP, SMA, DIII, S1 dan S2. Namun jumlahnya sangat tidak seimbang yaitu :

SMP : 100 orang
SMA : 700 orang
DIII : 180 orang
S1 : 10 orang
S2 : 10 orang

Jumlah karyawan yang berpendidikan S1 dan S2 ini sangat tidak seimbang (terlalu kecil dibandingkan dengan strata yang lain) sehingga dua kelompok ini seluruhnya ditetapkan sebagai sampel.

Cluster Sampling

Cluster sampling atau sampling area digunakan jika sumber data atau populasi sangat luas misalnya penduduk suatu propinsi, kabupaten, atau karyawan perusahaan yang tersebar di seluruh provinsi. Untuk menentukan mana yang dijadikan sampelnya, maka wilayah populasi terlebih dahulu ditetapkan secara random, dan menentukan jumlah sampel yang digunakan pada masing-

masing daerah tersebut dengan menggunakan teknik proporsional stratified random sampling mengingat jumlahnya yang bisa saja berbeda.

Contoh :

Peneliti ingin mengetahui tingkat efektivitas proses belajar mengajar di tingkat SMU. Populasi penelitian adalah siswa SMA seluruh Indonesia. Karena jumlahnya sangat banyak dan terbagi dalam berbagai provinsi, maka penentuan sampelnya dilakukan dalam tahapan sebagai berikut :

Tahap Pertama adalah menentukan sampel daerah. Misalnya ditentukan secara acak 10 Provinsi yang akan dijadikan daerah sampel.Tahap kedua. Mengambil sampel SMU di tingkat Provinsi secara acak yang selanjutnya disebut sampel provinsi. Karena provinsi terdiri dari Kabupaten/Kota, maka diambil secara acak SMU tingkat Kabupaten yang akan ditetapkan sebagai sampel (disebut Kabupaten Sampel), dan seterusnya, sampai tingkat kelurahan / Desa yang akan dijadikan sampel. Setelah digabungkan, maka keseluruhan SMU yang dijadikan sampel ini diharapkan akan menggambarkan keseluruhan populasi.

2. Non Probability Sampling

Non Probability artinya setiap anggota populasi tidak memiliki kesempatan atau peluang yang sama sebagai sampel. Teknik-teknik yang termasuk ke dalam Non Probability ini antara lain : Sampling Sistematis, Sampling Kuota, Sampling Insidential, Sampling Purposive, Sampling Jenuh, dan Snowball Sampling.

Sampling Kuota

Adalah teknik sampling yang menentukan jumlah sampel dari populasi yang memiliki ciri tertentu sampai jumlah kuota (jatah) yang diinginkan. Misalnya akan dilakukan penelitian tentang persepsi siswa terhadap kemampuan mengajar guru. Jumlah Sekolah adalah 10, maka sampel kuota dapat ditetapkan masing-masing 10 siswa per sekolah.

Sampling Insidential,

Insidential merupakan teknik penentuan sampel secara kebetulan, atau siapa saja yang kebetulan (insidential) bertemu dengan peneliti yang dianggap cocok dengan karakteristik sampel yang ditentukan akan dijadikan sampel. Misalnya penelitian tentang kepuasan pelanggan pada pelayanan Mall A. Sampel ditentukan berdasarkan ciri-ciri usia di atas 15 tahun dan baru pernah ke Mall A tersebut, maka siapa saja yang kebetulan bertemu di depan Mall A dengan peneliti (yang berusia di atas 15 tahun) akan dijadikan sampel.

Sampling Purposive,

Purposive sampling merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan khusus sehingga layak dijadikan sampel. Misalnya, peneliti ingin meneliti permasalahan seputar daya tahan mesin tertentu. Maka sampel ditentukan adalah para teknisi atau ahli mesin yang mengetahui dengan jelas permasalahan ini. Atau penelitian tentang pola pembinaan olahraga renang. Maka sampel yang diambil adalah pelatih-pelatih renang yang dianggap memiliki kompetensi di bidang ini. Teknik ini biasanya dilakukan pada penelitian kualitatif.

Sampling Jenuh

Sampling jenuh adalah sampel yang mewakili jumlah populasi. Biasanya dilakukan jika populasi dianggap kecil atau kurang dari 100. Misalnya akan dilakukan penelitian tentang kinerja guru di SMA XXX. Karena jumlah guru hanya 25, maka seluruh guru dijadikan sampel penelitian.

Snowball Sampling

Snowball sampling adalah teknik penentuan jumlah sampel yang semula kecil kemudian terus membesar ibarat bola salju (seperti Multi

Level Marketing). Misalnya akan dilakukan penelitian tentang pola peredaran narkoba di wilayah A. Sampel mula-mula adalah 5 orang Napi, kemudian terus berkembang pada pihak-pihak lain sehingga sampel atau responden terus berkembang sampai ditemukannya informasi yang menyeluruh atas permasalahan yang diteliti. Teknik ini juga lebih cocok untuk penelitian kualitatif.

D. Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Penentuan Ukuran Sampel

Ada dua hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan ukuran sampel. Pertama ketelitian (presisi) dan kedua adalah keyakinan (confidence). Ketelitian mengacu pada seberapa dekat taksiran sampel dengan karakteristik populasi. Keyakinan adalah fungsi dari kisaran variabilitas dalam distribusi pengambilan sampel dari rata-rata sampel. Variabilitas ini disebut dengan standar error, disimbolkan dengan S-x

Semakin dekat kita menginginkan hasil sampel yang dapat mewakili karakteristik populasi, maka semakin tinggi ketelitian yang kita perlukan. Semakin tinggi ketelitian, maka semakin besar ukuran sampel yang diperlukan, terutama jika variabilitas dalam populasi tersebut besar. Sedangkan keyakinan menunjukkan seberapa yakin bahwa taksiran kita benar-benar berlaku bagi populasi. Tingkat keyakinan dapat membentang dari 0 – 100%. Keyakinan 95% adalah tingkat lazim yang digunakan pada penelitian sosial / bisnis. Makna dari keyakinan 95% (alpha 0.05) ini adalah “setidaknya ada 95 dari 100, taksiran sampel akan mencerminkan populasi yang sebenarnya”.

BAB III

DISTRIBUSI FREKUENSI

Cara membuat daftar distribusi frekuensi :

- Tentukan rentang : r=Data terbesar – data terkecil
- Tentukan banyaknya kelas interval : 1 + 3,3 log n
- Tentukan panjang kelas interval (p) :rentang/∑kelas
- Tentukan ujung bawah kelas pertama: data terkecil dan atau lebih kecil dari data terkecil.
- Buat interval kelas : I --- dst
- Tanda kelas : ½(ujung bawah + ujung atas)
- Hitung frekuensi setiap interval (f absolut, f relatif dan f kumulatif --- kurang dari, atau lebih)

UKURAN GEJALA PUSAT DAN UKURAN LETAK.

Untuk sekelompok data yang diperoleh, yaitu x_1, x_2, x_3, ... , x_n maka dapat ditentukan:

A. **RATA-RATA (MEAN)** (notasi: $\bar{x}$ dibaca : x bar)

$\bar{x}$ = $(x_1+x_2+.....+x_n)/n$ = ∑xi / n = ∑ (fi.xi) / n

Dimana∑fi=n

B. **MEDIAN** (notasi: Me)

Adalah nilai tengah dari data yang telah diurutkan menurutbesarnya. Dengan ketentuan: Jika *banyak data ganjil*, maka median adalah *nilai tengah* dari data yang telah diurutkan.
(Data ke (n+1)/2)

C. **MODUS** (notasi : Mo)

Adalah nilai data yang sering muncul (mempunyai *frekuensi terbesar)*. Modus dapat ada ataupun tidak ada. Kalaupun ada dapat lebih dari satu.

Contoh:

Diketahui data

7, 9, 8, 13, 12, 9, 6, 5 n = 8

1. ***Rata-rata***

$\bar{x}$ = (5+6+7+8+9+9+12+13)/8 = 8,625

2. ***Median***

Data diurutkan terlebih dahulu menjadi

5 6 7 $\boxed{8 \quad 9}$ 9 12 13

Me= (8+9)/2 = 8,5

3. ***Modus***

Mo = 9

4. Rata-Rata

$$\bar{x} = \frac{\sum (fi.xi)}{x}$$

Xi = titik tengah kelas ke i

fi =½(batas bawah + batas atas)

∑fi = frekuensi kelas ke i = jumlah seluruh data

Menghitung Rata-Rata dengan Menggunakan Rata-Rata Sementara

$$\bar{x} = xo + \sum (fi.ui)/n \cdot c$$

Xo = rata-rata sementara

fi = frekuensi kelas ke i

ui=simpangan kelas ke i terhadap

kelas rata-rata sementara

n= banyaknya data

c=interval kelas= panjang kelas

= lebar kelas = tepi atas-tepi bawah

5. Median

$$= b + p\left(\frac{1/2n - F}{f}\right)$$

b = batas bawah kelas median

F =jumlah frekuensi kelas yang lebih rendah dari kelas median

f =frekuensi kelas median

n = banyaknya data

p = interval kelas

6. Modus

$$= b + p\left(\frac{b1}{b1 + b2}\right)$$

b = batas bawah kelas modus

b1 = kelebihan frekuensi kelas modus terhadap frekuensi kelas yang lebih rendah

b2 =kelebihan frekuensi kelas modus terhadap frekuensi kelas yang lebih tinggi

p = interval kelas

Contoh:

Tinggi	**xi**	**fi**	**ui**	**di**	**fixi**	**fiui**	**fidi**
151-155	153	5	-2	-10	725	-10	-50

156-160	158	20	-1	-5	3160	-20	-100
161-165	163	42	0	0	6846	0	0
166-170	168	26	1	5	4368	26	130
171-175	173	7	2	10	1211	14	70
Jumlah		100			16350	10	50

a. *Rata-rata*

$\bar{x} = \sum (fi.xi)/n = 16350 / 100 = 163{,}5$ dengan rata-rata sementara
$= xo + \sum (fi.xi)/n \,.\, c = 163 + 10/100.\ 5$
$= 163 + 0{,}50 = 163{,}50$
atau
$\bar{X} = xo + \sum (fi.di)/n = 163 + 50/100 = 163 + 0{,}50$

Ket: Rata-rata sementara xo biasanya diambil dari titik tengah kelas dimana frekuensinya terbesar. (d=u.c)

b. *Median* $= b + p\left(\frac{1/2n - F}{f}\right)$

$= 160{,}5 + 5.((1/2)(100)-(5+20))/42$
Me = 163, 48

c. *Modus* $= b + p\left(\frac{b1}{b1 + b2}\right)$

Mo = 160,5 + 5.((42-20) / (42-20)+(42-26)) = 163,39

D. JANGKAUAN (RANGE)

Notasi: **J**

Untuk data yang tidak dikelompokkan, jangkauan adalah selisih antara nilai terbesar dan nilai terkecil. Untuk data yang dikelompokkan, jangkauan adalah selisih antara titik tengah kelas tertinggi dengan titik tengah kelas terendah.

E. KUARTIL

Notasi: **q**

Kuartil membagi data (n) yang berurutan atas 4 bagian yang sama banyak.

------|------|-------|-------

Q1 Q2 Q3

Q1 = kuartil bawah (1/4n)

Q2 = kuartil tengah/median (1/2n)

Q3 = kuartil atas (3/4n)

Untuk data yang tidak dikelompokkan terlebih dahulu dicari mediannya, kemudian kuartil bawah dan kuartil atas. Untuk data yang dikelompokkan rumusan kuartil identik dengan rumusan mencari median.

$$\mathbf{Q_1 = L_1 + [(1/4n - (\sum f)_1)/f_{Q1}] \,.\, c}$$

$$\mathbf{Q_3 = L_3 + [(3/4n - (\sum f)_3)/f_{Q3}] \,.\, c}$$

F. DESIL

Notasi: **D**

Desil membagi data (n) yang berurutan atas 10 *bagian yang sama besar*. (D1, D2, D3, ... , D9)

$$\mathbf{Di = Li + ((i/10)n - (\sum f)i)/fi \,.\, c}$$

G. PERSENTIL

Notasi: **P**

Persentil membagi data (n) yang berurutan atas 100 ***bagian yang sama besar.*** **(P_1, P_2, P_3, ... ,P_{99})**

Pi = Li +(i/100 n - (∑f)i)/fi . c

Cara mencari Desil dan Persentil identik dengan cara mencari kuartil.

H. SIMPANGAN

Simpangan Kuartil

Notasi: **Qd**

(Jangkauan Semi Interkuartil)

Qd = (Q3 - Q1) / 2

Simpangan Baku

Notasi: **S**

(Standar Deviasi)

S = ∑ ((∑fi(xi-x bar)²)/n)

atau Cara ***Coding***

$$\mathbf{S} = \sqrt{\sum\left(f_i d_i / n\right) - \left(f_i d_i / n\right)^2}$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{c}\sqrt{\left(\sum f_i u_i^{\,2} / n\right) - \left(\sum f_i u_i / n\right)^2}$$

I. Ragam (Variansi) dan Simpangan Baku

Notasi: **S²**

Koefisien Keragaman

V = S / x bar . 100%

Contoh:

1. Data tidak dikelompokkan

   Diketahui data : 95, 84, 86, 90, 93, 88, 97, 98, 89, 94

   Data diurutkan terlebih dahulu, menjadi:

   84 86 818 89 90 93 94 915 97 98

   Q1 = 88 ; Q2 = 90 93 ; Q3 = 95

a. Jangkauan J = 98 - 84 = 14
b. Kuartil Q1=88 ; Q2 = (90+93)/2 = 91,5 ; Q3 = 95
c. Simpangan kuartil = Qd = (95 - 88) / 2 = 3,5
d. Rata-Rata = (88+86+88+89+90+93+95+97+98)/10 = 91,4
e. Simpangan baku = $(((84-91,4)^2 + ... + (98-91,4)^2)/10) = 4,72$

2. Data dikelompokkan

Skor	**Titik Tengah**	**Frekuensi**
50-54	52	4
55-59	57	6
60-64	62	8
65-69	67	16
70-74	72	10
75-79	77	3
80-84	82	2
85-89	87	1
		n = 50

a. Jangkauan = Titik tengah kelas tertinggi - Titik tengah kelas terendah
= 87-52 =35

b. Kuartil bawah (¼n)
Q1 = 59,5 + ((12,5 - 10)/8 . (5)) = 61,06
Kuartil bawah (¾n)
Q3 = 69,5 + (37,5 - 34)/10 . 5 = 71,25
Simpangan Kuartil
Qd = (Q3 - Q1) / 2 = (71,25 - 61,06) / 2 = 5,09

c. Rata-rata

$\bar{x}$ = ((4)(52) + (6)(57) + ... + (1)(870)/ 50 = 66,4

d. Simpangan Baku

S $=((52-66,4)^2 + ... + (87-66,4)^2)/50 = 7,58$

CATATAN:

Bila pada suatu kumpulan data, setiap data ditambah/ dikurangi dengan suatu bilangan, maka:

- nilai statistik yang berubah: Rata-rata, Median, Modus, Kuartil.
- nilai statistik yang tetap : Jangkauan, Simpangan Kuartil, Simpangan baku.

3. Daftar nilai mata kuliah Metode Penelitian 80 orang mahasiswa Universitas X sebagai berikut :

63	35	48	38	56	43	67	63
68	49	61	51	60	59	71	73
70	60	76	70	65	67	74	75
70	63	83	70	66	72	79	75
76	71	83	71	74	81	82	77
79	72	85	72	80	88	83	78
80	74	88	73	81	91	86	80
80	84	90	74	90	93	87	81
90	91	92	82	91	93	88	86
92	93	99	95	97	98	89	88

a. Buatlah Daftar distribusi frekuensi dengan aturan Sturges
b. Hitunglah : Rata-rata hitung, Rata-rata harmonik dan rata-rata ukur
c. Hitunglah Modus
d. Hitunglah Median, K1, D8, P85
e. Hitunglah Varians dan Simpangan baku

1. Membuat Daftar Distribusi Frekuensi :

Rentang	=99-35 = 64		
∑ Kelas	=1+3,3 log n	=7,2802	≈ 7
Panjang Kelas =	64/7	=9,1428	≈ 10

Misalnya Ujung bawah kelas pertama : 34

Rata-rata

Interval Kelas	*f abs*	f rel	Xi	fixi	log Xi	fi log Xi	fi/Xi
34-43	3	3,75	38,5	115,5	1,58546	4,75638	0,07792
44-53	3	3,75	48,5	145,5	1,68574	5,05723	0,06186
54-63	8	10,00	58,5	468	1,76716	14,1372	0,13675
64-73	17	21,25	68,5	1164,5	1,83569	31,2067	0,24818
74-83	24	30,00	78,5	1884	1,89487	45,4769	0,30573
84-93	21	26,25	88,5	1858,5	1,94694	40,8858	0,23729
94-103	4	5,00	98,5	394	1,99344	7,97374	0,04061
	80	100,00		6030	12,7093	149,494	1,10833

2.Rata-rata hitung ($\overline{X}$)

$$\overline{X} = \sum \frac{fiXi}{fi} = 6030/80 = 75,375$$

Rata-rata Ukur (U)

$$\text{Log U} = \frac{\sum fi \,.\log \text{Xi}}{\sum \text{fi}} = 149,494/80 = 1,8687$$

U= inv log 1,8687 = 73,905

Rata-rata harmonik (H)

$$\text{H} = \frac{\sum fi}{\sum \frac{fi}{Xi}} = 80/\ 1,100983 = 72,66$$

3. Modus :

Kelas modus yaitu kelas dengan frekuensi terbanyak yaitu 74-83

Kelas modal= kelas kelima

b= batas bawah kelas modal = 74-0,5 = 73,5

p=panjang kelas modal 10

b1= f kelas modal-f kelas yang lebih kecil	7
b2=f kelas modal - f kelas yang lebih besar	3

$$\text{Mo} = b + \text{p}\left[\frac{\text{b1}}{\text{b1}+\text{b2}}\right] = 73{,}5 + 10\left[\frac{-7}{-7+(-1)}\right] = 80{,}5$$

4. Median

Letak median = n/2= 80/2= 40
Dengan demikian letak median pada kelas ke lima 74 – 83

b= batas bawah kelas median	= 74-0,5 =	73,5
p=panjang kelas median		10
n= ukuran sampel		80
F=jumlah f yang <me		31
f=frekuensi kelas median		24

$$Me = b + p\left[\frac{\frac{in}{2} - F}{f}\right] = 73{,}5 + (10(40-31)/24) = 77{,}25$$

5. Kuartil

$$K = b + p\left[\frac{\frac{in}{4} - F}{f}\right]$$

Kuartil I : Letak = in/4 = 1*80/4=20
Kelas K1 : 64-73

b= batas bawah kelas K1	= 64 - 0,5 =	63,5
p=panjang kelas K1		10

n= ukuran sampel	80
F=jumlah f yang <K1	14
f=frekuensi kelas K1	17

$$K1 = 63{,}5 + 10\left[\frac{\frac{1.80}{4} - 14}{17}\right] = 67{,}03$$

6. Desil :

$$D = b + p\left[\frac{\frac{in}{10} - F}{f}\right]$$

Letak desil 5= in/10 = 5*80/10= 40

b= batas bawah kelas D5	73,5
p=panjang kelas D5	10
n= ukuran sampel	80
F=jumlah f yang <D5	31
f=frek kelas D5	24

$$D5 = 73{,}5 + 10\left[\frac{\frac{5x80}{10} - 31}{24}\right] = 77{,}25$$

7. Persentil

Persentil : $P = b + p\left[\frac{\frac{in}{100} - F}{f}\right]$

Letak P50 = 50*80/100=40

b= batas bawah kelas P50	73,5
p=panjang kelas P50	10
n= ukuran sampel	80
F=jumlah f yang <P50	31
f=frek kelas P50	24

$$P50 = 73{,}5 + 10\left[\frac{\frac{50x80}{100} - 31}{24}\right] = 77{,}25$$

8. Varians dan Simpangan Baku

Interval Kelas	*f abs*	f rel	Xi	fixi	xi^2	$fixi^2$
34-43	3	3,75	38,5	115,5	1482,25	4446,75
44-53	3	3,75	48,5	145,5	2352,25	7056,75
54-63	8	10,00	58,5	468	3422,25	27378
64-73	17	21,25	68,5	1164,5	4692,25	79768,3
74-83	24	30,00	78,5	1884	6162,25	147894
84-93	21	26,25	88,5	1858,5	7832,25	164477
94-103	4	5,00	98,5	394	9702,25	38809
	80	100,00		6030		469830

$$\boxed{S^2 = \frac{n\sum fixi^2 - (\sum fixi)^2}{n(n-1)}}$$

$$S^2 = \frac{80x469830-(6030)^2}{80(80-1)} = 193{,}91$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{193{,}91} = 13{,}925$$

Dengan cara sandi (coding)

$$\boxed{S^2 = p^2\left(\frac{n\sum fici^2-(\sum fici)^2}{n(n-1)}\right)}$$

$$S^2 = 10^2\left(\frac{80x381-(135)^2}{80(80-1)}\right) = 193{,}91$$

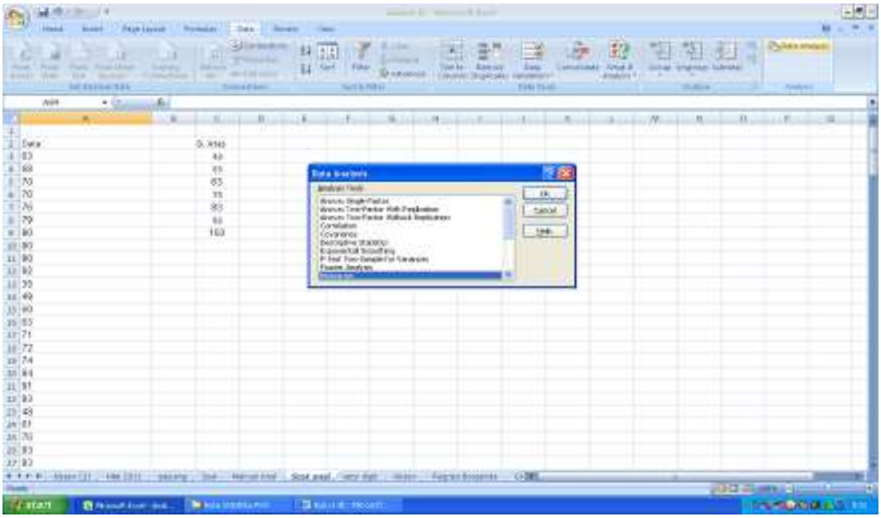
$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{193{,}91} = 13{,}925$$

Kelas	fi (abs)	Ci	Xi	fici	ci^2	$fici^2$
34-43	3	-2	35,5	-6	4	12
44-53	3	-1	45,5	-3	1	3
54-63	8	0	55,5	0	0	0
64-73	17	1	65,5	17	1	17
74-83	24	2	75,5	48	4	96
84-93	21	3	85,5	63	9	189
94-103	4	4	95,5	16	16	64
	80	7	458,5	135		381

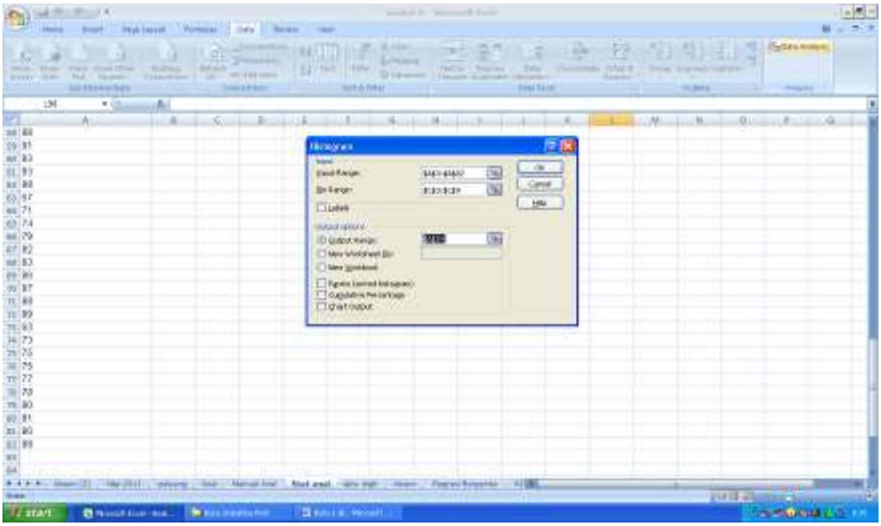
Membuat Daftar Distribusi Frekuensi dengan Program MS-Excel 2007 :

a. Instal Program Data Analysis pada Excel dengan langkah-langkah sebagai berikut : Excel option-add.ins-analysis tool PAK- Go- cek pada kotak analysis Tool- OK

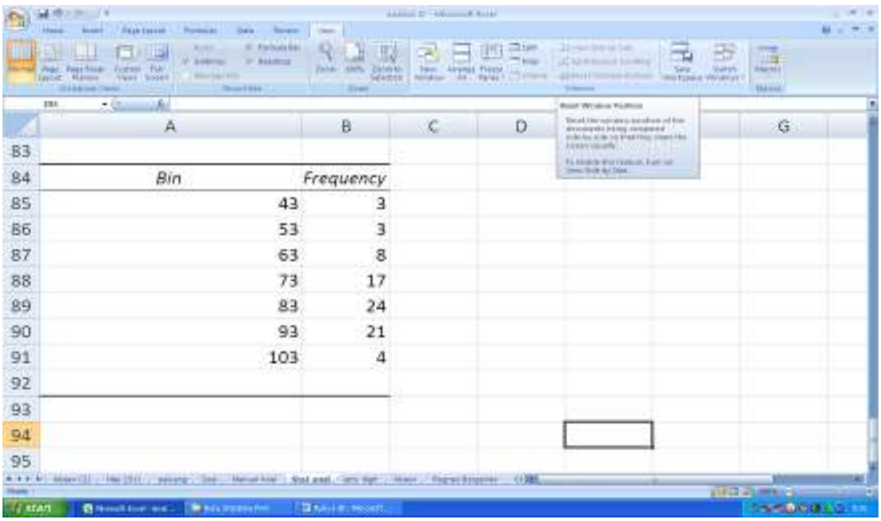
b. Buka data Analysis- Klik Histogram



c. Masukkan data (diketik 1 kolom) dan masukkan ujung atas (bin range) pada kolom lainnya
d. Cari lokasi untuk menempatkan output
e. OK



Output Analisis Distribusi Frekuensi dengan Excel 2007 :



Soal Latihan :

1. Data berat badan 100 orang mahasiswa Universitas X sbb:

73	68	68	69	68
73	78	69	59	67
68	69	76	58	67
68	67	71	63	59
66	71	72	61	64
74	70	70	67	70
69	68	65	76	60
74	68	83	63	65
70	71	60	66	66
69	69	62	67	69
69	67	69	69	81
66	67	70	68	67
71	68	58	68	77
61	66	69	54	70
69	68	62	64	69
69	78	66	70	70
70	68	70	68	61
71	67	68	67	71
68	66	69	67	68
67	65	73	55	60

a. Buatlah daftar distribusi frekuensi (gunakan aturan Sturges)
b. Gambarkan Histogram dan Poligon Frekuensi
c. Hitunglah : rata-rata hitung, rata-rata ukur, dan rata-rata harmonik
d. Hitunglah modus, median, kwartil 3, desil 5, dan persentil 7*.
e. Hitunglah ragam dan simpangan baku dengan cara : biasa dan sandi (coding).

2. Jika data pada soal No. 1 di atas tidak dikelompokkan, hitunglah : Rata-rata hitung, rata-rata harmonik, rata-rata ukur, modus, median, Kwartil 3, Desil 7, Persentil 67, varians dan simpangan baku.

BAB IV. TEORI PELUANG

A. Pendahuluan

Titik-titik contoh di dalam Ruang Sampel (S) dapat disajikan dalam bentuk numerik/bilangan.

1. Peubah Acak

   Fungsi yang mendefinisikan titik-titik contoh dalam ruang contoh sehingga memiliki nilai berupa bilangan nyata disebut : PEUBAH ACAK = VARIABEL ACAK = RANDOM VARIABLE (beberapa buku juga menyebutnya sebagai STOCHASTIC VARIABLE)

2. X dan x

   Biasanya PEUBAH ACAK dinotasikan sebagai X (X kapital)
   Nilai dalam X dinyatakan sebagai x (huruf kecil x).
   Contoh 1 :
   Pelemparan sekeping Mata Uang setimbang sebanyak 3 Kali
   S : {GGG, GGA, GAG, AGG, GAA, AGA, AAG, AAA}
   dimana G = GAMBAR dan A = ANGKA
   X: setiap satu sisi GAMBAR bernilai satu (G = 1)

   S : {GGG, GGA, GAG, AGG, GAA, AGA, AAG, AAA}

↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
3	2	2	2	1	1	1	0

Perhatikan bahwa X{0,1,2,3}
Nilai x_1= 0, x_2= 1 x_3= 2, x_4= 3
Kategori Peubah Acak
Peubah Acak dapat dikategorikan menjadi:

a) **Peubah Acak Diskrit** : Nilainya berupa bilangan cacah, dapat dihitung dan terhingga. Dipakai untuk menyatakan hal-hal yang dapat dicacah, misalnya :
Banyaknya Produk yang rusak = 12 buah
Banyak pegawai yang di-PHK= 5 orang

b) Peubah Acak Kontinyu:

Nilainya berupa selang bilangan, tidak dapat dihitung dan tidak terhingga (memungkinkan pernyataan dalam bilangan pecahan). Dipakai untuk menyatakan hal-hal yang diukur (jarak, waktu, berat, volume)

Misalnya Jarak Pabrik ke Pasar = 35.57 km
Waktu produksi per unit = 15.07 menit
Berat bersih produk = 209.69 gram
Volume kemasan = 100.00 cc

B. Distribusi Peluang Teoritis

Tabel atau rumus yang mencantumkan semua kemungkinan nilai peubah acak berikut peluangnya.
Berhubungan dengan kategori peubah acak, maka dikenal :
a. Distribusi Peluang Diskrit : Binomial, Poisson
b. Distribusi Peluang Kontinyu : Normal*) t, F, χ^2(chi kuadrat)

Percobaan Binomial

Percobaan Binomial adalah percobaan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:
1. Percobaan diulang n kali

2. Hasil setiap ulangan hanya dapat dikategorikan ke dalam 2 kelas;
   Misal: "BERHASIL" atau "GAGAL"
   ("YA" atau "TIDAK"; "SUCCESS" or "FAILED")

   Peluang keberhasilan = p dan dalam setiap ulangan nilai p tidak berubah. Peluang gagal = q = 1- p.
3. Setiap ulangan bersifat bebas satu dengan yang lain.

Definisi Distribusi Peluang Binomial
$$b(x;n,p) = C_x^n \; p^x \; q^{n-x}$$ untuk x = 0,1,23,...,n
n: banyaknya ulangan
x: banyak keberhasilan dalam peubah acak X
p: peluang berhasil pada setiap ulangan
q: peluang gagal = 1 - p pada setiap ulangan

Contoh 2 :
Tentukan peluang mendapatkan "MATA 1" muncul 3 kali pada pelemparan 5 kali sebuah dadu setimbang!
Kejadian sukses/berhasil = mendapat "MATA 1"
x = 3
n = 5 $\rightarrow$ pelemparan diulang 5 kali
$p = \frac{1}{6}$ $\qquad$ $q = 1- \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$

$$b(x;n,p) = C_x^n \; p^x \; q^{n-x}$$

$$b(3;5,\tfrac{1}{6}) = C_3^5 \; (\tfrac{1}{6})^3 \; (\tfrac{5}{6})^2$$

$$= \frac{5!}{3!2!} \quad \frac{5^2}{6^5} = 10 \times 0.003215...= 0.03215...$$

Contoh 3:

Peluang seorang mahasiswa membolos adalah 6 : 10, jika terdapat 5 mahasiswa, berapa peluang terdapat 2 orang mahasiswa yang tidak membolos?

Kejadian yang ditanyakan $\rightarrow$ Kejadian SUKSES = TIDAK MEMBOLOS
Yang diketahui peluang MEMBOLOS = q = 6 : 10 = 0.60
p = 1 - q = 1 - 0.60 = 0.40 x = 2, n = 5
b(x = 2; n = 5, p = 0.40) = ?
Tabel Peluang Binomial

Soal-soal peluang peluang binomial dapat diselesaikan dengan bantuan Tabel Distribusi Peluang Binomial (lihat lampiran).
Cara membaca tabel tersebut :

Misalnya :

n	p = 0.10	p = 0.15	p = 0.20 dst
0	0.5905	0.4437	0.3277
1	0.3280	0.3915	0.4096
2	0.0729	0.1382	0.2048
3	0.0081	0.0244	0.0512
4	0.0004	0.0020	0.0064
5	0.0000	0.0001	0.0003

Perhatikan total setiap Kolom p = 1.0000 (atau karena pembulatan, nilainya tidak persis = 1.0000 hanya mendekati 1.0000)
x = 0 n = 5 p = 0.10
b(0; 5, 0.10) = 0.5905
x =1 n = 5 p = 0.10
b(1; 5, 0.10) = 0.3280
Jika $0 \leq x \leq 2$, n = 5 dan p = 0.10 maka b(x; n, p) =
b(0; 5, 0.10)+ b(1; 5, 0.10)+b(2;5,0.10)
= 0.5905 + 0.3280 +0.0729 = 0.9914
Contoh 4

Suatu perusahaan “pengiriman paket ” terikat perjanjian bahwa keterlambatan paket akan menyebabkan perusahaan harus membayar biaya kompensasi. Jika Peluang setiap kiriman akan terlambat adalah 0.20 Bila terdapat 5 paket, hitunglah probabilitas :

a. Tidak ada paket yang terlambat, sehingga perusahaan tidak membayar biaya kompensasi? (x = 0)

b. Lebih dari 2 paket terlambat? (x >2)

c. Tidak Lebih dari 3 paket yang terlambat?($x \leq 3$)

d. Ada 2 sampai 4 paket yang terlambat?($2 \leq x \leq 4$)

e. Paling tidak ada 2 paket yang terlambat?($x \geq 2$)

Jawab

a. x = 0 $\rightarrow$ b(0; 5, 0.20) = 03277 (lihat di tabel atau dihitung dgn rumus)

b. x > 2 $\rightarrow$ Lihat tabel dan lakukan penjumlahan sebagai berikut :

b(3; 5, 0.20) + b(4; 5, 0.20) + b(5; 5, 0.20) =

0.0512+ 0.0064 + 0.0003 = 0.0579

atau .....

$\rightarrow$ 1 - b($x \leq 2$) = 1 - [b(0; 5, 0.20) + b(1; 5, 0.20) + b(2; 5, 0.20) = 1 - [0.3277 + 0.4096 + 0.2048)= 1 - 0.9421 = 0.0579

Rata-rata dan Ragam Distribusi Binomial b(x; n, p) adalah Rata-rata μ = np Ragam σ^2 = npq n = ukuran populasi p = peluang keberhasilan setiap ulangan q = 1 - p = peluang gagal setiap ulangan

C. Distribusi Peluang Poisson

Percobaan Poisson memiliki ciri-ciri berikut :

1 Hasil percobaan pada suatu selang waktu dan tempat tidak tergantung dari hasil percobaan di selang waktu dan tempat yang lain yang terpisah
2 Peluang terjadinya suatu hasil percobaan sebanding dengan panjang selang waktu dan luas tempat percobaan terjadi. Hal ini berlaku hanya untuk selang waktu yang singkat dan luas daerah yang sempit
3 Peluang bahwa lebih dari satu hasil percobaan akan terjadi pada satu selang waktu dan luasan tempat yang sama diabaikan

Definisi Distribusi Peluang Poisson :

$$poisson(x;\mu) = \frac{e^{-\mu}\mu^{x}}{x!}$$

e : bilangan natural = 2.71828...
x : banyaknya unsur BERHASIL dalam sampel
μ : rata-rata keberhasilan

Perhatikan rumus yang digunakan! Peluang suatu kejadian Poisson hitung dari rata-rata populasi (μ)

D. Tabel Peluang Poisson

Seperti halnya peluang binomial, soal-soal peluang Poisson dapat diselesaikan dengan Tabel Poisson.
Cara membaca dan menggunakan Tabel ini tidak jauh berbeda dengan Tabel Binomial
Misal:

x	μ = 4.5	μ = 5.0
0	0.0111	0.0067
1	0.0500	0.0337
2	0.1125	0.0842
3	0.1687	0.1404
dst	dst	dst
15	0.0001	0.0002

poisson(2; 4.5) = 0.1125

poisson($x < 3$; 4.5)
= poisson(0;4.5) + poisson(1; 4.5)+ poisson(2; 4.5)
= 0.0111 + 0.0500 + 0.1125
= 0.1736

poisson($x > 2$;4.5)
= poisson(3; 4.5) + poisson(4; 4.5) +...+ poisson(15;4.5)
atau
= 1 - poisson($x \leq 2$)
= 1 - [poisson(0;4.5) + poisson(1; 4.5)+ poisson(2; 4.5)]
= 1 - [0.0111 + 0.0500 + 0.1125] = 1 - 0.1736 = 0.8264
Contoh 5 :
Rata-rata seorang sekretaris baru melakukan 5 kesalahan ketik per halaman. Berapa peluang bahwa pada halaman berikut ia membuat:
a. tidak ada kesalahan?($x = 0$)
b. tidak lebih dari 3 kesalahan?($x \leq 3$)
c. lebih dari 3 kesalahan?($x > 3$)
d. paling tidak ada 3 kesalahan ($x \geq 3$)

Jawab:
$\mu = 5$
a. $x = 0 \rightarrow$ dengan rumus? hitung poisson(0; 5) atau
$\rightarrow$ dengan Tabel Distribusi Poisson di bawah x:0
dengan $\mu = 5.0 \rightarrow$ (0; 5.0) = 0.0067

b. $x \leq 3 \rightarrow$ dengan Tabel Distribusi Poisson hitung poisson(0; 5.0) + poisson(1; 5.0) + poisson(2; 5.0) + poisson(3; 5.0)

=0.0067 + 0.0337 + 0.0842 + 0.1404 = 0.2650

c. $x > 3 \rightarrow$ poisson($x > 3$; 5.0) = poisson(4; 5.0) + poisson(5; 5.0) + poisson (6; 5.0) + poisson(7; 5.0) + ... + poisson(15; 5.0)
atau
$\rightarrow$ poisson($x > 3$) = 1 - poisson($x \leq 3$)

= 1 - [poisson(0; 5.0) + poisson(1; 5.0) +poisson(2; 5.0) + poisson(3; 5.0)]

= 1 - [0.0067 + 0.0337 + 0.0842 + 0.1404]

= 1 - 0.2650

= 0.7350

Pendekatan Poisson untuk Distribusi Binomial :

Pendekatan Peluang Poisson untuk Peluang Binomial, dilakukan jika *n besar* ($n > 20$) dan *p sangat kecil* ($p < 0.01$) dengan terlebih dahulu menetapkan p dan kemudian menetapkan $\mu = n \times p$

Contoh 6

Dari 1 000 orang mahasiswa 2 orang mengaku selalu terlambat masuk kuliah setiap hari, jika pada suatu hari terdapat 5 000 mahasiswa, berapa peluang ada lebih dari 3 orang yang terlambat?

Kejadian Sukses : selalu terlambat masuk kuliah

$p = \dfrac{2}{1000} = 0.002$

$n = 5\ 000 \qquad x > 3$

jika diselesaikan dengan peluang Binomial $\rightarrow$ b($x > 3$; 5 000, 0.002) tidak ada di Tabel, jika menggunakan rumus sangat tidak praktis.

$p = 0.002 \qquad n = 5\ 000 \qquad x>3$

$\mu = n \times p = 0.002 \times 5\ 000 = 10$

diselesaikan dengan peluang Poisson $\rightarrow$ poisson ($x > 3$; 10) = 1 - poisson ($x \leq 3$)

= 1 - [poisson (0;10) + poisson(1; 10) + poisson(2;10) + poisson(3; 10)

= 1 - [0.0000 + 0.0005 + 0.0023] = 1 - 0.0028 = 0.9972

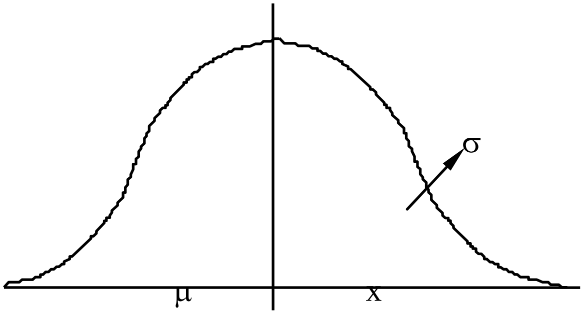
E. Distribusi Peluang Kontinyu

Distribusi Normal

- Nilai Peluang peubah acak dalam Distribusi Peluang Normal dinyatakan dalam luas di bawah kurva berbentuk genta\lonceng (*bell shaped curve)*.

- Kurva maupun persamaan Normal melibatkan nilai x, μ dan σ.
- Keseluruhan kurva akan bernilai 1, ini mengambarkan sifat peluang yang tidak pernah negatif dan maksimal bernilai satu

Perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar1. Kurva Distribusi Normal

Definisi Distribusi Peluang Normal n(x; μ, σ) = $\dfrac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2}$ untuk nilai x : -∞< x <∞ e = 2.71828.....π = 3.14159... μ : rata-rata populasi σ : simpangan baku populasi σ² : ragam populasi

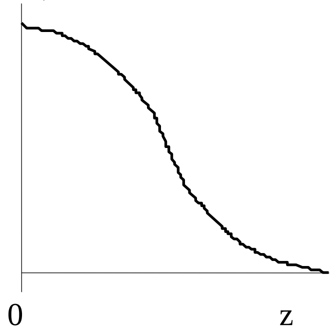
Untuk memudahkan penyelesaian soal-soal peluang Normal, telah disediakan tabel nilai z (lihat lampiran)

Perhatikan dalam tabel tersebut :

1. Nilai yang dicantumkan adalah nilai z

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

2. Luas kurva yang dicantumkan dalam tabel = 0.50 (setengah bagian kurva normal, lihat Gambar 2)



Gambar 2. Setengah kurva normal

3. Nilai z yang dimasukkan dalam tabel ini adalah luas dari sumbu 0 sampai dengan nilai z.

Dalam soal-soal peluang Normal tanda = . ≤ dan ≥ diabaikan, jadi hanya ada tanda < dan>

Cara membaca Tabel Nilai z

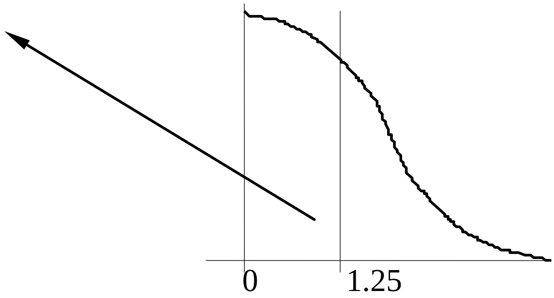
Zz. 00 .01 .02 .03 .04 .05 .06 .07 .08 .09
0.0
0.1
0.2
:
1.0
1.1
1.2 → 0.3944
:
3.4

Nilai 0.3944 adalah untuk luas atau peluang $0 < z < 1.25$ yang digambarkan sebagai berikut

0 1.25

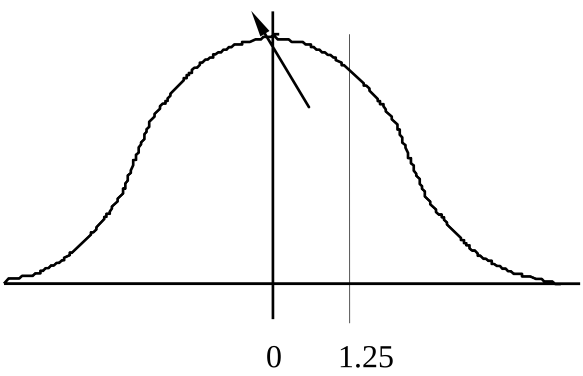
Gambar 3.Peluang 0 < z < 1.25

Dari Gambar 4 dapat kita ketahui bahwa
P(z >1.25) = 0.5 - 0.3944 = 0.1056



Gambar 4.Peluang (z>1.25)

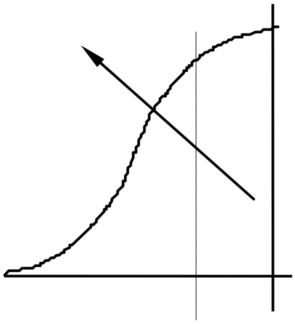
P(z <1.25) = 0.5 + 0.3944 = 0.8944



Gambar 5.Peluang $(z < 1.25)$

Luas daerah untuk z negatif dicari dengan cara yang sama, perhatikan contoh berikut :

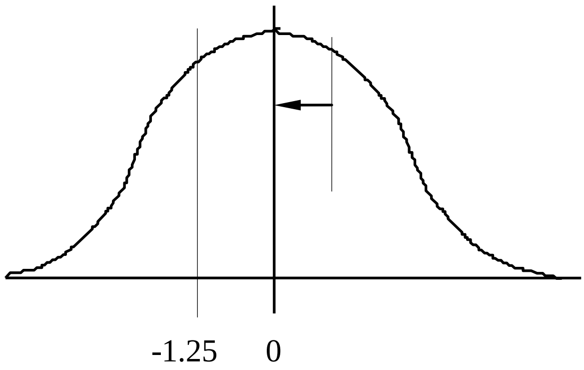
$P(-1.25 < z < 0) = 0.3944$



-1.25 0

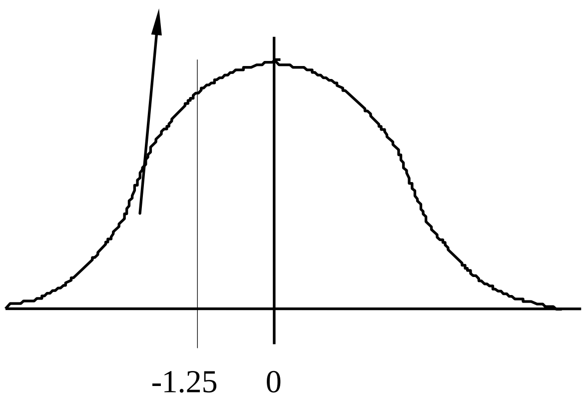
Gambar 6.Peluang $(-1.25 < z < 0)$

P(z >-1.25) = 0.5 + 0.3944 = 0.8944



Gambar 7.Peluang (z>-1.25)

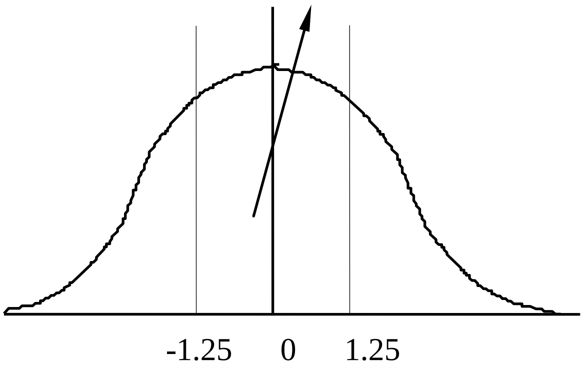
P(z < -1.25) = 0.5 - 0.3944 = 0.1056



Gambar 8.Peluang (z < -1.25)

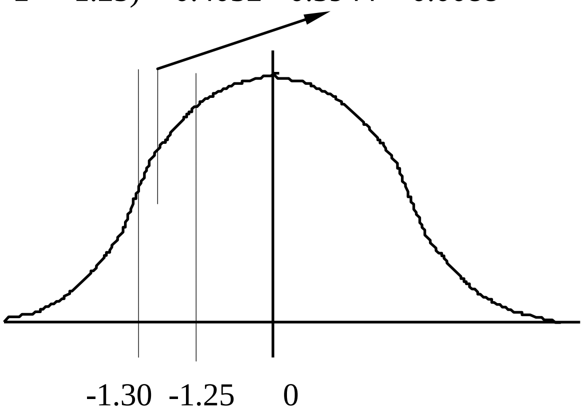
Jika ingin dicari peluang diantara suatu nilai $z \rightarrow z_1 < z < z_2$, perhatikan contoh berikut :

$P(-1.25<z<1.25) = 0.3944 + 0.3944 = 0.788$



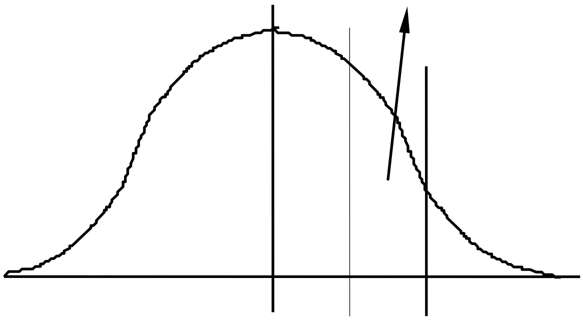
Gambar 9.Peluang (-1.25<z<1.25)

$P(-1.30 < z < -1.25) = 0.4032 - 0.3944 = 0.0088$



Gambar 10. Peluang(-1.30<x<1.25)

Peluang (1.25 < z < 1.35) = 0.4115 - 0.3944 = 0.0171



Gambar 11. Peluang (1.25<z<1.35)

Untuk memastikan pembacaan peluang normal, gambarkan daerah yang ditanyakan!

Contoh 7 :
Rata-rata upah seorang buruh = \$ 8.00 perjam dengan simpangan baku = \$ 0.60, jika terdapat 1 000 orang buruh, hitunglah :

a. banyak buruh yang menerima upah/jam kurang dari \$ 7.80
b. banyak buruh yang menerima upah/jam lebih dari \$ 8.30
c. banyak buruh yang menerima upah/jam antara \$ 7.80 sampai 8.30. μ = 8.00 σ = 0.60

a. x < 7.80

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{7.80 - 8.00}{0.60} = -0.33$$

P(x < 7.80) = P(z < -0.33) = 0.5 - 0.1293 = 0.3707 (Gambarkan!)
Jumlah buruh yang menerima upah/jam kurang dari \$ 7.80 = 0.3707 x 1 000= 370.7 = 371 orang

b. x > 8.30

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{8.30-8.00}{0.60} = 0.50.$$

P(x > 8.30) = P(z > 0.50) = 0.5 - 0.1915 = 0.3085 (Gambarkan!)

Jumlah buruh yang menerima upah/jam lebih dari $ 8.30 = 0.3085 x 1 000= 308.5 = 309 orang

c. 7.80 < x < 8.30
 z_1 = -0.33 z_2 = 0.50
 P(7.80 < x < 8.30) = P(-0.33 < z < 0.50) = 0.1915 + 0.1293
 = 0.3208 (Gambarkan)
 Jumlah buruh yang menerima upah/jam dari $ 7.80 sampai $8.30 = 0.3208 x 1 000 = 320.8 = 321 orang

Pendekatan untuk peluang Binomial p bernilai sangat kecil dan n relatif besar :

a) JIKA rata-rata (μ) ≤ 20 MAKA lakukan pendekatan dengan distribusi POISSON dengan μ = n × p

b) JIKA rata-rata (μ) > 20 MAKA lakukan pendekatan dengan distribusi NORMAL dengan μ = n × p

$$\sigma^2 = n \times p \times q$$

$$\sigma = \sqrt{n \times p \times q}$$

Contoh 8 :
Dari 200 soal pilihan berganda, yang jawabannya terdiri dari lima pilihan (a, b, c,d dan e), berapa peluang anda akan menjawab BENAR lebih dari 50 soal?
n = 300 p = 1/5 = 0.20
q = 1 - 0.20 = 0.80
Kerjakan dengan POISSON

P(x >50, p = 0.20) $\mu = n \times p = 200 \times 0.20 = 40$

Poisson (x > 50; $\mu = 40$), $\mu = 40$ dalam TABEL POISSON

Kerjakan dengan NORMAL

P (x > 50, p = 0.20) $\mu = n \times p = 200 \times 0.20 = 40$

$\sigma^2 = n \times p \times q = 200 \times 0.20 \times 0.80 = 32$

$\sigma = \sqrt{n \times p \times q} = \sqrt{32}$

P(x > 50 , p = 0.20) $\rightarrow$ P (z > ?)

$$z = \frac{50 - 40}{\sqrt{32}} = \frac{10}{5.6568\ldots} = 1.7677 \approx 1.77$$

P (z > 1.77) = 0.5 - 0.4616 = 0.0384 = 3.84 %

BAB V

DISTRIBUSI PELUANG

A. PENDAHULUAN

Sejauh ini teori peluang yang kita bicarakan hanya sebatas pada suatu peristiwa tertentu atau tentang kemungkinan terjadinya peristiwa dengan nilai peluang tertentu. Padahal masih ada nilai-nilai peluang dari peristiwa lainnya yang bisa ditentukan. Nilai-nilai peluang tambahan yang demikian bisa membentuk suatu distribusi yang disebut sebagai *distribusi peluang*. Sebagai contoh, ketika melempar sebuah dadu, kita bisa menghitung peluang dari seluruh peristiwa yang mungkin yakni munculnya angka 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 yang masing-masing memiliki peluang 1/6. Distribusi peluang bisa diturunkan dari peluang logis maupun dari frekuensi relatif (lihat bab III).

Variabel Acak dan Distribusi Peluang

Untuk mudahnya ambil contoh peristiwa tentang seorang ibu yang melahirkan. Kita tahu hanya ada dua kemungkinan jenis kelamin dari peristiwa ini yakni Laki-laki (L) atau Perempuan (P). Jika peluangnya masing-masing untuk melahirkan L dan P adalah ½, maka kita dapat menyusun ruang sampel dari peristiwa ini sebagai berikut :

S = {L, P}

Untuk dua orang anak :

S = {LL, LP, PL, PP}

Untuk tiga orang anak :

S = {LLL, LLP, LPL,PLL, LPP, PLP, PPL, PPP}

Untuk empat orang anak, bisa dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 1.Kemungkinan susunan kelahiran

Jumlah L	**Susunan**	**Titik Sampel**	**Peluang *L***
0	PPPP	1	1/16 = 0,0625
1	LPPP, PLPP, PPLP, PPPL	4	4/16 = 0,25
2	LLPP,LPLP,LPPL,PLLP, PLPL, PPLL	6	6/16 = 0,375
3	LLLP, LLPL, LPLL, PLLL	4	4/16 = 0,25
4	LLLL	1	1/16 =0,0625
Jumlah	16	1,00	

Misalkan jumlah anak laki-laki yang lahir kita sebut sebagai variabel *X*. Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa setiap nilai *X* (=0, 1, 2, 3, 4) mempunyai hubungan dengan sebuah nilai peluang. Maka variabel *X* yang demikian disebut sebagai *variabel acak*. Variabel acak biasanya dinotasikan dengan huruf kapital, sedangkan nilai-nilainya dituliskan dengan huruf kecil.

Sebagai contoh, pengukuran tinggi badan buruh merupakan variabel acak *X*. Maka tinggi hasil pengukuran dinyatakan sebagai x_1, x_1, …,x_n. dimana indeks 1, 2, …, *n* menyatakan orang ke-*i* yang diukur tingginya.

Jika tabel di atas disusun kembali dalam notasi variabel acak, maka akan diperoleh tabel yang memperlihatkan *distribusi peluang* variabel *X* seperti berikut :

X	P(*X*)
0	0,0625
1	0,25
2	0,375
3	0,25
4	0,0625
	1,000

Sebuah distribusi peluang dikatakan sudah terbentuk, jika semua peluang dari setiap variabel acak berjumlah satu. Dengan terbentuknya distribusi peluang seperti tabel di atas, maka notasi baru untuk penulisan peluang kini dapat dituliskan menjadi $P(X=0) = 0{,}0625$; $P(X=1) = 0{,}25$ dan seterusnya.

Variabel acak dapat diklasifikasikan ke dalam ***variabel acak diskrit*** dan ***variabel acak kontinu***. Variabel acak diskrit berhubungan dengan hasil sebuah peristiwa yang ruang sampelnya terhingga dan terhitung. Sedangkan distribusi peluangnya disebut ***distribusi peluang variabel acak diskrit***.

Umumnya variabel diskrit berhubungan dengan pencacahan terhadap suatu objek atau individu. Contoh lihat tabel di atas. Kita tidak mungkin mengatakan jumlah laki-laki = ½. atau ¼ .

Beberapa contoh variabel diskrit :

1. Jumlah kesalahan pengetikan
2. Jumlah kendaraan yang melewati persimpangan jalan
3. Jumlah kecelakaan per minggu

Variabel acak kontinu didefinisikan sebagai suatu variabel yang nilai-nilainya berada dalam ruang sampel tak terhingga. Variabel ini bisa mempunyai sebuah harga dimana harga-harga x dibatasi oleh $-\infty<X<\infty$. Variabel acak kontinu dapat diilustrasikan sebagai titik-titik dalam sebuah garis. Pengukuran fisik seperti waktu atau panjang merupakan contoh yang paling mudah dipahami untuk variabel acak kontinu ini. Misalkan para buruh di sebuah wilayah akan diukur tinggi badannya. Jika kita menggunakan meteran dengan ketelitian sentimeter, maka tinggi setiap orang bisa kita anggap sebagai titik dalam meteran tersebut. Dengan demikian setiap ukuran X akan berhubungan titik-titik yang jumlahnya sangat banyak atau tak terhingga.

Contoh distribusi peluang yang dibahas di atas adalah distribusi peluang yang diturunkan melalui pendekatan teoritis atau logis. Akan tetapi distribusi peluang juga dapat diturunkan dari pengalaman empiris di lapangan. Secara praktis, distribusi peluang semacam ini bisa diambil dari frekuensi relatif (lihat bab tentang distribusi frekuensi) seperti contoh berikut.

Tabel 2. Distribusi peluang permintaan kendaraan model baru

Permintaan (unit)	*P* (*permintaan*)
100.000 200.000 300.000 400.000 500.000	0,10 0,25 0,40 0,15 0,10
	1,00

Dari Tabel 2. di atas paling tidak seorang manajer produksi pabrik kendaraan dapat menentukan perkiraan awal mengenai penjualan mobil model baru katakanlah "ada peluang sebesar 40% untuk menjual 300.000 unit mobil model baru". Meski ini merupakan peluang subjektif, paling tidak si manajer mempunyai gambaran berapa besar kemungkinan terjualnya mobil model baru tersebut. Pertanyaannya adalah bagaimana sisa persentase yang 60% lagi. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ekonomi, pesaing, rencana dan survei pasar maka peluang tingkat penjualan lainnya dapat ditaksir untuk melengkapi distribusi peluang permintaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 di atas. Distribusi ini memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai permintaan dibandingkan dengan hanya mengetahui satu nilai peluang saja.

Data permintaan dalam Tabel 2 dapat digabungkan dengan informasi lain untuk membentuk distribusi peluang laba. Jika setiap mobil yang terjual memberikan kontribusi sebesar $500 dan biaya tambahan adalah $125 juta, maka distribusi perolehan laba dapat dibuat seperti yang tersaji pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Distribusi peluang laba dari kendaraan model baru

Juta dolar			*P* (profit)
Kontribusi*	Biaya tetap	Profit**	
50	125	-75	0.10

100	125	-25	0.25
150	125	25	0.40
200	125	75	0.15
250	125	125	0.10

* Kontribusi = permintaan × $500 ;
**Profit = kontribusi – biaya tetap

Dari Tabel 3 di atas tampak bahwa peluang perusahaan akan mengalami kerugian adalah sebesar 0,35 sehingga perusahaan tentunya akan memutuskan untuk tidak memasarkannya meski pada awalnya tampak peluang untuk menjual 300.000 unit mobil sebesar 0,40 (laba $25 juta) cukup menjanjikan.

Kita masih memerlukan sebuah taksiran tunggal lagi untuk permintaan mobil di atas. Sebagai contoh diperlukan proses perhitungan untuk menentukan anggaran modal, biaya sticker, dan kontrak jumlah dengan dealer dalam satu nilai dari permintaan yang diharapkan. Umumnya, ukuran terbaik untuk distribusi peluang adalah apa yang disebut sebagai ***nilai harapan***. Nilai ini pada dasarnya berhubungan dengan nilai rata-rata distribusi frekuensi di mana perhitungannya hampir sama seperti yang pernah dikemukakan dalam bab sebelumnya. Nilai harapan atas permintaan mobil dalam contoh di atas, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Nilai harapan : $E(X) = \sum X \bullet P(X)$ .... (1)

Nilai harapan di atas sebenarnya merupakan nilai rata-rata dari sebuah distribusi peluang. Untuk data dalam tabel 2, maka nilai harapan permintaan atau rata-rata permintaan dapat dihitung sebagaimana yang disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Perhitungan nilai harapan

Permintaan (unit)	*P* (*permintaan*)	*X.P(X)*
100.000	0,10	10.000
200.000	0,25	50.000
300.000	0,40	120.000
400.000	0,15	60.000
500.000	0,10	50.000
	$E(X)$ = 290.000	

Dari Tabel 4 di atas tampak nilai harapan untuk permintaan mobil model baru adalah $290.000. Nilai ini ternyata tidak jauh berbeda dengan perkiraan awal yaitu $300.000 dan masih dalam toleransi yang dapat dibuat seseorang untuk tujuan praktis. Kalau begitu, mengapa kita harus bersusah-susah membuat distribusi peluang yang demikian? Jawabannya bukan pada masalah perkiraan tunggal atau nilai harapan, akan tetapi bagaimana kita menggunakan data terbaik dan selengkap mungkin. Dalam hal ini terlihat bahwa distribusi peluang memberikan gambaran yang lebih baik tentang laba-rugi, meskipun tidak selamanya ini cocok untuk perhitungan lainnya.

Suatu hal yang perlu diperhatikan bahwa peluang dari permintaan mobil bersifat unik dan tergantung dari kondisi yang ada seperti merek, karakteristik mobil itu sendiri, kondisi ekonomi, harga bahan bakar dan lain sebagainya. Untuk kasus seperti ini, maka cara yang dapat dilakukan adalah dengan membuat distribusi peluang secara subjektif. Meskipun demikian, sebenarnya banyak peristiwa-peristiwa yang mengikuti pola peluang-peluang tertentu yang dapat dijelaskan melalui pendekatan distribusi peluang secara teoritik. Sesuai dengan perkembangan ilmu statistika, banyak distribusi peluang teoritik yang ditemukan dan dikembangkan. Namun dalam buku ini hanya di bahas empat macam distribusi peluang yang banyak digunakan dalam pengambilan keputusan.

B. DISTRIBUSI BINOMIAL

Distribusi peluang binomial merupakan salah satu distribusi peluang diskrit yang banyak menjelaskan mengenai proses bisnis dan fenomena fisika. Untuk menggunakan distribusi binomial ada empat kondisi yang harus dipenuhi :

- Proses atau peristiwa harus dapat didefinisikan hanya memiliki dua dan hanya dua peristiwa yang saling eksklusif dan lengkap
- Peluang terjadinya sebuah peristiwa harus sama untuk setiap percobaan dan tidak boleh berubah-ubah karena waktu dan jumlah percobaan
- Setiap percobaan harus independen dengan percobaan yang lain. Artinya sebuah percobaan tidak dapat mempengaruhi percobaan lain
- Jumlah percobaan harus bersifat diskrit

Untuk memperjelas kondisi di atas mari kita ambil contoh percobaan pelemparan sebuah dadu. Kita tahu bahwa setiap dadu dilempar akan menghasilkan satu dari enam peristiwa. Dari peristiwa ini kita sebenarnya bisa mendefinisikan hasil yang akan terjadi ke dalam dua peristiwa yang saling eksklusif misalnya peristiwa "munculnya angka empat" atau "angka bukan empat". Jelas bahwa peristiwa-peristiwa ini merupakan peristiwa yang saling eksklusif dan lengkap karena "munculnya angka empat" dan "bukan angka empat" akan tercakup dalam pelemparan sebuah dadu.Jika dadu yang dilempar adalah dadu yang *fair* maka peluang munculnya angka dalam setiap percobaan tidak akan berubah-ubah, karena meskipun kita melemparkannya sebanyak 10.000 kali tetap saja peluang munculnya angka empat adalah 1/6.

Dadu tidak memiliki memori, artinya dadu ini tidak mengingat apa yang telah terjadi sebelumnya. Peluang munculnya angka empat pada pelemparan dadu pertama kali adalah 1/6, demikian pula dengan pelemparan yang kedua dan seterusnya peluangnya adalah tetap 1/6.Peluang ini tidak dipengaruhi oleh peristiwa sebelumnya atau dalam istilah teori peluang, peristiwa ini saling independen antara yang satu dengan lainnya.

Parameter Distribusi Binomial

Misalkan kita melakukan sebuah percobaan pelemparan mata uang atau dadu secara berulang-ulang sebanyak *n* kali. Dalam setiap pelemparan mata uang atau dadu kita selalu memiliki peluang *p* untuk terjadinya sebuah peristiwa katakanlah munculnya “kepala” pada mata uang atau munculnya “angka “4 pada pelemparan dadu. Dalam percobaan Bernoulli (orang yang pertama kali melakukan percobaan independensi satu peristiwa dengan peristiwa lain) peluang ini dikatakan pula sebagai peluang *sukses* dari sebuah peristiwa. Sebaliknya kita dapat menentukan peluang tidak pernah terjadinya suatu peristiwa dalam setiap percobaan atau *gagal* yaitu $q = 1 - p$. Nilai *n* dan *p* yang tidak akan pernah berubah dari satu pelemparan ke pelemparan lain ini, disebut sebagai *parameter* dari distribusi binomial.

Dalam percobaan binomial, peluang terjadinya peristiwa sukses tepat sebanyak *x* kali dari *n* percobaan dapat didekati oleh fungsi peluang :

$$f(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x} \qquad .. (2)$$

di mana $n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times ... \times 1$, dan $\binom{n}{x}$ adalah koefisien binomial (lihat lampiran). Rumus (2) di atas merupakan rumus untuk menghitung peluang terjadinya peristiwa sukses tepat sebanyak *x* kali dari *n* buah percobaan.

<u>Contoh 1</u>.

Diketahui bahwa 20% bola lampu yang diproduksi oleh sebuah mesin adalah rusak. Sebuah pemeriksaan dilakukan dengan mengambil 4 bola lampu secara acak. Dari empat bola lampu ini tentukan peluang jumlah yang rusak adalah (a) 1 bola lampu, (b) 0 bola lampu dan (c) kurang dari 2 bola lampu.

<u>Jawab</u> :

Peluang bola lampu rusak adalah p = 20% = 0,2, berarti peluang yang baik adalah $q = 1 - p = 0{,}80$. Misalkan X adalah variabel acak yang menunjukkan bola lampu yang rusak. Maka dengan menggunakan rumus (2) diperoleh :

(a) $P(X=1) = \binom{4}{1}(0{,}2)^1(0{,}8)^3 = \dfrac{4!}{1!\times 3!}(0{,}2)^1(0{,}8)^3 = 0{,}4096$

(b) $P(X=0) = \binom{4}{0}(0{,}2)^0(0{,}8)^4 = 0{,}4096$

(c) $P(X<2) = P(X=0)+P(X=1) = 0{,}4096+0{,}4096$

$= 0{,}8192$

<u>Contoh 2</u>.

Hitunglah peluang bahwa dalam sebuah keluarga dengan 4 anak akan memiliki (a) paling sedikit satu anak laki-laki, (b) paling sedikit satu anak laki-laki dan paling sedikit satu anak perempuan. Anggaplah peluang melahirkan anak laki-laki dan perempuan adalah sama yaitu ½.

<u>Jawab</u>:

Misalkan X adalah variabel acak yang menunjukkan jumlah anak laki-laki. Dari persoalan di atas dapat kita ketahui bahwa $n = 4$, $p = 0{,}5$ dan $q = 1 - 0{,}5 = 0{,}5$.

Dengan menggunakan rumus (2) kita bisa peroleh :

(a) $P(X \geq 1) = P(X=1)+P(X=2)+P(X=3)+P(X=4)$

$P(X=1) = \binom{4}{1}(0{,}5)^1(0{,}5)^3 = \dfrac{1}{4}$;

$P(X=3) = \binom{4}{3}(0{,}5)^3(0{,}5)^1 = \dfrac{1}{4}$

$$P(X = 4) = \binom{4}{4}(0,5)^4(0,5)^0 = \frac{1}{16}$$

Jadi :
P(paling sedikit satu anak laki-laki)
$= P(X = 1) + P(X = 2) + P(X = 3) + P(X = 4)$
$= \frac{1}{4} + \frac{3}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} = \frac{15}{16}$
Cara lain :

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0) = 1 - \binom{4}{0}(0,5)^0(0,5)^4 = 1 - (0,5)^4 = \frac{15}{16}$$

(b) Peluang paling sedikit satu anak laki-laki dan paling sedikit satu anak perempuan

$$P(X \geq 1 \cap P(X = 4) = 1 - P(X = 0) - P(X = 4)$$
$$= 1 - \frac{1}{16} - \frac{1}{16} = \frac{7}{8}$$

Beberapa Sifat Distribusi Binomial

Beberapa sifat penting dari distribusi binomial adalah sebagai berikut :

Rata-rata	$\mu = np$
Varians	$\sigma^2 = npq$
Simpangan Baku	$\sigma = \sqrt{npq}$

Penggunaan dari sifat-sifat penting di atas dapat dilihat dalam contoh berikut ini.

***Contoh 3*.**
Peluang rusaknya sebuah bola lampu adalah 0,1. Apabila diambil 400 bola lampu, berapa diharapkan dijumpai bola lampu yang rusak dan berapa variansnya.

Jawab :

$$\mu = np = (400)(0{,}1) = 40 \text{ buah bola lampu.}$$

$$\sigma^2 = npq = (400)(0{,}1)(0{,}9) = 36$$

Untuk mempermudah perhitungan, telah tersedia tabel binomial untuk berbagai nilai *n*, *x* dan *p*. (lihat lampiran).

C. DISTRIBUSI POISSON

Di dunia nyata banyak peristiwa terjadi secara acak dengan perkataan lain jarang sekali kita dapat memprediksi secara tepat kapan sebuah peristiwa akan terjadi atau berapa banyak peristiwa akan terjadi secara bersamaan. Misalnya saja peristiwa terjadinya kecelakaan di jalan tol, kegagalan dalam proses produksi berteknologi tinggi seperti mobil, pesanan melalui telepon, atau kecelakaan pesawat ulang alik. Contoh lain yang dapat menggambarkan situasi ini secara tepat adalah peluruhan zat radioaktif. Tidak ada seorang pun yang dapat memperkirakan kapan atom akan luruh berikutnya atau kapan peristiwanya akan terjadi. Peristiwa-peristiwa yang terjadi secara acak dan langka dalam dimensi waktu dan ruang seperti ini, dalam jangka pendek memang sangat sulit untuk diprediksi. Namun yang mengejutkan, untuk jangka waktu yang panjang peristiwa-peristiwa ini mempunyai kesamaan bahwa kesemuanya dapat diprediksi secara akurat. Salah satu distribusi peluang yang dapat menjelaskan secara tepat peristiwa-peristiwa seperti adalah apa yang dikenal sebagai distribusi Poisson.

Distribusi Poisson merupakan distribusi peluang diskrit yang cukup memegang peranan penting dalam ilmu manajemen. Distribusi ini ditemukan oleh S.D. Poisson di awal abad ke 19. Seperti distribusi binomial, distribusi Poisson juga termasuk ke dalam proses Bernoulli, akan tetapi tidak ada konsep yang membedakan secara jelas dalam percobaan Poisson. Olehkarenanya syarat-syarat untuk menggunakan distribusi ini tidak berbeda jauh dengan distribusi binomial, diantaranya:

- Proses yang diamati harus berbentuk “dua-peristiwa” atau proses Bernoulli
- Harus ada bilangan rata-rata dari peristiwa tertentu per pengamatan/pengukuran baik waktu maupun ruang, yang tidak berubah selama terjadinya proses
- Proses haruslah bersifat kontinu artinya tidak ada percobaan tunggal

Untuk memperjelas kita lihat contoh berikut. Misalkan dalam proses pembuatan bahan pakaian atau tekstil kadang-kadang ditemukan kain yang cacat (goresan atau sobek). Jadi dalam bahan pakaian ini hanya bisa dijumpai dua kejadian yaitu cacat atau tidak (proses Bernoulli). Sudah barang tentu yang dapat dihitung adalah jumlah cacat sedangkan yang tidak cacat adalah mustahil untuk dihitung demikian pula dengan jumlah peristiwa terjadinya cacat. Olehkarena itu tidak ada istilah peluang kain cacat untuk hal seperti ini, akan tetapi yang ada hanyalah rata-rata cacat per unit area, misalnya saja 3 cacat per meter persegi. Sebagai gambaran kita lihat contoh secara visual berikut ini.

*			* *			*					*		** *		*			

Anggaplah tanda * merupakan cacat yang terdapat setiap meter persegi kain. Maka yang dapat kita hitung dari kain yang diproduksi adalah rata-rata cacat yang ditemukan dalam setiap ukuran luas.

Karena tidak adanya percobaan yang jelas dalam proses Poisson, maka dalam distribusi ini tidak ada parameter n dan p seperti distribusi binomial. Yang ada hanyalah satu parameter λ (baca lambda) yaitu rata-rata jumlah kejadian per satuan ukuran seperti jarak, area atau volume.Dengan adanya nilai rata-rata kejadian ini, maka jumlah kejadian yang aktual atau sesungguhnya merupakan variabel acak, katakanlah X.

Kita ambil contoh proses pembuatan kain di atas, X = 0, berarti tidak ada cacat, X = 1 terdapat 1 cacat, X = 2 terdapat 2 cacat dan seterusnya. Contoh distribusi peluang Poisson untuk pembuatan kain dengan λ = 3 diberikan dalam Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5 Distribusi peluang Poisson untuk λ = 3

X	$P(X \mid \lambda=3)$	X	$P(X \mid \lambda=3)$
0	0.4980	7	00216
1	0.1494	8	0.0081
2	0.2240	9	0.0027
3	02240	10	0.0008
4	0.1680	11	0.0002
5	0.1008	12	0.0001
6	0.0504		

Dari Tabel 5 di atas dapat kita baca bahwa peluang tidak ditemuinya cacat per meter persegi adalah 0,4980, peluang ditemuinya satu cacat adalah 0,1494 dan seterusnya.

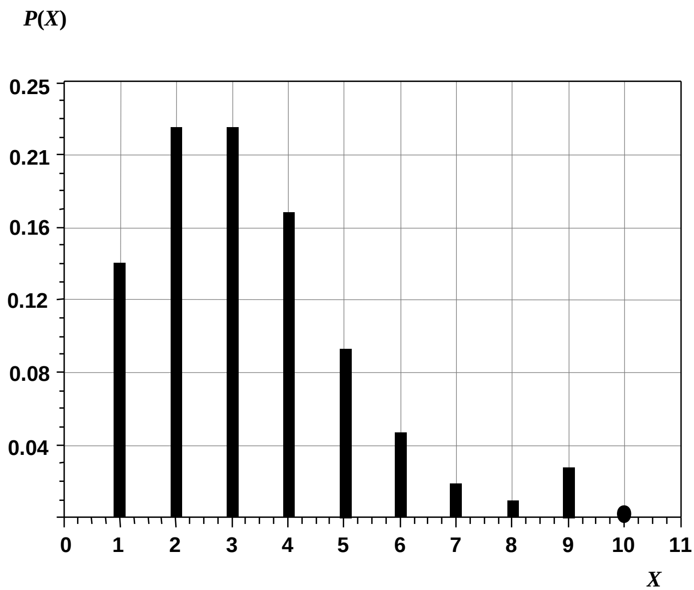
Distribusi binomial mempunyai batas atas bagi variabel acaknya artinya x tidak bisa melebihi n, sedangkan dalam distribusi Poisson nilai n tidak terhingga artinya secara teoritis x tidak mempunyai batas atas. Dalam prakteknya, seseorang biasanya mengabaikan hal yang demikian dan umumnya akan mengambil nilai X yang memiliki peluang lebih kecil dari 0,0001 seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.5. Sedangkan secara visual, distribusi peluang dari peristiwa kain cacat di atas dapat dilihat dalam Gambar 1. Dari gambar ini jelas bahwa peluang terjadinya peristiwa semakin mendekati nol untuk jumlah cacat yang semakin banyak.

Dalam proses jangka panjang, distribusi Poisson dapat dijelaskan dalam bentuk fungsi distribusi peluang sebagai berikut :

$$P(X = c) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{c}}{c!} \qquad \ldots(3)$$

di mana *e* adalah bilangan eksponensial 2,71828, *c* adalah bilangan bulat positif, sedangkan λ tidak harus bilangan bulat asalkan tidak negatif.

Untuk menghitung nilai-nilai peluang distribusi Poisson dalam (3) sudah barang tentu cukup melelahkan dan rumit apalagi jika *X*> 10. Oleh karena itu untuk mempermudah perhitungan telah tersedia tabel peluang Poisson untuk berbagai nilai λ yang dapat dilihat dalam buku-buku statistika lanjutan.



Gambar 12. Distribusi peluang Poisson untuk λ = 3

<u>Contoh 4</u>.

Berdasarkan pengalaman tahun lalu, sebuah perusahaan sewa kendaraan menerima pesanan rata-rata 6,7 kendaraan per hari. Pertanyaannya adalah berapa kendaraan harus dioperasikan?

Jawab:

Misalkan variabel acak *X* adalah jumlah kendaraan yang dipesan dalam sehari. Maka dengan menggunakan rumus (3) diperoleh :

$$P(X=0)=\frac{e^{-6,7}(6,7)^{0}}{0!}=e^{-6,7}=0,00123$$

$$P(X=1)=\frac{e^{-6,7}(6,7)^{1}}{1!}=6,7\times e^{-6,7}=0,00825$$

$$P(X=2)=\frac{e^{-6,7}(6,7)^{2}}{2!}=\frac{e^{-6,7}\times(6,7)^{2}}{2!}=0,02763$$

Dari perhitungan di atas dapat kita lihat bahwa peluang tidak adanya orang yang menyewa kendaraan adalah 1 hari dalam 1000 kesempatan (0,001), atau peluang 1 orang menyewa adalah 8 hari dalam 1000 (0,00825), dan hanya 28 hari dari 1000 kesempatan 2 orang akan menyewa (0,002763). Perhitungan ini dapat kita lanjutkan dengan menggunakan tabel Poisson, sehingga diperoleh distribusi peluangnya sebagai berikut :

X	***P*(*X*|λ=6,7)**	***P*(*X* ≤ *c*)**	***X***	***P*(*X*|λ=6,7)**	***P*(*X* ≤ *c*)**
0	0.00123	0,00133	8	0,12397	0,76728
1	0,00825	0,00948	9	0,09229	0,85957
2	0,02763	0,03711	10	0,06183	0,92140
3	0,06170	0,09881	11	0,03765	0,95906
4	0,10335	0,20216	12	0,02103	0,98009
5	0,13849	0,34865	13	0,01084	0,99093
6	0,15465	0,49530	14	0,00519	0,99611
7	0,14802	0,64332	15	0,00232	0,99843

Untuk mempermudah perhitungan selanjutnya, dalam tabel tersebut ditambahkan pula satu kolom yang memperlihatkan peluang kumulatif hingga mendekati nilai 1. Kolom ini nanti digunakan untuk melihat peluang variabel acak X hingga mencapai sesuatu nilai atau $P(X \leq c)$.

Dengan adanya tabel di atas, maka dasar untuk pengambilan keputusan manajerial sudah lengkap. Seandainya manajer memutuskan untuk memenuhi permintaan sekitar 98% sepanjang harinya, maka dia akan membutuhkan 12 kendaraan karena $P(X \leq 12) = 0,98$.

Rata-rata dan Simpangan Baku

Seperti distribusi peluang lainnya, distribusi Poisson juga memiliki rata-rata, varians dan simpangan baku dengan mengambil bentuk :

$$\mu = \lambda$$
$$\sigma^2 = \lambda$$
$$\sigma = \sqrt{\lambda}$$

Pendekatan Poisson ke Binomial

Apabila jumlah pengamatan, n, sangat besar untuk tabel binomial, maka distribusi ini bisa didekati oleh distribusi Poisson jika nilai p cukup kecil. Kaidah yang umum sudah diterima dalam pendekatan ini adalah :

$$np \leq 5$$

Sebagai gambaran kita ambil contoh sebagai berikut. Misalkan kita ingin menghitung peluang menyalanya tepat 98 buah dari 100 bola lampu jika peluang setiap bola lampu menyala adalah 0,99. Dalam hal ini yang ingin dihitung adalah $P(x = 98 | n = 100, p = 0{,}99)$. Namun tabel binomial tidak menyediakan perhitungan hingga n = 100.

Secara sepintas masalah ini tidak dapat didekati oleh Poisson karena np = 99 yang ternyata lebih besar dari 5. Akan tetapi jumlah bola lampu tepat menyala (sukses) sebesar 98 sebenarnya sama dengan 2 bola lampu tidak menyala (gagal) dan peluang sukses yang 0,99 adalah sama dengan peluang gagal sebesar 0,01. Dengan demikian peluangnya dapat dinyatakan dalam bentuk $P(x = 2 | n = 100, p = 0{,}01)$. Karena np hanya 1, maka pendekatan Poisson bisa dilakukan.

Untuk mengubah distribusi binomial ke dalam Poisson hanya diperlukan substitusi rata-rata binomial np ke dalam rata-rata Poisson □ atau :

$$\mu = \lambda = n.p$$

<u>Contoh 5</u>.

Sepuluh persen peralatan yang dihasilkan dari sebuah proses produksi ditemukan cacat. Hitunglah peluang bahwa dalam 10 peralatan yang diambil secara acak dua diantarannya cacat dengan menggunakan (a) pendekatan binomial, (b) pendekatan Poisson ke Binomial.

<u>Jawab</u>

a) Peluang peralatan cacat adalah p = 0,1. Misalkan X menunjukkan jumlah peralatan yang cacat dari 10 peralatan yang dipilih. Dengan menggunakan distribusi binomial, maka :

$$P(X = 2) = \binom{10}{2}(0{,}1)^2(0{,}9)^8 = 0{,}1937$$

b) Kita punya □ = $n.p$ = (10)(0,1) = 1. Berdasarkan rumus distribusi Poisson :

$$P(X = c) = \frac{\lambda^c e^{-\lambda}}{c!}$$

$$P(X = 2) = \frac{\lambda^2 e^{-\lambda}}{2!} = \frac{(1)^2 (2{,}71828)^{-1}}{2.1} = 0{,}1839$$

D. DISTRIBUSI MULTINOM

Merupakan perluasan dari distribusi Binomial. Misalkan sebuah eksperimen menghasilkan peristiwa-peristiwa E_1, E_2, ..., E_k dengan peluang masing-masing adalah $P(E_1) = \mu_1$, $P(E_2) = \mu_2$, ..., $P(E_k) = \mu_k$, dimana $\mu_1 + \mu_2 + ... + \mu_k = 1$. Jika dalam eksperimen ini dilakukan sebanyak N kali, maka peluang akan terdapat x_1 peristiwa E_1, x_2 peristiwa E_2 , ..., x_k peristiwa E_k dapat ditentukan oleh menggunakan distribusi multinom sebagai berikut :

$$p(x_1, x_2, ..., x_k) = \frac{N!}{x_1! x_2! ... x_k!} \pi_1^{x_1} \pi_2^{x_2} ... \pi_k^{x_k} \qquad ... (4)$$

Dimana :

$x_1 + x_2 + ... + x_k = N$;
$\mu_1 + \mu_2 + ... + \mu_k = 1$; $0 < \mu_i < 1$; $i = 1, 2, ..., k$

Untuk distribusi multinom *ekspektasi* dari masing-masing peristiwa E_1, E_2, ..., E_k adalah $N\mu_1$, $N\mu_2$, ..., $N\mu_k$. Sedangkan variansnya adalah $N\mu_1(1 - \mu_1)$, $N\mu_2(1 - \mu_2)$, ..., $N\mu_k(1 - \mu_k)$.

Contoh 6 :

Dua dadu dilempar sebanyak 6 kali. Berapa peluang mendapatkan jumlah bilangan yang muncul sebesar 7 atau 11 sebanyak 2 kali, bilangan yang sama pada kedua sebanyak sekali dan kemungkinan lainnya 3 kali.

Jawab :

Misalkan E_1 : peristiwa jumlah yang muncul 7 atau 11
E_2 : peristiwa bilangan yang sama pada kedua dadu
E_3 : peristiwa lainnya selain peristiwa di atas

Dari penjelasan sebelumnya (lihat pengantar peluang) kita tahu bahwa titik sampel untuk pelemparan 2 buah dadu adalah 36. Untuk peristiwa E_1 dapat ditentukan kemungkinan jumlah munculnya 7 sebanyak 6 titik dan muncul 11 sebanyak 2 titik. Maka P(E_1)=□μ_1 = 6/36 + 2/36 = 8/36 = 2/9. Untuk peristiwa E_2 jumlah yang mungkin adalah 6 titik. Jadi P(E_2)=□μ_2 = 6/36 = 1/6. Sedangkan peristiwa E_3 adalah peristiwa selain kedua peristiwa ini, sehingga P(E_3)=□μ_3 = 1 – 2/9 – 1/6 = 11/18.
Untuk persoalan ini : N = 6, x_1 = 2 , x_2 = 1, dan x_3 = 3.
Gunakan rumus 5 :

$$p(x_1, x_2, ..., x_k) = \frac{N!}{x_1! x_2! ... x_k!} \pi_1^{x_1} \pi_2^{x_2} ... \pi_k^{x_k}$$

$$p(x_1 = 2, x_2 = 1, x_3 = 3) = \frac{6!}{2!1!3!} (2/9)^2 (1/6)^1 (11/18)^3$$

$$p(x_1 = 2, x_2 = 1, x_3 = 3) = 0{,}1127$$

Contoh 7 :

Sebuah kotak berisikan 3 barang yang dihasilkan oleh mesin A, 4 barang oleh mesin B dan 5 barang oleh mesin C. Identitas barang adalah sama kecuali berdasarkan kategori mesin. Sebuah barang diambil secara acak dari kotak tersebut kemudian dicatat identitas mesinnya dan disimpan kembali kedalam kotak. Jika 6 barang diambil dengan cara yang demikian, tentukan peluang diantara ke enam barang tersebut diperoleh 1 dari mesin A, 2 dari mesin B dan 3 dari mesin C.

Jawab :

Misalnya :

A : peristiwa terambilnya barang dari mesin A.

B : peristiwa terambilnya barang dari mesin B.

C : perisitiwa terambilnya barang dari mesin C.

Jelas : P(A) = 3/12 ; P(B) = 4/12 ; P(C) = 5/12

$N = 6$; $x_1 = 1$, $x_2 = 2$, dan $x_3 = 3$

Dengan rumus (4) maka diperoleh :

$$p(x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 = 3) = \frac{6!}{1!2!3!}(3/12)^1(4/12)^2(5/12)^3$$

$$p(x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 = 3) = 0{,}1206$$

E. DISTRIBUSI HIPERGEOMETRIK

Ciri-ciri percobaan hipergeometri :

1. Sampel acak berukuran *n* diambil dari populasi berukuran *N*
2. *k* dari *N* objek dikategorikan sebagai **sukses** dan *N* – *k* dikategorikan **gagal**.

Misalkan ada sebuah populasi berukuran *N* yang diantaranya terdapat *k* buah termasuk kategori tertentu (sukses). Dari populasi tersebut diambil sebuah sampel acak berukuran *n*. Berapa peluang dalam sampel tersebut terdapat *x* buah termasuk kategori tertentu tersebut?Untuk menjawabnya dapat diperoleh dari ***distribusi hipergeometrik*** yang berbentuk :

$$P(X = x) = p(x) = \frac{\binom{k}{x}\binom{N-k}{n-x}}{\binom{N}{n}} \qquad \text{... (5)}$$

Dengan x = 0, 1, ..., n

<u>Contoh 8</u> :

Sekelompok mahasiswa terdiri dari 50 orang dan 3 diantaranya lahir pada tanggal 17 Agustus. Dari kelompok tersebut dipilih 5 orang secara acak. Berapakah peluang bahwa diantara 5 orang tersebut :

a. tidak terdapat yang lahir pada tanggal 17 Agustus
b. terdapat tidak lebih dari 1 orang yang lahir pada tanggal 17 Agustus

<u>Jawab</u> :

a. Misalnya$X$ adalah banyak mahasiswa di antara n = 5 yang lahir pada tanggal 17 Agustus Dari persoalan diatas dapat kita katakan : N = 50, D = 3. Maka peluang kelima mahasiswa tidak lahir pada tanggal 17 Agustus adalah :

$$P(X = x) = p(x) = \frac{\binom{k}{x}\binom{N-k}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

$$P(X=0)=p(0)=\frac{\binom{3}{0}\binom{50-3}{5}}{\binom{50}{5}}=0{,}724$$

b. Tidak lebih dari 1 orang yang lahir tanggal 17 Agustus mengandung arti bahwa nilai-nilai x hanya 0 dan 1. Dari soal a) kita sudah hitung $p(0)$, jadi tinggal menghitung p(1) yaitu :

$$P(X=1)=p(1)=\frac{\binom{3}{1}\binom{50-3}{4}}{\binom{50}{5}}=0{,}253$$

Jadi peluang dari kelima mahasiswa paling banyak 1 mahasiswa lahir pada tanggal 17 Agustus adalah 0,724 + 0,253 = 0,977.

<u>Contoh 9</u> :

Sebuah panitia yang terdiri dari 5 orang diambil secara acak dari 3 perempuan dan 5 laki-laki. Tentukanlah distribusi peluang bagi banyaknya perempuan dalam panitia tersebut.

<u>Jawab</u> :

Misal ***X*** adalah banyaknya perempuan yang duduk dalam kepanitiaan. Maka distribusi hipergeometriknya adalah untuk X = 0, 1, 2, 3. Nilai 0 berarti tidak ada perempuan dalam kepanitian tersebut.

$$P(X=0)=p(0)=\frac{\binom{3}{0}\binom{5}{5}}{\binom{8}{5}}=\frac{1}{56}$$

$$P(X=1)=p(1)=\frac{\binom{3}{1}\binom{5}{4}}{\binom{8}{5}}=\frac{15}{56}$$

$$P(X=2)=p(2)=\frac{\binom{3}{2}\binom{5}{3}}{\binom{8}{5}}=\frac{30}{56}$$

$$P(X=3)=p(3)=\frac{\binom{3}{3}\binom{5}{2}}{\binom{8}{5}}=\frac{10}{56}$$

Parameter Distribusi Hipergeometrik :

Rata-rata : $\mu=\frac{nk}{N}$

Varians : $\sigma^2=\frac{N-n}{N-1}\bullet n\bullet\frac{k}{N}\left(1-\frac{k}{N}\right)$

Pendekatan Binomial terhadap Hipergeometrik

Jika *n* relatif kecil dibandingkan dengan *N* (*n*<<<*N*) , maka peluang setiap pengambilan objek akan berubah menjadi kecil sekali, maka distribusi hipergeometrik dapat didekati oleh distribusi binomal dengan mengambil $p = k/N$. Dengan demikian rata-rata dan varians hipergeomterik dapat didekati menggunakan rumus :

$$\mu = np = \frac{nk}{N}$$

$$\sigma^2 = npq = n \bullet \frac{k}{N}\left(1 - \frac{k}{N}\right)$$

<u>Contoh 10</u> :
Perusahaan Telepon melaporkan bahwa diantara 5000 pemasang tilpun baru, 4000 menggunakan telpon *tanpa kabel*. Bila 10 di antara pemasang baru tersebut diambil secara acak, berapa peluang tepat ada 3 orang yang menggunakan telpon *dengan kabel*.

<u>Jawab</u> :

Terlihat bahwa ukuran populasi $N = 5000$ relatip sangat besar dibandingkan dengan sampel $n = 10$, maka dapat digunakan pendekatan distribusi binomial.Peluang pemasang menggunakan kabel dengan telepon adalah 0,2. Dengan demikian peluang tepat ada 3 orang yang menggunakan kabel adalah :

$$P(X = 3) = \binom{10}{3}(0{,}2)^3(0{,}8)^7 = \frac{10!}{3!(7)!}0{,}2^3 0{,}8^7$$
$$= 0{,}2013$$

LATIHAN

1. Sebuah mesin pembuat bola lampu menghasilkan 20% cacat produk. Jika 4 bola lampu diambil secara acak, hitunglah peluang
   a. 2 bola lampu cacat

b. Lebih dari 1 bola lampu yang cacat
c. Kurang dari 2 bola lampu yang cacat

2. Jika peluang seseorang menderita akibat penyuntikan sejenis serum adalah 0,001, tentukanlah peluang bahwa dari 2000 orang yang disuntik:

   a. Tepat tiga orang menderita
   b. Lebih dari dua orang menderita

3. Suatu ujian terdiri atas 15 pertanyaan pilihan berganda masing-masing dengan 4 kemungkinan jawaban dan hanya satu yang benar. Berapa peluang seseorang yang menjawab secara menebak-nebak saja memperoleh 5 sampai 10 jawaban yang benar?

4. Di sebuah desa di daerah Jawa Timur, secara rata-rata dilanda 6 kali puting belitung per tahun. Hitunglah peluang di suatu tahun tertentu desa tersebut akan dilanda :
   a. Kurang dari 4 puting beliung
   b. 6 sampai 8 puting beliung
   c. Lebih dari 4 puting beliung

5. Seorang sekertaris rata-rata melakukan 2 kesalahan ketik per halaman. Berapa peluang bahwa pada halaman berikutnya dia membuat:
   a. 4 atau lebih kesalahan
   b. Tidak satu pun kesalahan
   c. Kurang dari 4 kesalahan

6. Secara rata-rata 1 diantara 1000 orang membuat kesalahan menulis angka dalam membuat laporan pajak pendapatannya. Bila 10.000 formulir diambil secara acak dan diperiksa berapa peluang terdapat kurang dari 7 formulir yang mengandung kesalahan.

7. Hitunglah peluang mendapat dua bilangan 1, satu bilangan 2, satu bilangan 3, dua bilangan 4, tiga bilangan 5 dan satu bilangan 6, bila sebuah dadu seimbang dilemparkan 10 kali.

8. Dalam teori genetika, suatu persilangan kelinci percobaan akan menghasilkan keturunan warna merah, hitam dan putih dalam perbandingan 8 : 4 : 4. Hitunglah peluang bahwa di antara 8 keturunan semacam ini ada 5 yang berwarna merah, 2 hitam dan 1 putih.

BAB VI

PENGUJIAN HIPOTESIS

A. Definisi

Hipotesis adalah jawaban atau asumsi sementara mengenai problem penelitian. Hipotesis mengarahkan proses penelitian sehingga tujuan penelitian menjadi jelas, dan penelitian dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

Definisi Hipotesis dari Dictionary Online adalah

1. Penjelasan sementara untuk sebuah pengamatan, fenomena, atau permasalahan ilmiah yang dapat diuji oleh penyelidikan lebih lanjut.
2. Sesuatu dianggap benar untuk tujuan argumen atau penyelidikan; asumsi.
3. Anteseden dari pernyataan kondisional.

Dalam hipotesis statistik inferensial, pengujian hipotesis pada prinsipnya adalah pengujian signifikansi. Signifikansi sendiri merupakan taraf kesalahan (*confident interval*) yang didapatkan/diharapkan ketika peneliti hendak menggeneralisasi sampel penelitiannya. Atau dengan kata lain, peneliti melakukan penaksiran parameter populasi berdasarkan data yang telah dikumpulkan dari parameter sampel penelitian

Statistik inferensial digunakan untuk menguji sampel dari populasi. Signfikansi akan menguji apakah dengan data sampel yang telah dianalisis akan dapat dilakukan generalisasi kepada populasi. Sehingga dapat dikatakan hipotesis merupakan peluang akan digeneralisasikannya data pengukuran sampel untuk populasi. Jika parameter sampel yang telah diuji tidak signifikan, maka hasil penelitian tersebut tidak dapat dipergunakan secara umum pada penelitian serupa.

Contoh sederhana.

Ho : tidak ada hubungan antara X dan Y

Ha : ada hubungan antara X dan Y

Hipotesis yang akan diuji adalah hipotesis nol (Ho). Statistik inferensial pada prinsipnya hanya menguji apakah Ho diterima atau seberapa besar hasil penelitian dapat digeneralisasikan. Menolak Ho artinya menerima Ha.

Cara menyimpulkan apakah menerima atau menolak Ho adalah dengan perpedoman pada berapa besar tingkat signifikansi yang kita tentukan (5% or 1%). Nilai signifikansi ini sering disebut p value.

Setelah menentukan batas signifikansi, maka kaidah penerimaan atau penolakan Ho secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

Jika sig < 0.05 maka Ho tidak dapat diterima (Ha diterima)

Jika sig > 0.05 maka Ho tidak dapat ditolak (Ha ditolak)

Note : dalam pengujian berbagai asumsi, penggunaaan kaidah pengujian hipotesis dapat berbeda.

- Hipotesis Statistik : **pernyataan** atau **dugaan** mengenai satu atau lebih populasi.
- Pengujian hipotesis berhubungan dengan penerimaan atau penolakan suatu hipotesis.
- Kebenaran (benar atau salahnya) suatu hipotesis tidak akan pernah diketahui dengan pasti, kecuali kita memeriksa **seluruh populasi**. (Memeriksa seluruh populasi? Apa mungkin?)
- Lalu apa yang kita lakukan, jika kita tidak mungkin memeriksa seluruh populasi untuk memastikan kebenaran suatu hipotesis?
- Kita dapat mengambil sampel acak, dan menggunakan informasi (atau bukti) dari sampel itu untuk menerima atau menolak suatu hipotesis.

Penerimaan suatu hipotesis terjadi karena **TIDAK CUKUP BUKTI** untuk **MENOLAK** hipotesis tersebut dan **BUKAN** karena **HIPOTESIS ITU BENAR**

dan

Penolakan suatu hipotesis terjadi karena **TIDAK CUKUP BUKTI** untuk **MENERIMA** hipotesis tersebut dan **BUKAN** karena **HIPOTESIS ITU SALAH.**

- Landasan penerimaan dan penolakan hipotesis seperti ini, yang menyebabkan para statistikawan atau peneliti mengawali pekerjaan dengan terlebih dahulu membuat ***hipotesis yang diharapkan ditolak, tetapi dapat membuktikan bahwa pendapatnya dapat diterima***.

Perhatikan contoh-contoh berikut :

Contoh 6.1.

Sebelum tahun 2004, pendaftaran mahasiswa baru Universtas KT dilakukan dengan pengisian formulir secara manual. Pada tahun 2005, PMB Universitas KT memperkenalkan sistem pendaftaran "ON-LINE".
Seorang Staf PMB ingin membuktikan pendapatnya “bahwa rata-rata waktu pendaftaran dengan sistem ON-LINE akan lebih cepat dibanding dengan sistem yang lama” Untuk membuktikan pendapatnya, ia akan membuat hipotesis awal, sebagai berikut :

Hipotesis Awal : rata-rata waktu pendaftaran SISTEM "ON-LINE" sama saja dengan SISTEM LAMA.

Staf PSA tersebut akan mengambil sampel dan berharap hipotesis awal ini ditolak, sehingga pendapatnya dapat diterima!

Contoh 6.2 :

Manajemen PERUMKA mulai tahun 1992, melakukan pemeriksaan karcis KRL lebih intensif dibanding tahun-tahun sebelumnya, pemeriksaan karcis yang intensif berpengaruh positif terhadap penerimaan PERUMKA. Untuk membuktikan pendapat ini, hipotesis awal yang diajukan adalah :

Hipotesis Awal :TIDAK ADA PERBEDAAN penerimaan SESUDAH maupun SEBELUM dilakukan perubahan sistem pemeriksaan karcis.

Manajemen berharap hipotesis ini ditolak, sehingga membuktikan bahwa pendapat mereka benar!

<u>Contoh 6.3</u>.
Seorang akuntan ingin memperbaiki sistem pembebanan biaya di perusahaan tempatnya bekerja. Ia berpendapat setelah perbaikan sistem pembebanan biaya pada produk maka rata-rata harga produk turun. Bagaimana ia menyusun hipotesis awal penelitiannya?
Hipotesis Awal : ....?

PENJELASAN

- Hipotesis Awal yang diharap akan ditolak disebut : **Hipotesis Nol** (H_0)
  Hipotesis Nol juga sering menyatakan kondisi yang menjadi dasar pembandingan.
- Penolakan H_0 membawa kita pada penerimaan **Hipotesis Alternatif** (H_1) (beberapa buku menulisnya sebagai H_A)
- Nilai Hipotesis Nol (H_0) harus menyatakan dengan pasti nilai parameter.
  $H_0 \rightarrow$ ditulis dalam bentuk persamaan
- Sedangkan Nilai Hipotesis Alternatif (H_1) dapat memiliki beberapa kemungkinan.
  $H_1 \rightarrow$ ditulis dalam bentuk pertidaksamaan (< ; > ; ≠)

<u>Contoh 6.4. (Lihat Contoh 6.1.)</u>
Pada sistem lama, rata-rata waktu pendaftaran adalah 50 menit
Kita akan menguji pendapat Staf PMB tersebut, maka

Hipotesis awal dan Alternatif yang dapat kita buat :

H_0 : $\mu = 50$ menit (sistem baru dan sistem lama tidak berbeda)

H_1 : $\mu \neq 50$ menit (sistem baru tidak sama dengan sistem lama) atau

H_0 : μ = 50 menit (sistem baru sama dengan sistem lama)

H_1 : μ < 50 menit (sistem baru lebih cepat)

Contoh 6.5 (Lihat Contoh 6.2.)

Penerimaan PERUMKA per tahun sebelum intensifikasi pemeriksaan karcis dilakukan = Rp. 3 juta. Maka Hipotesis Awal dan Hipotesis Alternatif dapat disusun sebagai berikut :

H_0 : μ = 3 juta (sistem baru dan sistem lama tidak berbeda)

H_1 : $\mu \neq$ 3 juta (sistem baru tidak sama dengan sistem lama)

atau

H_0 : μ = 3 juta (sistem baru dan sistem lama tidak berbeda)

H_1 : μ > 3 juta (sistem baru menyebabkan penerimaan per tahun lebih besar dibanding sistem lama)

PERHATIKAN :

Penolakan atau Penerimaan Hipotesis dapat membawa kita pada 2 jenis kesalahan (kesalahan= error = galat), yaitu :

1. ***Galat Jenis 1*** $\rightarrow$ Penolakan Hipotesis Nol (H_0) yang benar
   Galat Jenis 1 dinotasikan sebagai $\boldsymbol{\alpha}$
   $\boldsymbol{\alpha}$ juga disebut $\rightarrow$ ***taraf nyata*** uji

   Catatan : konsep α dalam Pengujian Hipotesis sama dengan konsep konsep α pada Selang Kepercayaan

2. ***Galat Jenis 2*** $\rightarrow$ Penerimaan Hipotesis Nol (H_0) yang salah. Galat Jenis 2 dinotasikan sebagai $\boldsymbol{\beta}$

- Prinsip pengujian hipotesis yang baik adalah meminimalkan nilai α dan β
- Dalam perhitungan, ***nilai α dapat dihitung*** sedangkan nilai β hanya bisa dihitung jika nilai hipotesis alternatif sangat spesifik.
- Pada pengujian hipotesis, kita **lebih sering berhubungan dengan nilai α.** Dengan asumsi, nilai α yang kecil juga mencerminkan nilai β yang juga kecil.
- ***Prinsip pengujian hipotesa*** adalah perbandingan nilai statistik uji (z hitung atau t hitung) dengan nilai titik kritis (Nilai z tabel atau t Tabel)

- ***Titik Kritis*** adalah nilai yang menjadi batas daerah penerimaan dan penolakan hipotesis.

- Nilai α pada **z** atau **t** tergantung dari ***arah pengujian*** yang dilakukan.

B. ARAH PENGUJIAN HIPOTESIS

Pengujian Hipotesis dapat dilakukan secara : 1.Uji Satu Arah
2. Uji Dua Arah

1. UJI SATU ARAH

Pengajuan H_0 dan H_1 dalam uji satu arah adalah sebagai berikut:

H_0 : ditulis dalam bentuk persamaan (menggunakan tanda =)
H_1 : ditulis dalam bentuk lebih besar (>) atau lebih kecil (<)

<u>Contoh 6.6.</u>

Contoh Uji Satu Arah

H_0	:	$\mu = 50$ menit	atau	H_0	:	$\mu = 3$ juta
H_1	:	$\mu < 50$ menit		H_1	:	$\mu < 3$ juta

Nilai α **tidak dibagi** dua, karena seluruh α diletakkan hanya di salah satu sisi selang, misalkan :

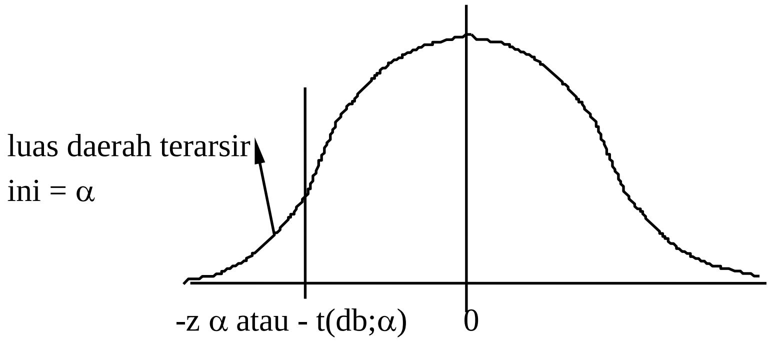
H_0 : $\mu = \mu_0$ *)

H_1 : $\mu < \mu_0$

Wilayah Kritis **) : $z < -z_\alpha$ atau $t < -t_{(db;\alpha)}$

*) μ_0 adalah suatu rata-rata yang diajukan dalam H_0

**) Penggunaan z atau t tergantung ukuran sampel
sampel besar menggunakan z; sampel kecil menggunakan t.



daerah yang diarsir → daerah penolakan hipotesis

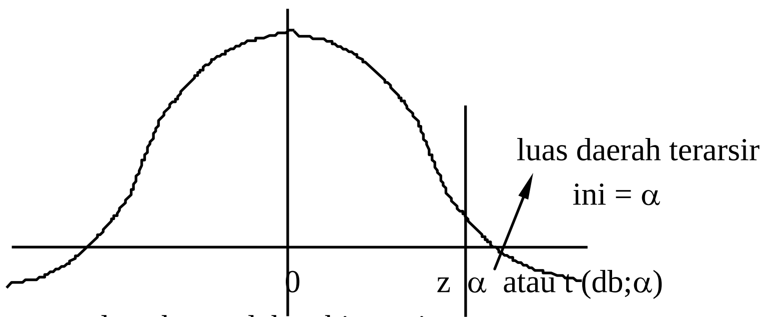
daerah tak diarsir → daerah penerimaan hipotesis

misalkan :

H_0 : $\mu = \mu_0$ *)

H_1 : $\mu > \mu_0$

Wilayah Kritis**) : $z > z_\alpha$ atau $t > t_{(db,\alpha)}$



daerah terarsir → daerah penolakan hipotesis

daerah tak terarsir → daerah penerimaan hipotesis

2. UJI DUA ARAH

Pengajuan H_0 dan H_1 dalam uji dua arah adalah sebagai berikut :

H_0 : ditulis dalam bentuk persamaan (menggunakan tanda =)

H_1 : ditulis dengan menggunakan tanda $\neq$

<u>Contoh 6.7.</u>

Contoh Uji Dua Arah

H_0	:	$\mu = 50$ menit	H_0	:	$\mu = 3$ juta
H_1	:	$\mu \neq 50$ menit	H_1	:	$\mu \neq 3$ juta

Nilai α **dibagi** dua, karena α diletakkan di kedua sisi selang misalkan :

H_0 : $\mu = \mu_0$ *)

H_1 : $\mu \neq \mu_0$

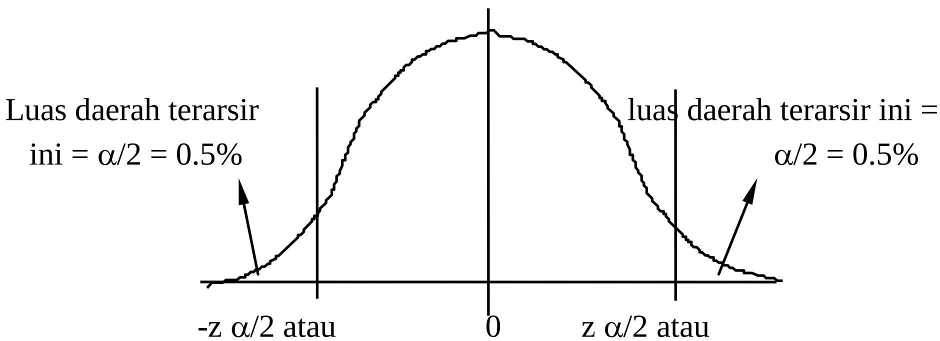
Wilayah Kritis**) : $z < -z_{\alpha/2}$ dan $z > z_{\alpha/2}$

atau

$t < -t_{(db,\alpha/2)}$ dan $t > t_{(db;\alpha/2)}$

*) μ_0 adalah suatu rata-rata yang diajukan dalam H_0

**) Penggunaan z atau t tergantung ukuran sampel. Sampel besar menggunakan z; sampel kecil menggunakan t.



-t(db;α/2)   t(db;α/2)

daerah terarsir $\rightarrow$ daerah penolakan hipotesis
daerah tak terarsir $\rightarrow$ daerah penerimaan hipotesis

3. PENGERJAAN UJI HIPOTESIS

3.1 Tujuh (7) Langkah Pengerjaan Uji Hipotesis

1.	Tentukan H_0 dan H_1
2*	Tentukan statistik uji [z atau t]
3*	Tentukan arah pengujian [1 atau 2]
4*	Taraf Nyata Pengujian [α atau α/2]
5.	Tentukan nilai titik kritis atau daerah penerimaan-penolakan H_0
6.	Cari nilai Statistik Hitung
7.	Tentukan Kesimpulan [terima atau tolak H_0]

*) Urutan pengerjaan langkah ke 2, 3 dan 4 dapat saling dipertukarkan!

Beberapa Nilai z yang sering digunakan

$z_{5\%} = z_{0.05} = 1.645$ $z_{2.5\%} = z_{0.025} = 1.96$
$z_{1\%} = z_{0.01} = 2.33$ $z_{0.5\%} = z_{0.005} = 2.575$

3.2 Rumus-rumus Penghitungan Statistik Uji

1. Rata-rata dari Sampel Besar
2. Rata-rata dari Sampel Kecil
3. Beda 2 Rata-rata dari Sampel Besar
4. Beda 2 Rata-rata dari Sampel Kecil

H_0	Nilai Uji Statistik	H_1	Wilayah Kritis
1. $\mu = \mu_0$ sampel besar n≥30	$z = \dfrac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$ σ dapat diganti dengan s	$\mu < \mu_0$ $\mu > \mu_0$ $\mu \neq \mu_0$	$\rightarrow$ $z < -z_{\alpha}$ $\rightarrow$ $z > z_{\alpha}$ $\rightarrow$ $z < -z_{\alpha/2}$ dan $z > z_{\alpha/2}$
2. $\mu = \mu_0$ sampel kecil n<30	$t = \dfrac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$	$\mu < \mu_0$ $\mu > \mu_0$ $\mu \neq \mu_0$	$\rightarrow$ $t < -t_{(db;\alpha)}$ $\rightarrow$ $t > t_{(db,\alpha)}$ $\rightarrow$ $t < -t_{(db,\alpha/2)}$ dan $t > t_{(db;\alpha/2)}$ db = n-1

3. $\lvert\mu_1 - \mu_2\rvert = d_0$ sampel-sampel besar $n_1 \geq 30$ $n_2 \geq 30$	$z = \dfrac{\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert - d_0}{\sqrt{(\sigma_1^2 / n_1) + (\sigma_2^2 / n_2)}}$ Jika σ_1^2 dan σ_2^2 tidak diketahui $\rightarrow$ gunakan s_1^2 dan s_2^2	$\lvert\mu_1 - \mu_2\rvert < d_0 \rightarrow$ $\lvert\mu_1 - \mu_2\rvert > d_0 \rightarrow$ $\lvert\mu_1 - \mu_2\rvert \neq d_0 \rightarrow$	$z < -z_\alpha$ $z > z_\alpha$ $z < -z_{\alpha/2}$ dan $z > z_{\alpha/2}$

4. $\lvert \mu_1 - \mu_2 \rvert = d_0$ sampel - sampel kecil $n_1 < 30$ $n_2 < 30$	$t = \dfrac{\lvert \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \rvert - d_0}{\sqrt{(s_1^2 / n_1) + (s_2^2 / n_2)}}$	$\lvert \mu_1 - \mu_2 \rvert < d_0 \rightarrow$ $\lvert \mu_1 - \mu_2 \rvert > d_0 \rightarrow$ $\lvert \mu_1 - \mu_2 \rvert \neq d_0 \rightarrow$	$t < -t_\alpha$ $t > t_\alpha$ $t < -t_{(db, \alpha/2)}$ & $t > t_{(db; \alpha/2)}$ db= $n_1 + n_2 - 2$

3.2.1 *Uji Hipotesis Rata-rata Sampel Besar*

<u>Contoh 6.8 :</u>

Dari 100 nasabah bank rata-rata melakukan penarikan \$495 per bulan melalui ATM, dengan simpangan baku = \$45. Dengan taraf nyata 1% , ujilah :

a) Apakah rata-rata nasabah menarik melalui ATM <u>kurang dari \$500</u> per bulan ?

b} apakah rata-rata nasabah menarik melalui ATM <u>tidak sama dengan \$500</u> per bulan ?

(Uji 2 arah, $\alpha/2$ = 0.5%, statistik uji=z)

Jawab :

Diketahui: $\bar{x}$ = 495 s = 45 n=100 μ_0 =500 α=1%

a) 1. H_0 : μ = 500 H_1 : μ < 500

2. statistik uji : z → karena sampel besar

3. arah pengujian : 1 arah

4. Taraf Nyata Pengujian = α = 1% = 0.01

5. Titik kritis → z < - $z_{0.01}$ → z < - 2.33

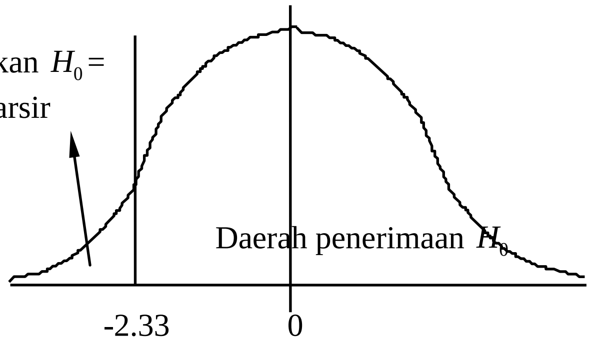
6. Statistik Hitung

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} = \frac{495 - 500}{45 / \sqrt{100}} = \frac{-5}{4.5} = -1.11$$

7.Kesimpulan : z hitung = -1.11 ada di daerah penerimaan H_0

H_0 **diterima,** rata-rata pengambilan uang di ATM masih = $ 500

Daerah penolakan H_0 = luas daerah terarsir ini = α = 1%



b) Coba anda kerjakan sebagai latihan! (H_1 : μ≠ 500; Uji 2 arah, α/2 = 0.5%, statistik uji=z)

3.2.2. Uji Hipotesis Rata-rata Sampel Kecil

<u>**Contoh 6.9**</u> :

Seorang *job-specialist* menguji 25 karyawan dan mendapatkan bahwa rata-rata penguasaan pekerjaan kesekretarisan adalah 22 bulan dengan simpangan baku = 4 bulan. Dengan taraf nyata 5% , ujilah :

a) Apakah rata-rata penguasaan kerja kesekretarisan <u>lebih dari 20 bulan</u>?
b) Apakah rata-rata penguasaan kerja kesekretarisan <u>tidak sama dengan 20 bulan</u>?

Jawab:

Diketahui : $\bar{x}$ = 22   s = 4   n = 25 μ_0 = 20 α = 5%

a) Ditinggalkan sebagai latihan (H_1 : μ > 20; uji 1 arah, α=5%, statistik uji = t, db = 24)

b) 1. H_0 : μ = 20 H_1 : $\mu \neq 20$

2. statistik uji : t $\rightarrow$ karena sampel kecil

3. arah pengujian : 2 arah

4. Taraf Nyata Pengujian = α = 5% = 0.05

   $\alpha/2$ = 2.5% = 0.025

5. Titik kritis

   db = n-1 = 25-1 = 24

   Titik kritis $\rightarrow$ $t < -t_{(db,\alpha/2)}$ dan $t > t_{(db;\alpha/2)}$

   t < -t (24; 2.5%) $\rightarrow$ t < -2.064 dan

   t > t (24; 2.5%) $\rightarrow$ t > 2.064

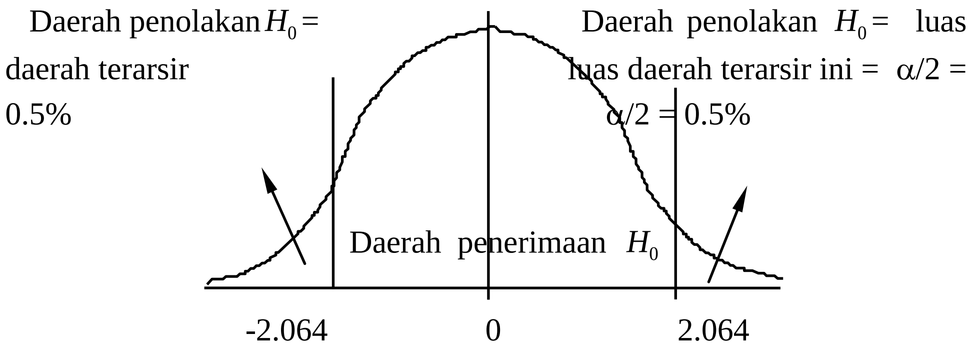
6. Statistik Hitung

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}} = \frac{22 - 20}{4 / \sqrt{25}} = \frac{2}{0.8} = 2.5$$

7. Kesimpulan : t hitung = -2.5 ada di daerah penolakan H_0

   H_0 ditolak, H_1 diterima ,

   rata-rata penguasaan pekerjaan kesekretarisan ≠ 20 bulan



3.2.3 Uji Hipotesis Beda 2 Rata-rata Sampel Besar

<u>Contoh 6.10 :</u>

Berikut adalah data nilai prestasi kerja karyawan yang mendapat training dengan yang tidak mendapat training.

	DGN TRAINING	TANPA TRAINING
rata-rata nilai prestasi	$\bar{x}_1$ = 300	$\bar{x}_2$ = 302
ragam	s_1^2 = 4	s_2^2 = 4.5
ukuran sampel	n_1 = 40	n_2 = 30

Dengan taraf nyata 5 % ujilah :

a. Apakah perbedaan rata-rata nilai prestasi kerja $|\mu_1 - \mu_2| > 0$?

b. Apakah ada perbedaan rata-rata prestasi kerja $|\mu_1 - \mu_2| \neq 0$?

Jawab : α = 5 % $\qquad$ $d_0 = 0$

a) 1. H_0 : $|\mu_1 - \mu_2| = 0$ $\qquad$ H_1 : $|\mu_1 - \mu_2| > 0$

2* statistik uji : z $\rightarrow$ karena sampel besar

3* arah pengujian : 1 arah

4* Taraf Nyata Pengujian = α = 5%

5. Titik kritis $\rightarrow$ z > $z_{5\%}$ $\rightarrow$ z > 1.645

6. Statistik Hitung $z = \dfrac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| - d_0}{\sqrt{(s_1^2/n_1) + (s_2^2/n_2)}} =$

$$\frac{|300 - 302| - 0}{\sqrt{(4/40) + (4.5/30)}} = \frac{2}{\sqrt{0.1 + 0.15}} = \frac{2}{\sqrt{0.25}} = \frac{2}{0.5} = 4$$

7. Kesimpulan : z hitung = 4 ada di daerah penolakan H_0

H_0 ditolak, H_1 diterima $\rightarrow$ beda rata-rata prestasi kerja > 0

b) Coba anda kerjakan sebagai latihan (H_1 : $|\mu_1 - \mu_2| \neq 0$; Uji 2 arah, $\alpha/2$ = 2.5%, statistik uji=z)

3.2.4 Uji Hipotesis Beda 2 Rata-rata Sampel Kecil

Contoh 6.11 :

Berikut adalah data kerusakan produk yang dibuat oleh karyawan shift malam dan siang.

	SHIFT MALAM	SHIFT SIANG
rata-rata kerusakan	$\bar{x}_1$ = 20	$\bar{x}_2$ = 12
ragam	s_1^2 = 3.9	s_2^2 = 0.72
ukuran sampel	n_1 = 13	n_2 = 12

Dengan taraf nyata 1 % ujilah :

a) Apakah perbedaan rata-rata kerusakan $|\mu_1 - \mu_2| < 10$?

b) Apakah ada perbedaan rata-rata kerusakan $|\mu_1 - \mu_2| \neq 10$?

Jawab : α = 1 % $d_0 = 10$

a) Coba kerjakan sendiri !

(H_1 : $|\mu_1 - \mu_2| < 10$; uji 1 arah, α=1%, statistik uji = t, db = 13 + 12 - 2 = 23)

b) 1. $H_0 : |\mu_1 - \mu_2| = 10$ $H_1 : |\mu_1 - \mu_2| \neq 10$

2* statistik uji : t → karena sampel kecil

3* arah pengujian : 2 arah

4* Taraf Nyata Pengujian = α = 1% = 0.01

α/2 = 0.5% = 0.005

5. Titik kritis

db = $n_1 + n_2$ - 2 = 13+ 12 - 2 = 23

Titik kritis → $t < -t_{(db,\alpha/2)}$ dan $t > t_{(db;\alpha/2)}$

t < -t (23; 0.5%) → t < -2.807 dan

t > t (23; 0.5%) → t > 2.807

6. Statistik Hitung

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| - d_0}{\sqrt{(s_1^2/n_1) + (s_2^2/n_2)}} =$$

$$\frac{|20-12| - 10}{\sqrt{(3.9/13) + (0.72/12)}} = \frac{8-10}{\sqrt{0.30+0.06}} = \frac{-2}{\sqrt{0.36}} = \frac{-2}{0.60} = -3.33$$

7. Kesimpulan : t hitung = -3.3 ada di daerah penolakan H_0

H_0 ditolak, H_1 diterima , rata-rata kerusakan $\neq 10$.

Uji Chi-kuadrat (χ^2)

Uji Chi Kuadrat adalah pengujian hipotesis mengenai perbandingan antara :frekuensi observasi yang benar-benar terjadi/aktual dengan frekuensi harapan/ekspektasi

1. Pengertian Frekuensi Observasi dan Frekuensi Harapan

Frekuensi observasi → nilainya didapat dari hasil percobaan (o)
Frekuensi harapan → nilainya dapat dihitung secara teoritis (e)

Contoh 6.12:

1. Sebuah dadu setimbang dilempar sekali (1kali) berapa nilai ekspektasi sisi-1, sisi-2, sisi-3, sisi-4, sisi-5 dan sisi-6 muncul?

Kategori :	sisi-1	sisi-2	sisi-3	sisi-4	sisi-5	sisi-6
Frekuensi ekspektasi (e)	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6

2. Sebuah dadu setimbang dilempar 120 kali berapa nilai ekspektasi sisi-1, sisi-2, sisi-3, sisi-4, sisi-5 dan sisi-6 muncul?

kategori :	sisi-1	sisi-2	sisi-3	sisi-4	sisi-5	sisi-6
frekuensi ekspektasi (e)	20*)	20	20	20	20	20

*) setiap kategori memiliki frekuensi ekspektasi yang sama yaitu :
$^1/_6 \times 120 = 20$

Apakah data observasi akan sama dengan ekspektasi?
Apakah jika anda melempar dadu 120 kali maka pasti setiap sisi akan muncul sebanyak 20 kali? Coba lempar dadu sebanyak 120 kali, catat hasilnya, berapa frekuensi kemunculan setiap sisi? Catatan saudara tersebut adalah frekuensi observasi.

2. Bentuk Distribusi Chi Kuadrat (χ^2)

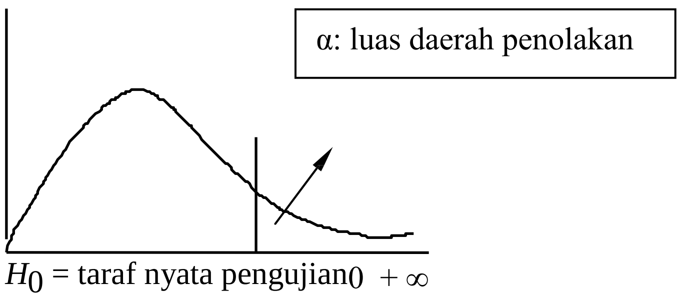
Nilai χ^2 adalah nilai kuadrat karena itu nilai χ^2 **selalu positif.**

Bentuk distribusi χ^2 tergantung dari derajat bebas(db) atau dF (*degree of freedom*). Perhatikan Tabel Lampiran 3 pada halaman 169.

Berapa nilai χ^2untuk db = 5 dengan α= 0.010? (15.0863)
Berapa nilai χ^2untuk db = 17 dengan α= 0.005? (35.7185)

Contoh 6.13:

Pengertian α pada Uji χ^2 sama dengan pengujian hipotesis yang lain, yaitu luas daerah penolakan H_0 atau taraf nyata pengujian
Perhatikan gambar berikut :



3. Penggunaan Uji χ^2

Uji χ^2 dapat digunakan untuk :

a. Uji Kecocokan = Uji kebaikan-suai =*Goodness of fit test*
b. Uji Kebebasan
c. Uji beberapa proporsi

Prinsip analisis untuk untuk uji kebebasan dan uji beberapa proporsi sama saja.

C. Uji Kecocokan (*Goodness of Fit Test)*

1. Penetapan Hipotesis Awal dan Hipotesis Alternatif

H_0: frekuensi setiap kategori memenuhi suatu nilai/perbandingan.
H_1 : Ada kategori yang tidak memenuhi nilai/perbandingan tersebut.

Contoh 6.14 :
Pelemparan dadu 120 kali, kita akan menguji kesetimbangan dadu.
Dadu setimbang jika setiap sisi dadu akan muncul 20 kali.

H_0 : setiap sisi akan muncul = 20 kali.
H_1 : ada sisi yang muncul $\neq$20kali.

Contoh 6.15 :
Sebuah mesin pencampur adonan es krim akan menghasilkan perbandingan antara Coklat : Gula : Susu : Krim= 5 : 2 : 2 : 1
H_0 : perbandingan Coklat : Gula : Susu : Krim = 5 : 2 : 2 : 1
H_1 : perbandingan Coklat : Gula : Susu : Krim $\neq$5 : 2 : 2 : 1

2. Rumus χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \left(o_i - e_i\right)$$

k : banyaknya kategori/sel, 1,2 ... k

o_i : frekuensi observasi untuk kategori ke-i
e_i : frekuensi ekspektasi untuk kategori ke-i kaitkan dengan
frekuensi ekspektasi dengan nilai/perbandingan dalam H_0
Derajat Bebas (db) = k - 1

3. *Perhitungan* χ^2

<u>Contoh 6.16 :</u>

Pelemparan dadu sebanyak 120 kali menghasilkan data sebagai berikut :

Kategori	sisi-1	sisi-2	sisi-3	sisi-4	sisi-5	
Frekuensi observasi	$\boxed{20}$ 20	$\boxed{20}$ 22	$\boxed{20}$ 17	$\boxed{20}$ 18	$\boxed{20}$ 19	$\boxed{20}$ 24

*) Nilai dalam kotak kecil adalah frekuensi ekspektasi

Apakah dadu itu dapat dikatakan setimbang? Lakukan pengujian dengan taraf nyata = 5 %

Solusi :

1. H_0 : Dadu setimbang →semua sisi akan muncul = 20 kali.
   H_1 : Dadu tidak setimbang →ada sisi yang muncul ≠ 20 kali.

2. Statistik Uji χ^2

3. Nilai α= 5 % = 0.05k = 6 ; db = k - 1 = 6-1 = 5

4. Nilai Tabel χ^2 k = 6 ; db = k - 1 = 6-1 = 5, db = 5; α= 0.05
   χ^2 tabel = 11.0705
5. Wilayah Kritis= Penolakan H_0 jika χ^2 hitung > χ^2 tabel (db; α)
   χ^2 hitung > 11.0705

6. Perhitungan χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} (o_i - e_i)$$

(catatan : Gunakan tabel seperti ini agar pengerjaan lebih sistematik)

kategori :	o_i	e_i	(o_i-e_i)	$(o_i-e_i)^2$	$(o_i-e_i)^2/e_i$
sisi-1	20	20	0	0	0
sisi-2	22	20	2	4	0.20
sisi-3	17	20	-3	9	0.45
sisi-4	18	20	-2	4	0.20
sisi-5	19	20	-1	1	0.05
sisi-6	24	20	4	16	0.80
Σ	120	120	---------	--------------	1.70

χ^2 hitung = 1.70

7. Kesimpulan :

χ^2 hitung = 1.70 < χ^2tabel
Nilai χ^2 hitung ada di daerah penerimaan H_0
H_0 diterima; pernyataan dadu setimbang dapat diterima.

Contoh 6.17 :

Sebuah mesin pencampur adonan es krim akan menghasilkan perbandingan antara Coklat: Gula: Susu : Krim= 5 : 2 : 2 : 1. Jika 500 kg adonan yang dihasilkan, diketahui mengandung 275 kg Coklat, 95 kg Gula, 70 kg Susu dan 60 kg Krim, apakah mesin itu bekerja sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan? Lakukan pengujian dengan taraf nyata = 1 %.

Solusi :

1. H_0 : perbandingan Coklat : Gula : Susu : Krim= 5 : 2 : 2 : 1
   H_1 : perbandingan Coklat : Gula : Susu : Krim ≠ 5 : 2 : 2 : 1

2. Statistik Uji χ^2

3. Nilai α= 1 % = 0.01

4. Nilai Tabel χ^2
   k = 4; db =k -1 = 4-1= 3
   db = 3;α= 0.01 →χ^2 tabel = 11.3449

5. Wilayah Kritis= Penolakan H_0 jika χ^2 hitung > χ^2 tabel (db; α)
   χ^2 hitung > 11.3449

6. Perhitungan χ^2———— $\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} (o_i - e_i)$

kategori :	o_i	e_i	(o_i-e_i)	$(o_i-e_i)^2$	$(o_i-e_i)^2/e_i$
Coklat	275	250*)	25	625	2.50
Gula	95	100	-5	25	0.25
Susu	70	100	-30	900	9.00
Krim	60	50	10	100	2.00
Σ	500	500	---------	--------	13.75

*) Perbandingan Coklat : Gula : Susu : Krim= 5 : 2 : 2 :1
Dari 500 kg adonan →Nilai ekspektasi Coklat = 5/10 x 500 = 250 kg Nilai ekspektasi Gula = 2/10 x 500 = 100 kg Nilai ekspektasi Susu = 2/10 x 500 = 100 kg Nilai ekspektasi Krim= 1/10 x 500 = 50 kg

χ^2hitung = 13.75

7. Kesimpulan :

   χ^2 hitung > χ^2 tabel (13.75 > 11.3449)

   H_0 ditolak, H_1 diterima.

   Perbandingan Coklat : Gula : Susu : Krim $\neq$5 : 2 : 2 :1

D. UJI KEBEBASAN DAN UJI BEBERAPA PROPORSI

Uji kebebasan antara 2 variabel memiliki prinsip pengerjaan yang sama dengan pengujian beberapa proporsi.
(Berbeda hanya pada penetapan Hipotesis awal dan hipotesis alternatif)

1. Penetapan Hipotesis Awal dan Hipotesis Alternatif

A. Uji Kebebasan :

H_0 : variabel-variabel saling bebas
H_1 : variabel-variabel tidak saling bebas

C. Uji Beberapa Proporsi :

H_0 : setiap proporsi bernilai sama
H_1 : ada proporsi yang bernilai tidak sama

2. Rumus Uji χ^2

Data dalam pengujian ketergantungan dan beberapa proporsi disajikan dalam bentuk Tabel Kontingensi.
Bentuk umum Tabel Kontingensi →berukuran r baris x k kolom

$$\text{Frekuensi harapan} = \frac{\textit{Total}\ \text{kolom x Total baris}}{\text{Total Observasi}}$$

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{r,k} \left(O_{ij} - e_{ij}\right) e_{ij}$$

Derajat bebas=(r-1)(k-1)
r: banyak baris
k: banyak kolom
$o_{i,j}$: frekuensi observasi baris ke-i, kolom ke-j
$e_{i,j}$:frekuensi ekspektasi baris ke-i, kolom ke-j

3. *Perhitungan χ^2*

<u>Contoh 6.18:</u>

Kita akan menguji kebebasan antara faktor gender (jenis kelamin) dengan jam kerja di suatu pabrik. Tabel kontingensi dapat dibuat sebagai berikut :

	Pria	Wanita	Total Baris
Kurang dari 25 jam/minggu	2.33 2	2.67 3	5
25 sampai 50 jam/minggu	6.07 7	6.93 6	13
Lebih dari 50 jam/minggu	5.60 5	6.40 7	12
Total Kolom	14	16	Total Observasi=30

*) Nilai dalam kotak kecil adalah frekuensi ekspektasi
Perhatikan cara mendapatkan frekuensi ekspektasi!

Apakah ada kaitan antara gender dengan jam kerja?
Lakukan pengujian kebebasan variabel dengan taraf uji 5 %

Ukuran Tabel Kontingensi di atas = 3 x 2 (3 baris dan 2 kolom)
db = (3-1)(2-1) = 2 x 1 = 2
Solusi :
1. H_0 : Gender dan Jam kerja saling bebas
   H_1 : Gender dan Jam kerja tidak saling bebas

2. Statistik Uji = χ^2

3. Nilai α= 5 % = 0.05

4. Nilai Tabel χ^2 db = 2; α= 0.05 $\rightarrow \chi^2$tabel = 5.99147
5. Wilayah Kritis : Penolakan H_0 $\rightarrow \chi^2$ hitung > χ^2 tabel
   χ^2 hitung > 5.99147
6. Perhitungan χ^2

$$\textit{Frekuensi harapan} = \frac{(\textit{total kolom}) \text{ x } (\textit{total baris})}{\textit{Total observasi}}$$

Frekuensi harapan untuk :

pria, < 25 jam= $\dfrac{14 \text{ x } 5}{30}$ =2.33

pria, 25-50 jam= $\dfrac{14 \text{ x } 13}{30}$ =6.07

pria, > 50 jam = $\dfrac{14 \text{ x } 12}{30}$ =5.60

wanita, < 25 jam= $\dfrac{16 \text{ x } 5}{30}$ =2.67

wanita, > 50 jam= $\frac{16 \times 12}{30}$ =6.40

wanita, 25-50 jam= $\frac{16 \times 13}{30}$ =6.93

Selesaikan Tabel perhitungan χ^2 di bawah ini.

kategori :	o_i	e_i	$(o_i$-$e_i)$	$(o_i$-$e_i)^2$	$(o_i$-$e_i)^2/e_i$
P, < 25	2	2.33	-0.33	0.1089	0.1089/2.33 = 0.0467
P, 25 - 50	7	6.07	0.93	0.8649	0.1425
P, > 50	5	5.60	-0.60	0.36	0.0643
W, < 25	3	2.67	0.33	0.1089	0.0408
W, 25-50	6	6.93	-0.93	0.8649	0.1249
W, >50	7	6.40	0.60	0.36	0.0563
Σ	------	-----	--------	---------	χ^2hitung = 0.4755

Kesimpulan :

χ^2 hitung < χ^2 tabel (0.4755 < 5.99147)

χ^2 hitung ada di daerah penerimaan H_0

H_0 diterima, gender dan jam kerja saling bebas

Catatan : Kesimpulan hanya menyangkut kebebasan antar variabel dan bukan hubungan sebab-akibat (hubungan kausal)

Contoh 6.19 :

Berikut adalah data proporsi penyiaran film (satuan pengukuran dalam persentase (%) jam siaran TV) di 3 stasiun TV. Apakah proporsi pemutaran Film India, Kungfu dan Latin di ketiga stasiun TV tersebut sama? Lakukan Pengujian proporsi dengan Taraf Nyata = 2.5 %

	ATV (%)	BTV (%)	CTV (%)	Total Baris (%)
FilmIndia	4.17 4.5	2.92 3.5	2.92 2.0	10
FilmKungfu	3.33 2.5	2.33 1.0	2.33 4.5	8
FilmLatin	2.50 3.0	1.75 2.5	1.75 0.5	6
Total Kolom (%)	10	7	7	Total Observasi (%) =24

*) Nilai dalam kotak kecil adalah frekuensi ekspektasi
Perhatikan cara mendapatkan frekuensi ekspektasi!

Ukuran Tabel Kontingensi di atas = 3 x 3 (3 baris dan 3 kolom)

db = (3-1)(3-1) = 2 x 2 = 4

Solusi :

1. H_0 : Proporsi pemutaran film India, Kungfu dan Latin di ketiga StasiunTV adalah sama.

   H_1: Ada proporsi pemutaran film India,Kungfu dan Latin di ketiga Stasiun TV yang tidak sama.

2. Statistik Uji = χ^2

3. Nilai α= 2.5 % = 0.025

4. Nilai Tabel χ^2 db = 4; α= 0.025 $\rightarrow \chi^2$ tabel = 11.1433

5. Wilayah Kritis : Penolakan H_0 $\rightarrow$ χ^2hitung > χ^2tabel

χ^2hitung > 11.1433

6. Perhitungan χ^2 frekuensi harapan untuk :

India, ATV = $\frac{10 \times 10}{24} = 4.17$

Kungfu, ATV = $\frac{10 \times 8}{24} = 3.33$

Latin, ATV = $\frac{10 \times 6}{24} = 2.50$

India, BTV = $\frac{7 \times 10}{24} = 2.92$

Kungfu, BTV = $\frac{7 \times 8}{24} = 2.33$

Latin, BTV = $\frac{7 \times 6}{24} = 1.75$

India, CTV= $\frac{7 \times 10}{24} = 2.92$

Kungfu, CTV = $\frac{7 \times 8}{24} = 2.33$

$$\text{Latin, CTV} = \frac{7 \times 6}{24} = 1.75$$

Tabel perhitungan χ^2 berikut

kategori :	o_i	e_i	(o_i-e_i)	$(o_i-e_i)^2$	$(o_i-e_i)^2/e_i$
Ind,ATV	4.5	4.17	0.33	0.1089	0.1089/4.17 = 0.0261
Kf,ATV	2.5	3.33	-0.83	0.6889	0.2069
Lat,ATV	3.0	2.50	0.50	0.2500	0.1000
Ind,BTV	3.5	2.92	-0.58	0.3364	0.1152
Kf,BTV	1.0	2.33	-1.33	1.7689	0.7592
Lat,BTC	2.5	1.75	0.75	0.5625	0.3214
Ind,CTV	2.0	2.92	-0.92	0.8464	0.2899
Kf,CTV	4.5	2.33	2.17	4.7089	2.0201
Lat,CTV	0.5	1.75	-1.25	1.5625	0.8929
Σ	24	------	-------	---------	χ^2hitung = 4.7317

7. Kesimpulan : χ^2hitung terletak di daerah penerimaan H_0.

   H_0 diterima, proporsi pemutaran ketiga jenis film di ketiga stasiun TV adalah sama.

BAB VII

ANALISIS REGRESI

A. PENGERTIAN ANALISIS REGRESI

Secara umum ada dua macam hubungan antara dua variabel atau lebih, yaitu bentuk hubungan dan keeratan hubungan. Untuk mengetahui bentuk hubungan digunakan analisis regresi. Untuk keeratan hubungan dapat diketahui dengan analisis korelasi. Analisis regresi dipergunakan untuk menelaah hubungan antara dua variabel atau lebih, terutama untuk menelusuri pola hubungan yang modelnya belum diketahui dengan sempurna, atau untuk mengetahui bagaimana variasi dari beberapa variabel independen mempengaruhi variabel dependen dalam suatu fenomena yang kompleks. Jika X_1, X_2, … , X_i adalah variabel-variabel independen dan Y adalah variabel dependen, maka terdapat hubungan fungsional antara X dan Y, di mana variasi dari X akan diiringi pula oleh variasi dari Y. Secara matematika hubungan di atas dapat dijabarkan sebagai berikut: $Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_i, e)$, di mana : Y adalah variabel dependen, X adalah variabel independen dan e adalah variabel residu (*disturbance term*).

Berkaitan dengan analisis regresi ini, setidaknya ada empat empat kegiatan yang dapat dilaksanakan dalam analisis regresi, diantaranya: (1) mengadakan estimasi terhadap parameter berdasarkan data empiris, (2) menguji berapa besar variasi variabel dependen dapat diterangkan oleh variasi variabel independen, (3) menguji apakah estimasi parameter tersebut signifikan atau tidak, dan (4) melihat apakah tanda dan magnitud dari estimasi parameter cocok dengan teori (M. Nazir, 1983).

B. KOEFISIEN REGRESI SEDERHANA

Regresi sederhana, bertujuan untuk mempelajari hubungan antara dua variabel. Model Regresi sederhana adalah $\hat{y} = a + bx$, di mana, $\hat{y}$ adalah variabel tak bebas (terikat), X adalah variabel bebas, a adalah penduga bagi intersap (α), b adalah penduga bagi koefisien regresi (β), dan α, β adalah parameter yang nilainya tidak diketahui sehingga diduga menggunakan statistik sampel.

Rumus yang dapat digunakan untuk mencari a dan b adalah:

$$a = \frac{\sum Y - b\sum X}{.N.} = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$b = \frac{N.\left(\sum XY\right) - \sum X \sum Y}{.N.\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}$$

Keterangan:

$\bar{X}_i$ = Rata-rata skor variabel X

$\bar{Y}_i$ = Rata-rata skor variabel Y

C. UJI KEBERARTIAN REGRESI

Pemeriksaan keberartian regresi dilakukan melalui pengujian hipotesis nol, bahwa koefisien regresi b sama dengan nol (tidak berarti) melawan hipotesis tandingan bahwa koefisien arah regresi tidak sama dengan nol.

Pengujian koefisien regresi dapat dilakukan dengan memperhatikan langkah-langkah pengujian hipotesis berikut:

1. Menentukan rumusan hipotesis H_o dan H_1.

   $H_o : \rho = 0$: Tidak ada pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

   $H_1 : \rho \neq 0$: Ada pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

2. Menentukan uji statistika yang sesuai. Uji statistika yang digunakan adalah uji F. Untuk menentukan nilai uji F dapat mengikuti langkah-langkah berikut:
   a. Menghitung jumlah kuadrat regresi (JK $_{reg\ (a)}$) dengan rumus:
   $$JK_{reg(a)} = \frac{\left(\sum Y\right)^2}{n}$$
   b. Menghitung jumlah kuadrat regresi b|a (JK $_{reg\ b|a}$), dengan rumus:
   $$JK_{reg(b/a)} = b.\left(\sum XY - \frac{\sum X.\sum Y}{n}\right)$$
   c. Menghitung jumlah kuadrat residu (JK $_{res}$) dengan rumus:
   $$JK_{res} = \sum Y^2 - JK_{\mathrm{Re}\,g(b/a)} - JK_{\mathrm{Re}\,g(a)}$$
   d. Menghitung rata-rata jumlah kuadrat regresi a (RJK $_{reg\ (a)}$) dengan rumus:
   $$RJK_{reg(a)} = JK_{\mathrm{Re}\,g(a)}$$
   e. Menghitung rata-rata jumlah kuadrat regresi b/a (RJK $_{reg\ (a)}$) dengan rumus:
   $$RJK_{reg(b/a)} = JK_{\mathrm{Re}\,g(b/a)}$$
   f. Menghitung rata-rata jumlah kuadrat residu (RJK $_{res}$) dengan rumus:
   $$RJK_{res} = \frac{JK_{\mathrm{Re}\,s}}{n-2}$$
   g. Mengitung F, dengan rumus:
   $$F = \frac{RJK_{\mathrm{Re}\,g(b/a)}}{RJK_{\mathrm{Re}\,s}}$$
3. Menentukan nilai kritis (α) atau nilai tabel F pada derajat bebas $db_{reg\ b/a} = 1$ dan $db_{res} = n - 2$.
4. Membandingkan nilai uji F dengan nilai tabel F, dengan kriteria uji, Apabila nilai hitung Flebih besar atau sama dengan (≥) nilai tabel F, maka H_0 ditolak.
5. Membuat kesimpulan

Langkah-langkah uji keberartian regresi di atas dapat disederhanakan dalam sebuah tabel anova sebagai berikut :

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F_{hitung}	F_{tabel}
Total	n	$\sum Y^2$	-	-	
Koefisien (a)	1	$Jk_{(a)}$	$RJk_{(a)}$	$\frac{S^2_{Reg}}{S^2_{Res}}$	$F_{(\alpha,\ dbreg\ b/a,\ dbres)}$
Regresi (b/a)	1	$Jk_{(b/a)}$	$RJk_{(b/a)} = S^2_{Reg}$		
Sisa	N - 2	Jk_{Res}	$RJk_{Res} = S^2_{Res}$		

Keterangan:

JKT $= \sum Y^2$

$JK_{(a)} = \frac{\left(\sum Y\right)^2}{n}$

$JK_{(b/a)} = b.\left(\sum XY - \frac{\sum X.\sum Y}{n}\right)$

$JK_{Res} = \sum Y^2 - JK_{Reg(b/a)} - JK_{Reg(a)}$

$RJK_{(b/a)} = Jk_{(b/a)}$

$RJK_{Res} = \frac{JK_{Res}}{n-2}$

$$F = \frac{S^2_{Reg}}{S^2_{Res}}$$

D. REGRESI GANDA

Analisis regresi ganda merupakan pengembangan dari analisis regresi sederhana. Kegunaannya yaitu untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebasnya (X) dua atau lebih.

Analisis regresi ganda adalah alat untuk meramalkan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel terikat (untuk membuktikan ada tidaknya hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua atau lebih variabel bebas X_1, X_2, …., X_i terhadap suatu variabel terikat Y.

Persamaan regresi ganda dirumuskan sebagai berikut :

1. Dua variabel bebas : $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$
2. Tiga variabel bebas : $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$
3. n variabel bebas : $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots\ldots + b_n X_n$

Nilai-nilai pada persamaan regresi ganda untuk dua variabel bebas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$b_1 = \frac{\left(\sum x_2^2\right)\left(\sum x_1 y\right) - \left(\sum x_1 x_2\right)\left(\sum x_2 y\right)}{\left(\sum x_1^2\right)\left(\sum x_2^2\right) - \left(\sum x_1 x_2\right)^2}$$

$$b_2 = \frac{\left(\sum x_1^2\right)\left(\sum x_2 y\right) - \left(\sum x_1 x_2\right)\left(\sum x_1 y\right)}{\left(\sum x_1^2\right)\left(\sum x_2^2\right) - \left(\sum x_1 x_2\right)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b_1\left(\frac{\sum X_1}{n}\right) - b_2\left(\frac{\sum X_2}{n}\right)$$

Nilai-nilai a, b_0, b_1, dan b_2 pada persamaan regresi ganda untuk tiga variabel bebas dapat ditentukan dari rumus-rumus berikut (Sudjana, 1996: 77):

$$\sum x_1 y = b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1 x_2 + b_3 \sum x_1 x_3$$
$$\sum x_2 y = b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_2 x_3$$
$$\sum x_3 y = b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2 x_3 + b_3 \sum x_3^2$$
$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - b_3 \bar{X}_3$$

Sebelum rumus-rumus di atas digunakan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan-perhitungan yang secara umum berlaku rumus:

$$\sum x_i^2 = \sum X_i^2 - \frac{\left(\sum X_i\right)^2}{n}$$

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{\left(\sum Y\right)^2}{n}$$

$$\sum x_i y = \sum X_i Y - \frac{\sum X_i \sum Y}{n}$$

$$\sum x_i x_j = \sum X_i X_j - \frac{\sum X_i \sum X_j}{n}$$

E. PENGUJIAN KEBERARTIAN REGRESI GANDA

Pemeriksaan keberartian pada analisis korelasi ganda dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Menentukan rumusan hipotesis H_o dan H_1.

   $H_o : R = 0$: Tidak ada pengaruh variabel X_1 dan X_2 terhadap variabel Y.

   $H_1 : R \neq 0$: Ada pengaruh variabel X_1 dan X_2 terhadap variabel Y.

2. Menentukan uji statistika yang sesuai, yaitu : $F = \frac{S_1^{\,2}}{S_2^{\,2}}$

   Untuk menentukan nilai uji F di atas, adalah (Sudjana, 1996: 91):

   a. Menentukan Jumlah Kuadrat Regresi dengan rumus :

   $$JK_{(\mathrm{Re}\,g)} = b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y + \ldots + b_k \sum x_k y$$

   b. Menentukan Jumlah Kuadrat Residu dengan rumus :

   $$JK_{(\mathrm{Re}\,s)} = \left(\sum Y^2 - \frac{\left(\sum Y\right)^2}{n} \right) - JK_{(\mathrm{Re}\,g)}$$

   c. Menghitung nilai F dengan rumus:

   $$F_{hitung} = \frac{\dfrac{JK_{(\mathrm{Re}\,g)}}{k}}{\dfrac{JK_{(\mathrm{Re}\,s)}}{n-k-1}}$$

   Dimana: k = banyaknya variabel bebas

3. Menentukan nilai kritis (α) atau nilai tabel F dengan derajat kebebasan untuk $db_1 = k$ dan $db_2 = n - k - 1$.
4. Membandingkan nilai uji F terhadap nilai tabel F dengan kriteria pengujian: Jika nilai uji F≥ nilai tabel F, maka tolak H_0
5. Membuat kesimpulan

Analisis regresi mempelajari bentuk hubungan antara satu atau lebih peubah bebas (X) dengan satu peubah tak bebas (Y). Dalam penelitian peubah bebas (X) biasanya peubah yang ditentukan oleh peneliti secara bebas misalnya dosis obat, lama penyimpanan, kadar zat pengawet, umur ternak dan sebagainya. Disamping itu peubah bebas bisa juga berupa peubah tak bebasnya, misalnya dalam pengukuran panjang badan dan berat badan sapi, karena panjang badan lebih mudah diukur maka panjang badan dimasukkan kedalam peubah bebas (X), sedangkan berat badan dimasukkan peubah tak bebas (Y). sedangkan peubah tak bebas (Y) dalam penelitian berupa respon yang diukur akibat perlakuan/peubah bebas (X). misalnya jumlah sel darah merah akibat pengobatan dengan dosis tertentu, jumlah mikroba daging setelah disimpan beberapa hari, berat ayam pada umu tertentu dan sebagainya.

Bentuk hubungan antara peubah bebas (X) dengan peubah tak bebas (Y) bisa dalam bentuk polinom derajat satu (linear) polinom derajat dua (kuadratik). Polinom derajat tiga (Kubik) dan seterusnya. Disamping itu bisa juga dalam bentuk lain misalnya eksponensial,logaritma,sigmoid dan sebagainya. Bentuk-bentuk ini dalam analisis regresi-korelasi biasanya ditransformasi supaya menjadi bentuk polinom.

Dalam bentuk yang paling sederhana yaitu satu eubah bebas (X) dengan satu peubah tak bebas (Y) mempunyai persamaan :

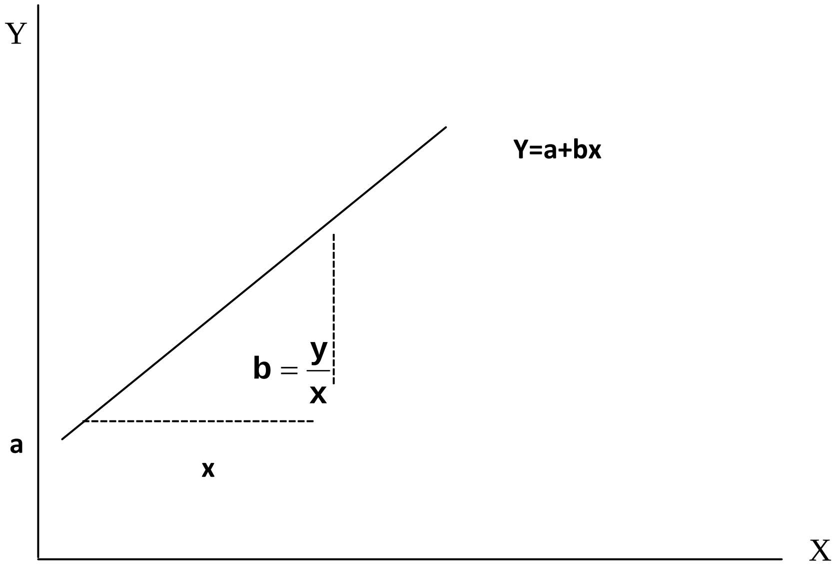
$$Y = a + bx$$

Disini a disebut intersep dan b koefisien arah

Dalam pengertian fungsi persamaan garis Y + a +bx hanya ada satu yang dapat dibentuk dari dua buah titik dengan koordinat yang berbeda yaitu (X_1, Y_1) dan $X_{2,}Y_2$). Hal ini berarti kita bisa membuat banyak sekali persamaan garis dalam bentuk lain melalui dua buat titik yang berbeda koordinatnya/ tidak berimpit.

Persamaan garis melalui dua buah titik dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{(Y - Y)_1}{(Y_2 - Y_1)} = \frac{(X - X_1)}{(X_2 - X_1}$$



Sebagai contoh misalnya titik A (1,3) dan titik B (4,9) maka persamaan garis linear yang dapat dibuat adalah :

$$\frac{(Y - 3)}{(9 - 3)} = \frac{(X - 1)}{(4 - 1)}$$

(Y-3)(4-1) =(X-1) (9-3)

3Y-9 = 6X-6

3Y = 3 +6X $\longrightarrow$ Y=1+2X

Dalam bentuk matrik bisa kita buat persaman sebagai berikut :

$Y_1 = a + b\ X_1$

$Y_2 = a + b\ X_2$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_1 \\ 1 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 3 \\ 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \frac{1}{(4-1)} \begin{bmatrix} 4 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 9 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/9 & -1/3 \\ -1/3 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4-3 \\ -1+3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Jadi a=1 dan b=2 sehingga persamaannya Y=1 +2X

Jika jumlah data sebanyak n maka persamaannya sebagai berikut ;

$$Y_i = \beta o + \beta_1 X_1 + \varepsilon_i$$

i= 1,2,3,…..n

disini β_o adalah penduga a, β_1 adalah penduga b dan ε_i merupakan besarnya simpangan persamaan garis penduga. Semakin kecil nilai ε_i persamaan regresi yang diperoleh akan semakin baik.

Jadi kita dapat menuliskan pengamatan kita menjadi

$$y_1 = \beta_o + \beta_1 X_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = \beta_o + \beta_1 X_2 + \varepsilon_2$$

$$y_3 = \beta_o + \beta_1 X_3 + \varepsilon_3$$

…………………..

$$y_n = \beta_o + \beta_1 X_n + \varepsilon_n$$

Dengan notasi matrik dapat ditulis sebagai berikut :

$$
\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ . \\ . \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_1 \\ 1 & X_2 \\ 1 & X_3 \\ . & . \\ . & . \\ 1 & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ . \\ . \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}
$$

Jadi kita peroleh matrik Y, X, β dan ε dengan dimensi sebagai berikut :

$$
\underset{nx1}{\mathbf{Y}} = \underset{nx2}{\mathbf{X}} \underset{2x1}{\boldsymbol{\beta}} + \underset{nx1}{\boldsymbol{\varepsilon}}
$$

Jika diasumsikan E(ε) = 0 maka E(Y) = Xβ

Bila modelnya benar β merupakan penduga terbaik yaitu dengan jalan melakukan penggadaaan awal dengan X' sehingga diperoleh persamaan normal sebagai berikut :

$$
\underset{2x1}{\mathbf{X'Y}} = \underset{2x2}{\mathbf{X'X}} \underset{2x1}{\boldsymbol{\beta}}
$$

$$
\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \ldots\ldots\ldots & 1 \\ X_1 & X_2 & X_2 & \ldots\ldots\ldots\ldots & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ . \\ . \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \ldots\ldots\ldots & 1 \\ X_1 & X_2 & X_3 & \ldots\ldots & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & X_1 \\ 1 & X_2 \\ 1 & X_3 \\ . & . \\ . & . \\ 1 & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix}
$$

$$
\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} Y_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} X_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_i & \sum_{i=1}^{n} X_i^{\,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix}
$$

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} X_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_i & \sum_{i=1}^{n} X_1{}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} Y_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \end{bmatrix}$$

Jadi β = (X'X)$^{-1}$ X'Y

Disini (X'X)$^{-1}$ adalah kebalikan (inverse) dari matrik X'X

$$(X'X)^{-1} = \frac{1}{n\sum_{i=1}^{n} X_i{}^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_i)^2} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} X_i{}^2 & -\sum_{i=1}^{n} X_i \\ -\sum_{i=1}^{n} X_i & n \end{bmatrix}$$

$$\text{Jadi } \beta = \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y - \beta_1 X \\ \dfrac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - (\sum_{i=1}^{n} X_i)(\sum_{i=1}^{n} Y_i)/n}{\sum_{i=1}^{n} X_i{}^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_i)^2/n} \end{bmatrix}$$

Contoh 7.1

Seorang peneliti ingin mengetahui bentuk hubungan antara jumlah cacing jenis tertentu denagn jumlah telurnya pada usus ayam buras. Untuk tujuan tersebut diperiksa 20 ekor ayam dan ditemukan sebagai berikut :

Tabel 6. Jumlah cacing dan jumlah telurnya pada usus ayam buras.

No	Jumlah Cacing (Xi)	Jumlah telurnya (Yi)
1	12	45
2	14	50
3	13	51
4	12	43
5	15	61
6	16	62
7	13	50
8	11	43
9	10	40
10	11	44
11	12	48
12	13	52
13	17	70
14	19	76
15	13	53
16	11	43
17	16	60
18	12	48
19	14	53
20	15	63
Total	269	1055
Rataan	13,45	52,75

Dari data diatas kita bisa menghitung :

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 12+14+13+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+15=269$$

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = 45+50+51+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+63=1055$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = 12^2+14^2+13^2+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+15^2=3719$$

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 = 45^2+50^2+51^2+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+62^2=57449$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i = 12x45+14x50+13x51+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+15x63=14604$$

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i = \frac{1}{20} = 269 = 13{,}45$$

$$\overline{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i = \frac{1}{20} = 1055 = 52{,}75$$

Bila kita duga bentuk hubungan antara jumlah cacing (X) dan jumlah telurnya (Y) adalah :

$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$

$i=1,2,3,\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..,20$

disini $\hat{Y}_i$ adalah dugaan Y_i

jadi persamaan normalnya adalah :

$$X'Y = X'X\beta$$

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{20} Y_i \\ \sum_{i=1}^{20} X_i Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 & \sum_{i=1}^{n} X_i \\ \sum_{i=1}^{20} X_i & \sum_{i=1}^{20} X_1{}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1055 \\ 14604 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 & 269 \\ 269 & 3719 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix} = \frac{1}{20\sum_{i=1}^{20} X_1{}^2 - (\sum_{i=1}^{20} X_i)^2} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{20} X_1{}^2 & -\sum_{i=1}^{20} X_i \\ -\sum_{i=1}^{20} X_i & 20 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 \\ \sum_{i=1}^{20} X_i Y_i \end{bmatrix}$$

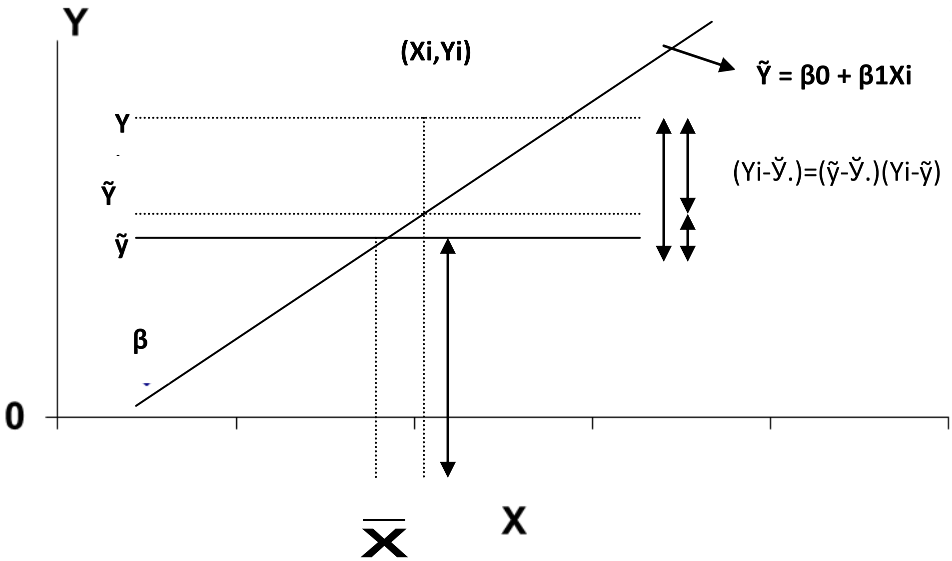
$$\begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \end{bmatrix} = \frac{1}{20(3719) - (269)^2} \begin{bmatrix} 3719 & -269 \\ -269 & 20 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1055 \\ 14604 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2{,}442 \\ 4{,}103 \end{bmatrix}$$

Jadi $\hat{Y}$=-2,442 + 4,103 Xi,

Persamaan garis regresi Yi =-2,442 + 4,103 Xi bukanlah satu-satunya garis penduga untuk menyatakan hubungan antara jumlah cacing dengan jumlah telurnya. Sudah barang tentu masih banyak lagi bentuk persamaan penduga yang dapat dibuat misalnya dalam bentuk persamaan $Yi=\beta_o+\beta_1X_i+\beta_2X_i^2$,$Yi=\beta_oX_i^{\beta 1}$ (dalam bentuk linear $LnYi=Ln\ \beta_o+\beta_i\ LnXi$) dan masih banyak lagi bentuk yang lainnya.

Untuk menyatakan apakah garis yang diperoleh cukup baik untuk menggambarkan hubungan antara peubah bebas (X) dengan peubah tak bebas(Y) dapat dilakukan pengujian bentuk model yang digunakan dan keeratan hubungannya (korelasinya) untuk menyatakan ketepatan dan ketelitian persamaan garis regresi yang diperoleh.

Garis regresi yang kita peroleh akan selalu melalui rata-rata peubah X dan Y (X,Y) maka dapat dijelaskan seperti gambar dibawah ini



Dengan metode kuadrat terkecil maka kita peroleh :

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\overline{Y}.)^2 = \sum_{i=1}^{n}\left\{\left(Y_i-\overline{Y}.\right)+(Y_i-Y_i)\right\}^2$$

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\overline{Y.)^2} = \sum_{i=1}^{n}\left\{(\hat{Y}-\overline{Y}.)^2+(\hat{Y}_i-\overline{Y}.)(Y_i-\hat{Y}_i)+(Y_i-\hat{Y}_i)^2\right\}$$

Dari persamaan di atas maka diperoleh :

JK total = $\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y}.)^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i^{\,2} - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Y_i)^2$

JK Regresi = $\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - \overline{Y}.)^2 = (X'Y)\beta - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Y_i)^2$

JK Galat = $\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i^{\;\;2} - (X'Y)'\beta$

Sedangkan= $\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - \overline{Y}.)(Y_i - \hat{Y}_i) = 0$

Untuk menentukan apakah garis regresi yang kita peroleh cukup dapat dipercaya maka kita dapat mengujinya dengan uji F seperti tabel sidik ragam di bawah ini

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Regresi Galat	p n-1-p	JK R JK G	$\frac{JKR}{p}$ = KTR $\frac{JKG}{n-1-p}$ = KTG	$\frac{KTR}{KTG}$		
Total	n-1	JK T				

Jika hasil hitungan yaitu F hitung ($\frac{KTR}{KTG}$)≥ dari F tabel (0,05; p,n-1-p) maka dapat disimpulkan persamaan garis regresi nyata (P<0,05) bentuk persamaannya seperti yang kita duga demikian pula jika F hitung ($\frac{KTR}{KTG}$)≥ dari F tabel (0,05; p,n-1-p) maka dapat disimpulkan persamaan garis regresi sangat nyata (P>0,05) atau dengan kata lain persamaaan garis regresi tersebut tidak bisa kita terima sebagai penduga hubungan antara peubah (X) dengan Peubah (Y)

Bila bentuk hubungan antar peubah X dengan peubah Y sudah dapat kita terima maka kita ingin pula mengetahui seberapa besar keeratan hubungannya (korelasinya). Walaupun bentuk hubungan antara peubah X dengan peubah Y ada dalam bentuk yang benar belum tentu korelasinya besar karena banyak peubah lain yang turut mempengaruhi perubahan peubah Y. Besarnya perubahan peubah Y yang dapat diterangkan oleh peubah X dengan menggunakan persamaan garis regresi yang diperoleh disebut koefisien determinan

Koefisien determinan diberi lambang r^2 untuk bentuk persamaan garis regresi sederhana dan R^2 untuk bentuk persamaan lainnya, besarnya $0<r^2 = R^2<1$ dan dihitung dengan rumus :

$$r^2 = R^2 = \frac{JK\,\mathrm{Re}\,gresi}{JKTotal}$$

Jadi koefisien korelasinya : r =R= $\pm\sqrt{R^2}$

Dari tabel 1 kita dapat menghitung

JK Total = $\sum_{i=1}^{n} Y_i{}^2 - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Y_i)^2 = 57449 - \frac{(1055)^2}{20}$

= 57449-55651,25=1797,75

JK Regresi = (X'Y)'β $-\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Y_i)^2 =$ (1055)(2,442)+ (14606)(4,103) – 55651,25 =1692,625

.JK Galat = JK total- JK Regresi

= 1797,75-1692,625=105,098

Jadi tabel sidik ragamnya adalah :

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Regresi Galat	1 18	1692,652 105,098	1692,652 5,839	289,89	4,41	8,29
Total	19	1797,750				

Jadi dapat disimpulkan bahwa persamaan garis regresi yang diperoleh sangat nyata (P<0,01) karena F hitung> F tabel pada taraf signifikansi 0,01 (289,89>8,29)

Jadi $r^2 = \dfrac{JKregresi}{JKTotal} = \dfrac{1692,652}{1797,750} = 0,9415$

Jadi dengan menggunakan persamaan garis regresi penduga Yi =-2,442 + 4,103 Xi banyaknya jumlah telur cacing pada usus ayam buras sekitar 94,15 % ditentukan oleh banyaknya cacing dalam usus tersebut sedangkan 5,85 % ditentukan atau dipengaruhi oleh factor lain.

Jadi keeratan hubungan (r=±√0,9415=0,9703) dalam persamaan ini diambil hanya r positif karena dengan bertambah besarnya nilai Xi nilai Yi juga meningkat. Untuk menyatakan apakah hubungan cukup berarti maka besarnya r ini dapat kita bandingkan dengan r tabel.

Jika r hitung ≥ r tabel (0,05:p,db=n-p-1) maka disimpulkan keeratan hubungannya nyata (P>0,05) dan jika r hitung≥r tabel (0,01;p,db=n-p-1)maka disimpulkan keeratan hubungannya sangat nyata (P<0,01) sedangkan jika r hitung< r tabel (0,05;p,db=n-p-1) maka disimpulkan keeratan hubungannya tidak nyata (P<0,01)

Bila persamaan garis regresi derajat polinomnya atau peubah bebasnya (X) lebih besar dari satu maka perlu dilakukan pengujian terhadap koefisien garis regresinya (β_j yaitu $\beta_1, \beta_2, \ldots\ldots\ldots\ldots, \beta_p$), untuk mengetahui β_j yang mana yang menentukan ketepatan dan ketelitian garis regresinya yang diperoleh.

Misalkan terdiri dari p peubah bebas maka modelnya menjadi

$Yi = \beta_o + \beta_1 X_{i1} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \beta_p X_{ip}$ dengan persamaan normalnya :

$$\underset{dxi}{X'Y} = \underset{dxd}{X'X} \; \underset{dx1}{\beta} \quad \text{disini } d=p+1$$

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} Yi \\ \sum_{i=1}^{n} Xi1Yi \\ \sum_{i=1}^{n} Xi2Yi \\ \ldots\ldots\ldots \\ \sum_{i=1}^{n} XipYi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} Xi1 & \sum_{i=1}^{n} Xi2 & \ldots\ldots\ldots\ldots & \sum_{i=1}^{n} Xip \\ \sum_{i=1}^{n} Xi1 & \sum_{i=1}^{n} X_i^2 1 & \sum_{i=1}^{n} Xi1Xi2 & \ldots\ldots\ldots\ldots & \sum_{i=1}^{n} Xi1Xip \\ \sum_{i=1}^{n} Xi2 & \sum_{i=1}^{n} Xi2Xi1 & \sum_{i=1}^{n} X_i^2 & \ldots\ldots\ldots\ldots & \sum_{i=1}^{n} Xi2Xip \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \sum_{i=1}^{n} Xip & \sum_{i=1}^{n} XipXi1 & \sum_{i=1}^{n} XipXi1 & \ldots\ldots\ldots\ldots & \sum_{i=1}^{n} X_i^2 p \end{bmatrix}^{2}$$

Jadi : $\beta = (X'X)^{-1}X'Y$

Jika elemen-elemen matrik X kita kurangi dengan rata-rata elemen-elemen tiap kolomnya maka diperoleh matrik X_A. sebagai contoh kita untuk p=2 maka matriknya adalah sebagai berikut :

$$X_A = \begin{bmatrix} (X_{11} - \overline{X}._1) & (X_{12} - \overline{X}._2) \\ (X_{21} - \overline{X}._1) & (X_{22} - \overline{X}._2) \\ (X_{31} - \overline{X}._1) & (X_{32} - \overline{X}._2) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ (X_{n1} - \overline{X}._1) & (X_{n2} - \overline{X}._2) \end{bmatrix}$$

$$X'_A X_A = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} (Xi_1 - \overline{X_1.})^2 & \sum_{i=1}^{n} (Xi_1 - \overline{X}i_2 - X._2) \\ \sum_{i=1}^{n} (Xi_1 - \overline{X._2})(Xi_2 - \overline{X._2})^2 & \sum_{i=1}^{n} (Xi_2 - \overline{X_2.}\quad)^2 \end{bmatrix}$$

Biasanya ditulis : $X'_A X_A = \begin{bmatrix} JKX_1 & JHKX_1X_2 \\ JHKX_1X_2 & JKX_2 \end{bmatrix}$

Untuk menguji β_i kita cari kekalikan dari matriks $X_A X_A^{-1}$ kemudian kita gandakan dengan S_r^2 regresi yaitu $(\sum_{i=1}^{n} \hat{Y}i - Yi)^2 /(n - p - 1)$ maka pengujian β_i dapat dilakukan dengan rumus :

$$|t_H| = \frac{\beta_i}{Sb_i}$$

Disini √Sbi adalah elemen-elemen diagonal matrik $X_A X_A^{-1}$ yang telah digandakan dengan S_r^2 regresi

<u>Contoh 7.2</u>

Seorang peneliti ingin mengetahui hubungan antara dosis obat tertentu (X) dengan kadar Creatinin Ginjalnya (Y) dari hasil penelitiannya diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil pengamatan kadar creatinin

No	Dosis Obat mg (Xi)	Kadar Creatinin % (Yi)
1	1	10
2	2	13
3	3	15
4	4	20
5	5	16
6	7	11
7	3	14
8	2	12
9	4	21
10	6	17
11	7	10
12	8	7
13	8	6
14	1	11
15	3	16

Jawab

Dari data yang diperoleh diduga bentuk persamaan garis regresinya

$$Yi = \beta_0 + \beta_1 Xi + \beta_2 X_1^{\ 2} + \varepsilon i$$

Jadi persamaann normalnya adalah X'Y=X'X β

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n} Yi \\ \sum_{i=1}^{n} XiYi \\ \sum_{i=1}^{n} X_1^2 Yi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} Xi & \sum_{i=1}^{n} X_1^2 \\ \sum_{i=1}^{n} Xi & \sum_{i=1}^{n} X_1^2 & \sum_{i=1}^{n} X_1^3 \\ \sum_{i=1}^{n} X_1^2 & \sum_{i=1}^{n} X_1^3 & \sum_{i=1}^{n} X_1^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 199 \\ 803 \\ 4055 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 & 64 & 356 \\ 64 & 356 & 2278 \\ 356 & 2278 & 15703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\beta_1\\\beta_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}15 & 64 & 356\\64 & 356 & 2278\\356 & 2278 & 15703\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}199\\803\\4055\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\beta_1\\\beta_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1{,}0520 & -0{,}5090 & 0{,}0500\\-0{,}5090 & 0{,}2855 & -0{,}0299\\0{,}0500 & -0{,}0299 & 0{,}0033\end{bmatrix}\begin{bmatrix}199\\803\\4055\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}3{,}36313\\6{,}77799\\-0{,}80123\end{bmatrix}$$

Jadi persamaan garis regresinya adalah:

$\hat{Y}i$=3,36313 + 6,77799Xi -0,80123X_1^2

JK total = $\sum_{i=1}^{n} Yi^2 - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Yi)^2 = 2903 - \frac{(199)^2}{15}$

= 2903-2640,067=262,933

JK Regresi =(X''Y)' $\beta - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n})^2$

$$= \begin{bmatrix}199 & 803 & 4055\end{bmatrix}\begin{bmatrix}3{,}36313\\6{,}77799\\-0{,}80123\\ \end{bmatrix} - \frac{(199)^2}{15}$$

= 669,263 +5442,726 -3248,988-2640,067

= 222,934

JK Galat = $\sum_{i=1}^{n} Yi^2 - (X'Y)'\beta$ = JK total – JK Regresi

= 262,933-222,934 =39,999

Jadi Tabel sidik ragamnya adalah :

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Regresi	2	222,934	111,476	33,44	3,89	6,93
Galat	12	39,999	3,333			

Total	14	262,933				

Disini S_r^2 = KT Galat =3,333

Jadi dapat kita simpulkan bahwa persamaan garis regresi yang diperoleh sangat nyata (P<0,01) karena F hitung > f tabel pada taraf signifikasi 0,01(33,44>8,93)

Jadi $R^2 = \frac{JK\,Regresi}{JKTotal} = \frac{222,934}{262,933} = 0,8479$

Maka R = √0,8479= 0,9208

Bila kita bandingkan dengan $R_{0,01(db=2;12)}$=0,732 maka disimpulkan korelasinya sangat nyata (P<0,01). Untuk menguji $\beta_1$dan β_2 maka dicari matrik X_AX_A dan kebalikannya (X_AX_A-1)

JK X = $\sum_{i=1}^{n} Xi^2 - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Xi)^2 = 356 - \frac{(64)^2}{15}$

= 356 – 273,0667 = 82,9333

JK X^2 = $\sum_{i=1}^{n} Xi^4 - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Xi^2)^2 = 15703 - \frac{(356)^2}{15}$

= 15703 -8449,0667 =7253,9333

JK XX^2 = $\sum_{i=1}^{n} Xi^3 - \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} Xi)\ (\sum_{i=1}^{n} Xi^2)$

= 2278- $\frac{(64)(356)}{15}$

= 2278 – 1518,9333 =759,0667

X’$_A$X$_A$ = $\begin{bmatrix} 82,9333 & 759,0667 \\ 759,0667 & 7253,9333 \end{bmatrix}, X'_A X_A^{-1} = \begin{bmatrix} 0,28545 & -0,02987 \\ -0,02987 & 0,00326 \end{bmatrix}$

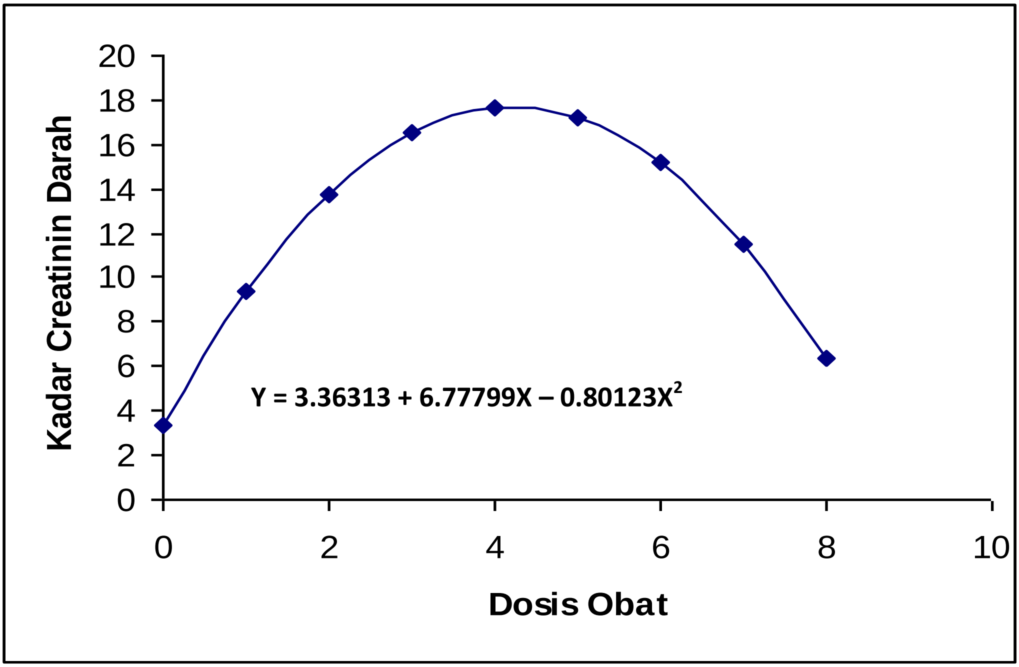
$X_AX_A^{-1} S_r^2 = 3,333 \begin{bmatrix} 0,28545 & -0,02987 \\ -0,02987 & 0,00326 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,951405 & -0,099557 \\ -0,099557 & 0,010866 \end{bmatrix}$

$$|t_H| = \frac{\beta_i}{Sbi}$$

Untuk β_1 maka $|t_H| = \dfrac{6{,}77799}{\sqrt{0{,}951405}} = 6{,}61$

Untuk β_2 maka $|t_H| = \dfrac{-0{,}80123}{\sqrt{0{,}010866}} = 7{,}69$

Bila kita bandingkan $t_{0,005(db=n-p-1=12)}$=3,055 t_H untuk β_1 dan β_2 lebih besar dari t tabel 0,01 maka disimpulkan koefisien garis regresinya sangat nyata (P<0,01) dari creatinin darah (%)



BAB VIII.
ANALISIS KORELASI

Bagian ini membahas masalah pengenalan analisis korelasi dan teori korelasi. Setelah selesai membaca bagian ini maka pembaca akan dapat memahami:Pengertian pengukuran asosiasi, pengertian korelasi, kegunaan teknik analisis korelasi, pengertian korelasi dan kausalitas, pengertian korelasi dan linieritas, asumsi dalam menggunakan korelasi, karakteristik korelasi, koefesien korelasi, signifikansi, interpretasi korelasi, uji hipotesis dalam korelasi, dan koefesien determinasi.

A. PENGERTIAN.

Sepanjang sejarah umat manusia, orang melakukan penelitian mengenai ada dan tidaknya hubungan antara dua hal, fenomena, kejadian atau lainnya. Usaha-usaha untuk mengukur hubungan ini dikenal sebagai mengukur asosiasi antara dua fenomena atau kejadian yang menimbulkan rasa ingin tahu para peneliti.

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi / hubungan (*measures of association*). Pengukuran asosiasi merupakan istilah umum yang mengacu pada sekelompok teknik dalam statistik bivariat yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Diantara sekian banyak teknik-teknik pengukuran asosiasi, terdapat dua teknik korelasi yang sangat populer sampai sekarang, yaitu Korelasi Pearson Product Moment dan Korelasi Rank Spearman. Selain kedua teknik tersebut, terdapat pula teknik-teknik korelasi lain, seperti Kendal, Chi-Square, Phi Coefficient, Goodman-Kruskal, Somer, dan Wilson.

Pengukuran asosiasi mengenakan nilai numerik untuk mengetahui tingkatan asosiasi atau kekuatan hubungan antara variabel. Dua variabel dikatakan berasosiasi jika perilaku variabel yang satu mempengaruhi variabel yang lain. Jika tidak terjadi pengaruh, maka kedua variabel tersebut disebut independen.

Korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel (kadang lebih dari dua variabel) dengan skala-skala tertentu, misalnya Pearson data harus berskala interval atau rasio; Spearman dan Kendal menggunakan skala ordinal; Chi Square menggunakan data nominal. Kuat lemah hubungan diukur diantara jarak (range) 0 sampai dengan 1. Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefesien korelasi diketemukan positif; sebaliknya jika nilai koefesien korelasi negatif, korelasi disebut tidak searah. Yang dimaksud dengan koefesien korelasi ialah suatu pengukuran statistik kovariasi atau asosiasi antara dua variabel. Jika koefesien korelasi diketemukan tidak sama dengan nol (0), maka terdapat ketergantungan antara dua variabel tersebut. Jika koefesien korelasi diketemukan +1. maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (slope) positif.

Jika koefesien korelasi diketemukan -1. maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (slope) negatif. Dalam korelasi sempurna tidak diperlukan lagi pengujian hipotesis, karena kedua variabel mempunyai hubungan linear yang sempurna. Artinya variabel X mempengaruhi variabel Y secara sempurna. Jika korelasi sama dengan nol (0), maka tidak terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut.Dalam korelasi sebenarnya tidak dikenal istilah variabel bebas dan variabel tergantung. Biasanya dalam penghitungan digunakan simbol X untuk variabel pertama dan Y untuk variabel kedua. Dalam contoh hubungan antara variabel remunerasi dengan kepuasan kerja, maka variabel remunerasi merupakan variabel X dan kepuasan kerja merupakan variabel Y.

B. KEGUNAAN

Pengukuran asosiasi berguna untuk mengukur kekuatan (*strength*) hubungan antar dua variabel atau lebih. Contoh: mengukur hubungan antara variabel:

- Motivasi kerja dengan produktivitas
- Kualitas layanan dengan kepuasan pelanggan
- Tingkat inflasi dengan IHSG

Pengukuran ini hubungan antara dua variabel untuk masing-masing kasus akan menghasilkan keputusan, diantaranya:

- Hubungan kedua variabel tidak ada
- Hubungan kedua variabel lemah
- Hubungan kedua variabel cukup kuat
- Hubungan kedua variabel kuat
- Hubungan kedua variabel sangat kuat

Penentuan tersebut didasarkan pada kriteria yang menyebutkan jika hubungan mendekati 1, maka hubungan semakin kuat; sebaliknya jika hubungan mendekati 0, maka hubungan semakin lemah.

C. TEORI KORELASI

1. Korelasi dan Kausalitas

Ada perbedaan mendasar antara korelasi dan kausalitas. Jika kedua variabel dikatakan berkorelasi, maka kita tergoda untuk mengatakan bahwa variabel yang satu mempengaruhi variabel yang lain atau dengan kata lain terdapat hubungan kausalitas. Kenyataannya belum tentu. Hubungan kausalitas terjadi jika variabel X mempengaruhi Y. Jika kedua variabel diperlakukan secara simetris (nilai pengukuran tetap sama seandainya peranan variabel-variabel tersebut ditukar) maka meski kedua variabel berkorelasi tidak dapat dikatakan mempunyai hubungan kausalitas. Dengan demikian, jika terdapat dua variabel yang berkorelasi, tidak harus terdapat hubungan kausalitas.

Terdapat dictum yang mengatakan "*correlation does not imply causation*". Artinya korelasi tidak dapat digunakan secara valid untuk melihat adanya hubungan kausalitas dalam variabel-variabel. Dalam korelasi aspek-aspek yang melandasi terdapatnya hubungan antar variabel mungkin tidak diketahui atau tidak langsung. Oleh karena itu dengan menetapkan korelasi dalam hubungannya dengan variabel-variabel yang diteliti tidak akan memberikan persyaratan yang memadai untuk menetapkan hubungan kausalitas kedalam variabel-variabel tersebut. Sekalipun demikian bukan berarti bahwa korelasi tidak dapat digunakan sebagai indikasi adanya hubungan kausalitas antar variabel. Korelasi dapat digunakan sebagai salah satu bukti adanya kemungkinan terdapatnya hubungan kausalitas tetapi tidak dapat memberikan indikasi hubungan kausalitas seperti apa jika memang itu terjadi dalam variabel-variabel yang diteliti, misalnya model *recursive*, dimana X mempengaruhi Y atau *non-recursive*, misalnya X mempengaruhi Y dan Y mempengaruhi X.

Dengan untuk mengidentifikasi hubungan kausalitas tidak dapat begitu saja dilihat dengan kaca mata korelasi tetapi sebaiknya menggunakan model-model yang lebih tepat, misalnya regresi, analisis jalur atau *structural equation model*.

2. Korelasi dan Linieritas

Terdapat hubungan erat antara pengertian korelasi dan linieritas. Korelasi Pearson, misalnya, menunjukkan adanya kekuatan hubungan linier dalam dua variabel. Sekalipun demikian jika asumsi normalitas salah maka nilai korelasi tidak akan memadai untuk membuktikan adanya hubungan linieritas. Linieritas artinya asumsi adanya hubungan dalam bentuk garis lurus antara variabel. Linearitas antara dua variabel dapat dinilai melalui observasi *scatterplots* bivariat. Jika kedua variabel berdistribusi normal dan behubungan secara linier, maka scatterplot berbentuk oval; jika tidak berdistribusi normal scatterplot tidak berbentuk oval.

Dalam praktinya kadang data yang digunakan akan menghasilkan korelasi tinggi tetapi hubungan tidak linier; atau sebaliknya korelasi rendah tetapi hubungan linier. Dengan demikian agar linieritas hubungan dipenuhi, maka data yang digunakan harus mempunyai distribusi normal. Dengan kata lain, koefesien korelasi hanya merupakan statistik ringkasan sehingga tidak dapat digunakan sebagai sarana untuk memeriksa data secara individual.

3. Asumsi

Asumsi dasar korelasi diantaranya seperti tertera di bawah ini:

a. Kedua variabel bersifat independen satu dengan lainnya, artinya masing-masing variabel berdiri sendiri dan tidak tergantung satu dengan lainnya. Tidak ada istilah variabel bebas dan variabel tergantung.
b. Data untuk kedua variabel berdistribusi normal. Data yang mempunyai distribusi normal artinya data yang distribusinya simetris sempurna. Jika digunakan bahasa umum disebut berbentuk kurva bel. Menurut Johnston (2004) ciri-ciri data yang mempunyai distribusi normal ialah sebagai berikut:

- Kurva frekuensi normal menunjukkan frekuensi tertinggi berada di tengah-tengah, yaitu berada pada rata-rata (*mean*) nilai distribusi dengan kurva sejajar dan tepat sama pada bagian sisi kiri dan kanannya. Kesimpulannya, nilai yang paling sering muncul dalam distribusi normal ialah rata-rata (*average*), dengan setengahnya berada dibawah rata-rata dan setengahnya yang lain berada di atas rata-rata.
- Kurva normal, sering juga disebut sebagai kurva bel, berbentuk simetris sempurna.
- Karena dua bagian sisi dari tengah-tengah benar-benar simetris, maka frekuensi nilai-nilai diatas rata-rata (*mean*) akan benar-benar cocok dengan frekuensi nilai-nilai di bawah rata-rata.
- Frekuensi total semua nilai dalam populasi akan berada dalam area dibawah kurva. Perlu diketahui bahwa area total dibawah kurva mewakili kemungkinan munculnya karakteristik tersebut.
- Kurva normal dapat mempunyai bentuk yang berbeda-beda. Yang menentukan bentuk-bentuk tersebut adalah nilai rata-rata dan simpangan baku (standard deviation) populasi.
- X dan Y mempunyai hubungan linier. Hubungan linier artinya hubungan kedua variabel membentuk garis lurus.

4. Karakteristik Korelasi

Korelasi mempunyai karakteristik-karakteristik diantaranya:

Kisaran Korelasi

Kisaran (*range*) korelasi mulai dari 0 sampai dengan 1. Korelasi dapat positif dan dapat pula negatif.

Korelasi Sama Dengan Nol

Korelasi sama dengan 0 mempunyai arti tidak ada hubungan antara dua variabel. Jika dilihat dari sebaran data, maka gambarnya akan seperti terlihat di bawah ini:

Korelasi Sama Dengan Satu

Korelasi sama dengan + 1 artinya kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna (membentuk garis lurus) positif. Korelasi sempurna seperti ini mempunyai makna jika nilai X naik, maka Y juga naik. Korelasi sama dengan -1 artinya kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna (membentuk garis lurus) negatif. Korelasi sempurna seperti ini mempunyai makna jika nilai X naik, maka Y turun (dan sebaliknya).

5. Koefesien Korelasi

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono:2006):

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- >0 – 0,25: Korelasi sangat lemah

- >0,25 – 0,5: Korelasi cukup
- >0,5 – 0,75: Korelasi kuat
- >0,75 – 0,99: Korelasi sangat kuat
- 1: Korelasi sempurna

6. Signifikansi

Apa sebenarnya signifikansi itu? Dalam bahasa Inggris umum, kata, "*significant*" mempunyai makna penting; sedang dalam pengertian statistik kata tersebut mempunyai makna "benar" tidak didasarkan secara kebetulan. Hasil riset dapat benar tapi tidak penting. Signifikansi / probabilitas / α memberikan gambaran mengenai bagaimana hasil riset itu mempunyai kesempatan untuk benar. Jika kita memilih signifikansi sebesar 0,01, maka artinya kita menentukan hasil riset nanti mempunyai kesempatan untuk benar sebesar 99% dan untuk salah sebesar 1%.

Secara umum kita menggunakan angka signifikansi sebesar 0,01; 0,05 dan 0,1. Pertimbangan penggunaan angka tersebut didasarkan pada tingkat kepercayaan (*confidence interval*) yang diinginkan oleh peneliti. Angka signifikansi sebesar 0,01 mempunyai pengertian bahwa tingkat kepercayaan atau bahasa umumnya keinginan kita untuk memperoleh kebenaran dalam riset kita adalah sebesar 99%. Jika angka signifikansi sebesar 0,05, maka tingkat kepercayaan adalah sebesar 95%. Jika angka signifikansi sebesar 0,1, maka tingkat kepercayaan adalah sebesar 90%.

Pertimbangan lain ialah menyangkut jumlah data (sample) yang akan digunakan dalam riset. Semakin kecil angka signifikansi, maka ukuran sample akan semakin besar. Sebaliknya semakin besar angka signifikansi, maka ukuran sample akan semakin kecil. Unutuk memperoleh angka signifikansi yang baik, biasanya diperlukan ukuran sample yang besar. Sebaliknya jika ukuran sample semakin kecil, maka kemungkinan munculnya kesalahan semakin ada.

Untuk pengujian dalam SPSS digunakan kriteria sebagai berikut:

- Jika angka signifikansi hasil riset < 0,05, maka hubungan kedua variabel signifikan.
- Jika angka signifikansi hasil riset > 0,05, maka hubungan kedua variabel tidak signifikan

7. Interpretasi Korelasi

Ada tiga penafsiran hasil analisis korelasi, meliputi: pertama, melihat kekuatan hubungan dua variabel; kedua, melihat signifikansi hubungan; dan ketiga, melihat arah hubungan.

Untuk melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dilakukan dengan melihat angka koefesien korelasi hasil perhitungan dengan menggunakan kriteria sbb:

- Jika angka koefesien korelasi menunjukkan 0, maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan
- Jika angka koefesien korelasi mendekati 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin kuat
- Jika angka koefesien korelasi mendekati 0, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin lemah
- Jika angka koefesien korelasi sama dengan 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna positif.
- Jika angka koefesien korelasi sama dengan -1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna negatif.

Interpretasi berikutnya melihat signifikansi hubungan dua variabel dengan didasarkan pada angka signifikansi yang dihasilkan dari penghitungan dengan ketentuan sebagaimana sudah dibahas di bagian 2.7.

di atas. Interpretasi ini akan membuktikan apakah hubungan kedua variabel tersebut signifikan atau tidak.

Interpretasi ketiga melihat arah korelasi. Dalam korelasi ada dua arah korelasi, yaitu searah dan tidak searah. Pada SPSS hal ini ditandai dengan pesan *two tailed.* Arah korelasi dilihat dari angka koefesien korelasi. Jika koefesien korelasi positif, maka hubungan kedua variabel searah. Searah artinya jika variabel X nilainya tinggi, maka variabel Y juga tinggi. Jika koefesien korelasi negatif, maka hubungan kedua variabel tidak searah. Tidak searah artinya jika variabel X nilainya tinggi, maka variabel Y akan rendah.

Dalam kasus, misalnya hubungan antara kepuasan kerja dan komitmen terhadap organisasi sebesar 0,86 dengan angka signifikansi sebesar 0 akan mempunyai makna bahwa hubungan antara variabel kepuasan kerja dan komitmen terhadap organisasi sangat kuat, signifikan dan searah. Sebaliknya dalam kasus hubungan antara variabel mangkir kerja dengan produktivitas sebesar -0,86, dengan angka signifikansi sebesar 0; maka hubungan kedua variabel sangat kuat, signifikan dan tidak searah.

8. Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis uintuk korelasi digunakan uji T. Rumusnya sebagai berikut:

Pengambilan keputusan menggunakan angka pembanding t tabel dengan kriteria sebagai berikut:

Jika t hitung > t table H0 ditolak; H1 diterima

Jika t hitung < t table H0 diterima; H1 ditolak

Kita dapat juga menggunakan kurva seperti di bawah ini:

Contoh: Hubungan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai

Hipotesis berbunyi sbb:

- H0: Tidak ada hubungan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai
- H1: Ada hubungan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai

Hasil t hitung sebesar 3,6

T table dengan ketentuan α= 0,05 Degree of freedom: n-2, dan n = 30 diketemukan sebesar: 2,048. Didasarkan ketentuan di atas, maka t hitung 3,6 > t table 2,048. Dengan demikian H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya ada hubungan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai

Disamping menggunakan cara diatas, cara kedua ialah menggunakan angka signifikansi. Caranya sebagai berikut:
Hipotesis berbunyi sbb:

- H0: Tidak ada hubungan signifikan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai
- H1: Ada hubungan signifikan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai

Angka signifikansi hasil perhitungan sebesar 0,03. Bandingkan dengan angka signifikansi sebesar 0,05. Keputusan menggunakan kriteria sbb:

  - Jika angka signifikansi hasil riset < 0,05, maka H0 ditolak.
  - Jika angka signifikansi hasil riset > 0,05, maka H0 diterima

Didasarkan ketentuan diatas maka signifikansi hitung sebesar 0,03 < 0,05, maka H0 ditolak dan H1 diterima. Artinya Ada hubungan signifikan antara kepuasan kerja dengan loyalitas pegawai.Dalam SPSS pengujian dilakukan dengan menggunakan angka signifikansi. Oleh karena itu dalam contoh analisis pada bab berikutnya akan hanya menggunakan angka signifikansi.

9. Koefesien Determinasi

Koefesien diterminasi dengan simbol r^2 merupakan proporsi variabilitas dalam suatu data yang dihitung didasarkan pada model statistik. Definisi berikutnya menyebutkan bahwa r^2 merupakan rasio variabilitas nilai-nilai yang dibuat model dengan variabilitas nilai data asli. Secara umum r^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Dalam regresi r^2 ini dijadikan sebagai pengukuran seberapa baik garis regresi mendekati nilai data asli yang dibuat model. Jika r^2 sama dengan 1, maka angka tersebut menunjukkan garis regresi cocok dengan data secara sempurna.

Interpretasi lain ialah bahwa r^2 diartikan sebagai proporsi variasi tanggapan yang diterangkan oleh regresor (variabel bebas / X) dalam model. Dengan demikian, jika $r^2 = 1$ akan mempunyai arti bahwa model yang sesuai menerangkan semua variabilitas dalam variabel Y. jika $r^2 = 0$ akan mempunyai arti bahwa tidak ada hubungan antara regresor (X) dengan variabel Y. Dalam kasus misalnya jika $r^2 = 0{,}8$ mempunyai arti bahwa sebesar 80% variasi dari variabel Y (variabel tergantung / response) dapat diterangkan dengan variabel X (variabel bebas / explanatory); sedang sisanya 0,2 dipengaruhi oleh variabel-variabel yang tidak diketahui atau variabilitas yang inheren. (Rumus untuk menghitung koefesien determinasi (KD) adalah KD = r^2 x 100%) Variabilitas mempunyai makna penyebaran / distribusi seperangkat nilai-nilai tertentu. Dengan menggunakan bahasa umum, pengaruh variabel X terhadap Y adalah sebesar 80%; sedang sisanya 20% dipengaruhi oleh faktor lain.

Dalam hubungannya dengan korelasi, maka r^2 merupakan kuadrat dari koefesien korelasi yang berkaitan dengan variabel bebas (X) dan variabel Y (tergantung). Secara umum dikatakan bahwa r^2 merupakan kuadrat korelasi antara variabel yang digunakan sebagai predictor (X) dan variabel yang memberikan response (Y). Dengan menggunakan bahasa sederhana r^2 merupakan koefesien korelasi yang dikuadratkan. Oleh karena itu, penggunaan koefesien determinasi dalam korelasi tidak harus diinterpretasikan sebagai besarnya pengaruh variabel X terhadap Y mengingat bahwa korelasi tidak sama dengan kausalitas. Secara bebas dikatakan dua variabel mempunyai hubungan belum tentu variabel satu mempengaruhi variabel lainnya. Lebih lanjut dalam konteks korelasi antara dua variabel maka pengaruh variabel X terhadap Y tidak nampak. Kemungkinannya hanya korelasi merupakan penanda awal bahwa variabel X mungkin berpengaruh terhadap Y. Sedang bagaimana pengaruh itu terjadi dan ada atau tidak kita akan mengalami kesulitan untuk membuktikannya. Hanya menggunakan angka r^2 kita tidak akan dapat membuktikan bahwa variabel X mempengaruhi Y.

Dengan demikian jika kita menggunakan korelasi sebaiknya jangan menggunakan koefesien determinasi untuk melihat pengaruh X terhadap Y karena korelasi hanya menunjukkan adanya hubungan antara variabel X dan Y. Jika tujuan riset hanya untuk mengukur hubungan maka sebaiknya berhenti saja di angka koefisien korelasi. Sedang jika kita ingin mengukur besarnya pengaruh variabel X terhadap Y sebaiknya menggunakan rumus lain, seperti regresi atau analisis jalur.

D. ANALISIS RAGAM SEDERHANA

Jika perlakuan yang ingin diuji/dibandingkan lebih dari dua(P>2) dan ragam tidak diketahui maka kita bisa melakukan uji t dengan jalan menguji perlakuan sepasang demi sepasang. Banyaknya pasangan hipotesis yang dapat dibuat sebanyak $(P^!)/(2^!(P\text{-}2)^!)$. sebagai contoh jika P=3 maka pasangan hipotesis yang dpat dibuat adalah sebanyak $(3^!)(2^!(3\text{-}1)^!)$=3 pasang yaitu:

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 lawan H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$
$$H_o : \mu_1 = \mu_3 lawan H_1 : \mu_2 \neq \mu_3$$
$$H_o : \mu_2 = \mu_3 lawan H_1 : \mu_1 \neq \mu_3$$

Jika perlakuannya lebih banyak lagi (P>3) maka pasangan hipotesis yang dibuat akan lebih banyak lagi. Jadi untuk menyederhanakannya tanpa mempengaruhi hasil yang diperoleh maka diperlukan pengujian dengan cara yang lebih praktis, bahkan memberikan hasil yang jauh lebih baik.

Cara lain untuk menguji jika P>2 adalah dengan menggunakan analisis ragam dengan model matematikanya sebagi berikut :

$$\mathbf{Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}}$$

i=1,2,3,……,p dan j=1,2,3,…………..,u

disini

Y_{ij} : pengamatan pada perlakuan ke I dan ulangan ke j

μ : rata-rata umum

α_i : pengaruh perlakuan ke i

ε_{ij} : kesalahan/galat percobaan pada perlakuan ke I dan ulangan ke j

Berdasarkan data model matematik diatas diduga dengan nilai sampelnya sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$$Y_{ij} = \overline{Y}.. + (\overline{Y}_i. - \overline{Y..}) + (Y_{ij} - \overline{Y}_i.)$$

$$\mathbf{(Y_{ij} - \overline{Y..}) = (\overline{Y}_i. - \overline{Y..} + (Y_{ij} - \overline{Y}_i}$$

Dengan derajat bebas (pu-1) =(p-1)+(pu-p)

(pu-1)=(p-1)+p(u-1)

Sebagai contoh kita ambil p=4 dan u=6 maka tabulasi datanya sebagai berikut:

Perlakuan (I)	**U l a n g a n (j)**						**Total ($Y_i.$)**	**Rataan ($\overline{Y}_i.$**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_1	$\overline{Y}_1.$
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}	Y_{26}	Y_2	$\overline{Y}_2$
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{35}	Y_{36}	Y_3	

4	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y4	$\overline{Y}_3.$ $\overline{Y}_4.$
							Y…	**Y…**

Dengan mengkuadratkan dan menjumlahkan persamaan diatas maka diperoleh :

$$\sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}(Y_{ij} - \overline{Y}..)^2 \quad = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}\left[(\overline{Y}_i. - \overline{Y}..) + (Y_{ij} - \overline{Y}_i.\right]^2$$

$$\sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}(Y_{ij} - \overline{Y}..)^2 = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}[(\overline{Y}_i. - \overline{Y}..)^2 + 2(\overline{Y}_i.. - \overline{Y}..)(Y_{ij} - \overline{Y}_i.) + (Yij - \overline{Y}..)]^2$$

Oleh karena ; $2(\overline{Y}_i.. - \overline{Y}..)(Y_{ij} - \overline{Y}_i.) + (Yij - \overline{Y}..) = 0$

Maka : $\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{u} (Y_{ij} - \overline{Y}..)^2 = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}(\overline{Y}_i. - \overline{Y}..)^2 + \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}(Y_{ij} - \overline{Y}_i.)^2$

Jadi :

Jumlah kuadrat total (JKT) $= \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=i}^{u}(Y_{ij} - \overline{Y}..)^2$

$$= \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u} \mathbf{Y}_{1\,j}^{2} - \frac{(\mathbf{Y}..)^2}{\mathbf{pu}}$$

Jmlah Kuadrat Perlakuan (JKP) $= \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}(\overline{Y}_i. - \overline{Y}..)^2$

$$= \frac{1}{u}\sum_{i=1}^{p} \mathbf{Y}_1^2. - \frac{(\mathbf{Y}..)^2}{\mathbf{pu}}$$

Jumlah kuadrat galat (JKG) $= \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u}(Y_{ij} - \overline{Y}..) - (\overline{Y}_{ij} - \overline{Y}_i.)^2$

Jumlah Kuadrat galat (JKG) = $\sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{u} \left[(Y_{ij} - \overline{Y}..) - (\overline{Y}_i. - \overline{Y}..)\right]^2$

= JKT-JKP

Kemudian kita buat daftra analisis ragam (sidik Ragam)

Sumber Keragaman	**Derajat Bebas**	**Jumlah Kuadrat**	**Kuadrat Tengah**	**F Hitung**
Perlakuan galat	(p-1) P(u-1)	JKP JKG	JKP/(p-1) JKG/(pu-p)	JKP/(p-1) JKG/(pu-p)
total	(pu-1)	JKT		

Hipotesisinya adalah :

$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \mu_p lawan H_1 : \mu_i \neq \mu_i$ untuk suatu i

H_o diterima jika $F_H < F_{\alpha(dbperlakuan;dbgalat)}$

H_o ditolak jika $F_H \geq F_{\alpha(dbperlakuan;dbgalat)}$

Jika H_o ditolak maka H_1 kita terima yaitu $\mu_i \neq \mu_i$ maka timbul suatu pertanyaan apakah semua pasangan rataan dari setiap perlakuan akan berbeda ? untuk menjawab membuktikan maka kita haus emmbandingkan pasangan-pasangan perlakuan tersebut yaitu dengan melakukan uji rataan, salha satu uji rataan tersebut adalah uji benda nyata terkecil (BNT) dengan rumus ;

$$BNT_\alpha = t_{1/2\alpha;dbGalat)} \sqrt{\frac{2KTGalat}{Ulangan}}$$

H_o ditolak jika $\left|\overline{X}. - \overline{X}.\right| \geq BNT_\alpha$

H_o diterima jika $\left|\overline{X}. - \overline{X}.\right| < BNT_\alpha$

Contoh 8.1

Seorang peneliti ingin mengetahui pengaruh kadar protein ransom terhadap kadar globulin darah (gram %) kelinci dewasa jantan. Untuk tujuan tersebut peneliti menggunakan ransom dengan kadar protein

(10,16,22 dan 28 %) setelah dilakukan penelitian diperoleh hasilsebagai berikut :

Protein Ransom (i)	**U l a n g a n (j)**						**Total (Y i.)**	**Rataan (Yi.)**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
10%	1,08	0,82	0,96	0,99	0,97	0,91	5,73	0,955
16%	0,96	0,98	1,01	1,01	0,98	0,81	5,78	0,963
22%	1,23	1,18	1,01	1,01	1,07	1,02	6,68	1,113
28%	1,18	1,03	1,17	1,15	1,32	1,23	7,08	1,118
							25,27	1,053

Jawab

Hipotesis

$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_i$ untuk suatu i

Perhitungan

$$\text{JKT} = \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{6} Y_{1\ j}^{2} - \frac{(Y..)^2}{4x6}$$

$$= 1{,}081^2 + 0{,}82^2 + 0{,}96^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + 1{,}23^2 - \frac{25{,}27^2}{24}$$

$$= 26{,}9893 - 26{,}6072 = 0{,}3821$$

$$\text{JKP} = \frac{1}{u} \sum_{i=1}^{p} Y_1^2 . - \frac{(Y..)^2}{pu}$$

$$= \frac{1}{6}(5{,}73^2 + 5{,}78^2 + 6{,}68^2 + 7{,}08^2) - \frac{25{,}27^2}{24}$$

$$= 26{,}8317 - 26{,}6072 = 0{,}2245$$

JKG=JKT-JKP =0,3821 -0,2245 =0,1576

Daftar sidik ragam

Sumber Keragaman	**Derajat Bebas**	**Jumlah Kuadrat**	**Kuadrat Tengah**	**F hitung**
Perlakuan	(4-1)=3	0,2245	0,0748	9,49

Galat	4(6-1)=20	0,1576	0,00788	
Total	(24-1)=24	0,3821		

Oleh karena $F_H > F_{0,05(db=9:20)}$ yaitu 9,45>3,10

Maka H_o ditolak jadi disimpulkan protein ransom berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kadar globulin darah kelinci.

Bila dibandingkan $F_H > F_{0,05(db=9:20)}$ yaitu 9,45>4,94 maka H_o ditolak jadi disimpulkan protein ransom berpengaruh nyata (P<0,01) terhadap kadar globulin darah kelinci.

Untuk mengetahui / mencari kadar protein ransom berapa saja yang saling berbeda nyata atau sangat nyata maka dilanjutkan denagn uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT_{\alpha} = t_{1/2\alpha;dbGalat)}\sqrt{\frac{2KTGalat}{Ulangan}}$$

$$BNT_{0,05} = t_{(0,025;db=20)}\sqrt{\frac{2(0,00788)}{6}} = 2,086 \text{ x } 0,0512 \quad = 0,107$$

$$BNT_{0,01} = t_{(0,05;db=20)}\sqrt{\frac{2(0,00788)}{6}} = 2,845 \text{ x } 0,05125 \;\; = 0,146$$

Kita bandingkan rattan perlakuannya ($\overline{Y}_i.$) seperti tabel berikut :

Tabel 8. Hasil uji BNT pada tingkat kepercayaan 95 % dan 99 %

Protein Ransum	Rataan ($Y_i.$)	$\overline{Y}_4.-\overline{Y}_i.$	$\overline{Y}3.-\overline{Y}_i.$	$\overline{Y}2.-\overline{Y}_i.$	Signifikansi	
					0,05	0,01
28%	1,180	-	-	-	a	a
22%	1,113	$0,067^{tn}$	-	-	a	a
16%	0,963	$0,217^{**}$	$0,150^{**}$	-	b	b
10%	0,955	$0,225^{**}$	$0,158^{**}$	$0,008^{tn}$	b	b

Keterangan

** : jika $\left|(Yi. - Yi.^{,)}\right| \geq$ nilai BNT $_{\alpha}$=0,05 dan BNT $_{\alpha}$=0,01

tn : jika $\left|(Yi. - Yi.^{,)}\right| <$ nilai BNT $_{\alpha}$=0,05

Nilai rataan dengan huruf yang sama pada kolom signifikansi menunjukkan tidak berbeda nyata (P>0,05) sedangkan dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (P<0,05) atau berbeda nyata)P<0,01) dari tabel diatas dapat disimpulakan bahwa antar protein ransom 10 % dengan 16 % dan antara protein ransom 22 % dengan 28 % tidak memberikan hasil kadar globulin darah kelinci yang berbeda nyata (P>0,05) sedangkan antara protein ransom 10 % dan 16 % dengan 22 % dan 28 % memberikan hasil yang berbeda sangat nyata (p<0,01)

E. UJI PERSYARATAN ANALISIS

1. Uji Normalitas

Normalitas dalam statistik parametric seperti regresi dan Anova merupakan syarat pertama. Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel penggangu atau residual memiliki distribusi normal. Jika asumsi ini dilanggar, maka uji statistik menjadi tidak valid atau bias terutama untuk sampel kecil. Uji normalitas dapat dilakukan melalui dua pendekatan yaitu melalui pendekatan grafik (histogram dan P-P Plot) atau uji kolmogorov-smirnov, chi-square, Liliefors maupun Shapiro-Wilk

Bagaimana mengatasi masalah normalitas ?

Ada tiga pilihan yang dapat dilakukan jika diketahui bahwa data tidak normal;

- Jika jumlah sampel besar, maka dapat menghilangkan nilai outliner dari data (bahasan outliner akan dibahas kemudian)
- Melakukan transformasi data
- Menggunakan alat analisis nonparametric(bahasan mengatasi masalah normalitas akan dibahas terpisah)

<u>Contoh 8.2 :</u>

Akan diuji pengaruh pengaruh kinerja keuangan terhadap return saham. Variabel independen yang digunakan adalah variabel kinerja keuangan yang diwakili oleh rasio EPS, PER, DER, ROA, ROE, sedangkan variabel dependen/variabel yang dijelaskan yang diteliti adalah *return* saham perusahaan

Data diperoleh dari kinerja keuangan diperoleh dari ICMD, sementara data saham diperoleh dari yahoo finance.

Rangkuman data adalah sbb :

EPS	**PER**	**DER**	**ROA**	**ROE**	**RET**
0,001	0,481	0,295	5,667	0,007	-0,481
0,333	0,154	0,362	0,838	0,317	0,190
0,205	0,078	1,282	8,755	0,063	0,597
0,014	0,121	1,163	6,587	0,081	0,680
0,067	0,181	0,806	5,152	0,087	-0,300
0,284	0,098	3,125	10,409	0,073	0,379
0,077	0,014	0,429	0,838	0,353	0,363

0,242	0,083	0,658	-4,470	0,026	0,178
0,017	0,073	1,639	2,949	0,195	4,689
0,012	1,031	0,433	4,155	0,007	5,685
0,083	3,030	0,269	9,388	0,002	12,716
0,125	0,054	2,222	2,306	0,299	4,921
0,500	0,005	1,852	0,399	1,628	4,066
2,890	0,039	1,563	2,786	0,223	7,944
9,820	0,084	1,449	0,852	0,694	3,079
5,440	0,061	0,645	1,997	0,019	2,722
0,063	0,119	1,538	0,917	0,103	0,888
0,008	0,170	2,439	1,523	0,054	1,531
0,333	0,027	1,042	1,927	0,265	2,260
0,100	0,066	2,564	4,499	0,159	4,599
0,016	0,065	1,316	1,381	0,037	1,397
0,500	0,055	4,762	1,299	0,630	1,799
-2,400	0,022	0,014	-0,135	-0,010	0,100
0,388	0,106	4,762	2,661	0,031	0,079
0,050	0,074	7,143	3,093	0,284	-0,061
0,002	0,145	5,263	17,033	0,049	-0,011
0,005	0,044	1,316	37,480	0,012	0,318

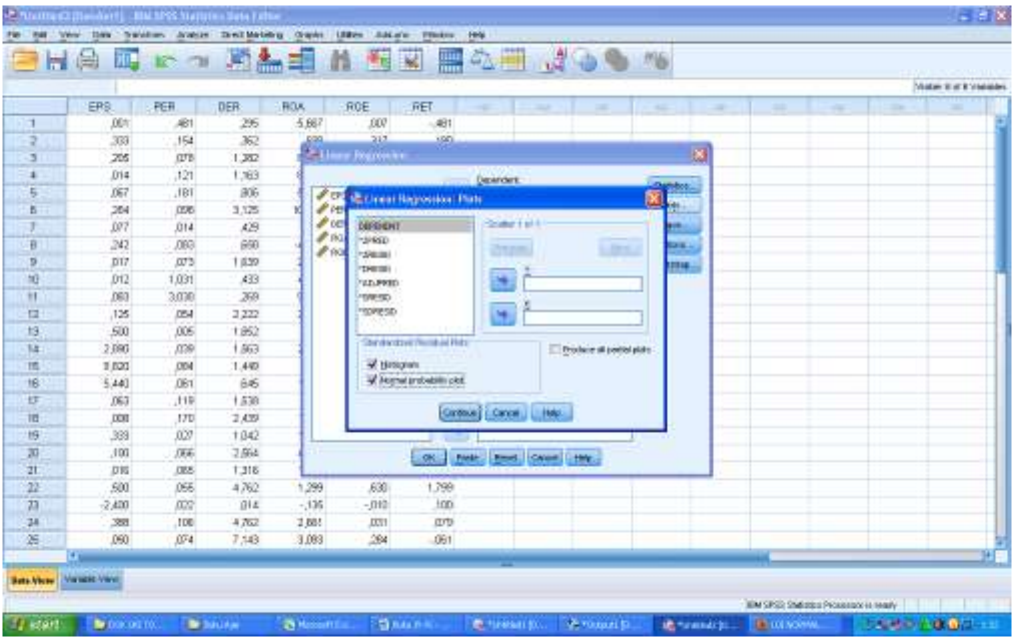
-0,014	-0,377	0,917	-6,211	-0,077	-0,523
0,040	0,308	0,260	1,818	0,113	-0,077
0,008	0,833	2,857	25,743	0,029	3,800

Penyelesaian

Pertama. Lakukan pengujian regresi ganda seperti biasa, dengan mengklik Analyze – Regression – Linier

Kedua, Masukkan variabel EPS, PER, DER, ROA, ROE ke kotak Independent dan RET ke kotak dependent

Ketiga. Klik Plot, lalu beri tanda pada “HISTOGRAM” dan “NORMAL PROBABILITY PLOT” seperti gambar di bawah



Klik Continue, lalu OK

Output :

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,767[a]	,588	,502	2,085257

a. Predictors: (Constant), ROE, DER, PER, EPS, ROA

b. Dependent Variable: RET

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	148,769	5	29,754	6,843	,000[b]
	Residual	104,359	24	4,348		
	Total	253,128	29			

a. Dependent Variable: RET

b. Predictors: (Constant), ROE, DER, PER, EPS, ROA

Coefficients[a]

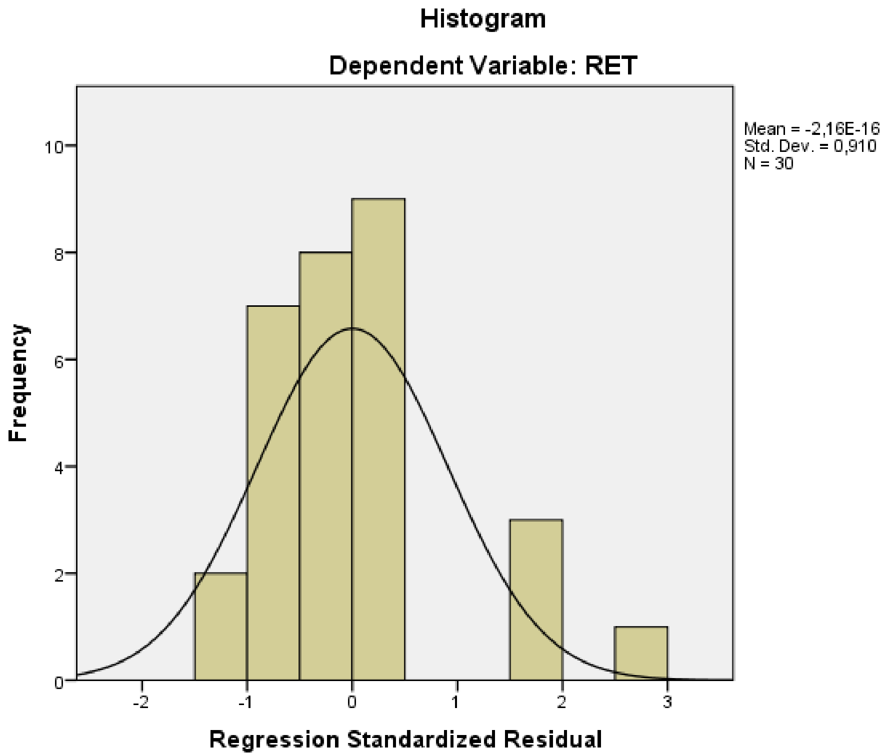
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,812	,672		1,208	,239
	EPS	,253	,192	,181	1,320	,199
	PER	3,821	,704	,754	5,425	,000
	DER	-,036	,240	-,021	-,149	,882
	ROA	-,019	,049	-,054	-,383	,705
	ROE	1,981	1,289	,218	1,537	,137

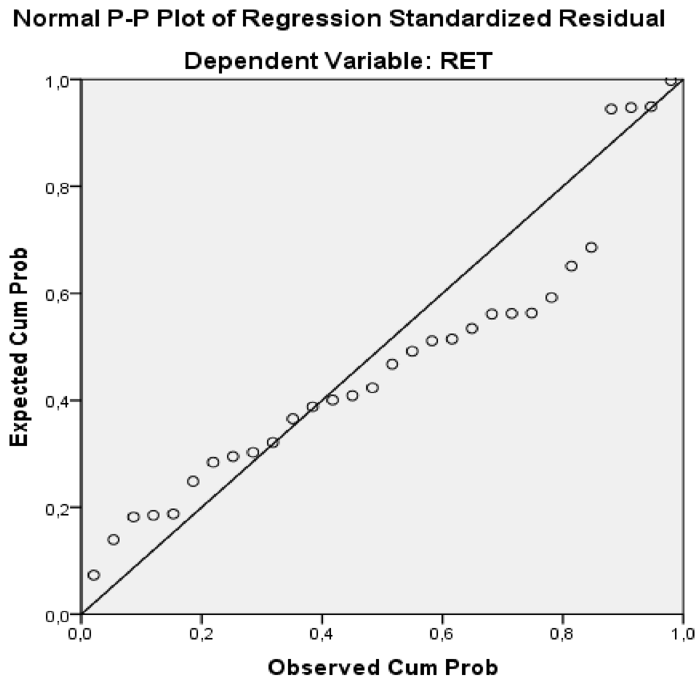
a. Dependent Variable: RET

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-,70145	12,23065	2,11757	2,264943	30
Residual	-3,029034	5,917380	,000000	1,896996	30
Std. Predicted Value	-1,245	4,465	,000	1,000	30
Std. Residual	-1,453	2,838	,000	,910	30

a. Dependent Variable: RET





Perhatikan Grafik Histogram dan P-P Plot

Berdasarkan grafik Histogram, diketahui bahwa sebaran data yang menyebar ke semua daerah kurva normal. Dapat disimpulkan bahwa data mempunyai distribusi normal. Demikian juga dengan Normal P-Plot. Data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti garis diagonal yang menandakan normalitas data.

F. UJI VALIDITAS DAN RELIABILITAS

Dalam penelitian, data mempunyai kedudukan yang paling tinggi, karena data merupakan penggambaran variabel yang diteliti dan berfungsi sebagai alat pembuktian hipotesis. Benar tidaknya data, sangat menentukan bermutu tidaknya hasil penelitian. Sedang benar tidaknya data, tergantung dari baik tidaknya instrumen pengumpulan data. Pengujian instumen biasanya terdiri dari uji validitas dan reliabilitas.

1. Definisi Validitas dan Reliabilitas

Validitas adalah tingkat keandalah dan kesahihan alat ukur yang digunakan. Intrumen dikatakan valid berarti menunjukkan alat ukur yang dipergunakan untuk mendapatkan data itu valid atau dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya di ukur (Sugiyono, 2004:137). Dengan demikian, instrumen yang valid merupakan instrumen yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak di ukur.

Penggaris dinyatakan valid jika digunakan untuk mengukur panjang, namun tidak valid jika digunakan untuk mengukur berat. Artinya, penggaris memang tepat digunakan untuk mengukur panjang, namun menjadi tidak valid jika penggaris digunakan untuk mengukur berat.

Uji validitas berguna untuk mengetahui apakah ada pernyataan-pernyataan pada kuesioner yang harus dibuang/diganti karena dianggap tidak relevan. Teknik untuk mengukur validitas kuesioner adalah sebagai berikut dengan menghitung korelasi antar data pada masing-masing pernyataan dengan skor total, memakai rumus korelasi product moment, sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum XY) - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - (\sum X)^2\right]\left[n\sum Y^2 - (\sum Y)^2\right]}}$$

Item Instrumen dianggap Valid jika lebih besar dari 0,3 atau bisa juga dengan membandingkannya dengan r tabel. Jika r hitung > r tabel maka valid.

Uji reliabilitas berguna untuk menetapkan apakah instrumen yang dalam hal ini kuesioner dapat digunakan lebih dari satu kali, paling tidak oleh responden yang sama akan menghasilkan data yang konsisten. Dengan kata lain, reliabilitas instrumen mencirikan tingkat konsistensi. Banyak rumus yang dapat digunakan untuk mengukur reliabilitas diantaranya adalah rumus Spearman Brown

$$r_{11} \frac{2.r_b}{1+r_b}$$

Ket :

R 11 adalah nilai reliabilitas

R b adalah nilai koefisien korelasi

Nilai koefisien reliabilitas yang baik adalah diatas 0,7 (cukup baik), di atas 0,8 (baik).

Pengukuran validitas dan reliabilitas mutlak dilakukan, karena jika instrument yang digunakan sudah tidak valid dan reliable maka dipastikan hasil penelitiannya pun tidak akan valid dan reliable. Sugiyono (2007: 137) menjelaskan perbedaan antara penelitian yang valid dan reliable dengan instrument yang valid dan reliable sebagai berikut :

Penelitian yang valid artinya bila terdapat kesamaan antara data yang terkumpul dengan data yang sesungguhnya terjadi pada objek yang diteliti. Artinya, jika objek berwarna merah, sedangkan data yang terkumpul berwarna putih maka hasil penelitian tidak valid. Sedangkan penelitian yang reliable bila terdapat kesamaan data dalam waktu yang berbeda. Kalau dalam objek kemarin berwarna merah, maka sekarang dan besok tetap berwarna merah.

2. Uji Multikolinieritas

Salah satu persyaratan dalam analisis regresi ganda selain normalitas adalah Multikolinieritas. Multikolinieritas adalah tidak adanya hubungan yang linier antara variabel independen. Jika terdapat hubungan linier antar sesama variabel independen maka dapat dikatakan model terkena masalah multikolinier. Jika terjadi hubungan antar sesama variabel independen maka variabel ini tidak orthogonal. variabel orthogonal adalah variabel independen yang nilai korelasi antar independen sama dengan nol.

3. Deteksi Multikolinieritas

Beberapa ciri model terkena masalah multikolinier antara lain :Model mempunyai koefisien determinasi tinggi namun sedikit variabel independen yang signifikan berpengaruh terhadap dependen melalui uji t. Misalnya koefisien determinasi dari pengaruh X1, X2 dan X3 adalah sebesar 0,82. Namun secara individual hanya X1 yang berpengaruh terhadap Y. Hal ini merupakan indikasi awal adanya multikolinier atau hubungan yang kuat antar sesama independen.

4. Penyelesaian Masalah Multikolinieritas

Beberapa alternative untuk menyelesaikan masalah multikoloinier antara lain :

- ✓ Menggabungkan data crosssection dan time series
- ✓ Mengeluarkan satu atau lebih variabel independen yang mempunyai korelasi tinggi dari model regresi dan indentifikasikan variabel independen lainnya untuk membantu prediksi
- ✓ Melakukan transformasi variabel. Transformasi dapat dilakukan dalam bentuk Logaritma Natural (LN)

- ✓ Menggunakan model dengan variabel independen yang mempunyai korelasi tinggi hanya semata-mata untuk prediksi, dan tidak menginterpretasikan koefisien regresinya
- ✓ Menggunakan metode analisis yang lebih baik seperti Bayesian Regression atau dalam kasus tertentu dengan Ridge Regression

5. Contoh Uji Multikolinieritas

Seperti dibahas sebelumnya mengenai uji multikolinearitas, maka pada bagian ini kita akan mempraktikkan cara menguji multikolinieritas. Berikut ini akan diuji multikolinieritas sebuah model regresi dengan variabel Kepuasan Kerja (X1), Gaya Kepemimpinan (X2), dan Motivasi (X3). Variabel dependen adalah kinerja (Y). Data dikumpulkan dari angket dengan jumlah sampel sebanyak 60 orang pegawai.Data ditampilkan sebagai berikut :

Penyelesaian

Lakukan analisis regresi dengan langkah2 : Analyze – Regression – Linier. Masukkan variabel kepuasan kerja, gaya kepemimpinan dan motivasi ke dalam kotak independent variable, dan kinerja ke kotak dependent variable

Klik Statistik, kemudian beri tanda pada Covariance matrix dan collinierity diagnosicsstep 2 uji multikoKlik Continue, lalu OK.

NO	Kep	Gaya	Mot	KINERJA
1	55	76	83	65
2	60	82	92	70
3	61	80	77	70
4	53	70	74	60
5	62	88	97	70

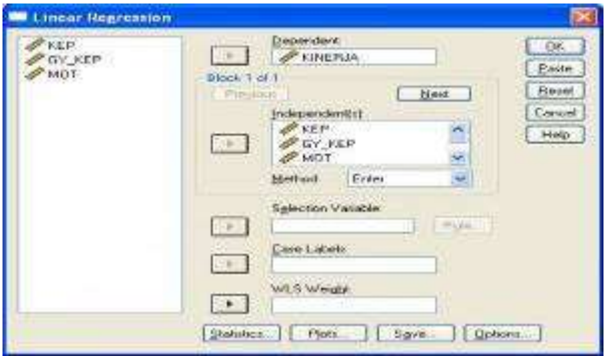
6	62	72	77	71
7	54	78	86	64
8	59	72	90	68
9	64	81	96	72
10	55	74	90	66
11	53	65	85	64
12	65	84	92	72
13	50	63	74	56
14	52	71	87	64
15	56	82	84	66
16	53	72	79	65
17	60	85	92	70
18	56	76	86	67
19	54	65	80	62
20	53	74	72	57
21	52	75	75	55
22	62	80	95	70
23	65	72	96	66
24	58	70	82	63
25	60	85	86	63
26	64	88	96	74
27	60	84	98	72
28	64	89	82	75
29	64	85	92	72

30	58	78	76	67
31	60	77	86	68
32	54	78	86	64
33	39	52	55	41
34	64	89	96	74
35	54	75	79	62
36	57	84	82	66
37	60	74	88	69
38	54	69	80	61

Model Summary

40	63	87	97	71
41	71	58	102	79
42	51	72	81	58
43	64	87	95	69
44	65	71	96	72
45	54	81	82	64
46	60	83	79	68
47	64	72	86	72
48	60	81	86	70
49	55	82	78	64
50	64	86	93	72

Output



Multikolinearitas :

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,931[a]	,867	,860	2,381

a. Predictors: (Constant), Motivasi, Gaya_kep, Kep_Kerja

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2066,226	3	688,742	121,476	,000[b]
	Residual	317,507	56	5,670		
	Total	2383,733	59			

a. Dependent Variable: Kinerja

b. Predictors: (Constant), Motivasi, Gaya_kep, Kep_Kerja

Perhatikan nilai koefisien determinasi sebesar 0.931 yang mendekati 1, namun secara individual melalui uji t dua variabel : kepuasan kerja dan motivasi yang berpengaruh signifikan, sementara gaya kepemimpinan memiliki nilai sig 0.70 (sig > 0.05)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	2,109	3,488		,605	,548		

Kep_Kerja	,803	,096	,716	8,392	,000	,327	3,060
Gaya_kep	,083	,045	,109	1,844	,070	,680	1,472
Motivasi	,130	,060	,178	2,161	,035	,352	2,845

a. Dependent Variable: Kinerja

Nilai VIF (variance index factor) tidak menunjukkan adanya multikolinieritas (VIF kurang dari 10), sementara toleransi juga tidak ada kurang dari 0.10. Deteksi multiko melalui dua uji menunjukkan tidak adanya multiko, namun perhatikan output selanjutnya

Coefficient Correlations[a]

Model			Motivasi	Gaya_kep	Kep_Kerja
1	Correlations	Motivasi	1,000	-,123	-,726
		Gaya_kep	-,123	1,000	-,291
		Kep_Kerja	-,726	-,291	1,000
	Covariances	Motivasi	,004	,000	-,004
		Gaya_kep	,000	,002	-,001
		Kep_Kerja	-,004	-,001	,009

a. Dependent Variable: Kinerja

Pada bagian Coeffisien correlation, Korelasi antara motivasi dengan kepuasan kerja tinggi yaitu sebesar -0.726. Korelasi antar independen ini berada dalam kategori kuat sehingga meski nilai VIF dan Tolerance tidak mengindikasikan adanya masalah multikolinier namun dapat dipastikan hal ini menyebabkan tidak signifikannya pengaruh gaya kepemimpinan terhadap kinerja

6. **Meregresikan Prediktor secara Bergantian**

Alternatif uji untuk kasus di atas adalah dengan meregresikan predictor secara bergantian. Kriteria model tidak terkena multiko adalah ketika nilai R Square untuk masing-masing predictor tidak melebihi model utama.

Model Utama : Kinerja = Kepuasan + gaya kep + Motivasi
Model perbandingan :
Kepuasan = kinerja + gaya kep + motivasi
Gaya kep = kinerja + kepuasan + Motivasi
Motivasi = kinerja + kepuasan kerja + gaya kepemimpinan

Langkah Uji

Lakukan uji regresi dengan menempatkan variabel independen menjadi dependen secara bergantian dengan demikian akan dihasilkan output 4 model regresi (1 model utama dan 3 model perbandingan)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,820[a]	,673	,662	3,297

a. Predictors: (Constant), Gaya_kep, Motivasi

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,805[a]	,648	,636	5,241

a. Predictors: (Constant), Gaya_kep, Kep_Kerja

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,566[a]	,320	,297	7,043

a. Predictors: (Constant), Motivasi, Kep_Kerja

- Kepuasan sebagai dependen, R Square = 0.673
- Gaya kepemimpinan sebagai dependen, R Square = 0.320
- Motivasi sebagai dependen, R Square = 0.636

Dari perbandingan 4 model ini dapat diketahui bahwa model utama memiliki R Square lebih besar (0,673) dibanding model perbandingan lainnya. Dengan demikian dapat dinyatakan model tidak terkena multikolinier.

Soal Latihan

No	Masa Kerja	Usia	Kinerja
1	5	26	52
2	8	30	60
3	5	31	72
4	4	35	85
5	21	53	74
6	8	30	81
7	5	41	70
8	5	40	71
9	8	48	82
10	5	30	54
11	6	41	81
12	6	30	52
13	12	43	64
14	11	41	67

15	10	35	65
16	10	52	60
17	10	28	51
18	9	32	78
19	3	28	87
20	3	25	91
21	3	28	70
22	22	52	78
23	21	50	65
24	7	30	72
25	7	42	72
26	7	78	84
27	8	32	80
28	7	34	75
29	7	35	72
30	7	76	67
31	8	36	68
32	10	36	64
33	10	35	41
34	8	36	74
35	9	39	62

a. Lakukan Uji Normalitas data
b. Periksalah ada atau tidaknya multikolinearitas

BAB IX
PERANCANGAN PERCOBAAN

A. PENGERTIAN

Rancangan :Bentuk, model, pola

Percobaan:

- Rangkaian kegiatan untuk mencari jawaban terhadap permasalahan dengan menguji hipotesis. Atau:
- Rangkaian kegiatan untuk mengamati pengaruh X terhadapY; dimana X disebut faktor perlakuan danY disebut faktor pengamatan.
- Tindakan coba-coba (*trial*) yang dirancang untuk menguji keabsahannya (*validity*)

Hipotesis yang diajukan, merupakan salah satu alat penelitan untuk menyelidiki tentang sesuatu yang ingin diketahui atau untuk membuktikan suatu teori tertentu (*principle*) Suatu taraf kritis dalam metode ilmiah dapat memberikan keputusan atas penerimaan atau penolakan suatu hipotesis.

Nilai pengamatan obyek penelitian dibedakan menjadi:

X :***Dependent variable***, (peubah atau peragam *bebas*), nilainya tidak tergantung hasil pengamatan tetapi tergantung kepada peneliti. Disebut *faktor sebab*.

Y :***Independent variable***, (peubah atau peragam *tidak bebas*). Nilainya tergantung hasil pengamatan sebagai akibat diterapkannya faktorX. Disebut *faktor akibat.*

B. MODEL MATEMATIS:

Merupakan penyederhanaan nilai-nilai pengamatan suatu percobaan:

(a) $Y = \mu + \sigma_x^2$ (penelitian dengan sidik ragam)

(b) $Y = \beta_0 + \beta_1 x$ (penelitian dengan analisis regresi dan korelasi)

Dimana:μ = nilai tengah rata-rata harapan

σ_{x^2}= Ragam nilai Y akibat pengaruh X
β_0 = konstanta pengaruh non-perlakuan
β_1 = konstanta pengaruh perlakuan

Tujuan analisis: Mengetahui apakah pengaruh X atau σ_x tersebut ada artinya (*significant*) atau tidak terhadap nilai Y.

*Model uj*i $H_0:\sigma_x = 0$ versus $H_1:\sigma_x \neq 0$

Menguji hipotesis: mencari nilai untuk menentukan tingkat signifikansi pengaruh perlakuan X terhadap ragam nilai Y.

Beda nyata (significance):

Bila pengaruh perlakuan lebih besar dari pengaruh non-perlakuan (timbul bila pengaruh perlakuan X diulang hingga *n* kali ulangan (replikasi).

Galat (experimental error**)**: Ragam data akibat pengaruh non-perlakuan. Data = nilai-nilai hasil pengamatan percobaan : $Y = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$

di mana:τ_j =pengaruh perlakuan X terhadap nilai-nilai Y dan
ε_{ij}=galat akibat pengaruh non-perlakuan (replikasi).

C. UNSUR DASAR PERCOBAAN:

1. Perlakuan (*treatment*)
2. Ulangan (*replication*)
3. Pengaturan atau pembatasan local (*local control*)

Perlakuan(*treatment*):

- Semua tindakan coba-coba (*trial anderror*) terhadap suatu obyek yang pengaruhnya akan diuji.
- Bisa berasal dari dua factor atau lebih (kombinasi perlakuan)

Ulangan (*replication*):

- Frekuensi perlakuan dalam suatu percobaan

- Jumlahnya tergantung tingkat ketelitian yang diinginkan terhadap kesimpulannya.
- (t– 1)(r – 1)$\geq$15 di mana: t=jumlah perlakuan; r =jumlah ulangan.
- Dipengruhi oleh: derajat ketelitian; keragaman bahan dan biaya yang tersedia.

Local control:

- Percobaan yang dilakukan dalam kondisi homogeny (laboratorium, rumah kaca dsb.); mempunyai 2 unsur dasar yaitu perlakuan dan ulangan. Biasanya dengan RAL (Rancangan acak lengkap)
- Kondisi heterogen (lapangan, kebun, danau, laut); mempunyai 2 unsur dasar dan unsur ke-3 yaitu control lokal. Biasanya dilakukan RAK (Rancangan acak kelompok) atau lainnya RAKL (Rancangan acak kuadrat latin atau disebut juga Rancangan bujur-sangkar latin) untuk mengendalikan kondisi lapangan yang heterogen.
- Pemblokiran perlakuan dilakukan berdasarkan kondisi faktor-faktor media; bahan, alat, tenaga kerja; lingkungan atau faktor lainnya yang tidak terkait langsung dengan factor penelitian.

D. ASUMSI DASAR:

- Perlu memenuh iasumsi-asumsi dasar agar kesimpulan menjadi logis.
- Galat terdistribusi secara acak, bebas dan normal.
- Keragaman contoh (S^2) bersifat homogen.
- Keragaman (s^2) dan rerata contoh tidak berkorelasi.
- Pengaruh utama (main effect) bersifat aditif.

Jika ragu apakah data yang diperoleh telah memenuhi asumsi-asumsi dasar tersebut maka dilakukan:

- Uji nomalitas cara Liliefort
- Uji homogenitas cara Barlett
- Uji aditivitas cara Tuckey

E. PERANCANGAN PERCOBAAN YANG BAIK

1) **Kesederhanaan** (*symplicity*). Perlakuan dan metode semudah mungkin dengan tetap mempertahankan obyektivitas.
2) **Derajat ketepatan** (*degree of precision*); Memberi peluang mengukur perbedaan yang ada pada perlakuan-perlakuan menurut derajat ketepatan yang diinginkan peneliti.
3) **Ketiadaan galat sistematis**. Harus dirancang agar setiap unit percobaan menerima perlakuan dengan peluang sama besar agar hasilnya tidak bias.
4) **Kisaran keabsahan kesimpulan** selebar-lebarnya. Peningkatan kisaran keabsahan kesimpulandapatdiperoleh melalui:
   a. Memperbanyak ulangan menurut waktu atau ruang.
   b. Merancang perlakukan secara factorial (berbagai taraf perlakuan atau tingkat factor lainnya)
5) **Kalkulasi derajat ketidakpastian** (degree of uncertainty). Memungkinkan peneliti menghitung kemungkinan (peluang) terjadinya hasil pengamatan yang menyimpang.

F. KLASIFIKASI RANCANGAN PERCOBAAN

Berdasarkan jumlah faktor yang diteliti dibedakan beberapa Rancangan Percobaan menjadi:

1. Rancangan non faktorial; hanya satu factor yang diteliti. Meliputi RAL, RAK dan RAKL.
2. Rancangan faktorial; beberapa factor penelitian: Meliputi:

a. *split plot design* :Rancangan Petak terbagi (RPB); adalah rancangan factor tunggal yang dimodifikasi atau difaktorialkan dari RAK,
b. *strip plot design*: Rancangan petak teralur(RPA) yang dimodifikasi dari RAKL
c. *split block design*: Rancangan kelompok terbagi (RKB) yang dimodifikasi dari RAK dan RAKL

Berdasarkan jumlah galat yang digunakan yang menunjukkan derajat kepentingan faktor-faktor utama dan interaksinya Rancangan Percobaan dipilah menjadi:

a. *Rancangan bergalat tunggal***;** Meliputi RAL, RAK dan RAKL faktorial dan non faktorial. Meneliti pengaruh-pengaruh factor utama dan interaksi dengan derajat ketelitian yang sama.
b. *Rancangan begalat ganda***:** Salah satu factor utama penelitian(A) interaksinya lebihpenting dari pada factor utama lainnya(B): Mempunyai dua galata dan b. Diharapkan galat lebih teliti dalam menonjolkan pengaruh factor utama A dan interaksinya dari pada galat b dalam menonjolkan pengaruh factor utamaB terhadap hasil percobaan.
c. *Rancangan begalat tripel*:

Bentuknya seperti RPB tetapi jumlah faktor yang diteliti ada tiga, dapatdisebut juga *split-split plot design*. Lainnya adalah *strip plot design* dan *split block design* yang dipakai untuk percobaan yang pengaruh interaksinya lebih ditonjolkan dari pada pengaruh faktor utamanya.

Rancangan Bergalat Tunggal (RBT)

Ditujukan untuk melihat pengaruh-pengaruh utama dan interaksi factor percobaan dengan derajat ketelitian dan kepentingan yang setara. Berlaku untuk RAL, RAK dan RAKL.

Secara umum dinyatakan dengan model matematis:

$Y = \mu + \tau + \varepsilon$

Di mana: μ =nilai rerata harapan (*mean*)

τ =pengaruh factor perlakuan

ε =pengaruh galat

Untuk RAK :

$Y = \mu + K + \tau + \varepsilon$

Untuk RAKL :

$$Y = \mu + \beta + \lambda + \tau + \varepsilon$$

Di mana:K =pengaruh pengelompokan

β =pengaruh pembarisan

λ =pengaruh pelajuran

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

Tidak ada control local, yang diamati hanya pengaruh perlakuan dan alat saja. Sesuai untuk meneliti masalah yang kondisi lingkungan, alat, bahan dan media yang homogen atau untuk kondisi heterogen yang kasusnya tidak memerlukan control lokal, misalnya masalah erosi yang kisaran pengaruhnya besar.

Perambangan (randomisasi) dan bagan percobaan :

Randomisasi

Unit-unit percobaan tidak saling berinteraksi (misalnya dalam pot, cawan, akuarium dsb). Karena kondisi terkendali posisi unit tidak mempengaruhi hasil percobaan. Secara keseluruhan percobaan merupakan satuan perambangan (randomisasi); setiap ulangan mempunyai peluang sama besar untuk menempati setiap lokasi unit percobaan atau diartikan bahwa randomsasi menurut RAL dilakukan secara lengkap.

Bagan percobaan

Bagan hasil percobaan sebaiknya menggunakan daftar bilangan teracak: Contoh dengan jumlah unit percobaan= tx r =4 x 3 =12

A 01	A 13	A 12	A 31
A 11	A 02	A 03	A 32
A 33	A 22	A 21	A 23

Tabel 9. Model hasil pengamatan:

Hormon (H)	Ulangan				Jumlah (TA)	Rerata ($\bar{y}$A)
	1	2	i…..	r		
A 0 A 1 A 2 … A jA t	Y 10 Y 11 Y 12 … Y 1jY 1t	Y 20 Y 21 Y 22 … Y 2jY 2t	Y i0 Y i1 Y i2 … Y ijY it	Y r0 Y r1 Y r2 … Y rjY rt	TA 0 TA 1 TA 2 … TA jTAt	
Jumlah (TY)	Ty1	Ty2	Tyi	Tyr	Tij	($\bar{y}$ij)

Misalnya ingin meneliti pengaruh hormon terhadap pertumbuhan jenis ikan tertentu, dengan perlakuan hormon terdiri atas 4 konsentrasi 0; 5; 10; 20 ppm dengan simbol A_0; A_1 ;A_2 dan A_3. Percobaan dilakukan dengan ulangan sebanyak 3 kali (i=1, 2, 3); sehingga unit-unit percobaannya adalah:

A_{01}=Perlakuan A_0 pada ulangan ke-1

A_{02}=Perlakuan A_0 pada ulangan ke-2

…

A_{32}=Perlakuan A_3 pada ulangan ke-2

A_{33}=Perlakuan A_3 pada ulangan ke-3

Nilai pengamatan ditulis:

Y_{ij} di mana: i=ulangan ke…. Dan j= perlakuan ke…

Penataan dan analisis data:

Tabel analisis data pengaruh hormon terhadap produksi:

Dihitung:
Nilai T_{ij} atau jumlah kwadratnya (*Sum of square*) dengan rumus umum:

$JK_y = T(y^2) - (Ty)^2/n = T(y - \bar{y})^2$

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

$$FK=(T_{ij})^2/(r \times t)$$

(2) $JK_{total}=T(Y_{ij}) - FK = \{(Y_{10})+(Y_{11}) \ldots. +(Y_{ij}) \ldots +(Y_{rt})\} - FK$

(3) $JK_{hormon} = \{(TA)^2/r\} - FK = (TA_0)^2+(TA_1)^2+\ldots\ldots +(TA_n)^2\}/r$ - FK

(4) JK Galat=JK_{total} -JK_{hormon}

Analisis Keragaman (Sidik Ragam) = *analysis of variance*

Tabel 10. Sidik ragam RAL

Sumber Keragaman	**Derajat Bebas**	**Jumlah Kuadrat**	**Kuadrat Tengah**	**F hitung**	**F tabel *)**	
					5%	**1%**

Hormon Galat	v_1=h – 1 v_2= (rh-1)-(h-1)	JKH JKG	JKH /v_1 JKG /v_2	(KTH) /(KTG)	F(v_1,v_2)
Total	rh - 1	JKT			

Keterangan*) :
Bila F hitung < F 5 % tidak ada perbedaan nyata = *non-significant different*; H_0 diterima pada taraf uji 5 %.
Bila F hitung >F 5 % ada perbedaan nyata = *significant different*;
H_1 diterima pada taraf uji 5 %.
Bila F hitung >F 1 % ada perbedaan sangat nyata= *highly significant Different*. H_1diterima pada taraf uji 1 %

Uji menurut distribusi F untuk menguji pengaruh faktor perlakuan terhadap keragaman hasil percobaan. Secara umum uji F ini adalah:

H_0:τ =ε vs. H_1: $\tau \neq \varepsilon$ dengan kaidah keputusan:

$$F_{\text{hitung}}=(S\tau)^2/(S\varepsilon)^2 = \text{KT perlakuan/KT galat.}$$

Dimana ;$(S\tau)^2$=ragam data akibat perlakuan dan
$(S\varepsilon)^2$ =akibat non-perlakuan atau kuadrat tengah galat.

KT perlakuan =(JK perlakuan)/ v_1

KT galat= (JK galat)/v_2

Dimana:v_1 =derajat bebas perlakuan =h – 1 dan
v_2=derajat bebas galat= (rh – 1) – (h – 1) .

KoefisienKeragaman (KK):

Koefisien yang menunjukkan derajat kejituan (*accuracy* atau *precision*) serta keandalan kesimpulan suatu percobaan yang merupakan deviasi baku perunit percobaan. Dinyatakan sebagai persen rerata dari rerata umum percobaan; dituliskan sbb:

KK $=\{\sqrt{(\text{KT galat})}\}/\bar{y} \times 100\ \%$;

$\bar{y}$(*grand mean*) $= T_{ij}/r.t = \Sigma\ Y_{ij}/r.t$

Jika KK semakin kecil maka derajat kejituan dan keandalan akan semakin tinggi, demikian pula validitas kesimpulan yang diperoleh dianggap semakin tinggi. Tidak ada patokan nilai KK yang dianggap baik karena sangat dipengaruhi berbagai faktor, antara lain:

- heterogenitas bahan; memperbesar nilai KK
- kontrol lokal; memperbesar KK
- selang perlakuan; semakin lebar nilai kisarannyas emakin besar KK-nya.
- Ulangan percobaan; makin banyak ulangan makin kecil KK.

Contoh Soal 9.1:

Data produksi padi (ton/ha) pada berbagai konsentrasi zat pengatur pertumbuhan:

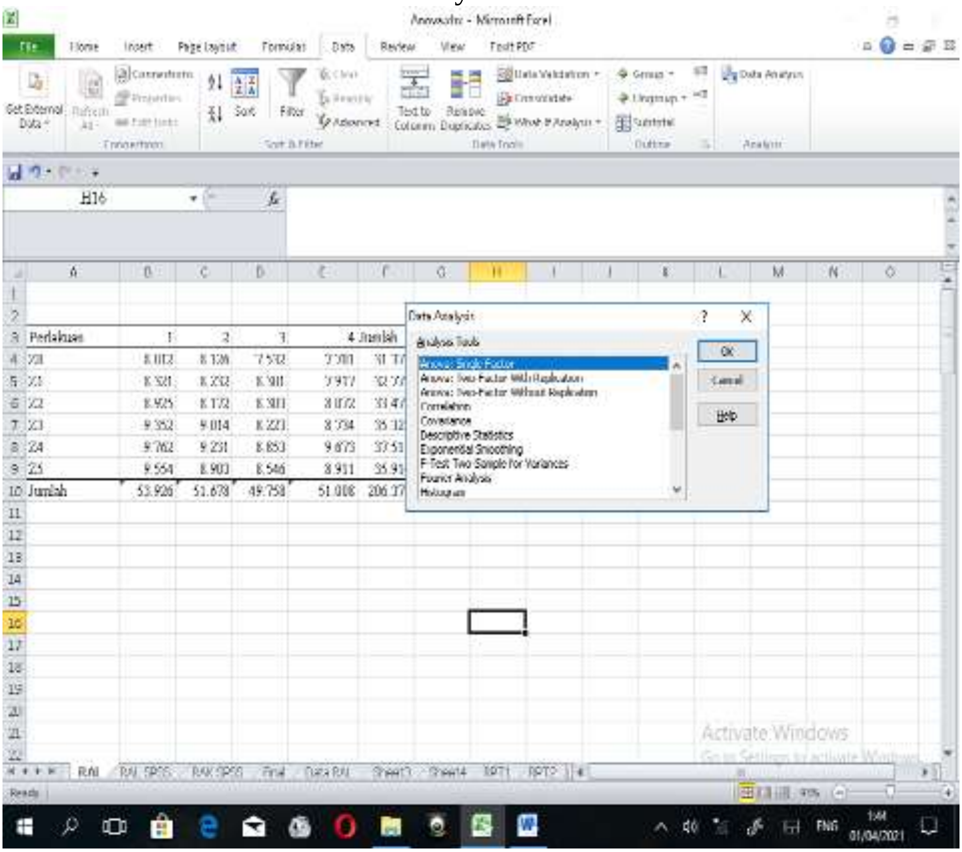
Konsentrasi ZPT	Ulangan				Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4		
Z0 (0)	8.012	8.126	7.532	7.701	31.371	7.843
Z1 (0,5 ml/l)	8.321	8.232	8.301	7.917	32.771	8.193
Z2 (1,0 ml/l)	8.925	8.172	8.303	8.072	33.472	8.368
Z3 (1,5 ml/l)	9.352	9.014	8.223	8.734	35.323	8.831
Z4 (2,0 ml/l)	9.762	9.231	8.853	9.673	37.519	9.380

Z5 (2,5 ml/l)	9.554	8.903	8.546	8.911	35.914	8.979
Jumlah	53.926	51.678	49.758	51.008	206.370	8.599

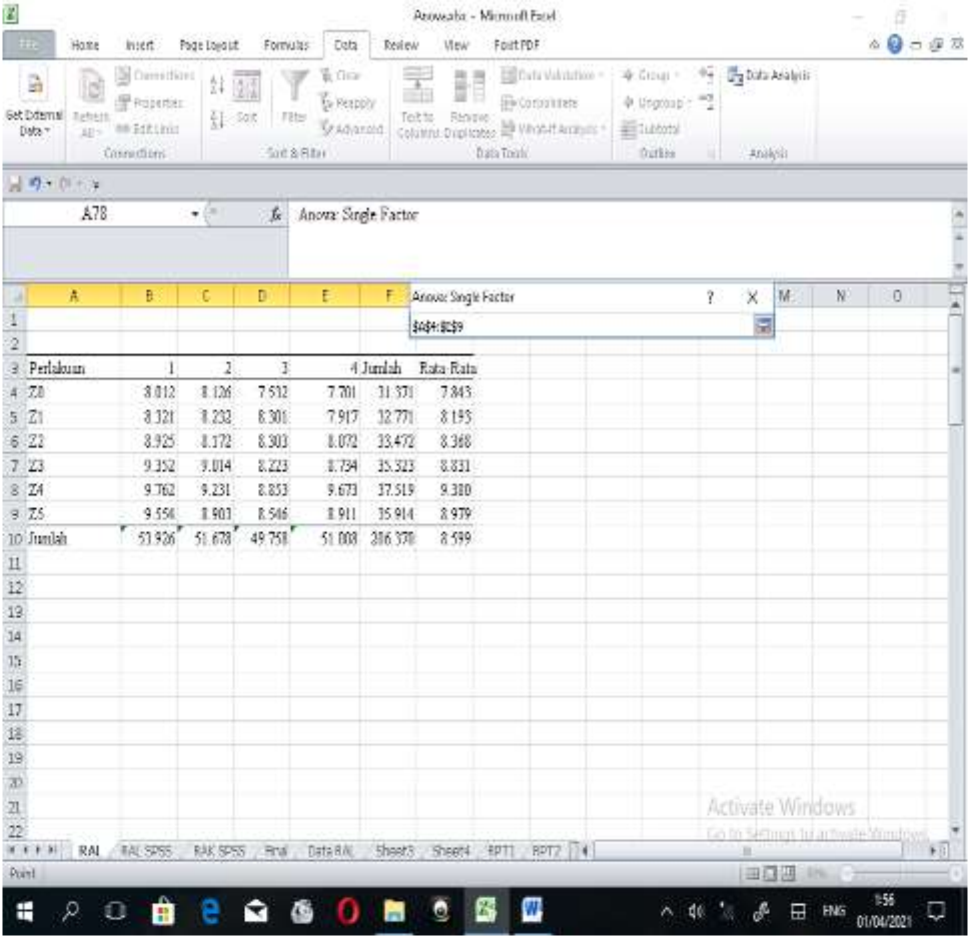
a. Analisis dengan Excel (Cara 1)

Prosedur analisis :

- Ketik data pada sheet Excel
- Aktifkan Data-Analysis dengan cara :
- Klik Data-data Analysis



- Klik Anova : Single Factor
- Blok data dengan cara seperti gambar berikut :



- Input range (data)- centang grouped by row
- Tentukan lokasi penempatan output
- Output analisis sebagai berikut :

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Z0	4	31.371	7.84275	0.0751783
Z1	4	32.771	8.19275	0.0352483
Z2	4	33.472	8.368	0.1468353
Z3	4	35.323	8.83075	0.2280009
Z4	4	37.519	9.37975	0.1772343
Z5	4	35.914	8.9785	0.176171

ANOVA

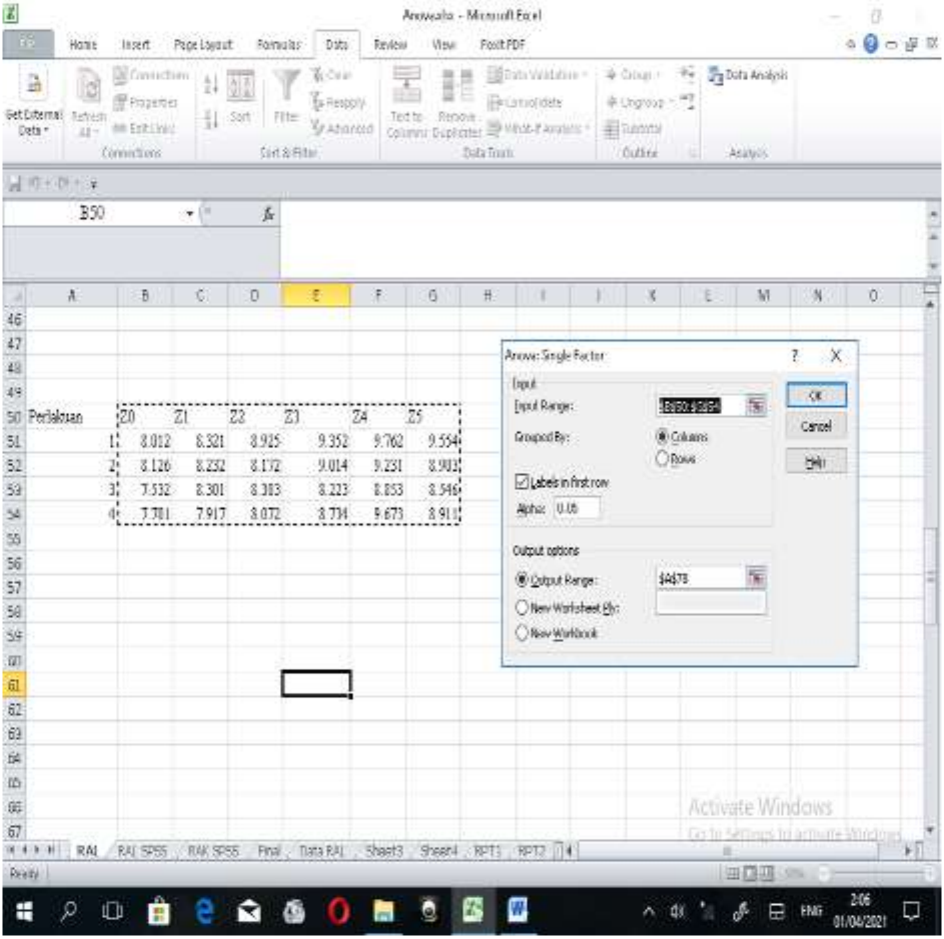
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*
Between Groups	6.39045	5	1.27809	9.1437143	0.00018
Within Groups	2.516	18	0.13978		
Total	8.90645	23			

b. ANalisis Data dengan Program MS-Excel (Cara 2)

- **Ketik data dengan cara transpose (membalik matriks)**

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
1	8.012	8.321	8.925	9.352	9.762	9.554
2	8.126	8.232	8.172	9.014	9.231	8.903
3	7.532	8.301	8.303	8.223	8.853	8.546
4	7.701	7.917	8.072	8.734	9.673	8.911

- Aktifkan Data-Analysis dengan cara :
- Klik Data-data Analysis
- Input range (data)- centang grouped by coulumn



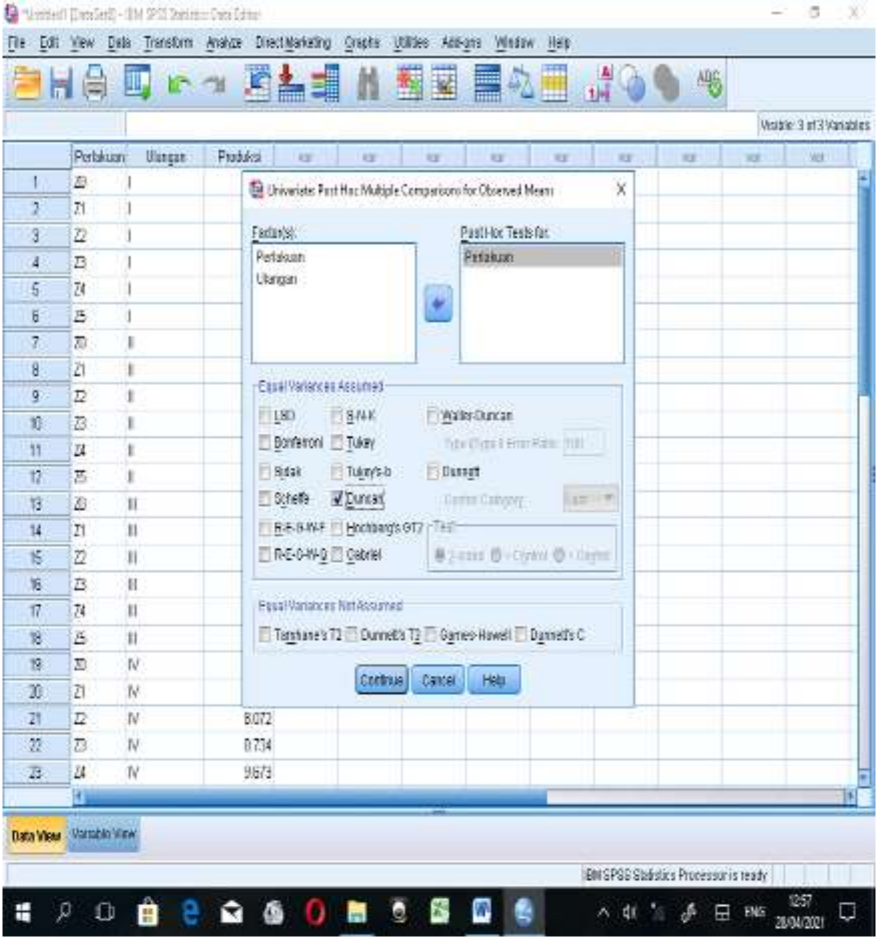
- Tentukan lokasi penempatan output
- Output analisis sebagai berikut :

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
Z0	4	31.371	7.84275	0.07517825		
Z1	4	32.771	8.19275	0.03524825		
Z2	4	33.472	8.368	0.14683533		
Z3	4	35.323	8.83075	0.22800092		
Z4	4	37.519	9.37975	0.17723425		
Z5	4	35.914	8.9785	0.176171		
ANOVA						
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	6.390451	5	1.27809	9.14371432	0.000182	2.772853
Within Groups	2.516004	18	0.139778			
Total	8.906455	23				

c. Analisis dengan program SPSS

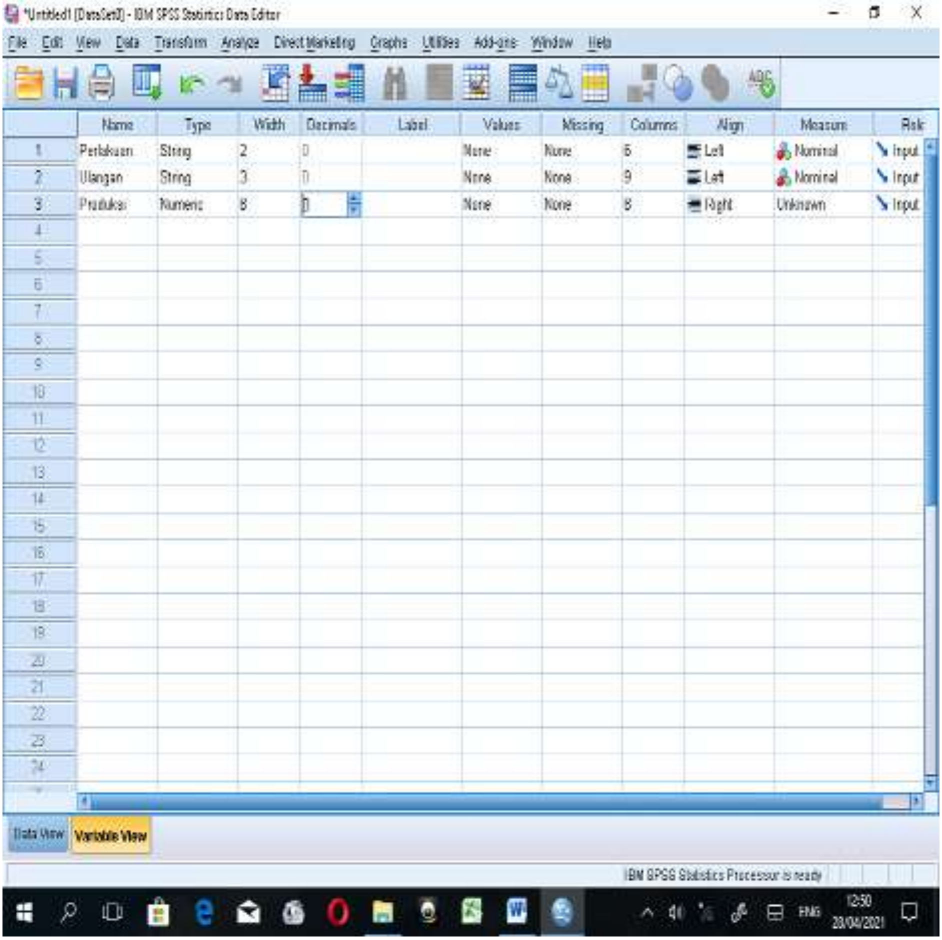
1) Klik SPSS
2) Ketik Data dengan format sebagai berikut
3) Ganti nama variable
4) Pastikan Data produksi adalah data numeric
5) Klik Analize
6) Klik General linear Model
7) Univariat
8) Masukkan variable produksi di kotak dependent variable
9) Masukkan perlakuan dan Ulangan dalam kotak fixed factor(s)

10) Klik model
11) Klik custom
12) Masukkan perlakuan dalam kotak model - continue
13) Klik Post hoc



14) Pilih uji lanjutan yang sesuai, misalnya Duncan
15) Continue – OK

Perlakuan	Ulangan	Produksi
Z0	I	8.012
Z1	I	8.321
Z2	I	8.925
Z3	I	9.352
Z4	I	9.762
Z5	I	9.554
Z0	II	8.126
Z1	II	8.232
Z2	II	8.172
Z3	II	9.014
Z4	II	9.231
Z5	II	8.903
Z0	III	7.532
Z1	III	8.301
Z2	III	8.303
Z3	III	8.223
Z4	III	8.853
Z5	III	8.546
Z0	IV	7.701
Z1	IV	7.917
Z2	IV	8.072
Z3	IV	8.734
Z4	IV	9.673
Z5	IV	8.911



16) Output analisis :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Produksi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.390[a]	5	1.278	9.144	.000
Intercept	1774.524	1	1774.524	12,695.303	.000
Perlakuan	6.390	5	1.278	9.144	.000
Error	2.516	18	.140		
Total	1783.430	24			
Corrected Total	8.906	23			

a. R Squared = .718 (Adjusted R Squared = .639)

Produksi

Duncan

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Z0	4	7.84275		
Z1	4	8.19275		
Z2	4	8.36800	8.36800	
Z3	4		8.83075	8.83075
Z5	4			8.97850
Z4	4			9.37975
Sig.		.075	.097	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .140.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = 0,05.

Kesimpulan hasil analisis :

- Aplikasi hormon pertumbuhan berpengaruh sangat nyata (signifikan pada taraf uji 5% dan 1%) terhadap produksi tanaman kedelai.
- Konsentrasi hormon tumbuh H4 (konsentrasi 2,0 cc/l air) memberikan produksi tertinggi, berbeda nyata dengan H0, H1 dan H2, tetapi tidak berbeda nyata dengan H3 dan H5.

2. Rancangan Acak Kelompok (RAK) = Randomized Block Design

Rancangan paling sederhana yang sesuai untuk percobaan di lapangan (*field experiment*). Kondisi di lapangan tidak homogen, selalu mengalami perubahan kondisi (temperatur, air dll.) Kontrol local merupakan pengelompokan perlakuan secara lengkap sebagai kelompok atau blok tertentu seperti areal tanah, laut, yang kondisinya berbeda untuk tujuan percobaan.

Kondisi yang dapat dianggap sebagai kelompok antara lain:

- Areal lahan (daratan, perairan, laut)
- waktu pengamatan (siang, malam)
- alat percobaan (mesin berbeda merek dll)
- tenaga kerja (wanita, anak, tenaga terlatih, kurang pengalaman dll.)
- dsb.

Randomisasi dan bagan percobaan:

Perambangan dilakukan lengkap per kelompok perambangan dilakukan sebanyak t perlakuan pada k kelompok.

Contoh bagan percobaan RAK dengan t=5 dan k =4.

k 1	k 2	k 3	k 4
t 1	t 5	t 3	t 2
t 5	t 1	t 5	t 5
t 3	t 3	t 4	t 1
t 2	t 4	t 2	t 3
t 4	t 2	t 1	t 4

Penataan dan analisis data

Tabel 11. Analisis data pengaruh hormon tumbuh terhadap produksi kedelai:

Perlakuan	Kelompok				Jumlah (TP)	Rerata ($\bar{y}$P)
	1	2	i…..			
1	Y 11	Y 21	Y i1	Y k1	TP1	
2	Y 12	Y 22	Y i2	Y k2	TP2	
j …	Y 1j	Y 2j	Y ij	Y kj	TPj	
	…	…	…	…	….	
t	Y1t	Y 2t	Y it	Y kt	TPk	
Jumlah (TK)	TK 1	TK 2	TK i	TK k	Tij	($\bar{y}$ij)

Dihitung:

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

$FK=(T_{ij})^2/(kx\ t)$

(2) $JK_{total}=T(\ Y_{ij}) – FK =\{(\ Y_{10})+(\ Y_{11})…. +(\ Y_{ij})… +(\ Y_{rt})\}– FK$

(3) $JK_{kelompok} =(TK^2)/t- FK\ =\{(TK_1)^2 +…. +(TK_k)^2\}/t– FK$

(4) $JK_{perlakuan} =\{(TP_j)^2/k\ \}– FK\ =\{(TP_2)^2+(TP_2)^2+... +(TP_t)^2\}/k – FK$

(5) $JK_{Galat} =JK_{\ total} - JK_{kelompok}- JK_{perlakuan}$

Analisis Keragaman (Sidik Ragam) = *analysis of variance*

Uji menurut distribusi F untuk menguji pengaruh factor perlakuan terhadap keragaman hasil percobaan.Secara umum uji F ini adalah: H_0:τ =ε dan K =ε vs. H_1: $\tau \neq \varepsilon$ danK $\neq \varepsilon$;

Dengan kaidah keputusan: $F_{\ hitung} =(Sk)^2/(S\varepsilon)^2$ = KT kelompok /KT galat dan $(S\tau)^2/(S\varepsilon)^2$= KT perlakuan /KT galat

Dimana; $(Sk)^2$= ragam data akibat kelompok; $(S\tau)^2$= akibat perlakuan dan $(S\varepsilon)^2$ = akibat non perlakuan atau kuadrat tengah galat.

Tabel 12. Sidik ragam RAK

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kwadrat	Kwadrat tengah	F hitung	F tabel *)	
					0,05	0,01

Kelompok	v_1=k – 1	JKK	(JKK) / v_1	KTK/KTG	(v_1,v_3)
Perlakuan	v_2=(t-1)	JKP	(JKP) /v_2	KTP/KTG	(v_2,v_3)
Galat	v_3=(v_t –v_1– v_2)	JKG	(JKG) / v_3		
Total					

KT kelompok = (JK kelompok)/v_1

KT perlakuan = (JK perlakuan)/ v_2

KT galat =(JK galat)/v_3

Dimana: v_1 =k – 1 =derajat bebas kelompok;
v_2 =(t– 1) =derajat bebas perlakuan.

Contoh soal 9.2 :
Gunakan data pada Contoh soal 9.1 dengan rancangan dasar RAK dengan langkah-langkah analisis sebagai berikut :

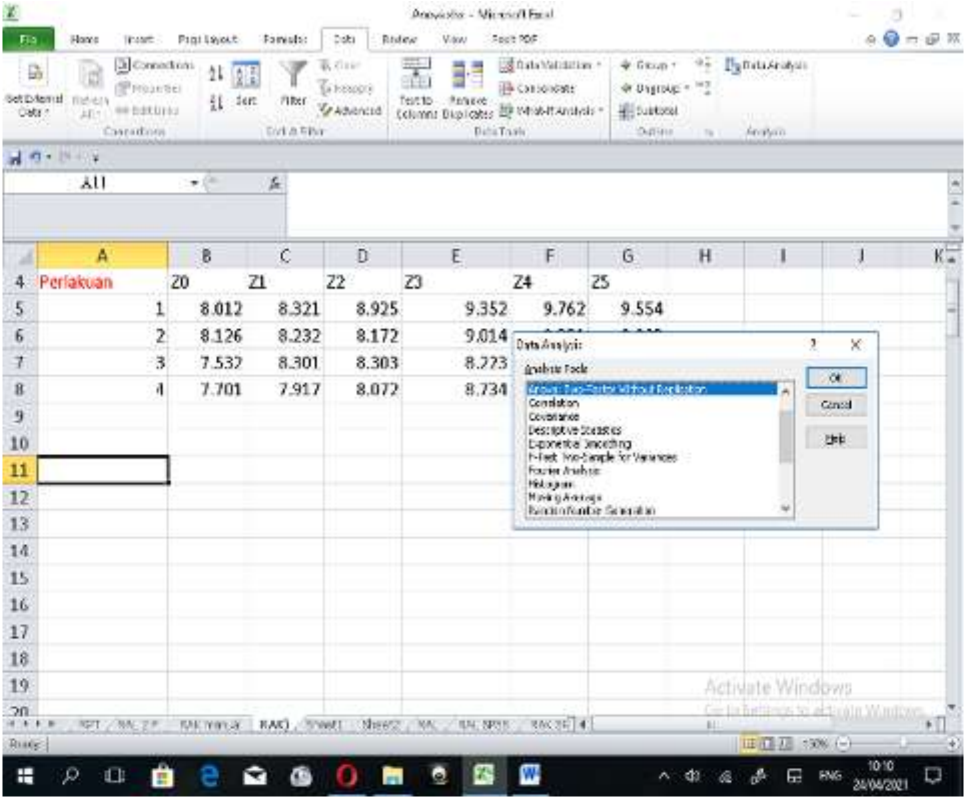
a. Analisis Data dengan Program MS-Excel (Cara 2)

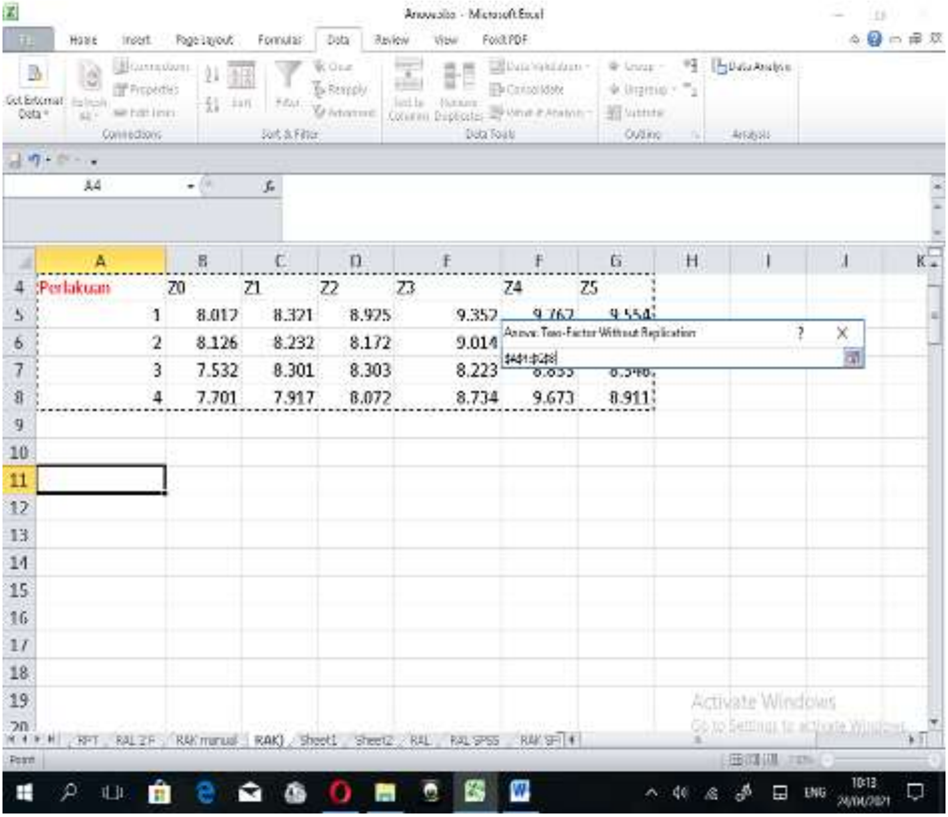
- **Ketik data dengan cara transpose (membalik matriks)**

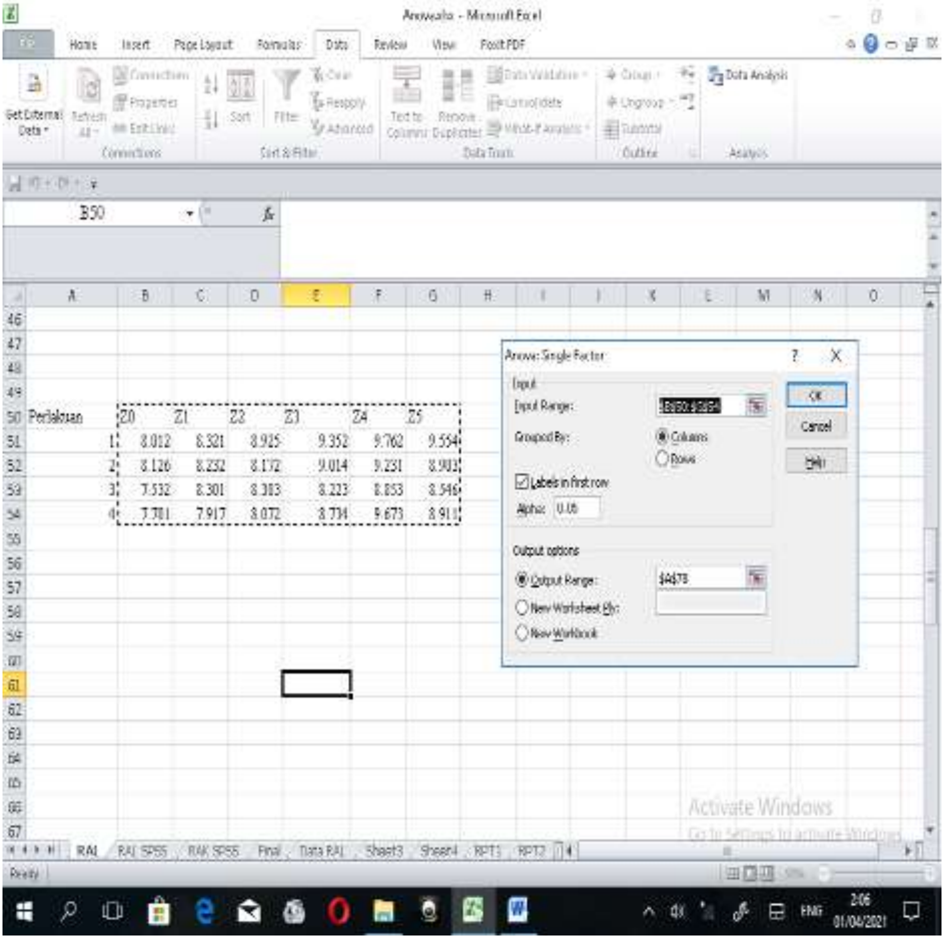
Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
1	8.012	8.321	8.925	9.352	9.762	9.554
2	8.126	8.232	8.172	9.014	9.231	8.903
3	7.532	8.301	8.303	8.223	8.853	8.546
4	7.701	7.917	8.072	8.734	9.673	8.911

- Aktifkan Data-Analysis dengan cara :
- Klik Data-data Analysis
- Input data dengan memblok data, Label perlakuan dan label kelompok

- Beri tanda centang pada kotak label
- Klik output range dan cari tempat kosong untuk melatakkan output analisis
- OK
- Output :






Anova: Single Factor
Perlakuan
Z0 Z1 Z2 Z3 Z4 Z5
1 8.012 8.321 8.925 9.352 9.762 9.554
2 8.126 8.232 8.172 9.014 9.231 8.903
3 7.532 8.301 8.313 8.223 8.853 8.546
4 7.781 7.917 8.072 8.734 9.673 8.911
Input Range:
Grouped By:
Columns
Rows
Labels in first row
Alpha: 0.05
Output options
Output Range:
New Worksheet Ply:
New Workbook
OK
Cancel
Help

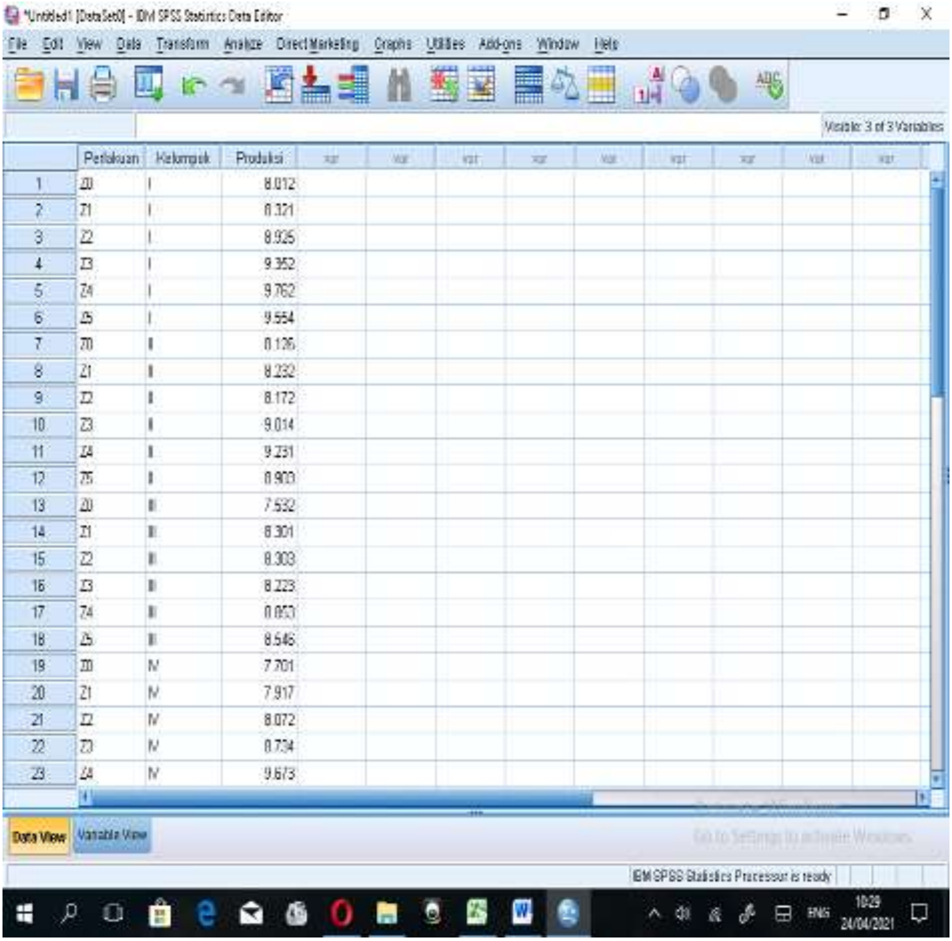
Anova: Two-Factor Without Replication						
SUMMARY	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
1	6	53.926	8.987667	0.490672267		
2	6	51.678	8.613	0.2407272		
3	6	49.758	8.293	0.1923588		
4	6	51.008	8.501333	0.552213867		
Z0	4	31.371	7.84275	0.07517825		
Z1	4	32.771	8.19275	0.03524825		
Z2	4	33.472	8.368	0.146835333		
Z3	4	35.323	8.83075	0.228000917		
Z4	4	37.519	9.37975	0.17723425		
Z5	4	35.914	8.9785	0.176171		
ANOVA						
ource of Variatior	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Rows	1.526594	3	0.508865	7.714666196	0.002388	3.287382
Columns	6.390451	5	1.27809	19.37654589	4.59E-06	2.901295
Error	0.98941	15	0.065961			
Total	8.906455	23				

b. Analisis data dengan program SPSS

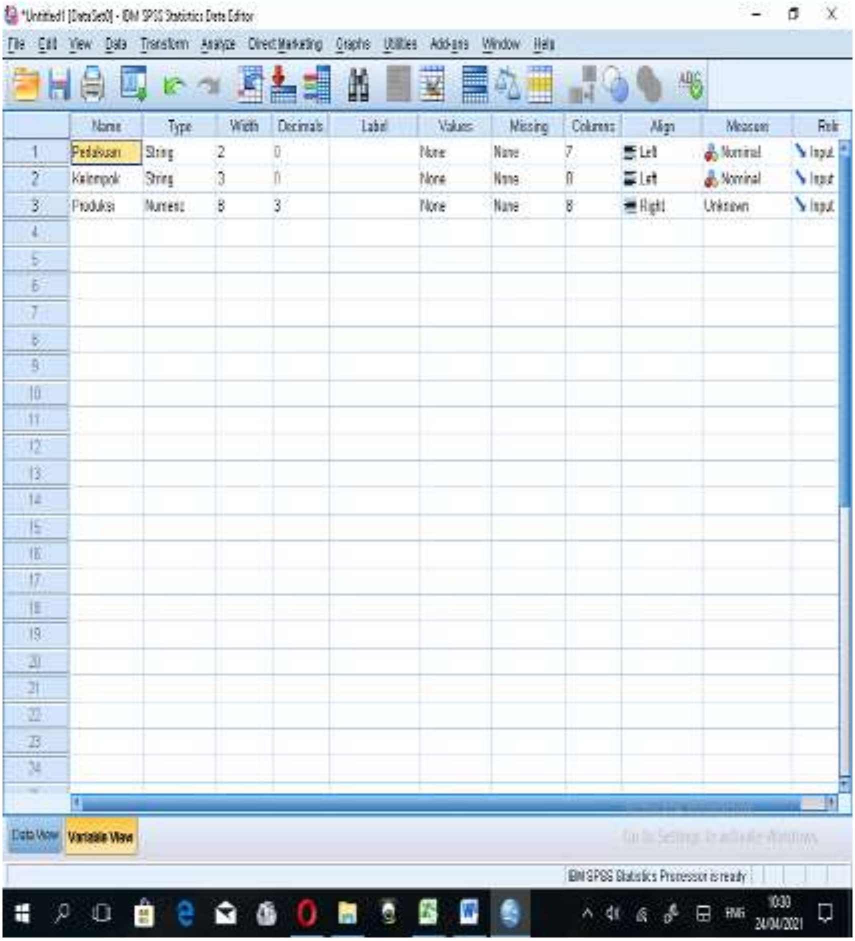
- Buka program SPSS
- Ketik data dengan format sebagai berikut

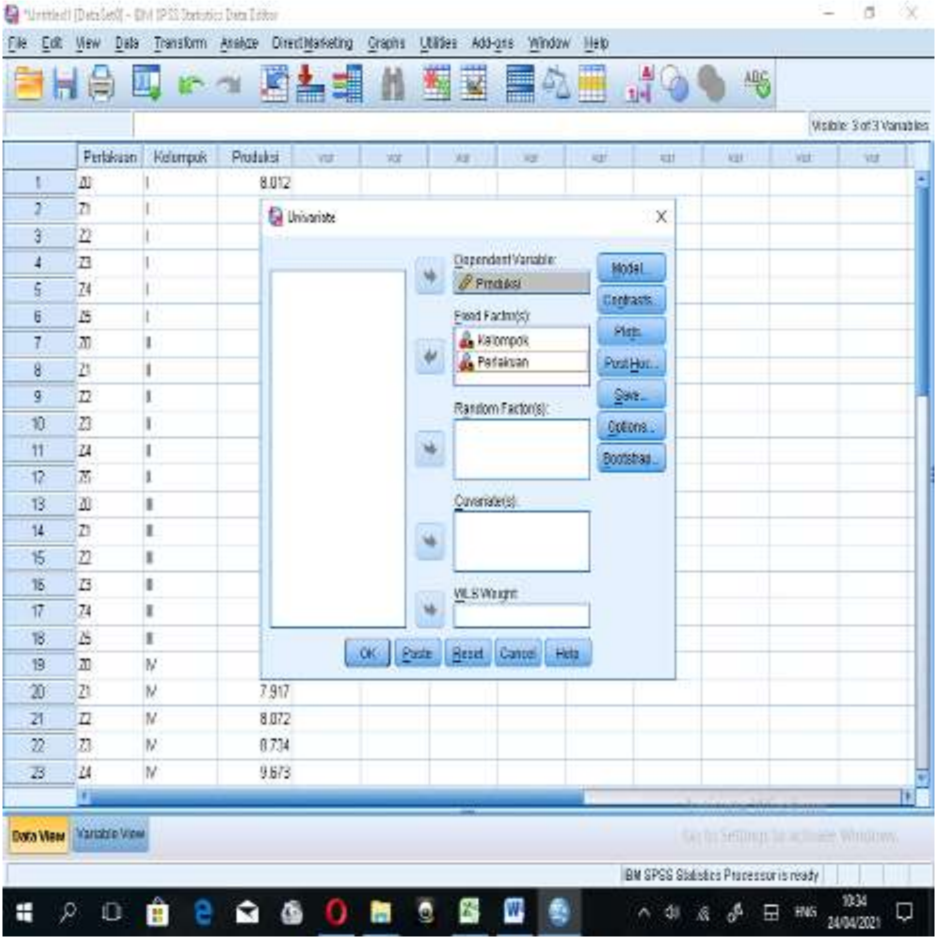
Perlakuan	Kelompok	Produksi
Z0	I	8.012
Z1	I	8.321
Z2	I	8.925

Z3	I	9.352
Z4	I	9.762
Z5	I	9.554
Z0	II	8.126
Z1	II	8.232
Z2	II	8.172
Z3	II	9.014
Z4	II	9.231
Z5	II	8.903
Z0	III	7.532
Z1	III	8.301
Z2	III	8.303
Z3	III	8.223
Z4	III	8.853
Z5	III	8.546
Z0	IV	7.701
Z1	IV	7.917
Z2	IV	8.072
Z3	IV	8.734
Z4	IV	9.673
Z5	IV	8.911

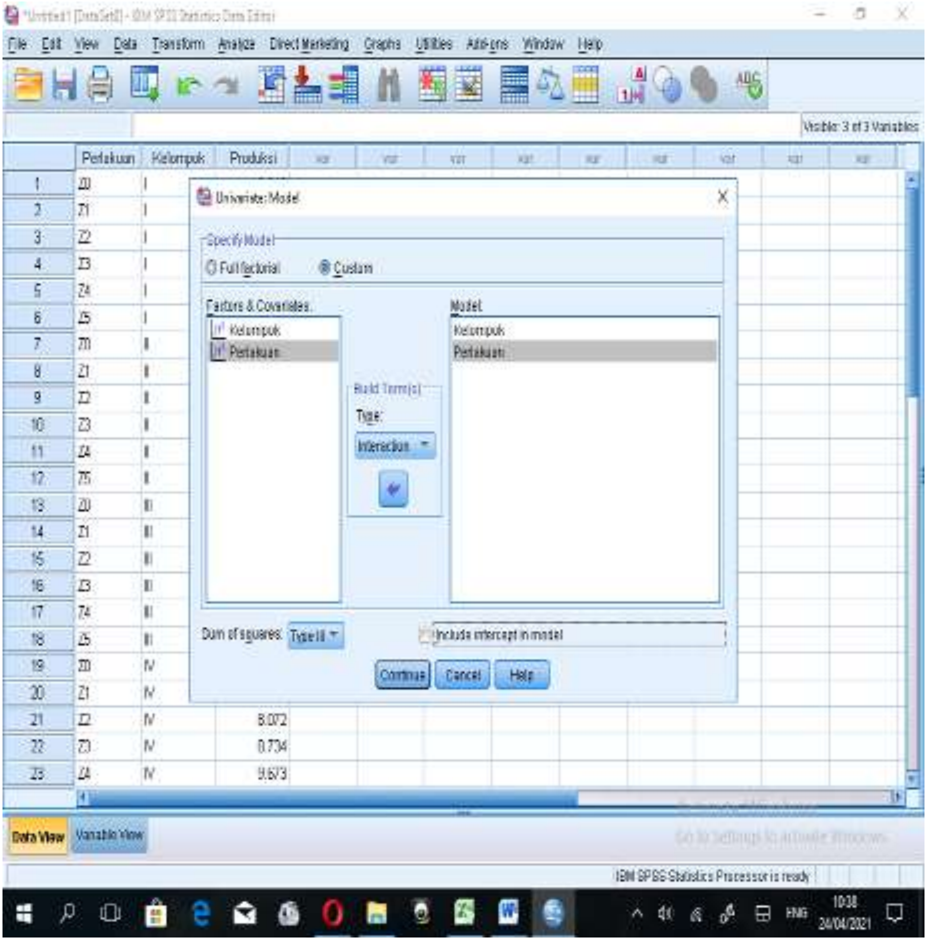


- Ganti tampilan dari data view ke variable view
- Ganti nama variable
- Klik Analize
- Klik General linear model
- Klik Univariate
- Masukkan produksi di dependent variable
- Masukkan kelompok dan perlakuan di fixed factor


*Untitled1 [DataSet0] - IBM SPSS Statistics Data Editor
File Edit View Data Transform Analyze Direct Marketing Graphs Utilities Add-ons Window Help
Name Type Width Decimals Label Values Missing Columns Align Measure Role
Pedalusan String 2 0 None None 7 Left Nominal Input
Kelompok String 3 0 None None 8 Left Nominal Input
Produksi Numeric 8 3 None None 8 Right Unknown Input
Data View Variable View
IBM SPSS Statistics Processor is ready
24/04/2021



- Klik Model
- Klik Custom
- Masukkan kelompok dan perlakuan di kotak model
- Klik Post hock
- Masukkan perlakuan di kotak Post hock test
- Pilih uji lanjutan yang diinginkan
- OK



Output analisis SPSS sebagai berikut :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Produksi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1782.441[a]	9	198.049	3,002.531	.000

Kelompok	1.527	3	.509	7.715	.002
Perlakuan	6.390	5	1.278	19.377	.000
Error	.989	15	.066		
Total	1783.430	24			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Produksi

Duncan

Perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
Z0	4	7.84275			
Z1	4	8.19275	8.19275		
Z2	4		8.36800		
Z3	4			8.83075	
Z5	4			8.97850	
Z4	4				9.37975
Sig.		.073	.350	.429	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .066.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = 0,05.

Kesimpulan hasil analisis data :

- Aplikasi hormon pertumbuhan berpengaruh sangat nyata (signifikan pada taraf uji 5% dan 1%) terhadap produksi tanaman kedelai.
- Konsentrasi hormon tumbuh Z4 (konsentrasi 2,0 cc/l air) memberikan produksi tertinggi, berbeda nyata dengan Z0, Z1 dan Z2, tetapi tidak berbeda nyata dengan Z3 dan Z5.

3. Rancangan Acak Kuadrat Latin (RAKL) = Latin Square Randomized Design

Pada RAKL ini control local mencakup dua arah pengelompokan yaitu berupa **baris** dan **lajur**. Istilah baris dan lajur dipakai untuk menyatakan bahwa control local ditentukan oleh dua faktor yang kondisinya berbeda yang terdapat dan mempengaruhi hasil percobaan, sehingga perambangan perlu dilakukan secara kuadrat. Jarang dipakai karena beberapa syarat yang susah dipenuhi seperti:

- Jumlah baris = jumlah lajur = jumlah perlakuan. Bila jumlah perlakuan terlalu kecil maka ulangannya juga menjadi sangat kurang. Bila jumlah perlakuan besar maka ulangan percobaan juga menjadi besar dan menyebabkan biaya mungkin terlalu besar. Biasanya dipakai untuk percobaan dengan perlakuan sebanyak 5-8

		Baris				
		I	II	III	IV	V
Lajur	I	D	E	A	C	B
	II	A	B	C	E	D
	III	B	A	E	D	E
	IV	C	D	B	A	C
	V	E	C	D	B	A

taraf.

- Tidak boleh ada interaksi antara perlakuan dengan baris dan lajur.
- Menyebabkan adanya sumber keragaman data di luar perlakuan atau yang merupakan dua faktor yang tidak diteliti .(misalnya dua arah silang metode kerja, dua arah silang kondisi kesuburan lahan

dsb).

Randomisasi dan bagan percobaan:

Gambar 13. Contoh bagan RAKL dan perambangan.

Perambang baris dan lajur dilakukan sekaligus akan tetapi tidak ada perlakuan yang terulang dalam satu lajur atau baris tertentu. Perambangan bervariasi sebagai berikut:

Perambangan bebas untuk petak pertama, bersyarat untuk petak berikutnya dan tidak bebas (tidak rambang) untuk petak terakhir. Di mana: A; B;C; D; dan E adalah faktor perlakuan yang akan diteliti dalam percobaan.

Penataan dan Analisis Data

Data ditata dua tahap:

Pertama: Data ditata sesuai dengan keadaan percobaan di lapangan sbb:

Tabel 13. Data pengaruh local control di lapangan

B / L	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Jumlah (TL)**
1	Y_{D11}	Y_{E21}	Y_{A31}	Y_{C41}	Y_{B51}	TL_1
2	Y_{A12}	Y_{C22}	Y_{C32}	Y_{E42}	Y_{D52}	TL_2
3	Y_{B13}	Y_{A23}	Y_{E33}	Y_{D43}	Y_{C53}	TL_3
4	Y_{C14}	Y_{D24}	Y_{B34}	Y_{A44}	Y_{E54}	TL_4
Jumlah (TB)	TB_1	TB_2	TB_3	TB_4	TB_5	T_{ijk}

Dari tabel dapat dihitung:

$FK = T_{ijk} / n \times n$ dimana:

n =jumlah lajur atau baris atau perlakuan.

JK total=$T(Y_{ijk})^2$- FK

JK baris={$(T_B)^2/n$ }- FK

JK lajur={$(T_L)^2/n$ }- FK

JK perlakuan:={TP^2/n }- FK

JK galat=JKtotal– JK baris– JK lajur– JK perlakuan.

Untuk menghitung JK perlakuan dan JK galat perlu dilakukan penataan data menurut lajur (Tabel 14).

Tabel 14. Data pengaruh perlakuan menurut baris:

Perlakuan	Baris					Jumlah (T_p)	Rerata Y_P
	1	2	3	4	5		
A B C D E	Y_{A12} Y_{B13} Y_{C14} Y_{D11} Y_{E15}	Y_{A23} Y_{B22} Y_{C25} Y_{D24} Y_{E21}	Y_{A31} Y_{B34} Y_{C32} Y_{C35} Y_{E33}	Y_{A44} Y_{B45} Y_{C41} Y_{D43} Y_{E42}	Y_{A55} Y_{B51} Y_{C53} Y_{D52} Y_{E54}	T_A T_B T_C T_D T_E	
Jumlah (TB)	T_B	T	T_B	T_B	T_B	T_{ijk}	Yijkr

Analisis keragaman (Anova)

Tabel 15. Sidik ragam RAKL

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel *)	
					5%	1%
Baris Lajur Perlakuan Galat	v_1=n – 1 v_1=n – 1 v_1=n – 1 v_2 =(v_t- 3 v_1)	JKB JKL JKP JKG	JKB /v_1 JKL /v_1 JKP /v_1 JKG /v_2	KTB/KTG KTL/KTG KTP/KTG	(v_1,v_2) (v_1,v_2) (v_1,v_2)	
Total	n^2– 1 =v_t	JKT				

Contoh Soal 9.3.

1. Data hasil percobaan pengaruh jarak tanam terhadap produksi tomat di lereng yang berkemiringan 15 % ke arah barat dan 10 % ke arah selatan. Perlakuan jarak tanam yang diuji :A= 15 x 15 cm, B=15 x 20 cm, C=15 x 25 cm, D=20 x 20, E=20 x 25 cm. Data produksi tomat (kw/ha) adalah sebagai berikut :

D 5.11	E 9.73	A 5.92	C 7.13	B 6.21
A 5.23	B 6.12	C 7.06	E 9.58	D 9.48
B 5.72	A 5.37	E 9.25	D 9.34	C 7.57
C 7.05	D 9.59	B 6.27	A 5.77	E 9.58
E 9.95	C 7.34	D 9.22	B 6.55	A 5.53

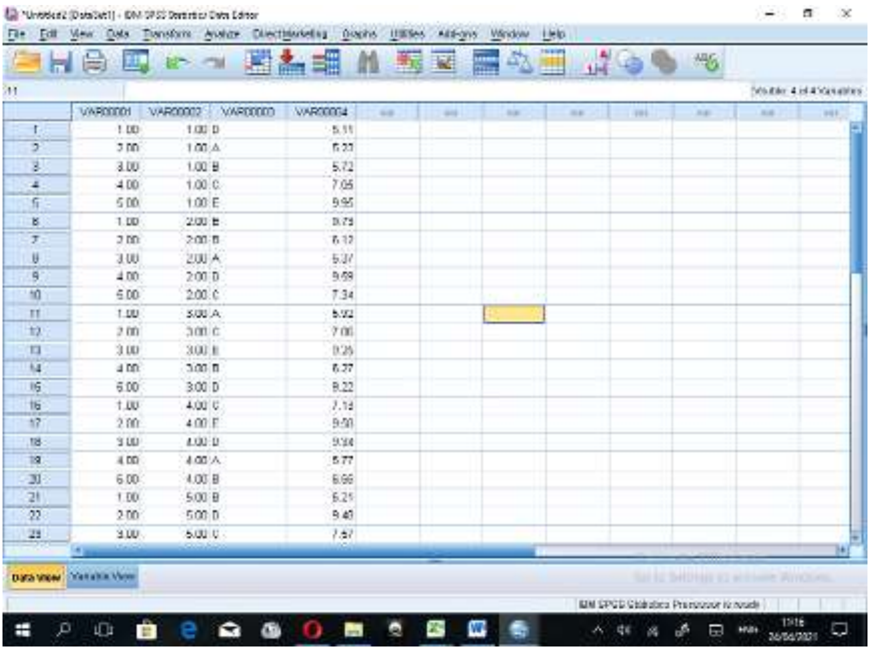
a) Lakukan koleksi data
b) Buat Sidik Ragam dengan RBSL
c) Lakukan uji lanjutan dengan BNT
d) Buat kesimpulan

Analisis keragaman secara manual sebagai berikut :

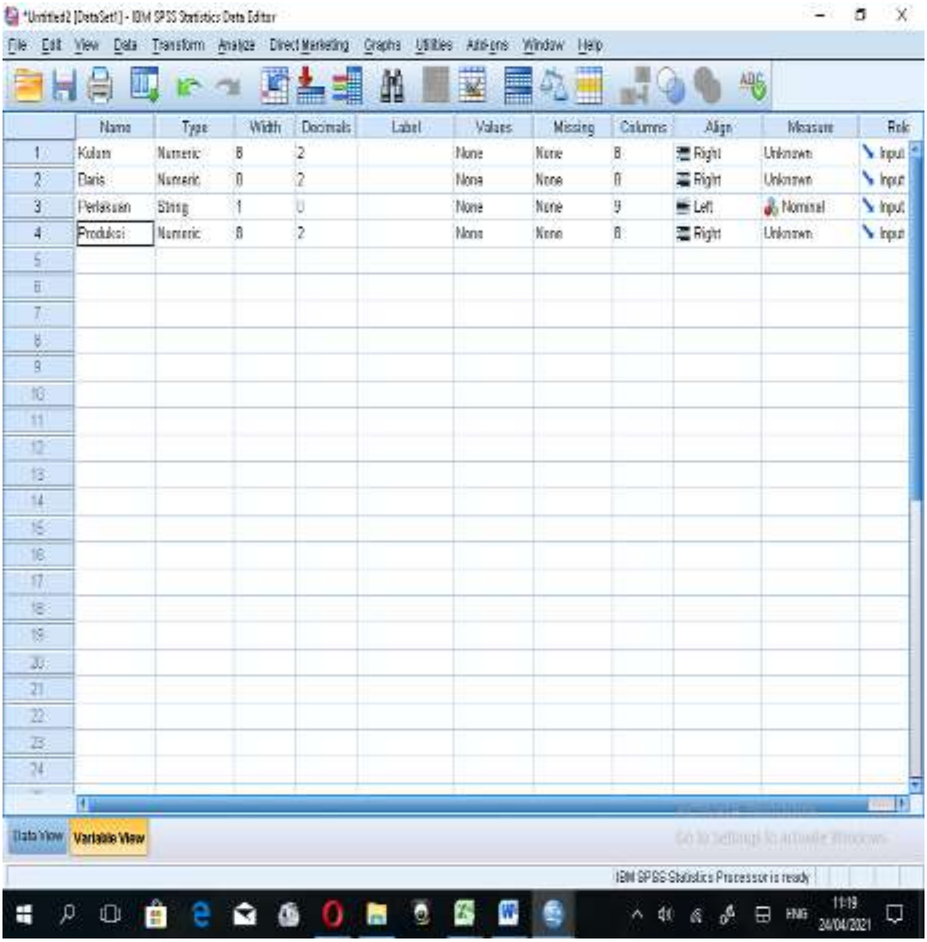
SK	db	JK	KT	Fh		F Tabel 0.05	0.01
BARIS	4	4.20570	1.05142	1.365	tn	3.26	5.41
KOLOM	4	2.54386	0.63596	0.826	tn	3.26	5.41
PERL	4	55.6835	13.9208	18.071	**	3.26	5.41
GALAT	12	9.24	0.77033				
TOTAL	24	71.68					
KK	11.818%						

Analisis Ragam dengan program SPSS

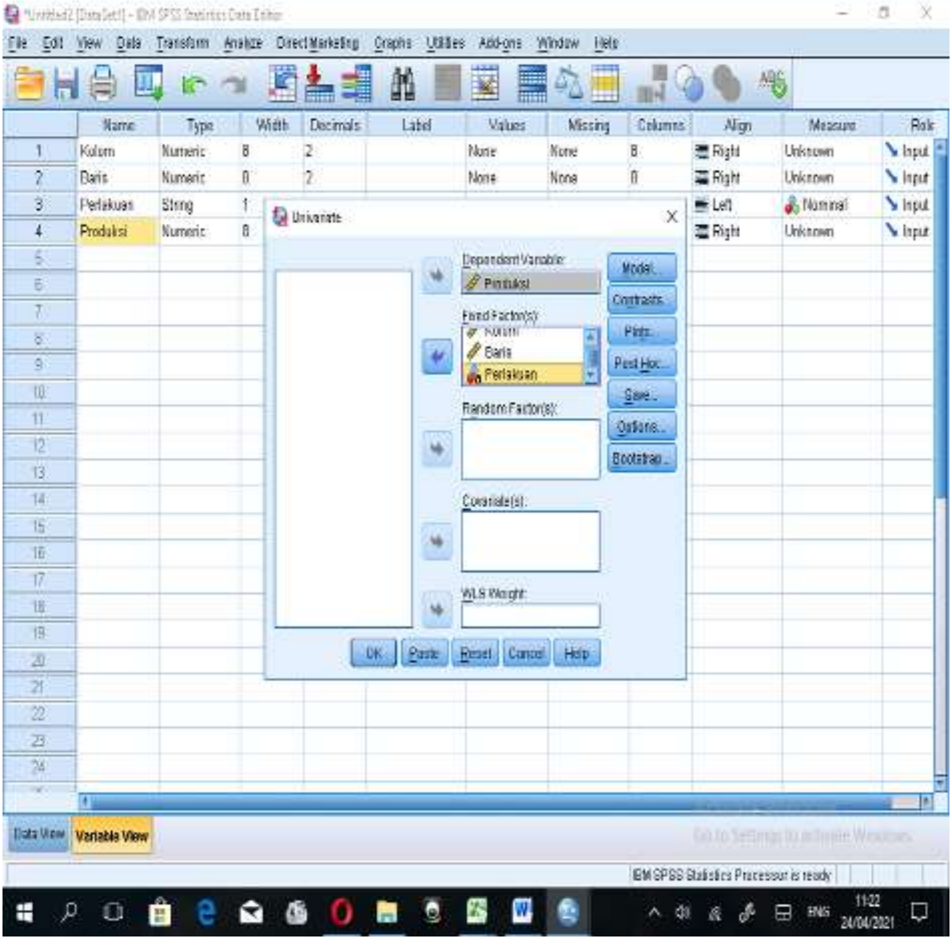
- Buka program SPSS
- Ketik data dengan format sebagai berikut

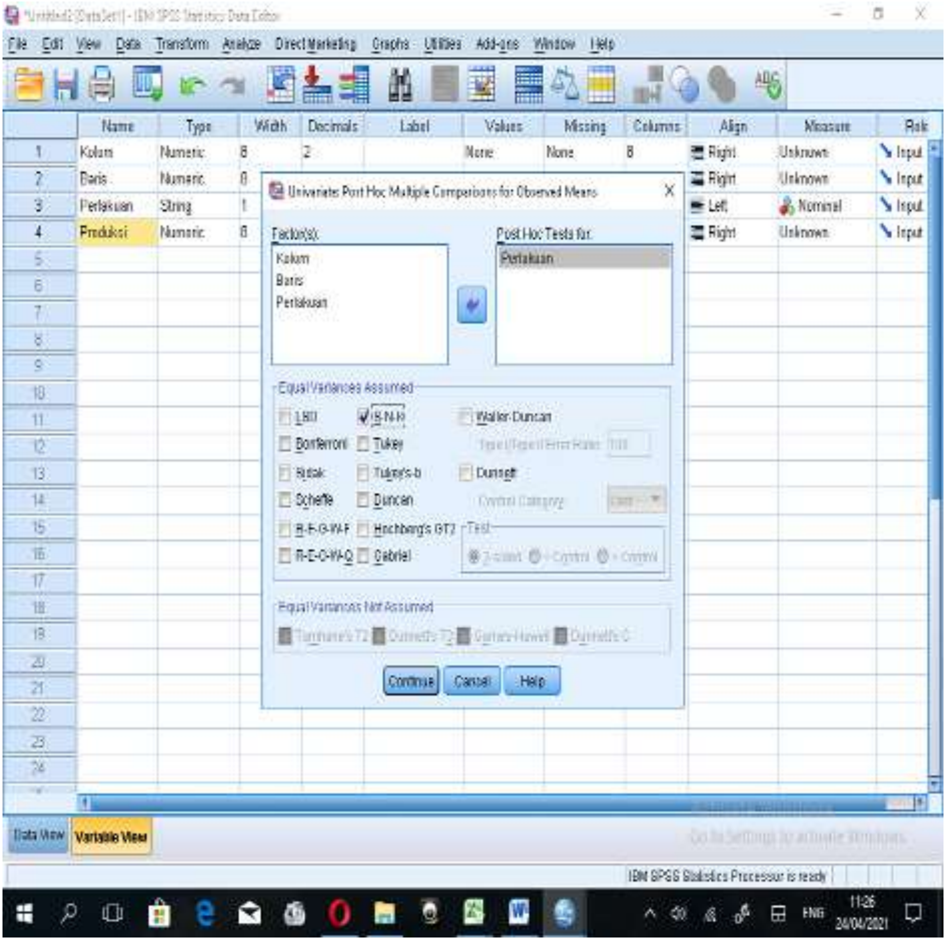


- Ganti tampilan dari data view ke variable view
- Ganti nama variable secara berurutan Kolom-Baris-Perlakuan-Produksi
- Klik Analize
- Klik General linear model
- Klik Univariate



- Masukkan produksi di dependent variable
- Masukkan Kolom, Baris dan perlakuan di fixed factor
- Klik Model – Klik Custom
- Masukkan Kolom, baris dan perlakuan di dalam kotak model
- Klik Post Hoc
- Beri centang pada salah satu uji lanjutan
- Continue
- OK





Output Hasil Analisis dengan program SPSS sebagai berikut

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Produksi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1441.367[a]	13	110.874	143.930	.000

Kolom	2.544	4	.636	.826	.534
Baris	4.206	4	1.051	1.365	.303
Perlakuan	55.684	4	13.921	18.071	.000
Error	9.244	12	.770		
Total	1450.611	25			

a. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .987)

Produksi

Student-Newman-Keuls

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
A	5	5.5640		
B	5	6.1740	6.1740	
C	5		7.2300	
D	5			8.5480
E	5			9.6180
Sig.		.293	.081	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .770.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = 0,05.

Kesimpulan Hasil analisis :

- Jarak tanam berpengaruh sangat nyata terhadap produksi tanaman tomat

- Jarak tanam E (20 cm x 25 cm) memberikan hasil tertinggi, berbeda nyata dengan produksi tomat pada jarak tanam A, B, dan C tetapi tidak berbeda nyata dengan produksi tanaman tomat yang ditanam dengan jarak tanam D (20 cm x 20 cm).

Percobaan Faktorial

Dalam berbagai bidang penerapan perancangan 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-faktor lain berubah. Oleh karena itu banyak bidang terapan memerlukan rancangan percobaan yang menggunakan beberapa faktor sebagai perlakuan pada saat yang bersamaan. Percobaan dengan rancangan faktorial digunakan jika faktor yang digunakan dalam percobaan lebih dari satu. Rancangan ini memungkinkan kita melakukan kombinasi antar level faktor. Ada 2 macam rancangan faktorial, yaitu Tersilang dan Tersarang. Tetapi Faktorial tersilang lebih banyak digunakan.

Model dengan interaksi

Factor	Statistical model	Terms in model
2 Factors A, B crossed in RCD	$y_{ijk} = m + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk}$	A B A* B
Factorial 2 Factors A, B in RCBD	$y_{ijk} = m + K_k + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk}$	K A B A* B
Factorial 3 Factors A, B, C in RCD	$y_{ijkl} = m + a_i + b_j + c_k + ab_{ij} + ac_{ik} + bc_{jk} + abc_{ijk} + e_{l(ijk)}$	A B C A*B A* C B*C A* B*C
Factorial 3 Factors A, B, C in RCBD	$y_{ijkl} = m + K_l + a_i + b_j + c_k + ab_{ij} + ac_{ik} + bc_{jk} + abc_{ijk} + e_{ijkl}$	K A B C A*B A* C B*C A* B*C

RAL-Faktorial (2 Faktor)

Contoh soal 9.4:
Data hasil pengamatan konsentrasi posfor dalam tanah (ppm) dengan pemberian pupuk organik (A) dan kapur (K) sebagai berikut :

Pupuk	Kapur	Kelompok				
		I	II	III	Total	Rata-rata
A0	B0	2,1	3,1	3,3	8,5	2,83
	B1	2,3	2,9	3,7	8,9	2,97
	B2	2,5	3,0	3,8	9,3	3,10
	B3	2,0	1,5	1,7	5,2	1,73
A1	B0	3,1	3,2	3,4	9,7	3,23
	B1	3,3	3,9	3,8	11,0	3,67

	B2	3,7	3,8	3,6	11,1	3,70
	B3	3,5	3,2	3,3	10,0	3,33
A2	B0	4,0	4,5	4,1	12,6	4,20
	B1	4,7	5,1	5,2	15,0	5,00
	B2	7,5	8,1	7,6	23,2	7,73
	B3	7,6	7,9	7,9	23,4	7,80
A3	B0	4,2	4,1	4,2	12,5	4,17
	B1	4,5	4,7	4,5	13,7	4,57
	B2	6,2	6,3	6,0	18,5	6,17
	B3	6,0	6,0	6,1	18,1	6,03
Total		67,2	71,3	72,2	210,7	4,39

a. Analisis data dengan MS-Excel

1) Ketik data dengan format sebagai berikut :

Perlakuan	B0	B1	B2	B3
A0	2.100	2.300	2.500	2.000
	3.100	2.900	3.000	1.500
	3.300	3.700	3.800	1.700
A1	3.100	3.300	3.700	3.500
	3.200	3.900	3.800	3.200
	3.400	3.800	3.600	3.300
A2	4.000	4.700	7.500	7.600
	4.500	5.100	8.100	7.900
	4.100	5.200	7.600	7.900
A3	4.200	4.500	6.200	6.000
	4.100	4.700	6.300	6.000
	4.200	4.500	6.000	6.100

1) Klik Data-Data analysis
2) Klik Anova: Two Factor with replication
3) OK
4) Input Range - Blok data dan label yang telah diketik dengan format seperti di atas
5) Isi Kotak row per sample = jumlah ulangan
6) Klik output range- cari sel kosong untuk meletakkan output
7) OK
8) Output sebagai berikut :

Anova: Two-Factor With Replication						
SUMMARY	B0	B1	B2	B3	Total	
A0						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	8.5	8.9	9.3	5.2	31.9	
Average	2.833333	2.966667	3.1	1.733333	2.658333	
Variance	0.413333	0.493333	0.43	0.063333	0.575379	
A1						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	9.7	11	11.1	10	41.8	
Average	3.233333	3.666667	3.7	3.333333	3.483333	
Variance	0.023333	0.103333	0.01	0.023333	0.074242	
A2						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	12.6	15	23.2	23.4	74.2	
Average	4.2	5	7.733333	7.8	6.183333	
Variance	0.07	0.07	0.103333	0.03	2.872424	
A3						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	12.5	13.7	18.5	18.1	62.8	
Average	4.166667	4.566667	6.166667	6.033333	5.233333	
Variance	0.003333	0.013333	0.023333	0.003333	0.851515	
Total						
Count	12	12	12	12		
Sum	43.3	48.6	62.1	56.7		
Average	3.608333	4.05	5.175	4.725		
Variance	0.475379	0.802727	3.923864	6.036591		
ANOVA						
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	92.97563	3	30.99188	264.2291	1.2E-22	2.90112
Columns	17.46063	3	5.820208	49.62167	3.89E-12	2.90112
Interaction	26.89521	9	2.988356	25.47799	3.7E-12	2.188766
Within	3.753333	32	0.117292			
Total	141.0848	47				

b. Analisis data dengan SPSS

1) Ketik data dengan format sebagai berikut :

Pupuk	Kapur	Ulangan	Produksi
A0	B0	I	2.10
A0	B0	II	3.10
A0	B0	III	3.30
A0	B1	I	2.30
A0	B1	II	2.90
A0	B1	III	3.70
A0	B2	I	2.50
A0	B2	II	3.00
A0	B2	III	3.80
A0	B3	I	2.00
A0	B3	II	1.50
A0	B3	III	1.70
A1	B0	I	3.10
A1	B0	II	3.20
A1	B0	III	3.40
A1	B1	I	3.30
A1	B1	II	3.90
A1	B1	III	3.80
A1	B2	I	3.70
A1	B2	II	3.80
A1	B2	III	3.60
A1	B3	I	3.50
A1	B3	II	3.20
A1	B3	III	3.30
A2	B0	I	4.00
A2	B0	II	4.50
A2	B0	III	4.10
A2	B1	I	4.70

A2	B1	II	5.10
A2	B1	III	5.20
A2	B2	I	7.50
A2	B2	II	8.10
A2	B2	III	7.60
A2	B3	I	7.60
A2	B3	II	7.90
A2	B3	III	7.90
A3	B0	I	4.20
A3	B0	II	4.10
A3	B0	III	4.20
A3	B1	I	4.50
A3	B1	II	4.70
A3	B1	III	4.50
A3	B2	I	6.20
A3	B2	II	6.30
A3	B2	III	6.00
A3	B3	I	6.00
A3	B3	II	6.00
A3	B3	III	6.10

2) Ganti nama variable dengan urutan sebagai berikut : Pupuk- Kapur – ulangan- Produksi

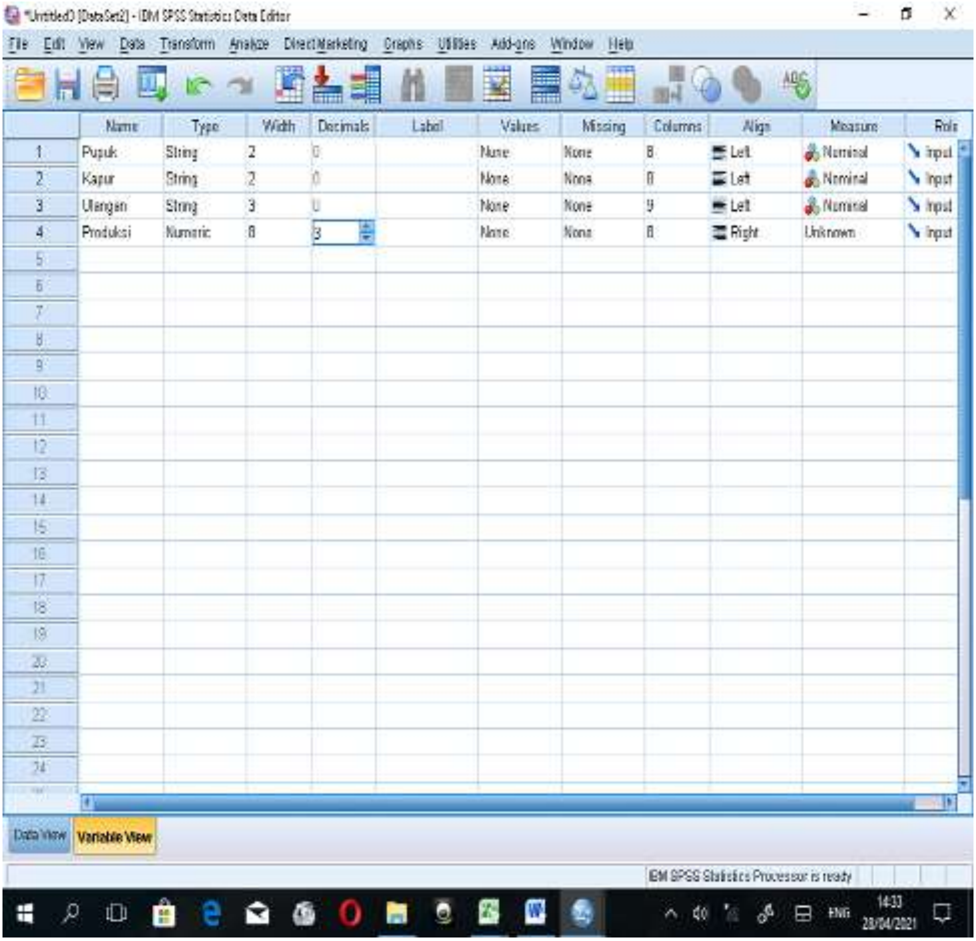
3) Klik Analize – General Linear Model – Univariat

4) Masukkan produksi di pendent variable

5) Masukkan pupuk, kapur dan ulangan di fixed factor(s)

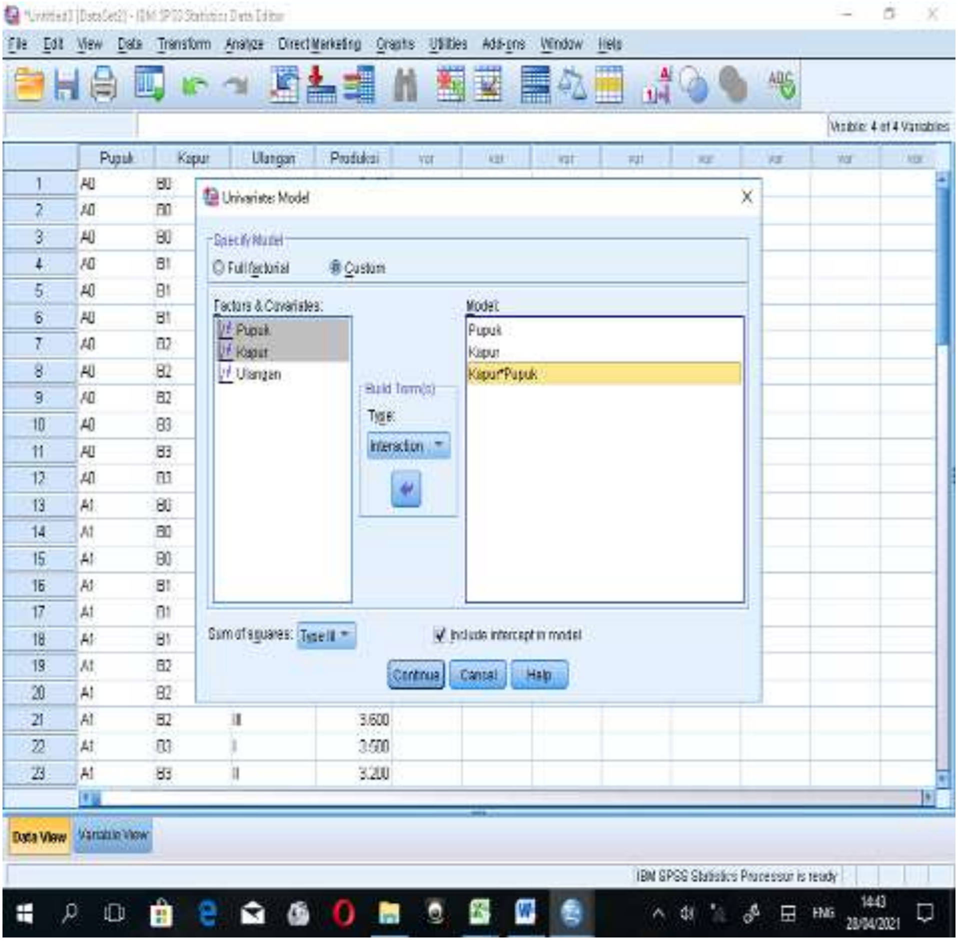
6) Klik Model – Custom

7) Masukkan kapur ke dalam kotak model



8) Masukkan Pupuk ke dalam model

9) Masukkan Interaksi kapur dan pupuk ke dalam model dengan cara klik pupuk dan kapur sambil menekan tombol enter pada computer.



10) Pilih post hoc

11) Masukkan faktor pupuk dan faktor kapur

12) Beri tanda chek pada salah satu uji lanjutan, misalnya Duncan

13) Continue – OK

14) Output Hasil analisis :

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Produksi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	137.331[a]	15	9.155	78.057	.000
Intercept	924.885	1	924.885	7,885.345	.000
Pupuk	92.976	3	30.992	264.229	.000
Kapur	17.461	3	5.820	49.622	.000
Pupuk * Kapur	26.895	9	2.988	25.478	.000
Error	3.753	32	.117		
Total	1065.970	48			
Corrected Total	141.085	47			

a. R Squared = .973 (Adjusted R Squared = .961)

Produksi

Duncan

Pupuk	N	Subset			
		1	2	3	4
A0	12	2.65833			
A1	12		3.48333		
A3	12			5.23333	
A2	12				6.18333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .117.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = 0,05.

Produksi

Duncan

Kapur	N	Subset			
		1	2	3	4
B0	12	3.60833			
B1	12		4.05000		
B3	12			4.72500	
B2	12				5.17500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .117.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

b. Alpha = 0,05.

RAK-Faktorial (2 Faktor)

Misalnya kita analisis data pada Contoh soal 9.4 dengan menggunakan rancangan dasar RAK

1) Hitung derajad bebas
2) Hitung Faktor Koreksi
3) Hitung Jumlah Kuadrat
4) Hitung Kuadrat tengah
5) Hirung F hitung
6) Tentukan F Tabel 5% dan 1%
7) Hitung Koefisien Keragaman

Output Analisis Manual sebagai berikut :

SK	db	JK	KT	Fh		F Tabel	
						0.05	0.01
Kel	2	0.888	0.444	4.648	*	3.32	5.39
Perl	15	137.331	9.155	95.854	**	2.06	2.79
Pupuk (A)	3	92.976	30.992	324.475	**	2.92	4.51
Kapur (B)	3	17.461	5.820	60.936	**	2.92	4.51
AxB	9	26.895	2.988	31.287	**	2.21	3.06
Galat	30	2.865	0.096				
Total	47	141.085					
KK=	7.04	%					

Analisis Data dengan Menggunakan Program SPSS .

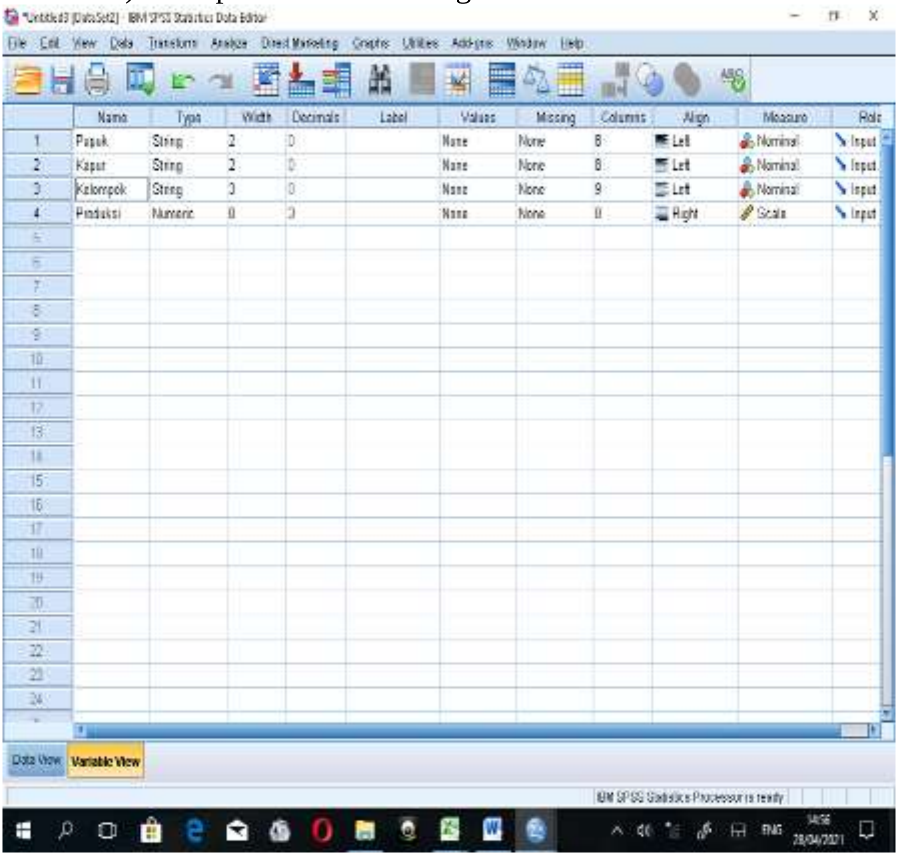
1) Buka SPSS
2) Ketik data dengan Format sebagai berikut :

Pupuk	Kapur	Kelompok	Produksi
A0	B0	I	2.10
A0	B0	II	3.10
A0	B0	III	3.30
A0	B1	I	2.30
A0	B1	II	2.90
A0	B1	III	3.70
A0	B2	I	2.50
A0	B2	II	3.00
A0	B2	III	3.80
A0	B3	I	2.00
A0	B3	II	1.50

A0	B3	III	1.70
A1	B0	I	3.10
A1	B0	II	3.20
A1	B0	III	3.40
A1	B1	I	3.30
A1	B1	II	3.90
A1	B1	III	3.80
A1	B2	I	3.70
A1	B2	II	3.80
A1	B2	III	3.60
A1	B3	I	3.50
A1	B3	II	3.20
A1	B3	III	3.30
A2	B0	I	4.00
A2	B0	II	4.50
A2	B0	III	4.10
A2	B1	I	4.70
A2	B1	II	5.10
A2	B1	III	5.20
A2	B2	I	7.50
A2	B2	II	8.10
A2	B2	III	7.60
A2	B3	I	7.60
A2	B3	II	7.90
A2	B3	III	7.90
A3	B0	I	4.20
A3	B0	II	4.10
A3	B0	III	4.20
A3	B1	I	4.50
A3	B1	II	4.70
A3	B1	III	4.50
A3	B2	I	6.20

A3	B2	II	6.30
A3	B2	III	6.00
A3	B3	I	6.00
A3	B3	II	6.00
A3	B3	III	6.10

3) Tampilan variable sebagai berikut :



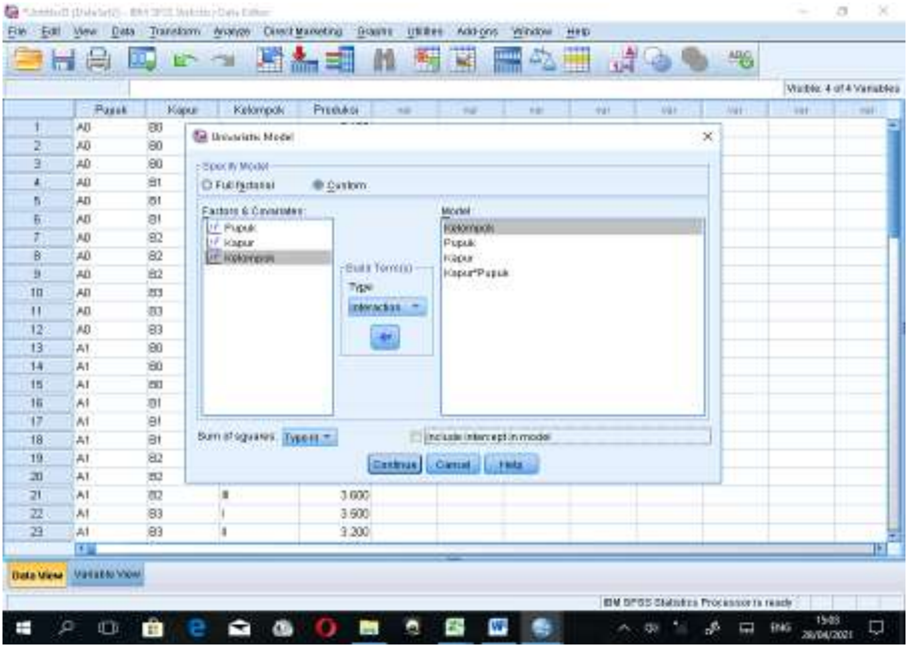
4) Ganti nama variable dengan urutan sebagai berikut :
Pupuk- Kapur – kelompok- Produksi

5) Klik Analize – General Linear Model – Univariat

6) Masukkan produksi di dependent variable

7) Masukkan pupuk, kapur dan kelompok di fixed factor(s)

8) Klik Model – Custom



9) Masukkan Kelompok ke dalam kotak model

10) Masukkan kapur ke dalam kotak model

11) Masukkan pupuk ke dalam kotak model

12) Masukkan interaksi Kapur dan pupuk ke dalam model dengan cara klik kapur dan pupuk sambil menekan tombol ctrl

13) Klik Post hoc

14) Pilih uji lanjutan yang sesuai

15) Continue – OK

16) Output Analisis sebagai berikut :

17)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Produksi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	1063.105[a]	18	59.061	618.354	.000
Kelompok	.888	2	.444	4.648	.017
Pupuk	92.976	3	30.992	324.475	.000
Kapur	17.461	3	5.820	60.936	.000
Pupuk * Kapur	26.895	9	2.988	31.287	.000
Error	2.865	30	.096		
Total	1065.970	48			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

18)

Kesimpulan hasil analisis data :

- Aplikasi pupuk organik berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan P dalam tanah

- Aplikasi kapur berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan P dalam tanah
- Ada interaksi yang signifikan antara pupuk organik dengan dosis kapur terhadap kandungan P tanah
- Perlakuan A3 berpengaruh paling baik terhadap kandungan P tanah berbeda nyata dengan perlakuan pupuk organik lainnya.
- Perlakuan K3 berpengaruh paling baik terhadap kandungan P tanah berbeda nyata dengan perlakuan kapur lainnya.
- Interaksi pupuk organik A3K3 memberikan pengaruh terbaik terhadap kandungan P tanah.

Rancangan Petak Terpisah

Pada pembahasan sebelumnya tentang beberapa jenis rancangan lingkungan untuk mengendalikan galat percobaan, kita hanya dihadapkan pada satu tipe Satuan Percobaan untuk semua perlakuan dan satu proses pengacakan untuk menempatkan perlakuan ke dalam satuan percobaan. Namun demikian, dalam percobaan faktorial terkadang kita dihadapkan pada situasi lain dimana terdapat beberapa tipe satuan percobaan dan taraf dari faktor-faktor percobaan ditempatkan secara berurutan serta prosedur pengacakannya pun dilakukan secara terpisah. Misalnya, dari kedua faktor yang kita coba, kita buat ukuran petak satuan percobaan yang ukurannya lebih besar untuk salah satu faktornya, kemudian untuk masing-masing petak tersebut kita bagi lagi menjadi beberapa petak dengan ukuran lebih kecil yang merupakan satuan percobaan untuk taraf faktor keduanya. Prosedur ini tiada lain merupakan prinsip dari percobaan Split-Plot. Petak satuan percobaan yang ukurannya lebih besar dan didalamnya terdapat anak-anak petak dinamakan dengan Petak Utama (*Main Plot*), sedangkan petak satuan percobaan kedua yang ukurannya lebih kecil dan ditempatkan secara acak pada Petak Utama dinamakan anak petak (*Sub Plot*).

Dengan demikian, percobaan Split-plot merupakan superimpose dari dua jenis satuan percobaan dimana rancangan lingkungan untuk keduanya bisa sama ataupun berbeda. Satuan percobaan untuk petak utama bisa dirancang dengan rancangan dasar RAL, RAKL, dan RBSL. Demikian juga, satuan percobaan anak petak bisa dirancang dengan ketiga rancangan dasar tersebut. Kombinasi rancangan yang sering digunakan di bidang pertanian adalah RAKL baik untuk petak utama maupun anak petaknya. Pada uraian selanjutnya, hanya dibahas rancangan RAKL untuk rancangan dasar anak petaknya. Dalam rancangan Split-plot, tidak hanya ukuran dan derajat ketepatan untuk kedua faktor yang berbeda, namun disini kita dihadapkan juga pada dua satuan percobaan yang berbeda sehingga perbandingan keragaman galat percobaannya pun berbeda. Pada rancangan RPT, pengukuran pengaruh faktor utama dikorbankan, sebaliknya pengaruh faktor anak petak dan interaksi anak petak dengan petak utama lebih tepat dibandingkan dengan rancangan kelompok lengkap biasa

Beberapa alasan pemilihan rancangan RPT dalah sebagai berikut:
1. Derajat Ketepatan

Misalnya suatu penelitian ditujukan untuk menilai 10 varietas kedelai dengan tiga taraf/level pemupukan dalam suatu percobaan faktorial 10 x 3, apabila si peneliti mengharapkan ketepatan lebih tinggi bagi perbandingan varietas kedelai daripada untuk respons pemupukan. Dengan demikian, si peneliti akan membuat varietas sebagai faktor anak petak dan pemupukan sebagai faktor petak utama. Akan tetapi, seorang agronomis yang mempelajari respons pemupukan 10 varietas kedelai yang dikembangkan oleh si peneliti mungkin akan menginginkan ketepatan yang libih tinggi untuk respons pemupukan daripada untuk varietas, dan akan menempatkan varietas pada petak utama dan pemupukan pada anak petak.

2. Ukuran Nisbi Mengenai Pengaruh Utama

Dari informasi sebelumnya, diketahui adanya perbedaan respon yang lebih besar diantara beberapa taraf dari faktor tertentu dibandingkan beberapa taraf yang lain. Kombinasi perlakuan dari faktor yang menimbulkan perbedaan respon yang besar dapat diperlakukan secara acak pada petak utama (Steel dan Torrie, 1991). Satu faktor lebih dipentingkan dari faktor yang lain. Apabila pengaruh utama salah satu faktor diharapkan lebih besar dan lebih mudah dilihat daripada faktor lainnya, maka salah satu faktor tersebut dapat ditempatkan sebagai petak utama, dan faktor yang lain sebagai anak petak (Gomez & Gomez, 1995). Faktor yang dipentingkan ini mungkin merupakan penemuan baru atau cara-cara baru atau sebab lain, sehingga satu faktor mendapat perhatian yang lebih dari faktor lainnya. Adapun faktor yang kurang dipentingkan bisa disebabkan karena faktor tersebut telah mempunyai informasi cukup banyak atau telah dilakukan percobaan yang berulang-ulang. Misalnya kita ingin meneliti jarak tanam pada beberapa varietas tanaman. Dari percobaan-percobaan terdahulu sudah diketahui informasi tentang varietas tersebut antara lain potensi produksinya. Sedangkan dalam percobaan ini ingin diketahui lebih mendalam tentang pengaruh jarak tanam pada beberapa varietas tersebut, maka dalam percobaan semacam ini digunakan RPT. Varietas diperlakukan sebagai faktor petak utama (main plot faktor), sedangkan jarak tanam diperlakukan sebagai faktor anak petak (sub plot faktor), karena mengharapkan pengaruh perlakuan jarak tanam lebih besar daripada faktor perlakuan varietas. Contoh kasus lain misalnya pada permulaan tahun 1984 ditemukan zat Hidrazil yang dapat meningkatkan produksi tanaman. Sudah pasti hal mengenai Hidrazil agak terbatas jika dibandingkan dengan pupuk Rustica yang sudah dikenal. Apabila percobaan dilakukan menggunakan materi Hidrazil dan Rustica, maka dengan sendirinya faktor Hidrazil lebih dipentingkan dibandingkan dengan faktor Rustica.

3.Praktek Pengelolaan

Penempatan perlakuan sebagai petak utama dilakukan berdasarkan pertimbangan praktis di lapangan, misalnya satu faktor memerlukan petak yang luas dan sukar sekali dilakukan pada petak yang kecil, misalnya:

1) Pembajakan lahan (pengolahan tanah dengan bajak atau traktor), sedangkan faktor-faktor lain seperti pemupukan, jarak tanam, penyemprotan, tinggi genangan dan lainnya dapat dilakukan pada petak kecil. Dalam pelaksanaan percobaan, pembajakan lahan dilakukan terlebih dahulu, baru selanjutnya dibuat petak-petak yang lebih kecil untuk faktor yang lain. Dalam hal ini petak yang luas (faktor pembajakan) seolah-olah kurang dipentingkan sedangkan petak yang kecil (pemupukan dll) merupakan faktor yang dipentingkan.

2) Dalam suatu percobaan untuk menilai penampilan beberapa varietas padi dengan berbagai taraf pemupukan, si peneliti mungkin menempatkan petak utama untuk pemupukan guna memperkecil keperluan pemisahan petakan yang memerlukan taraf pemupukan yang berbeda.

4. Rancangan ini dapat digunakan bila suatu faktor lain ditambahkan dalam percobaan.

Misalnya pengaruh membandingkan beberapa fungisida sebagai pelindung terhadap serangan penyakit karat daun, sekaligus digunakan beberapa varietas yang diketahui berbeda resistensinya terhadap penyakit tersebut, dalam hal ini varietas dijadikan sebagai petak utama (mainplot) dan fungisida dalam anak petak (subplot) (Steel dan Torrie, 1991).

- 5. Suatu percobaan menggunakan waktu/tempat sebagai faktor utama atau beberapa percobaan yang persis sama dilakukan dalam beberapa waktu/tempat yang berbeda
  a) Percobaan ini sering disebut percobaan terpisah terhadap waktu (Split in Time) atau percobaan terpisah terhadap tempat (Split in Space).
  b) Dengan demikian waktu/tempat dapat dianggap sebagai faktor/perlakuan yang kurang dipentingkan, sedangkan faktor/perlakuan yang lain dianggap sebagai faktor/perlakuan yang dipentingkan.
  c) Faktor yang kurang dipentingkan disebut dengan faktor utama (main factor) atau perlakuan utama (main treatment) sedangkan faktor yang dipentingkan disebut faktor tambahan (sub factor) atau perlakuan tambahan (sub treatment). Untuk pembicaraan selanjutnya, faktor yang kurang dipentingkan diberi simbol A (faktor A) dengan taraf-tarafnya, sedangkan faktor yang dipentingkan diberi simbol B (faktor B) dengan taraf-tarafnya. Demikian seterusnya bila menggunakan lebih dari dua faktor atau diberi simbol yang sesuai dengan perlakuan yang dicobakan.

Kerugian dari rancangan Split-plot adalah sebagai berikut:
1. Pengaruh utama dari petak utama diduga dengan tingkat ketelitian yang lebih rendah dibandingkan pengaruh interaksi dan pengaruh utama dari anak petak-nya. Sehingga analisis ini tidak disarankan untuk percobaan yang membutuhkan tingkat ketepatan

pendugaamembutuhkan pendugaan yang sama antar dua faktor

2. Analisis lebih komplek dibandingkan rancangan faktorial terutama jika diterapkan dalam RAKL. Walaupun tehnik komputer merupakan solusinya namun interpretasi dari output tidak mudah.

Pengacakan dan Tata Letak Percobaan RPT.

Percobaan RPT bisa digunakan baik di laboratorium, rumah kaca, maupun di lapangan. Satuan percobaan untuk petak utama dan anak petaknya bisa dirancang dengan kombinasi rancangan dasar RAL, RAKL, dan RBSL. Prosedur pengacakan dilakukan 2 tahap, yaitu pengacakan pada petak utama, kemudian dilanjutkan dengan pengacakan pada anak petak. Di sini, hanya akan dibahas proses pengacakan dan tata letak RPT dengan rancangan dasar petak utamanya RAL, RAK, dan RBSL, sedangkan rancangan dasar untuk anak petaknya sama, yaitu RAK.

RAL

Pada percobaan ini, RAL ditujukan pada tata letak dari faktor utamanya, artinya petak faktor utama dirancang secara acak lengkap, kemudian petak utama ini dibagi (di-split) menjadi plot-plot faktor tambahan yang letaknya diacak dalam petak faktor utama. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh suatu percobaan faktorial untuk menyelidiki pengaruh A sebagai faktor yang kurang dipentingkan (Petak Utama) yang terdiri dari tiga taraf, yaitu a1, a2 dan a3. Faktor kedua adalah B yang merupakan faktor yang lebih dipentingkan (anak petak) berupa varietas yang terdiri dari dua varietas (2 taraf), yaitu b1, dan b2. Percobaan diulang sebanyak tiga kali.

Dengan demikian, rancangan perlakuannya:

Faktor A : 3 taraf
Faktor B : 2 taraf
Ulangan : 3 kali.

Prosedur pengacakan dan tata letak percobaan Split-plot dengan rancangan dasar RAL pada petak utamanya adalah sebagai berikut:

Langkah ke-1: Bagi area percobaan menjadi rxb satuan percobaan, sesuai dengan taraf Faktor A dan banyaknya ulangan. Pada kasus ini dibagi menjadi 3x3=9 petak.

Langkah ke-2. Lakukan Pengacakan Petak Utama secara serempak. Pada kasus ini, pengacakan untuk penempatan faktor A dilakukan secara serempak pada 9 petak. Prosedur pengacakan bisa dilihat kembali pada pembahasan pengacakan pada RAL. Misalkan, dari proses pengacakan tersebut kita mendapatkan hasil sebagai berikut:

a2 a3 a2 a1 a2 a3 a1 a1 a3

Langkah ke-3. Bagilah setiap petak utama di atas menjadi b petak, sesuai dengan taraf Faktor B. Pada kasus ini, setiap petak utama dibagi menjadi 2 petak. Selanjutnya, lakukan Pengacakan Anak Petak pada setiap petak utama secara terpisah dan bebas. Dengan demikian terdapat 9 kali proses pengacakan secara terpisah dan bebas.

RAK

Prosedur pengacakan petak utama pada rancangan RPT dengan rancangan dasar RAK sama dengan prosedur pengacakan RAK. Hanya saja, pada RPT dilanjutkan dengan pengacakan untuk penempatan anak petak pada setiap petak utamanya. Untuk memudahkan pemahaman proses pengacakan dan tata letak RPT dengan rancangan dasar RAK pada petak utamanya, disini diambil kembali contoh kasus yang sama seperti pada kasus RAL di atas. Misalkan Faktor A terdiri dari 3 taraf dan Faktor B 2 taraf diulang 3 kali.

Rancangan perlakuannya:
Faktor A : 3 taraf
Faktor B : 2 taraf
Kelompok : 3 kelompok
Prosedur pengacakan dan tata letak percobaan Split-plot dengan rancangan dasar RAK pada petak utamanya adalah sebagai berikut:

Pengacakan pada petak utama
Langkah ke-1: Bagi area percobaan sesuai dengan banyaknya ulangan. Pada kasus ini dibagi menjadi 3 kelompok (blok). Pembagian kelompok didasarkan pada pertimbangan bahwa keragaman pada setiap kelompok yang sama relatif homogen (lihat kembali pembahasan pada RAKL)

Langkah ke-2: Setiap kelompok dibagi lagi menjadi a petak, sesuai dengan taraf Faktor A. Pada contoh kasus ini, setiap kelompok dibagi menjadi 3 petak, sehingga keseluruhannya terdapat 9 petak.

Langkah ke-3. Lakukan Pengacakan Petak Utama pada setiap kelompok secara terpisah.
Lakukan pengacakan pada kelompok 1 untuk menempatkan taraf Faktor A, selanjutnya lakukan pengacakan kembali untuk kelompok ke-2 dan kelompok ke-3. Dengan demikian terdapat 3 kali proses pengacakan secara terpisah dan bebas.
Pengacakan pada anak petak

Langkah ke-4. Bagilah setiap petak utama di atas menjadi b petak, sesuai dengan taraf Faktor B. Pada kasus ini, setiap petak utama dibagi menjadi 2 petak. Selanjutnya, lakukan Pengacakan Anak Petak pada setiap petak utama secara terpisah. Dengan demikian terdapat 9 kali proses pengacakan secara terpisah dan bebas.

RBSL

Prosedur pengacakan petak utama pada rancangan RPT dengan rancangan dasar RBSL sama dengan prosedur pengacakan RSBL. Hanya saja, pada RPT dilanjutkan dengan pengacakan untuk penempatan anak petak pada setiap petak utamanya. Pada contoh kasus ini, digunakan kembali contoh rancangan perlakuan pada RAL dan RAK di atas, yaitu Faktor A terdiri dari 3 taraf dan Faktor B 2 taraf diulang 3 kali. Perhatikan, apabila Petak Utama dirancang dengan menggunakan rancangan dasar RBSL, maka taraf faktor A (petak utama) harus sama dengan banyaknya ulangan, sedangkan taraf faktor B bisa berbeda. Pada contoh kasus diatas, taraf faktor A = taraf ulangannya.

Rancangan perlakuannya:
Faktor A : 3 taraf
Faktor B : 2 taraf
Kelompok : 3 kelompok
Pengacakan pada Petak Utama:
Langkah ke-1: Pilih rancangan dasar RBSL untuk ukuran 3x3.

A B C
B C A
C A B

Langkah ke-2: Lakukan pengacakan pada arah baris kemudian arah kolom. Misalkan hasilnya sebagai berikut:

C B A
A C B
B A C

Langkah ke-3: Ganti kode di atas dengan kode perlakuan faktor A. Pada contoh kasus ini: A = a1; B = a2; C = a3. Hasilnya sebagai berikut, yang tidak lain adalah tata letak untuk petak utama yang disusun dengan pola RBSL:

a3 a2 a1
a1 a3 a2
a2 a1 a3

Pengacakan Pada Anak Petak:
Langkah ke-4: Bagi setiap satuan percobaan pada petak utama tersebut sesuai dengan taraf dari Faktor B (pada kasus ini setiap petak utama dibagi menjadi 2, karena taraf faktor B = 2), sehingga totalnya menjadi 9x2 = 18 satuan percobaan. Lakukan pengacakan secara terpisah pada masing-masing petak utama (pada kasus di atas, terdapat 9 kali pengacakan). Ingat, setiap taraf B harus terdapat pada setiap petak utama. Misalnya hasilnya sebagai berikut (perhatikan, ke-2 taraf B, b1 dan b2, terdapat pada setiap taraf Faktor A):

a3b2 a2b1 a1b2
a3b1 a2b2 a1b1
a1b2 a3b1 a2b1
a1b1 a3b2 a2b2
a2b2 a1b2 a3b2
a2b1 a1b1 a3b1
Gambar 3. Contoh penataan Rancangan Split Plot dengan menggunakan rancanan dasar RBSL

Model Linier Split-Plot
Model linier aditif untuk rancangan Split-plot dengan rancangan lingkungannya rancangan acak lengkap adalah sebagai berikut :
$Yijk = \mu + \alpha i + \beta j + \gamma ik + (\alpha\beta)ij + \varepsilon ijk$
dengan i =1,2…,a; j = 1,2,…,b; k = 1,2,…,r

Y_{ijk} = pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

μ = nilai rata-rata yang sesungguhnya (rata-rata populasi)

α_i = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A

β_j = pengaruh aditif taraf ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

γ_{ik} = pengaruh acak dari petak utama, yang muncul pada taraf ke-I dari faktor A dalam ulangan ke-k. $\gamma_{ik} \sim N(0,\sigma\gamma2)$.

ε_{ijk} = pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij. $\varepsilon_{ijk} \sim N(0,\sigma\varepsilon2)$.

Model linier aditif untuk rancangan Split-plot dalam RAKL adalah sebagai berikut :

$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

dengan $i = 1,2\ldots,a$; $j = 1,2,\ldots,b$; $k = 1,2,\ldots,r$

Y_{ijk} = pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

μ = nilai rata-rata yang sesungguhnya (rata-rata populasi)

ρ_k = pengaruh aditif dari kelompok ke-k

α_i = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A

β_j = pengaruh aditif taraf ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

γ_{ik} = pengaruh acak dari petak utama, yang muncul pada taraf ke-I dari faktor A dalam kelompok ke-k. Sering disebut galat petak utama. $\gamma_{ik} \sim N(0,\sigma\gamma2)$.

ε_{ijk} = pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij. Sering disebut galat anak petak. $\varepsilon_{ijk} \sim N(0,\sigma\varepsilon2)$.

Asumsi:

Apabila semua faktor (faktor A dan B) bersifat tetap Apabila semua faktor (faktor A dan B) bersifat acak

Hipotesis:

Hipotesis yang diuji dalam rancangan Split-plot adalah:

Hipotesis yang Akan Diuji: Model Tetap (Model I) Model Acak (Model II)

Pengaruh Interaksi AxB

H0 $(\alpha\beta)ij = 0$ (tidak ada pengaruh interaksi terhadap respon yang diamati) $\sigma 2\alpha\beta = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi kombinasi perlakuan)

H1 minimal ada sepasang (i,j) sehingga $(\alpha\beta)ij \neq 0$ (ada pengaruh interaksi terhadap respon yang diamati) $\sigma 2\alpha\beta > 0$ (terdapat keragaman dalam populasi kombinasi perlakuan)

Pengaruh Utama Faktor A

H0 $\alpha 1 = \alpha 2 = \ldots = \alpha a = 0$ (tidak ada perbedaan respon di antara taraf faktor A yang dicobakan) $\sigma 2\alpha = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi taraf faktor A)

H1 minimal ada satu i sehingga $\alpha i \neq 0$ (ada perbedaan respon di antara taraf faktor A yang dicobakan) $\sigma 2\alpha > 0$ (terdapat keragaman dalam populasi taraf faktor A)

Pengaruh Utama Faktor B

H0 $\beta 1 = \beta 2 = \ldots = \beta b = 0$ (tidak ada perbedaan respon di antara taraf faktor B yang dicobakan) $\sigma 2\beta = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi taraf faktor B)

H1 minimal ada satu j sehingga $\beta j \neq 0$ (ada perbedaan respon diantara taraf faktor B yang dicobakan) $\sigma 2\beta > 0$ (terdapat keragaman dalam populasi taraf faktor B)

Analisis Ragam:

Dalam Split-Plot terdapat dua jenis Galat, yaitu Galat Petak Utama (Main Plot Error) dan Galat Anak Petak (Subplot Error). Galat Petak Utama sering disebut dengan Galat A, prosedur perhitungannya sama dengan Interaksi Petak Utama x Ulangan dan dalam model RAK sama dengan Interaksi Petak Utama x Kelompok. Galat Anak Petak, sering disebut dengan Galat B, diukur dari interaksi [Anak Petak x Ulangan + Petak Utama x Anak Petak x Ulangan]. Galat ke-2 ini digunakan untuk mengukur tingkat signifikansi pengaruh anak petak dan pengaruh Interkasi Anak Petak x Petak Utama.

Apabila terdapat pengaruh interaksi, maka pengujian hipotesis terhadap pengaruh utama tidak perlu dilakukan. Pengujian terhadap pengaruh utama akan bermanfaat apabila pengaruh interaksi tidak nyata. Kaidah keputusan tolak Ho apabila nilai $F > F\alpha(db1, db2)$, dan sebaliknya terima Ho.

Untuk menentukan besarnya keragaman dalam petak utama serta anak petak dapat menggunakan formula berikut:

Galat Baku

Untuk membandingkan nilai tengah perlakuan, perlu ditentukan terlebih dahulu galat baku dari RPT. Dalam RPT terdapat 4 jenis pembandingan berpasangan yang berbeda sehingga terdapat 4 jenis galat baku. Tabel berikut merupakan formula untuk menghitung galat baku yang tepat untuk perbedaan rataan untuk setiap jenis pembandingan berpasangan.

Tabel 3. Galat baku RPT

Jenis Pembandingan berpasangan Contoh Galat Baku (SED)

Dua rataan petak utama (rata-rata dari seluruh perlakuan anak petak)

a1 – a2

Dua rataan anak petak (rata-rata dari seluruh perlakuan petak utama)

b1 – b2

Dua rataan anak petak pada perlakuan petak utama yang sama

a1b1 – a1b2

Dua nilai rata-rata petak utama pada perlakuan anak petak yang sama atau berbeda a1b1 – a2b1 (anak petak sama) a1b1 – a2b2 (anak petak beda)

Dari tabel galat baku, terlihat bahwa untuk membandingkan dua nilai rata-rata petak utama pada perlakuan anak petak yang sama atau berbeda digunakan dua jenis KT(Galat), yaitu KT(Galat a) dan KT(Galat b). Implikasinya, rasio selisih perlakuan terhadap galat baku tidak mengikuti sebaran t-student sehingga perlu dihitung t gabungan/terboboti.

Contoh 9.5

Percobaan menggunakan Rancanan Petak Terpisah dengan rancangan dasar RAK, sebagai Petak Utama adalah Jarak Tanam (A, B, C, D) dan Anak Petak adalah pupuk (P0, P1, P2, P3) maka output analisisnaya adalah sebagai berikut :

SK	db	JK	KT	Fh	F tabel	
					0.05	0.01
PU	11	14.5075	1.3189	40.32	2.22	3.04
Kel	2	1.1487	0.5744	17.56	5.14	10.92
JT	3	13.1625	4.3875	134.14	4.76	9.78
Galat a	6	0.1962	0.0327			
JKKP		29.3192				
Pupuk (P)	3	13.8208	4.6069	217.51	3.01	4.72
Interaksi	9	2.3358	0.2595	12.25	2.3	3.25
Galat b	24	0.5083	0.0212			
Total	47	31.1725				
KK(a)=	10.41					
KK(b)=	8.38					

Analisis Data dengan menggunakan program SPSS sebagai berikut :

1) Buka SPSS
2) Ketik Data dengan format sebagai berikut :

JT	P	Kelompok	Produksi
A	P0	I	0.800
A	P0	II	0.500
A	P0	III	0.300
A	P1	I	1.300
A	P1	II	1.100
A	P1	III	1.000
A	P2	I	1.500
A	P2	II	1.200
A	P2	III	1.200
A	P3	I	1.700
A	P3	II	1.300
A	P3	III	1.300
B	P0	I	1.000
B	P0	II	1.100
B	P0	III	0.700
B	P1	I	1.500
B	P1	II	1.200
B	P1	III	1.100
B	P2	I	2.000
B	P2	II	1.500
B	P2	III	1.400
B	P3	I	2.300
B	P3	II	1.900
B	P3	III	1.700
C	P0	I	1.200
C	P0	II	0.900
C	P0	III	1.300
C	P1	I	2.700

C	P1	II	2.000
C	P1	III	2.400
C	P2	I	3.500
C	P2	II	3.100
C	P2	III	3.000
C	P3	I	3.600
C	P3	II	3.200
C	P3	III	3.100
D	P0	I	1.000
D	P0	II	1.000
D	P0	III	1.100
D	P1	I	2.100
D	P1	II	1.700
D	P1	III	1.600
D	P2	I	2.500
D	P2	II	2.000
D	P2	III	2.100
D	P3	I	2.600
D	P3	II	2.400
D	P3	III	2.700

3) Ganti nama variable dengan urutan sebagai berikut : Jarak Tanam – Pupuk - Kelompok – Produksi

4) Pilih Analize – General Linear Model – Univariate

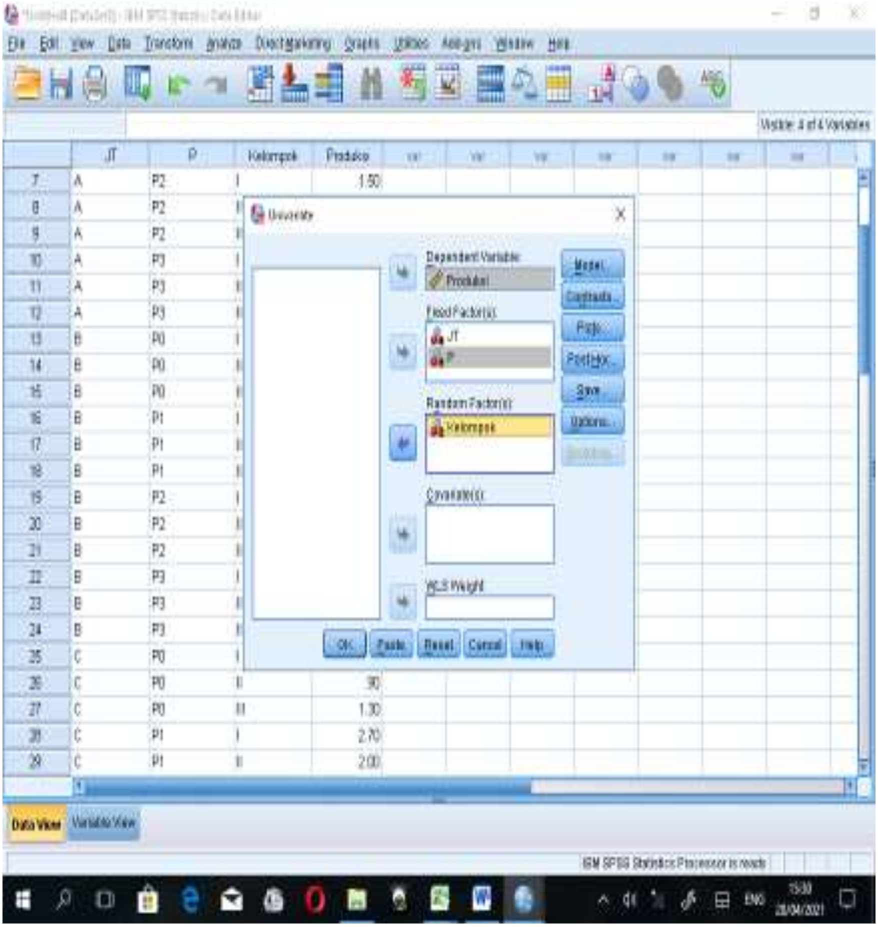
5) Masukkan Variabel Produksi ke dalam kotak Dependent variable

6) Masukkan JT dan P ke dalam kotak Fixed Factor(s)

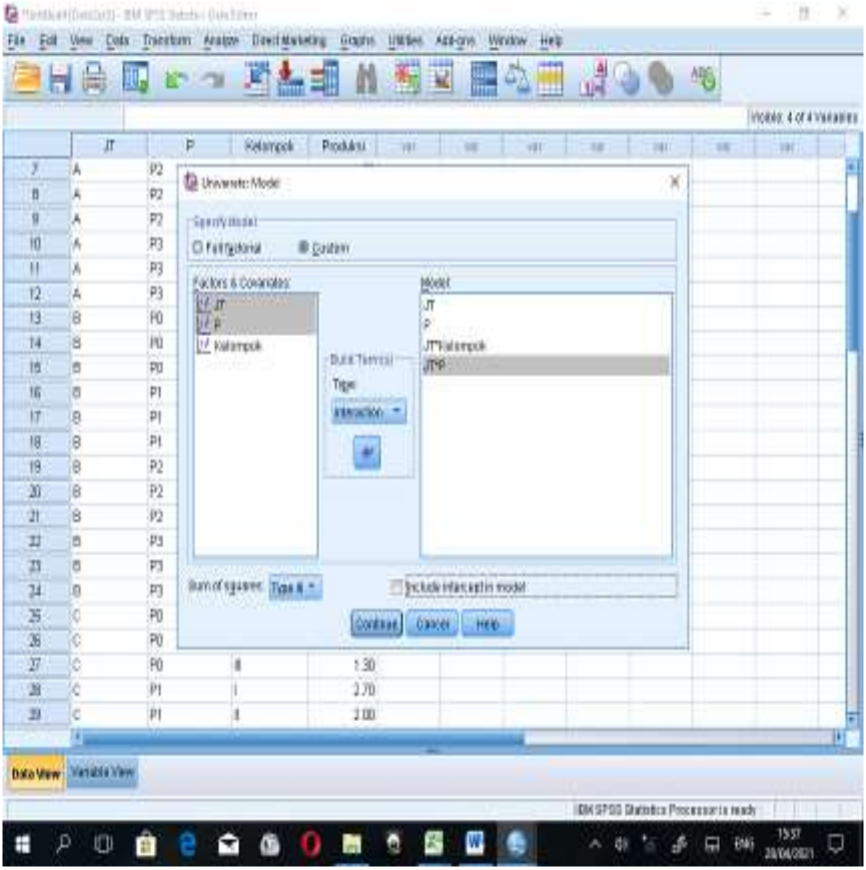
7) Masukkan Kelompok ke dalam kotak Random Factor(s)

8) Klik Model – Custom

9) Masukkan JT, P ke dalam kotak model



10) Masukkan Kelompok*JT, dan JT*P dengan cara klik kedua variable sambil menekan tombol ctrl



1) Klik Post hoc – pilih uji lanjutan yang sesuai

2) Continue – OK

3) Output Analisis :

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: Produksi						
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	144.908	1	144.908	252.287	.004
	Error	1.149	2	.574[a]		
Jarak_Tanam	Hypothesis	13.163	3	4.388	134.140	.000
	Error	.196	6	.033[b]		
Posfor	Hypothesis	13.821	3	4.607	217.508	.000
	Error	.508	24	.021[c]		
Kelompok	Hypothesis	1.149	2	.574	17.561	.003
	Error	.196	6	.033[b]		
Jarak_Tanam * Posfor	Hypothesis	2.336	9	.260	12.254	.000
	Error	.508	24	.021[c]		
Jarak_Tanam * Kelompok	Hypothesis	.196	6	.033	1.544	.207
	Error	.508	24	.021[c]		

a. MS(Kelompok)

b. MS(Jarak_Tanam * Kelompok)

c. MS(Error)

RANCANGAN PETAK PETAK TERPISAH

(Split-Split Plot Design)

8.1 Teori dan Analisis Data Secara Manual

Rancangan petak-petak terpisah digunakan bila yang akan diteliti adalah tiga faktor, namum tingkat ketelitian ketiga faktor tersebut tidak sama, misalnya kita akan meneliti pengaruh jarak tanam, perlakuan benih dan varietas. Kalau tingkat ketelitian diharapkan varietas lebih tinggi dari jarak tanam kemudian perlakuan benih, maka pengaturan perlakuan adalah, varietas ditempatkan pada anak petak, perlakuan benih pada anak petak dan perlakuan jarak tanam pada anak-anak petak.

Rancangan petak-petak terpisah yang biasa juga disebut Split Split Plot Design, termasuk dalam kelompok rancangan faktorial, sehingga selain dapat mengetahui pengaruh setiap faktor yang diteliti, juga dapat diketahui pengaruh interaksi dari setiap faktor. Faktor-faktor Yang dapat diketahui pengaruhnya adalah

1. Pengaruh faktor A,
2. Pengaruh faktor B,
3. Pengaruh faktor C
4. Pengaruh interaksi A dan B
5. Pengaruh interaksi A dan C
6. Pengaruh interaksi B dan C
7. Pengaruh interaksi A, B dan C

Model matematika untuk menggambarkan pengaruh faktor-faktor yang diteliti, dapat dilihat pada rumus di bawah ini :

$$\mathbf{Y(i)\ jk1 = \mu_{ijk}1 + A_j + \in(a)_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + \in(b)_{jkl} + C1 +}$$

$$\mathbf{(AC)_{jl} + (BC)_k l + (ABC)_{jkl} + \in(c)_{ijkl}}$$

Dimana :

Yij = nilai pengamatan

$\mu_{ijk}1$ = rata-rata perlakuan

A_{ij} = pengaruh perlakuan PU

$\in(a)$ = pengaruh acak Aa

B_k = pengaruh perlakuan AP

$(AB)_{jk}$ = pengaruh interaksi PU dan AP

$\in(b)_{jk}$ = pengaruh acak b

C_k = pengaruh perlakuan AAP

$(AC)_{jl}$ = pengaruh interaksi PU dan AAP

$(BC)_{jk}$ = pengaruh interaksi AP dan AAP

$(ABC)_{jkl}$ = pengaruh interaksi PU, AP dan AAP

$\in(c)_{ijkl}$ = pengaruh acak C

Penempatan perlakuan pada rancangan petak terpisah dilakukan dengan beberapa tahapan pengacakan..

Sebagai ilustrasi untuk memahami cara penempatan perlakuan, maka akan lebih mudah bila dijelaskan melalui sebuah contoh percobaan.

Sebuah percobaan untuk melihat pengaruh perlakuan benih dan jarak tanam pada tiga varietas kedele. Pada percobaan ini perlakuan benih ditempatkan sebagai Petak Utama terdiri dari dua taraf a1 dan a2. Jarak tanam sebagai Anak Petak, terdiri dari 2 taraf masing-masing b1 dan b2 serta varietas kedele terdiri dari 3 taraf masing-masing c1, c2 dan c3. Percobaan ini dilaksanakan dengan 3 kali kelompok.

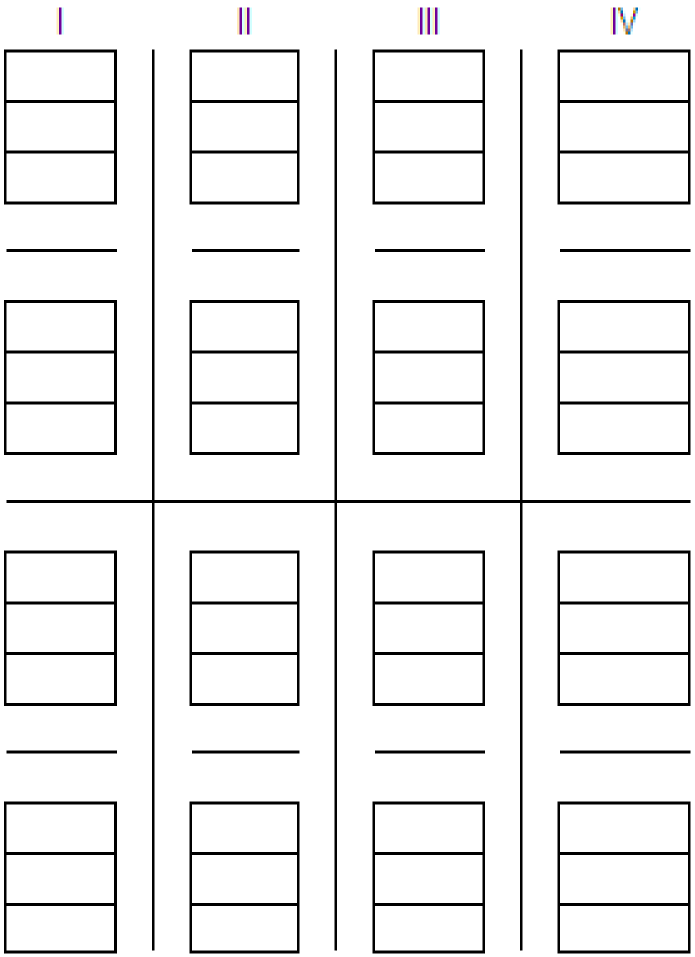
Jumlah seluruh petak percobaan yang dibutuhkan adalah :

- 4 kelompok
- 2 petak utama
- 2 anak petak
- 3 anak-anak petak

Dengan demikian jumlah petak yang harus dibuat adalah r x a x b x c = 4 x 2 x 2 x 3 = 48 petak percobaan

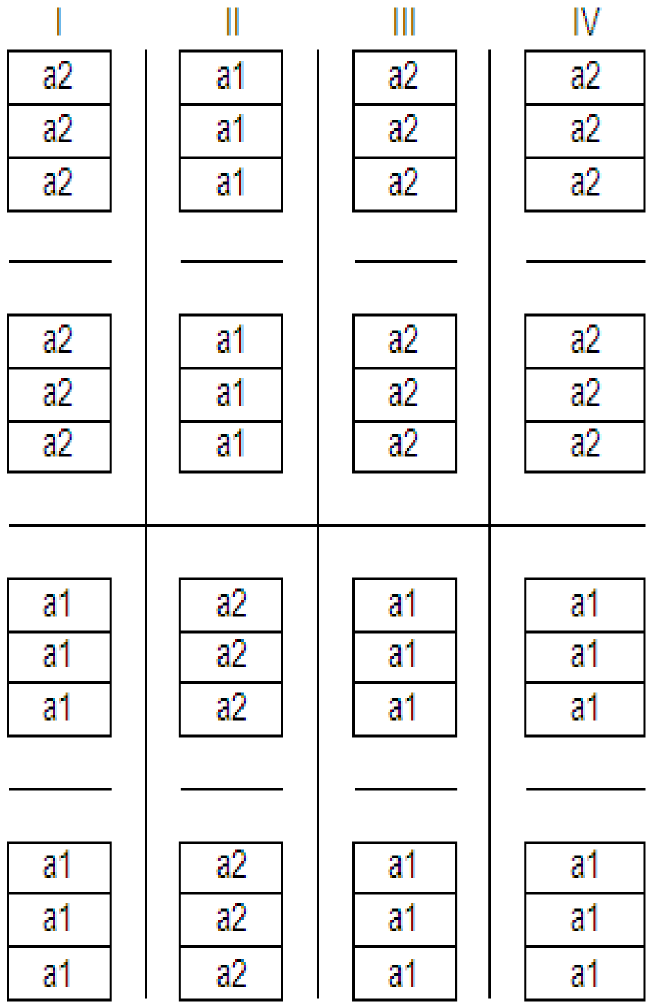
Penempatan setiap perlakuan dilaksanakan secara acak dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Buat petak percobaan sebanyak 72 petak (lihat gambar 1)
2. Kelompokkan ke 72 petak percobaan kedalam empat kelompok, masing-masing kelompok, terdiri dari 18 petak percobaan (lihat gambar 8.1)
3. Pada ke 72 petak pada setiap kelompokkan, ditempatkan secara acak kedua perlakuan petak utama, yaitu a1 dan a2 (lihat gambar 8.2)
4. Pada setiap petak utama, tempatkan secara acak, kedua perlakuan anak petak yaitu b1, dan b2, (lihat gambar 8.3)
5. Pada setiap anak petak, tempatkan secara acak ketiga perlakuan anak-anak petak, yaitu ci, c2 dan c3 pada (lihat gambar 8.4)



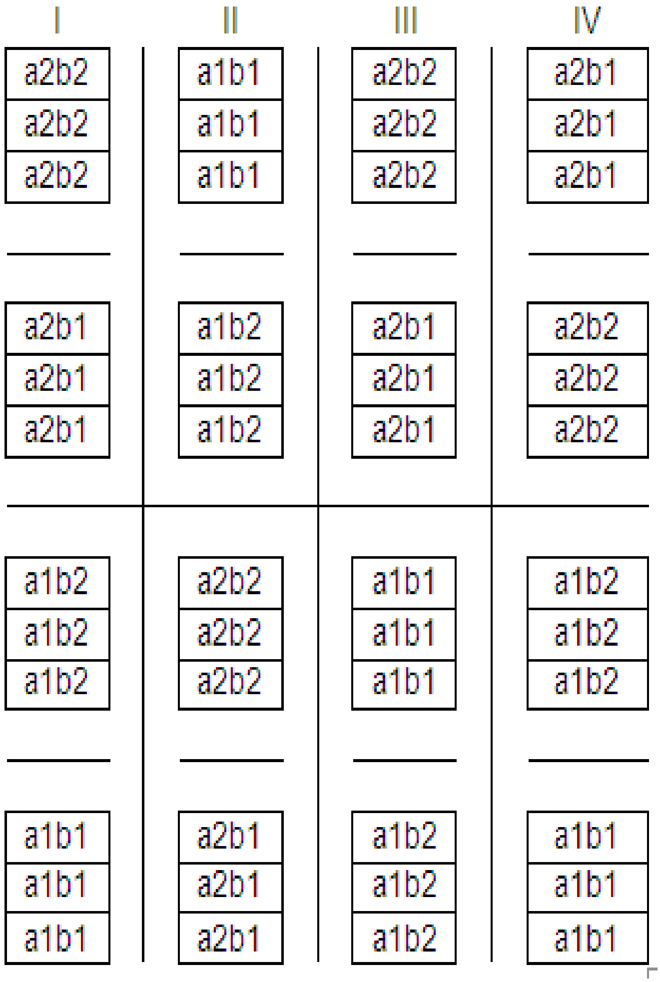
Gambar 8.4.Petak-petak percobaan sebelum penempatan perlakuan

1. Acak setiap Petak Utama pada setiap kelompok



Gambar 8.2. Petak-petak percobaan sesudah pengacakan petak utama pada setiap kelompok

2. Acak setiap Anak Petak pada setiap Petak Utama



Gambar 8.3. Petak-petak percobaan sesudah pengacakan anak petak pada setiap petak utama

3. Acak setiap anak-anak petak pada setiap anak petak

I	II	III	IV
a2b2c3	a1b1c1	a2b2c2	a2b1c1
a2b2c1	a1b1c3	a2b2c3	a2b1c3
a2b2c2	a1b1c2	a2b2c1	a2b1c2
a2b1c2	a1b2c2	a2b1c3	a2b2c2
a2b1c1	a1b2c1	a2b1c1	a2b2c3
a2b1c3	a1b2c3	a2b1c2	a2b2c1
a1b2c2	a2b2c3	a1b1c1	a1b2c1
a1b2c1	a2b2c1	a1b1c2	a1b2c3
a1b2c3	a2b2c2	a1b1c3	a1b2c2
a1b1c2	a2b1	a1b2c3	a1b1c2
a1b1c1	a2b1c2	a1b2c2	a1b1c3
a1b1c3	a2b1c1	a1b2c1	a1b1c1

Gambar 8.4. Petak-petak percobaan sesudah proses pengacakan selesai

Sesudah percobaan dilaksanakan, data dikumpulkan dan dituliskan pada lembar data hasil percobaan, seperti terlihat pada Tabel 8.1

Tabel 8.1 Tabel Data Hasil Penelitian

	KELOMPOK			
	I	II	III	JUMLAH
a1 b1 c1	11	13	12	36
c2	15	16	12	43
c3	19	21	18	58
b2 c1	13	15	17	45
c2	19	21	22	62
c3	23	22	20	65
a2 b1 c1	27	30	29	86
c2	36	34	38	108
c3	42	39	38	119
b2 c1	39	41	38	118
c2	43	44	40	127
c3	51	52	48	151
a3 b1 c1	25	27	23	75
c2	31	34	30	95
c3	37	35	31	103
b2 c1	46	49	42	137
c2	56	52	59	167
c3	64	65	68	197
JUMLAH	597	610	585	1792

Tabel 8.2

	I	II	III	TOTAL
a1	100	108	101	309
a2	238	240	231	709
a3	259	262	253	774
TOTAL	597	610	585	1792

Tabel 8.3

	b1	b2	TOTAL
a1	137	172	309
a2	313	396	709
a3	273	501	774
TOTAL	723	1069	1792

Tabel 8.4

		c1	c2	c3	TOTAL
a1	b1	45	50	42	137
	b2	55	58	59	172
a2	b1	105	103	105	313
	b2	133	137	126	396
a3	b1	93	96	84	273
	b2	166	166	169	501
TOTAL		597	610	585	1792

Tabel 8.5

	c1	c2	c3	TOTAL
a1	81	105	123	309
a2	204	235	270	709
a3	212	262	300	774
TOTAL	497	602	693	1792

Tabel 8.6

	c1	c2	c3	TOTAL
b1	197	246	280	723
b2	300	356	413	1069
TOTAL	497	602	693	1792

Tabel 8.7 Analisis Data Menghitung DB, JK, KT dan F.Hit

FK	$\frac{1792^2}{3 x 3 \ x 2 x 3}$ = 59467.9
DB KEL.	JUM. KEL. – 1 = 3 – 1 = 2
DB A	JUM. A – 1 = 3 – 1 = 2
DB ACAK(a)	DB KEL. x DB A = 2 x 2 = 4
DB B	JUM. B – 1 = 2 – 1 = 1
DB A x B	DB A x DB B = 2 x 1 = 2
DB ACAK(b)	JUM. A xDB KEL x DB B = 3 x 2 x 1 = 6
DB C	JUM. C – 1 = 3 – 1 = 2
DB A x C	DB A x DB C = 2 x 2 = 4
DB B x C	DB B x DB C = 1 x 2 = 2
DB A x B x C	DB A x DB B x DB C = 2 x 1 x 2 = 4
DB ACAK©	DB TOTAL – DB seluruhnya = 24
DB TOTAL	(JUM.KEL x JUM.A x JUM.B x JUM.C) – 1 = (3 x 3 x 2 x 3) – 1 = 53

FH	$\frac{1792^2}{3\ x\ 3\ \ x\ 2\ x\ 3}$ = 59467.9 (lihat tabel 8.1)
JK KEL.	$\frac{597^2+610^2+585^2}{3\ X\ 2\ X\ 3}$ – FK = 17.37 (lihat tabel 8.1)
JK A	$\frac{309^2+709^2+774^2}{3\ X\ 2\ X\ 3}$ – FK = 7045.37 (lihat tabel 2)
JK ACAK(a)	$\frac{100^2+228^2 \ldots + 252^2}{3\ X\ 3}$ - FK – JK KEL. – JK A = 3.41 (lihat tabel 8.2)
JK B	$\frac{723^2+1069^2}{3\ X\ 3\ X\ 3}$ – FK = 2216.90 (lihat tabel 8.3)
JK A x B	$\frac{137^2+212^2 \ldots + 501^2}{3\ \ X\ 3}$ – FK – JK A – JK B = 1121.81 (lihat tabel 8.3)
JK ACAK(b)	$\frac{43^2+55^2 \ldots + 169^2}{3}$ – FK – JK KEL. – JK A – JK ACAK(a) – JK B – JK AxB = 42.56 (lihat tabel 8.4)
JK C	$\frac{497^2+602^2+693^2}{3\ X\ 2\ X\ 3}$ – FK = 1068.93 (lihat tabel 8.5)
JK A x C	$\frac{81^2+204^2 \ldots + 200^2}{3\ X\ 3}$ – FK – JK A – JK C = 17.37 (lihat tabel 8.5)
JK B x C	$\frac{197^2+200^2 \ldots + 412^2}{3\ X\ 3\ X}$ – FK – JK B – JK C = 17.37 (lihat tabel 8.6)

KT KEL	$\frac{JK\ KEL.}{DB\ KEL} = 8.69$
KT A	$\frac{JK\ JK\ A}{DB\ A} = 3522.69$
KT ACAK(a)	$\frac{JK.ACAK(a)}{DB\ ACAK(a)} = 0.65$
KT B	$\frac{JK\ B}{DB\ B} = 2216.96$
KT A x B	$\frac{JK\ AxB}{DB\ AxB} = 560.91$
KT ACAK(b)	$\frac{JK\ ACAK(b)}{DB\ ACAK(b)} = 7.09$
KT C	$\frac{JK\ C}{DB\ C} = 534.45$
KT A x C	$\frac{JK\ AxC}{DB\ AxC} = 22.96$
KT B x C	$\frac{JK\ BxC.}{DB\ BxC} = 13.69$
KT A x B x C	$\frac{JK\ AxBxC}{DB\ AxBxC} = 23.63$
KT ACAK©	$\frac{JK\ ACAK(c)}{DB\ ACAK(c)} = 4.42$

F.HIT KEL	$\frac{KT\ KEL.}{KT\ ACAK(a)} = 10.20$
F.HIT A	$\frac{KT\ A}{KT\ ACAK(a)} = 4135.33$
F.HIT B	$\frac{KT\ B}{KT\ ACAK(b)} = 312.57$
F.HIT A X B	$\frac{KT\ A\ x\ B}{KT\ ACAK(b)} = 79.08$
F.HIT C	$\frac{KT\ C}{KT\ ACAK(c)} = 121.01$
F.HIT A X C	$\frac{KT\ AxC}{KT\ ACAK(c)} = 5.20$
F.HIT B X C	$\frac{KT\ BxC}{KT\ ACAK(c)} = 3.10$
F.HIT A X B X C	$\frac{KT\ AxBxC}{KT\ ACAK(c)} = 5.35$

Tabel 8.11 Sidik Ragam Rancangan Petak-petak Terpisah

SK	DB	JK	KT	F.HIT
KELOMPOK	2	17.37	8.69	10.20
A	2	7045.37	3522.69	4135.33
ACAK(a)	4	3.41	0.85	
B	1	2216.96	2216.96	312.57
A X B	2	1121.81	560.91	79.08
ACAK(b)	6	42.56	7.09	
C	2	1068.93	534.46	121.01
A X C	4	91.85	22.96	5.20
B X C	2	27.37	13.69	3.10
A X B X C	4	94.52	23.63	5.35
ACAK(c)	24	106.00	4.42	
TOTAL	53	11836.15		

8.2 Analisis Dengan menggunakan Program SPSS

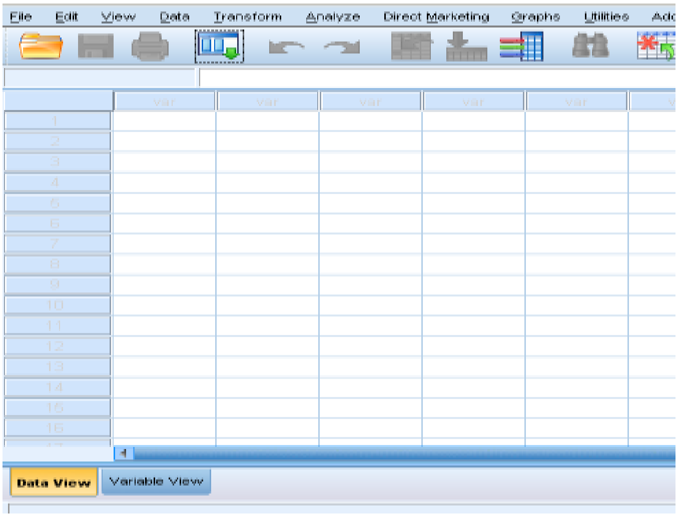
Data yang akan dianalisis :

			KELOMPOK			
			I	II	III	JUMLAH
a1	b1	c1	11	13	12	36
		c2	15	16	12	43
		c3	19	21	18	58
	b2	c1	13	15	17	45
		c2	19	21	22	62
		c3	23	22	20	65
a2	b1	c1	27	30	29	86
		c2	36	34	38	108
		c3	42	39	38	119
	b2	c1	39	41	38	118
		c2	43	44	40	127
		c3	51	52	48	151
a3	b1	c1	25	27	23	75
		c2	31	34	30	95
		c3	37	35	31	103
	b2	c1	46	49	42	137
		c2	56	52	59	167
		c3	64	65	68	197
JUMLAH			597	610	585	1792

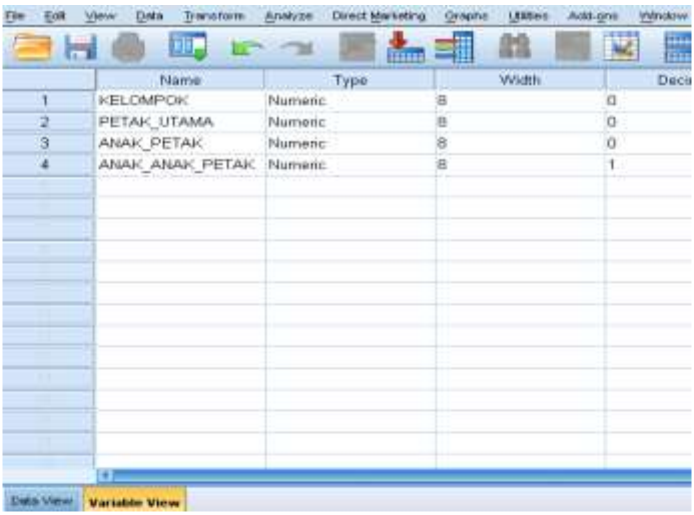
Langkah-langkah untuk melakukan analisis dengan SPSS, adalah sebagai berikut :

1. Buka SPSS, sehingga terlihat tampilan :

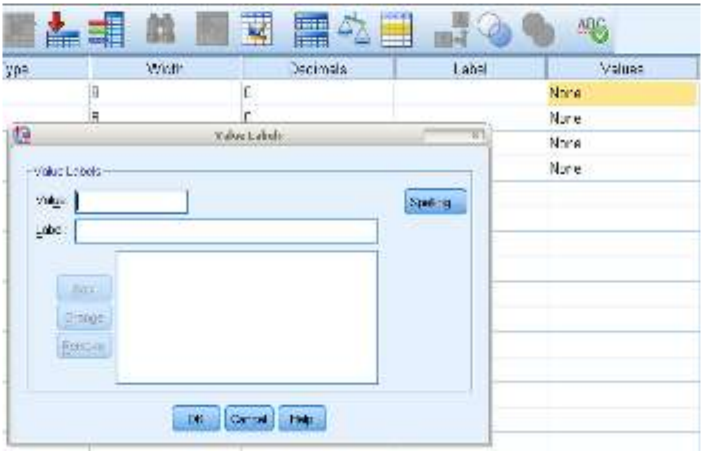
2. Klik Cansel, sehingga akan terlihat tampilan :



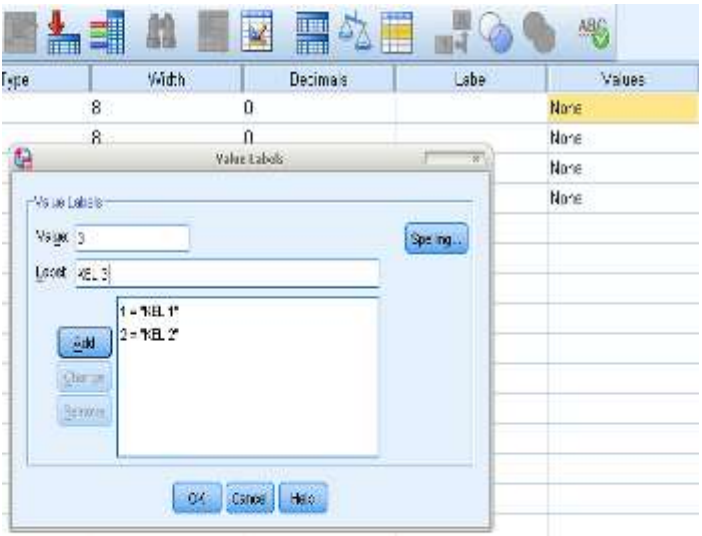
3. Klik Variable View, dan beri nama Variabel, seperti terlihat pada tampilan :



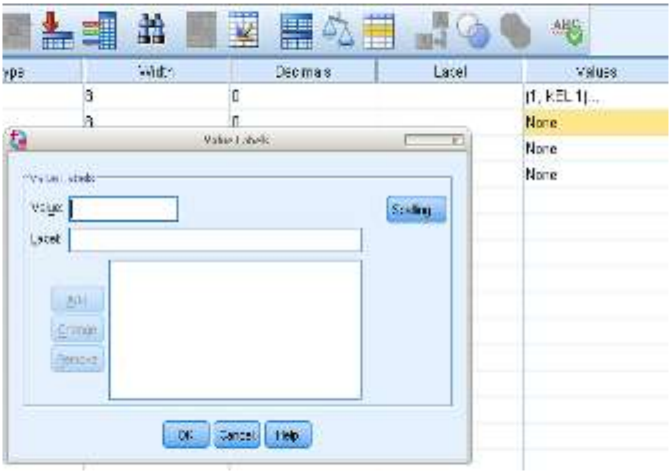
4. Klik ujung kanan kotak Value, pada variabel KELOMPOK, sehingga akan muncul tampilan :



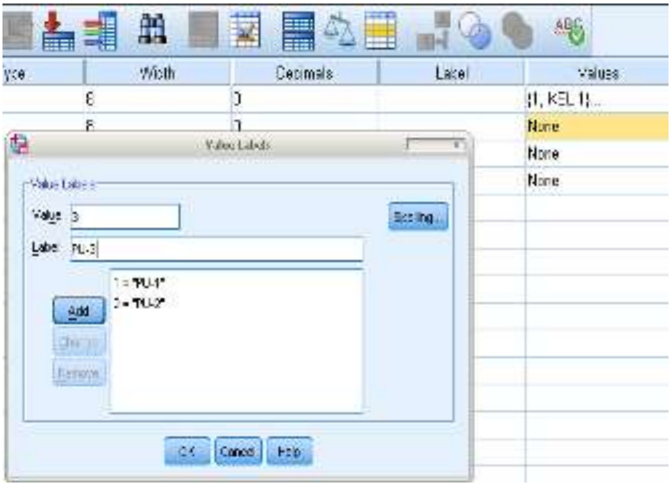
5. Tulis 1, 2, 3 pada kotak Value dan Kel 1, Kel 2, Kel 3 pada kotak Label, lalu klik Add secara berurutan,klik OK



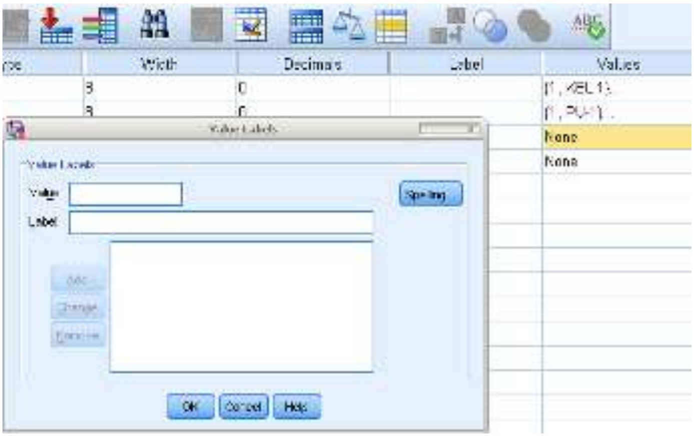
6. Klik ujung kanan kotak Value, pada variabel PETAK UTAMA, sehingga akan muncul tampilan



7. Tulis 1, 2,3 pada kotak Value dan PU-1, PU-2,PU-3 pada kotak Label, lalu klik Add secara berurutan,klik OK

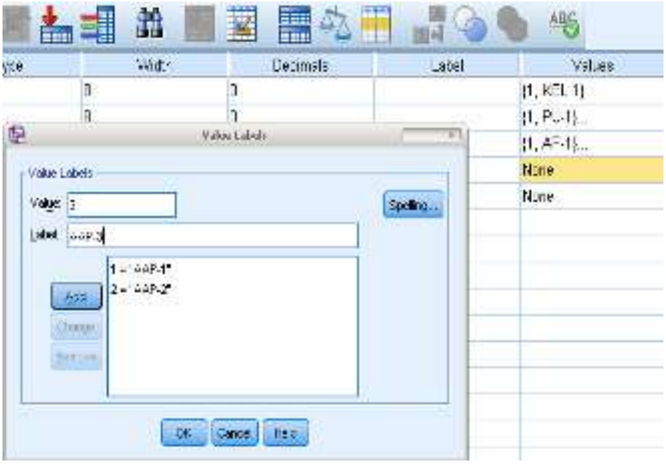


8. Klik ujung kanan kotak Value, pada variabel ANAK PETAK , sehingga akan muncul tampilan

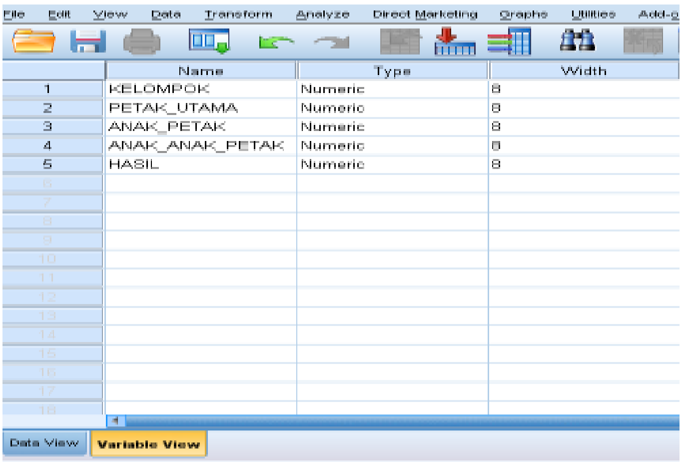


9. Tulis 1, 2, pada kotak Value dan AP-1, AP-2, pada kotak Label, lalu klik Add secara berurutan,klik OK

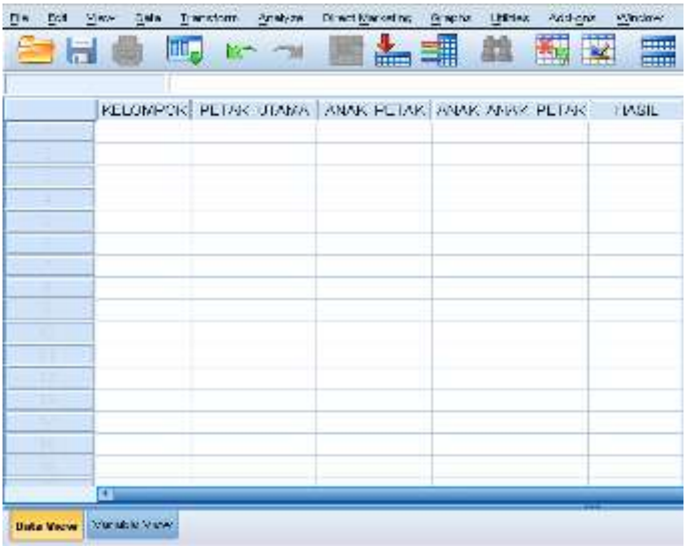
10. Klik ujung kanan kotak Value, pada variabel ANAK-ANAK PETAK, lalu Tulis 1, 2, pada kotak Value dan AP-1, AP-2, pada kotak Label, lalu klik Add secara berurutan, sehingga akan muncul tampilan



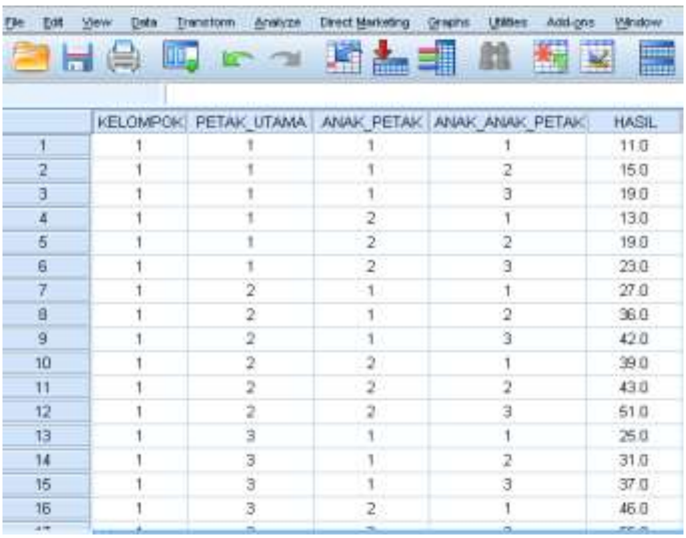
11. Klik OK, sehingga akan muncul tampilan :



12. Klik Data View, sehingga akan muncul tampilan :

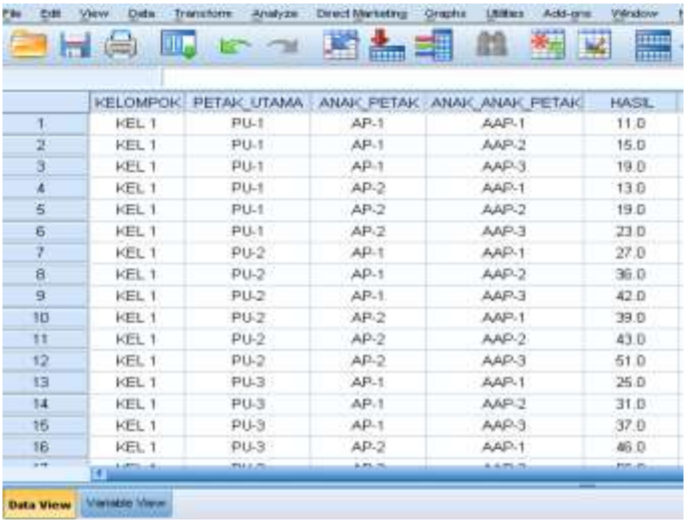


13. Input data, sehingga akan muncul tampilan :



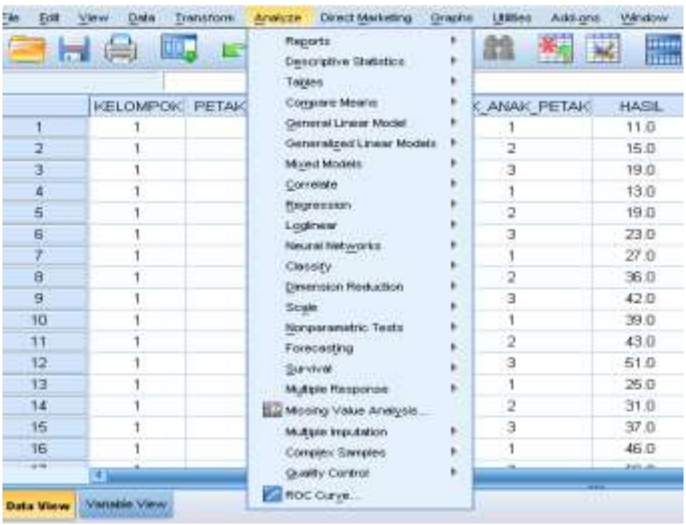
	KELOMPOK	PETAK_UTAMA	ANAK_PETAK	ANAK_ANAK_PETAK	HASIL
1	1	1	1	1	11.0
2	1	1	1	2	15.0
3	1	1	1	3	19.0
4	1	1	2	1	13.0
5	1	1	2	2	19.0
6	1	1	2	3	23.0
7	1	2	1	1	27.0
8	1	2	1	2	36.0
9	1	2	1	3	42.0
10	1	2	2	1	39.0
11	1	2	2	2	43.0
12	1	2	2	3	51.0
13	1	3	1	1	25.0
14	1	3	1	2	31.0
15	1	3	1	3	37.0
16	1	3	2	1	46.0

14. Klik View, lalu klik View Label, sehingga akan terlihat tampilan :

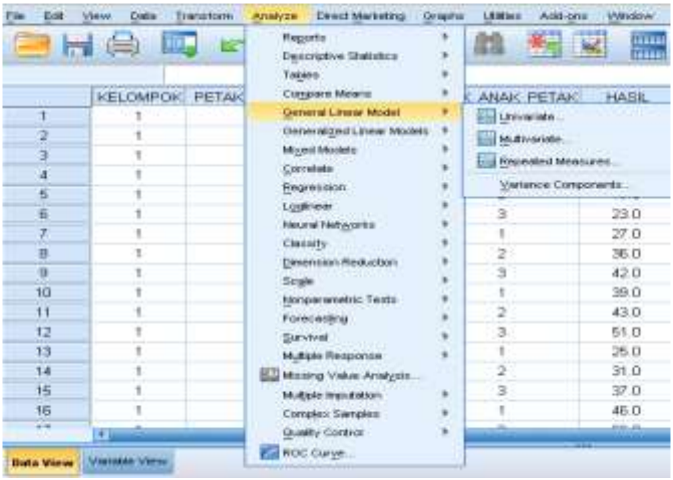


	KELOMPOK	PETAK_UTAMA	ANAK_PETAK	ANAK_ANAK_PETAK	HASIL
1	KEL 1	PU-1	AP-1	AAP-1	11.0
2	KEL 1	PU-1	AP-1	AAP-2	15.0
3	KEL 1	PU-1	AP-1	AAP-3	19.0
4	KEL 1	PU-1	AP-2	AAP-1	13.0
5	KEL 1	PU-1	AP-2	AAP-2	19.0
6	KEL 1	PU-1	AP-2	AAP-3	23.0
7	KEL 1	PU-2	AP-1	AAP-1	27.0
8	KEL 1	PU-2	AP-1	AAP-2	36.0
9	KEL 1	PU-2	AP-1	AAP-3	42.0
10	KEL 1	PU-2	AP-2	AAP-1	39.0
11	KEL 1	PU-2	AP-2	AAP-2	43.0
12	KEL 1	PU-2	AP-2	AAP-3	51.0
13	KEL 1	PU-3	AP-1	AAP-1	25.0
14	KEL 1	PU-3	AP-1	AAP-2	31.0
15	KEL 1	PU-3	AP-1	AAP-3	37.0
16	KEL 1	PU-3	AP-2	AAP-1	46.0

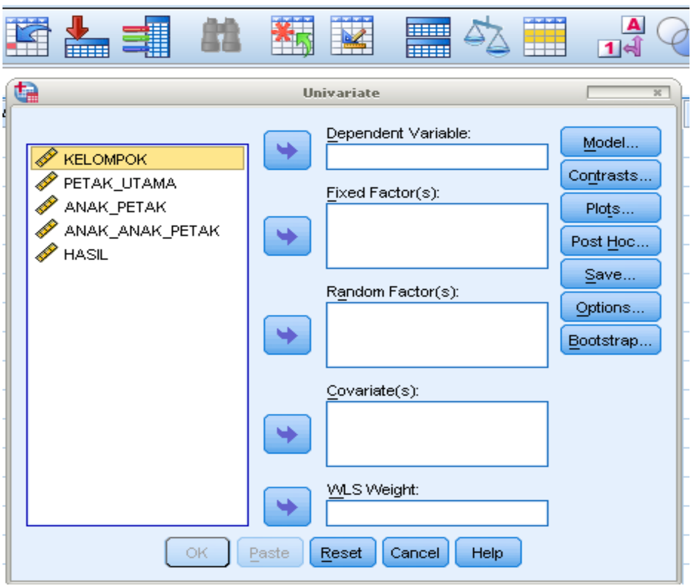
15. Klik Analyze, sehingga akan muncul tampilan :



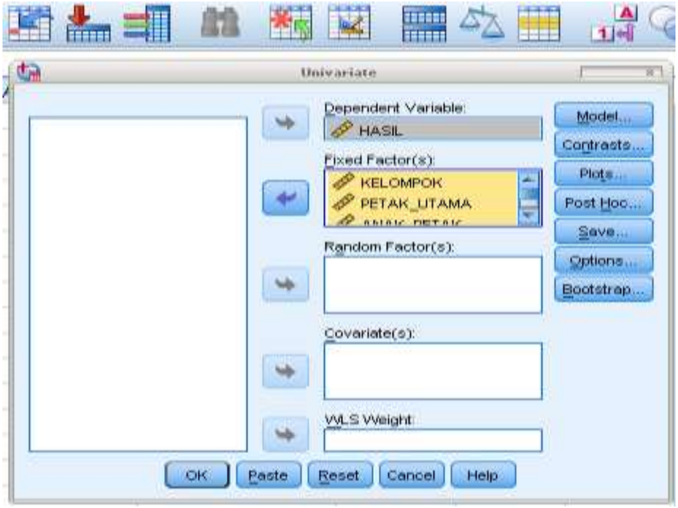
16. Klik General Linear Model, sehingga akan terlihat tampilan :



17. Klik Univariete, sehingga akan terlihat tampilan :



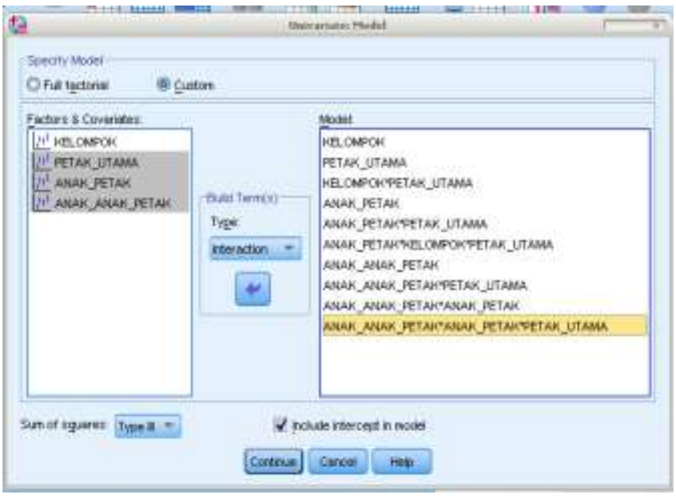
18. Masukkan KELOMPOK, PETAK UTAMA,ANAK PETAK, ANAK-ANAK PETAK ke kotak Fixed Factors. Masukkan HASIL ke kotak Dependent Variable, sehingga terlihat tampilan :



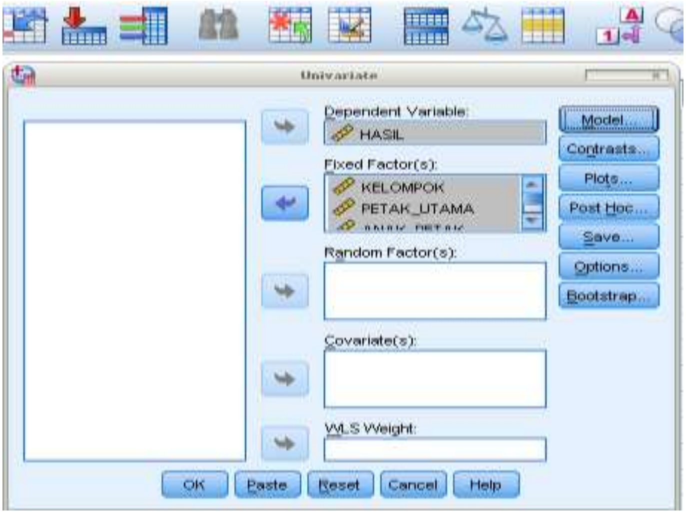
19. Klik Model, sehingga muncul tampilan :

20. Klik Custom, sehingga akan terlihat tampilan :

21. Masukkan KELOMPOK, PETAK UTAMA,ANAK PETAK, ANAK-ANAK PETAK dan Interaksinya ke kotak Model, sehingga akan terlihat seperti tampilan :



22. Klik Continue, sehingga akan terlihat tampilan :



23. Klik OK, sehingga akan muncul Output, yang merupakan hasil analisis

Univariate Analysis of Variance

[DataSet0]

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
KELOMPOK	1	Double-click to activate	18
	2		22
	3	KEL 3	14
PETAK_UTAMA	1	PU-1	18
	2	PU-2	18
	3	PU-3	18
ANAK_PETAK	1	AP-1	27
	2	AP-2	27
ANAK_ANAK_PETAK	1	AAP-1	18
	2	AAP-2	18
	3	AAP-3	18

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:HASIL

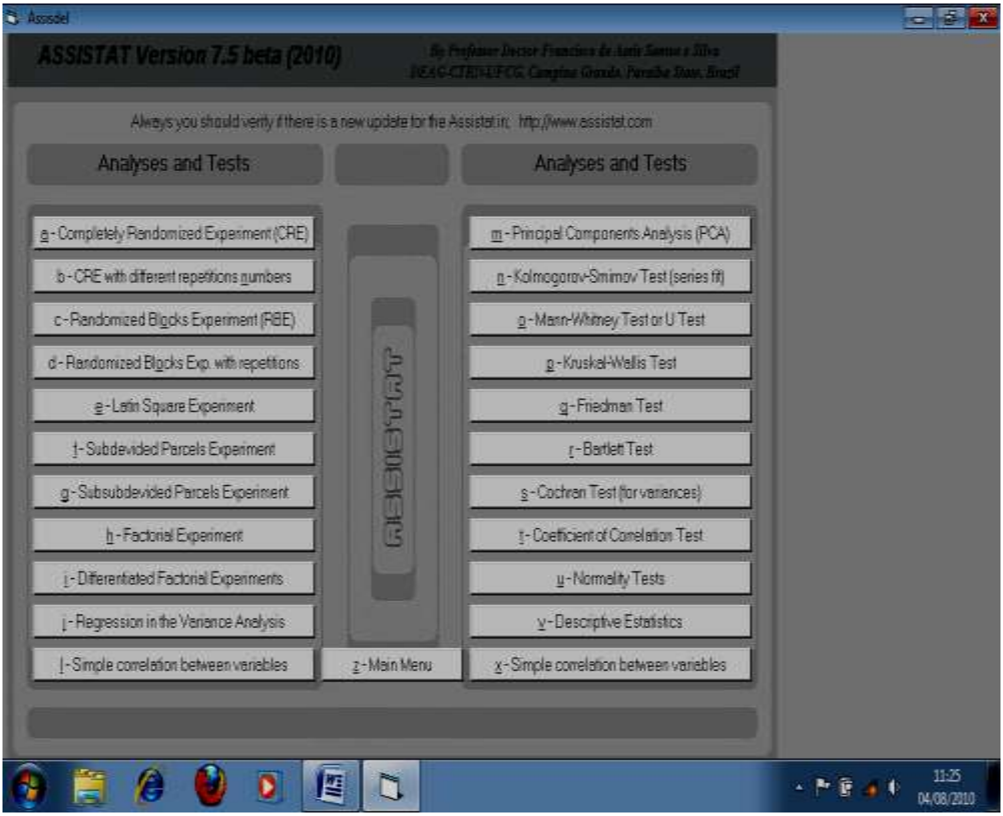
Source	SS	DF	MS	F	Sig.
Corrected Model	11720.42	28	418.6	90.4	0
Intercept	53017.67	1	53017.7	114 53.7	0
KELOMPOK	11.58	2	5.8	12.5	0.304
PU	5776.85	2	2888.4	621 1.7	0
ACAK(a)	1.86	4	0.5		0.981
AP	2162.88	1	2162.9	296. 3	0
PU x AP	1046.38	2	523.2	71.7	0
ACAK(b)	36.35	5	7.3		0.205
AAP	1052.69	2	526.3	113. 7	0
PU x AAP	85.28	4	21.3	4.6	0.006
AP x AAP	28.32	2	14.2	3.1	0.065
PU x AP X AAP	94.09	4	23.5	5.1	0.004
ACAK©	115.72	25	4.6		
Total	71304.00	54			
Corrected Total	11836.14 8	53			

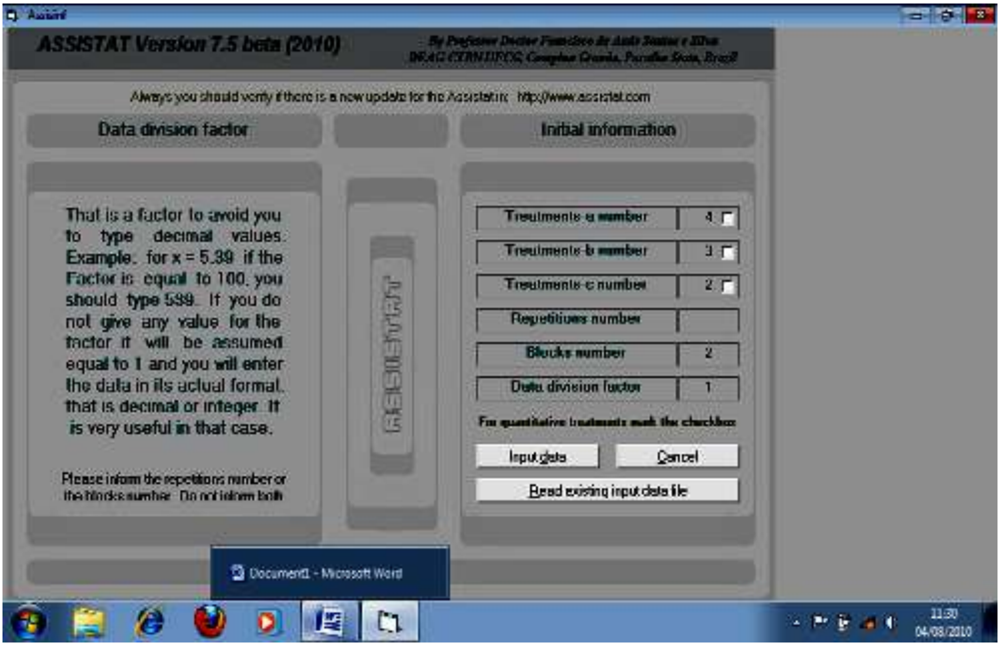
a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .979)

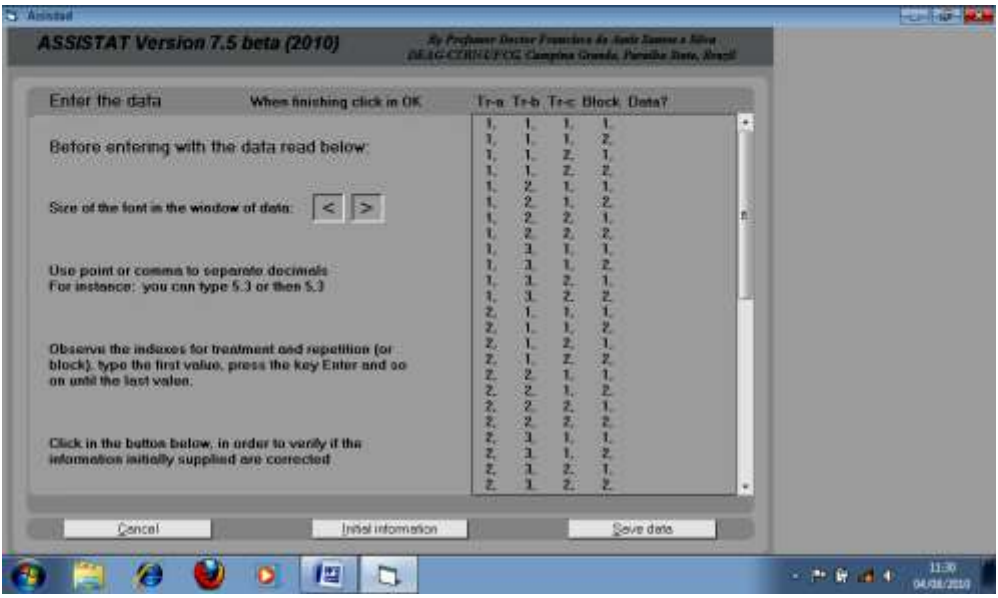
Analisis dengan menggunakan Program ASSISTAT.

1) Pilih Variance Analysis (ANOVA) --- Sub-sub devided Parcels Experiment

2) Isi Jumlah perlakuan faktor a, faktor b, faktor c dan jumlah kelompok
3) Input Data
4) Pilih Analysis of Data
5) Pilih uji beda rerata / uji lanjutan
6) OK




ASSISTAT Version 7.5 beta (2010)
Always you should verify if there is a new update for the Assistat in: http://www.assistat.com
Data division factor
Initial information
That is a factor to avoid you to type decimal values. Example: for x = 5.39 if the Factor is equal to 100, you should type 539. If you do not give any value for the factor it will be assumed equal to 1 and you will enter the data in its actual format, that is decimal or integer. It is very useful in that case.
Please inform the repetitions number or the blocks number. Do not inform both
ASSISTAT
Treatments-a number 4
Treatments-b number 3
Treatments-c number 2
Repetitions number
Blocks number 2
Data division factor 1
Input data
Cancel
Read existing input data file
Document1 - Microsoft Word
11:30
04/08/2010


ASSISTAT Version 7.5 beta (2010)
Enter the data
When finishing click in OK
Tr-a Tr-b Tr-c Block Data?
1, 1, 1, 1,
1, 1, 1, 2,
1, 1, 2, 1,
1, 1, 2, 2,
1, 2, 1, 1,
1, 2, 1, 2,
1, 2, 2, 1,
1, 2, 2, 2,
1, 3, 1, 1,
1, 3, 1, 2,
1, 3, 2, 1,
1, 3, 2, 2,
2, 1, 1, 1,
2, 1, 1, 2,
2, 1, 2, 1,
2, 1, 2, 2,
2, 2, 1, 1,
2, 2, 1, 2,
2, 2, 2, 1,
2, 2, 2, 2,
2, 3, 1, 1,
2, 3, 1, 2,
2, 3, 2, 1,
2, 3, 2, 2,
Before entering with the data read below:
Size of the font in the window of data:
Use point or comma to separate decimals
For instance: you can type 5.3 or then 5,3
Observe the indexes for treatment and repetition (or block), type the first value, press the key Enter and so on until the last value.
Click in the button below, in order to verify if the information initially supplied are corrected
Cancel
Initial information
Save data
11:30
04/08/2010

Output ASISSTAT

SUBSUBDEVIDED PARCELS EXPERIMENT

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Blocks	2	17.37037	8.68519	10.1957 *
Treat-a(Ta)	2	7045.37037	3522.68519	4135.3261 **
Error-a	4	3.40741	0.85185	
Parcels	8	7066.14815		
Treat-b(Tb)	1	2216.96296	2216.96296	312.5744 **
Int. TaxTb	2	1121.81481	560.90741	79.0836 **
Error-b	6	42.55556	7.09259	
Subparcels	17	10447.48148		
Treat-c(Tc)	2	1068.92593	534.46296	121.0105 **
Int. TaxTc	4	91.85185	22.96296	5.1992 **
Int. TbxTc	2	27.37037	13.68519	3.0985 ns
Int.TaTbTc	4	94.51852	23.62963	5.3501 **
Error-c	24	106.00000	4.41667	
Total	53	11836.14815		

** Significative at a level of 1% of probability (p < .01)
 * Significative at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)
ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
2	4	6.9443	10.1957	0.0269
2	4	18	4135.3261	<.0001
1	6	13.745	312.5744	<.0001

2	6	10.9248	79.0836	<.0001
2	24	5.6136	121.0105	<.0001
4	24	4.2184	5.1992	0.0036
2	24	3.4028	3.0985	0.0635
4	24	4.2184	5.3501	0.0031

Treat-a = Treatments-a
Treat-b = Treatments-b
Treat-c = Treatments-c

AVERAGES AND MEASURES

Averages Block

----
1 33.16667 a
2 33.88889 a
3 32.50000 a

SMD = 1.48138

Averages Treat-a

----
1 17.16667 c
2 39.38889 b
3 43.00000 a

SMD = 0.85527

Averages Treat-b

----
1 26.77778 b
2 39.59259 a

SMD = 1.77583

Averages Treat-c

1	27.61111	c
2	33.44444	b
3	38.50000	a

SMD = 1.44309

INTERACTION AVERAGES

Averag.Trat-a x Trat-b

Trat-a	Trat-b 1	Trat-b 2
1	15.2222 cB	19.1111 cA
2	34.7778 aB	44.0000 bA
3	30.3333 bB	55.6667 aA

smd for columns = 2.2173 smd for rows = 3.0758
Classific./lower case letters Classific./upper case letters

Averag.Trat-a x Trat-c

Trat-a	Trat-c 1	Trat-c 2	Trat-c 3
1	13.5000 bC	17.5000 cB	20.5000 cA
2	34.0000 aC	39.1667 bB	45.0000 bA
3	35.3333 aC	43.6667 aB	50.0000 aA

smd for columns = 2.1266 smd for rows = 2.4995
Classific./lower case letters Classific./upper case letters

Averag.Trat-b x Trat-c

Trat-b	Trat-c 1	2	3
1	21.8889	27.3333	31.1111
2	33.3333	39.5556	45.8889

The test of comparison of averages was not applied because the F of interaction was not significant

Averag.Tra x Trb x Trc

Trt-ab	Trat-c 1	2	3
11	12.0000 B	14.3333 B	19.3333 A
12	15.0000 B	20.6667 A	21.6667 A
21	28.6667 C	36.0000 B	39.6667 A
22	39.3333 B	42.3333 B	50.3333 A
31	25.0000 B	31.6667 A	34.3333 A
32	45.6667 C	55.6667 B	65.6667 A

smd for rows = 3.5348 Classific./upper case letters

The t Test at a level of 5% of probability was applied

The averages followed by the same letter do not differ statisticaly between themselves

GA = 33.18519 VC%-a =2.78 VC%-b =8.03 VC%-c =6.33

Midpoint = 39.50000

Normality of the data (alpha = 5%)

Test (Statistic)	Value	p-value	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95908	0.06269	Yes

DATA

```
----------
11  13  12
15  16  12
19  21  18
13  15  17
19  21  22
23  22  20
27  30  29
36  34  38
42  39  38
39  41  38
43  44  40
51  52  48
25  27  23
31  34  30
37  35  31
46  49  42
56  52  59
64  65  68
----------
```

ABBREVIATIONS

VS = Variation Souce   DF = Degree of freedom
SS = Square Sum   MS = Mean Square
F = Statistics of the test   GA = General Average
VC% = Variation coefficient in percentage
smd = Significative minimum difference

DAFTAR PUSTAKA

Arikunto Suharsimi. 2005. Manajemen Penelitian. Jakarta : Rineka Cipta

Box, G.E.P. et. Al., 1978. Statistics for Experimenters. John Wiley & sons, New York.

Dixon, W.J., and Massey Jr. 1969. Introduction to Statistical Analysis. Mc. Graw Hill Book Co., Inc., New York.

Guilford, J. P. and Frunchter, Benjamin.1978 Fundamental Statistics in Psychology and Education .Singapore : McGraw-Hill Book Co.

Riduwan. 2005. Belajar Mudah Penelitian Untuk Guru, Karyawan dan Peneliti Pemula, Bandung : Alfabeta.

Riduwan dan Sunarto. 2007. Pengantar Statistika. Bandung : Alvabeta

Sudjana, 1996. Metode Statistika. Penerbit Tarsito, Bandung.

Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Administasi*. Alvabeta Bandung.

Santoso. 2002. Statistik Parametrik. Jakarta : Elexmedia Komputindo

Uma Sekaran. 2006. Metode Penelitian Bisnis. Jakarta : Salemba Empat.

Lampiran 1. Table t-statistics P=0.05 | P=0.01 | P=0.001

PERCENTAGE POINTS OF THE T DISTRIBUTION

Tail Probabilities

	One Tail	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005	
	Two Tails	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001	
D	1	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.3	637	1
E	2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.330	31.6	2
G	3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.210	12.92	3
R	4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610	4
E	5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869	5
E	6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959	6
S	7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408	7
	8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041	8
O	9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781	9
F	10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587	10
	11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437	11
F	12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318	12
R	13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221	13
E	14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140	14
E	15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073	15
D	16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015	16
O	17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965	17
M	18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922	18
	19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883	19
	20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850	20
	21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819	21
	22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792	22
	23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768	23
	24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745	24
	25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725	25
	26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707	26
	27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690	27
	28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674	28
	29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659	29
	30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646	30
	32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365	3.622	32
	34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348	3.601	34
	36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.333	3.582	36
	38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.319	3.566	38
	40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551	40
	42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.296	3.538	42
	44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.286	3.526	44
	46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.277	3.515	46
	48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.269	3.505	48
	50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261	3.496	50
	55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668	3.245	3.476	55
	60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460	60
	65	1.295	1.669	1.997	2.385	2.654	3.220	3.447	65
	70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211	3.435	70
	80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416	80
	100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390	100
	150	1.287	1.655	1.976	2.351	2.609	3.145	3.357	150
	200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.131	3.340	200
	Two Tails	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001	

Lampiran 2a. Table of F-statistics P=0.05

df2\df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22

28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84
>1000	1.04	3.00	2.61	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83
df2/df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Lampiran 2b. Table of F-statistics P=0.05

df2\df1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22
3	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65
4	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80	5.79
5	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54
6	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87	3.86
7	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43
8	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13
9	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92
10	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77	2.75
11	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63
12	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52
13	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46	2.44
14	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39	2.37
15	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31
16	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28	2.25
17	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.21
18	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17
19	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16	2.13
20	2.31	2.28	2.25	2.23	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10
22	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05
24	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.00

26	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97
28	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.93
30	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91
35	2.08	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.85
40	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81
45	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.78
50	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.76
60	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.72
70	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.70
80	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70	1.68
100	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65
200	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.60
500	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56
1000	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.55
>1000	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.64	1.62	1.61	1.59	1.57	1.54
df2/df1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22

Lampiran 2c. Table of F-statistics P=0.05

df2\df1	24	26	28	30	35	40	45	50	60
3	8.64	8.63	8.62	8.62	8.60	8.59	8.59	8.58	8.57
4	5.77	5.76	5.75	5.75	5.73	5.72	5.71	5.70	5.69
5	4.53	4.52	4.50	4.50	4.48	4.46	4.45	4.44	4.43
6	3.84	3.83	3.82	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.74
7	3.41	3.40	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.30
8	3.12	3.10	3.09	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01
9	2.90	2.89	2.87	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79
10	2.74	2.72	2.71	2.70	2.68	2.66	2.65	2.64	2.62
11	2.61	2.59	2.58	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.49
12	2.51	2.49	2.48	2.47	2.44	2.43	2.41	2.40	2.38
13	2.42	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30
14	2.35	2.33	2.32	2.31	2.28	2.27	2.25	2.24	2.22
15	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.20	2.19	2.18	2.16
16	2.24	2.22	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11
17	2.19	2.17	2.16	2.15	2.12	2.10	2.09	2.08	2.06
18	2.15	2.13	2.12	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02
19	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98
20	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95
22	2.03	2.01	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89
24	1.98	1.97	1.95	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84

26	1.95	1.93	1.91	1.90	1.87	1.85	1.84	1.82	1.80
28	1.91	1.90	1.88	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77
30	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74
35	1.83	1.82	1.80	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68
40	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64
45	1.76	1.74	1.73	1.71	1.68	1.66	1.64	1.63	1.60
50	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58
60	1.70	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.56	1.53
70	1.67	1.65	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.50
80	1.65	1.63	1.62	1.60	1.57	1.54	1.52	1.51	1.48
100	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.48	1.45
200	1.57	1.55	1.53	1.52	1.48	1.46	1.43	1.41	1.39
500	1.54	1.52	1.50	1.48	1.45	1.42	1.40	1.38	1.35
1000	1.53	1.51	1.49	1.47	1.43	1.41	1.38	1.36	1.33
>1000	1.52	1.50	1.48	1.46	1.42	1.40	1.37	1.35	1.32
df2/df1	24	26	28	30	35	40	45	50	60

Lampiran 2d. Table of F-statistics P=0.05

df2\df1	70	80	100	200	500	1000	>1000	df1/df2
3	8.57	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53	8.54	3
4	5.68	5.67	5.66	5.65	5.64	5.63	5.63	4
5	4.42	4.42	4.41	4.39	4.37	4.37	4.36	5
6	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	3.67	6
7	3.29	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23	3.23	7
8	2.99	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93	2.93	8
9	2.78	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	2.71	9
10	2.61	2.60	2.59	2.56	2.55	2.54	2.54	10
11	2.48	2.47	2.46	2.43	2.42	2.41	2.41	11
12	2.37	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30	2.30	12
13	2.28	2.27	2.26	2.23	2.22	2.21	2.21	13
14	2.21	2.20	2.19	2.16	2.14	2.14	2.13	14
15	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.07	15
16	2.09	2.08	2.07	2.04	2.02	2.02	2.01	16
17	2.05	2.03	2.02	1.99	1.97	1.97	1.96	17
18	2.00	1.99	1.98	1.95	1.93	1.92	1.92	18
19	1.97	1.96	1.94	1.91	1.89	1.88	1.88	19
20	1.93	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	1.84	20
22	1.88	1.86	1.85	1.82	1.80	1.79	1.78	22
24	1.83	1.82	1.80	1.77	1.75	1.74	1.73	24

26	1.79	1.78	1.76	1.73	1.71	1.70	1.69	26
28	1.75	1.74	1.73	1.69	1.67	1.66	1.66	28
30	1.72	1.71	1.70	1.66	1.64	1.63	1.62	30
35	1.66	1.65	1.63	1.60	1.57	1.57	1.56	35
40	1.62	1.61	1.59	1.55	1.53	1.52	1.51	40
45	1.59	1.57	1.55	1.51	1.49	1.48	1.47	45
50	1.56	1.54	1.52	1.48	1.46	1.45	1.44	50
60	1.52	1.50	1.48	1.44	1.41	1.40	1.39	60
70	1.49	1.47	1.45	1.40	1.37	1.36	1.35	70
80	1.46	1.45	1.43	1.38	1.35	1.34	1.33	80
100	1.43	1.41	1.39	1.34	1.31	1.30	1.28	100
200	1.36	1.35	1.32	1.26	1.22	1.21	1.19	200
500	1.32	1.30	1.28	1.21	1.16	1.14	1.12	500
1000	1.31	1.29	1.26	1.19	1.13	1.11	1.08	1000
>1000	1.30	1.28	1.25	1.17	1.11	1.08	1.03	>1000
df2/df1	70	80	100	200	500	1000	>1000	df1\df2

Lampiran 3a. Table: Chi-Square Probabilities

Lampiran 3b. Table: Chi-Square Probabilities

df	0.995	0.99	0.975	0.95	0.90	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	---	---	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
50	27.991	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.420	76.154	79.490
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
60	35.534	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379	91.952
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
70	43.275	45.442	48.758	51.739	55.329	85.527	90.531	95.023	100.425	104.215
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
80	51.172	53.540	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329	116.321
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
90	59.196	61.754	65.647	69.126	73.291	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
100	67.328	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169

Lampiran 4. The studentized range statistic (q)*

*Angka atas alpha = .05 (top) dan angka bawah alpha = .01

Derajat Bebas	**k = jumlah perlakuan**								
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
5	3.64 5.70	4.60 6.98	5.22 7.80	5.67 8.42	6.03 8.91	6.33 9.32	6.58 9.67	6.80 9.97	6.99 10.24
6	3.46 5.24	4.34 6.33	4.90 7.03	5.30 7.56	5.63 7.97	5.90 8.32	6.12 8.61	6.32 8.87	6.49 9.10
7	3.34 4.95	4.16 5.92	4.68 6.54	5.06 7.01	5.36 7.37	5.61 7.68	5.82 7.94	6.00 8.17	6.16 8.37
8	3.26 4.75	4.04 5.64	4.53 6.20	4.89 6.62	5.17 6.96	5.40 7.24	5.60 7.47	5.77 7.68	5.92 7.86
9	3.20 4.60	3.95 5.43	4.41 5.96	4.76 6.35	5.02 6.66	5.24 6.91	5.43 7.13	5.59 7.33	5.74 7.49
10	3.15 4.48	3.88 5.27	4.33 5.77	4.65 6.14	4.91 6.43	5.12 6.67	5.30 6.87	5.46 7.05	5.60 7.21
11	3.11 4.39	3.82 5.15	4.26 5.62	4.57 5.97	4.82 6.25	5.03 6.48	5.20 6.67	5.35 6.84	5.49 6.99
12	3.08 4.32	3.77 5.05	4.20 5.50	4.51 5.84	4.75 6.10	4.95 6.32	5.12 6.51	5.27 6.67	5.39 6.81
13	3.06 4.26	3.73 4.96	4.15 5.40	4.45 5.73	4.69 5.98	4.88 6.19	5.05 6.37	5.19 6.53	5.32 6.67
14	3.03 4.21	3.70 4.89	4.11 5.32	4.41 5.63	4.64 5.88	4.83 6.08	4.99 6.26	5.13 6.41	5.25 6.54

15	3.01 4.17	3.67 4.84	4.08 5.25	4.37 5.56	4.59 5.80	4.78 5.99	4.94 6.16	5.08 6.31	5.20 6.44
16	3.00 4.13	3.65 4.79	4.05 5.19	4.33 5.49	4.56 5.72	4.74 5.92	4.90 6.08	5.03 6.22	5.15 6.35
17	2.98 4.10	3.63 4.74	4.02 5.14	4.30 5.43	4.52 5.66	4.70 5.85	4.86 6.01	4.99 6.15	5.11 6.27
18	2.97 4.07	3.61 4.70	4.00 5.09	4.28 5.38	4.49 5.60	4.67 5.79	4.82 5.94	4.96 6.08	5.07 6.20
19	2.96 4.05	3.59 4.67	3.98 5.05	4.25 5.33	4.47 5.55	4.65 5.73	4.79 5.89	4.92 6.02	5.04 6.14
20	2.95 4.02	3.58 4.64	3.96 5.02	4.23 5.29	4.45 5.51	4.62 5.69	4.77 5.84	4.90 5.97	5.01 6.09
24	2.92 3.96	3.53 4.55	3.90 4.91	4.17 5.17	4.37 5.37	4.54 5.54	4.68 5.69	4.81 5.81	4.92 5.92
30	2.89 3.89	3.49 4.45	3.85 4.80	4.10 5.05	4.30 5.24	4.46 5.40	4.60 5.54	4.72 5.65	4.82 5.76
40	2.86 3.82	3.44 4.37	3.79 4.70	4.04 4.93	4.23 5.11	4.39 5.26	4.52 5.39	4.63 5.50	4.73 5.60
60	2.83 3.76	3.40 4.28	3.74 4.59	3.98 4.82	4.16 4.99	4.31 5.13	4.44 5.25	4.55 5.36	4.65 5.45
120	2.80 3.70	3.36 4.20	3.68 4.50	3.92 4.71	4.10 4.87	4.24 5.01	4.36 5.12	4.47 5.21	4.56 5.30
infinity	2.77 3.64	3.31 4.12	3.63 4.40	3.86 4.60	4.03 4.76	4.17 4.88	4.29 4.99	4.39 5.08	4.47 5.16

Lampiran 5. Tabel Korelasi (r)

Derajat Bebas	Probability, *p*		
	0.05	0.01	0.001
1	0.997	1.000	1.000
2	0.950	0.990	0.999
3	0.878	0.959	0.991
4	0.811	0.917	0.974
5	0.755	0.875	0.951
6	0.707	0.834	0.925
7	0.666	0.798	0.898
8	0.632	0.765	0.872
9	0.602	0.735	0.847
10	0.576	0.708	0.823
11	0.553	0.684	0.801
12	0.532	0.661	0.780
13	0.514	0.641	0.760
14	0.497	0.623	0.742
15	0.482	0.606	0.725
16	0.468	0.590	0.708
17	0.456	0.575	0.693

18	0.444	0.561	0.679
19	0.433	0.549	0.665
20	0.423	0.457	0.652
25	0.381	0.487	0.597
30	0.349	0.449	0.554
35	0.325	0.418	0.519
40	0.304	0.393	0.490
45	0.288	0.372	0.465
50	0.273	0.354	0.443
60	0.250	0.325	0.408
70	0.232	0.302	0.380
80	0.217	0.283	0.357
90	0.205	0.267	0.338
100	0.195	0.254	0.321

Lampiran 6. Table of the Standard Normal (z) Distribution

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767

2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998

Lampiran 7. Table Coefficient of orthogonal polynomials for equally spaced intervals

k	Comparison	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ai2
3	Linier	-1	0	1								2
	Kuadratik	1	-2	1								6
4	Linier	-3	-1	1	3							20
	Kuadratik	1	-1	-1	1							4
	Kubik	-1	3	-3	1							20
5	Linier	-2	-1	0	1	2						10
	Kuadratik	2	-1	-2	-1	2						14
	Kubik	-1	2	0	-2	1						10
	Kuartik	1	-4	6	-4	1						70
6	Linier	-5	-3	-1	1	3	5					70
	Kuadratik	5	-1	-4	-4	-1	5					84
	Kubik	-5	7	4	-4	-7	5					180
	Kuartik	1	-3	2	2	-3	1					28
7	Linier	-3	-2	-1	0	1	2	3				28
	Kuadratik	5	0	-3	-4	-3	0	5				84
	Kubik	-1	1	1	0	-1	-1	1				6
	Kuartik	3	-7	1	6	1	-7	3				154
8	Linier	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7			168
	Kuadratik	7	1	-3	-5	-5	-3	1	7			168

	Kubik	-7	5	7	3	-3	-7	-5	7			264
	Kuartik	7	-13	-3	9	9	-3	-13	7			616
9	Linier	-4	-3	-2	0	0	1	2	3	4		60
	Kuadratik	28	7	-8	20	-20	-17	-8	7	28		2772
	Kubik	-14	7	13	0	0	-9	-13	-7	14		990
	Kuartik	14	-21	-11	18	18	9	-11	-21	14		2002
`10	Linier	-9	-7	-5	-1	-1	1	3	5	7	9	330
	Kuadratik	6	2	-1	-4	-4	-4	-3	-1	2	6	132
	Kubik	-42	14	35	12	12	-12	-31	-35	-14	42	8580
	Kuartik	18	-22	-17	18	18	18	3	-17	-22	18	2860

TENTANG PENULIS

YUSUF LIMBONGAN, dilahirkan di Tana Toraja, Propinsi Sulawesi Selatan pada tanggal 21 Juni 1967. Pada tahun 1991 penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar.

Sejak tahun 1994 penulis diangkat sebagai dosen tetap pada Universitas Kristen Indonesia Toraja. Tahun 1996 penulis menjabat sebagai Ketua Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian UKI Toraja, selanjutnya pada tahun 1998 penulis menjabat sebagai Pembantu Dekan Fakultas Pertanian UKI Toraja. Penulis mengikuti pendidikan magister sains pada Program Studi Sistem-Sistem Pertanian, kekhususan ilmu tanaman, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 1999 hingga 2001. Penulis menjabat sebagai Dekan Fakultas Pertanian UKI Toraja periode 2002 hingga 2005. Penulis menyelesaikan program doktor pada Program Studi Agronomi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Sejak tahun 1993 penulis mengajar mata kuliah Statistika dan Perancangan Percobaan pada Fakultas Pertanian maupun Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kristen Indonesia Toraja.

SINOPSIS

Statistika adalah ilmu yang terdiri dari teori dan metode yang merupakan cabang dari matematika terapan dan membicarakan tentang bagaimana mengumpulkan data, bagaimana meringkas data, mengolah dan menyajikan data, bagaimana menarik kesimpulan dari hasil analisis, bagaimana menentukan keputusan dalam batas-batas resiko tertentu berdasarkan strategi yang ada. Buku ini sangat berguna untuk para mahasiswa pada berbagai strata pendidikan yang sedang mempelajari Statistika, Metode Penelitian, atau Perancangan Percobaan serta untuk mempermudah analisis data hasil penelitian. Secara umum, buku ini juga dapat digunakan oleh para peneliti, dosen, serta masyarakat umum sebagai alat: 1) Komunikasi untuk menghubungkan beberapa pihak yang menghasilkan data statistik atau analisis statistik sehingga beberapa pihak tersebut akan dapat mengambil keputusan melalui informasi tersebut, 2) Deskripsi merupakan penyajian data dan mengilustrasikan data, misalnya mengukur tingkat kelulusan siswa, laporan keuangan, tingkat inflasi, jumlah penduduk, dan sebagainya, 3) Regresi meramalkan pengaruh data yang satu dengan data yang lainnya dan untuk menghadapi gejala-gejala yang akan datang, 4) Korelasi untuk mencari kuatnya atau besarnya hubungan data dalam suatu peneltian, 5) Komparasi yaitu membandingkan data dua kelompok atau lebih. Topik yang dikemukakan yaitu Pengertian Statistika, Populasi dan Sampel, Distribusi Frekuensi, Teori Peluang, Distribusi Peluang, Pengujian Hipotesis, Analisis Regresi, Analisis Korelasi, dan Teknik Perancangan Percobaan. Selain teknik analisis statistika secara manual, buku ini juga dilengkapi dengan contoh soal dan cara-cara melakukan analisis statistika dengan menggunakan program-program aplikasi komputer seperti SPSS, Excel-Data Analysis, dan Assistat. Untuk mempermudah memahami analisis dengan menggunakan program aplikasi komputer statistika, buku ini dilengkapi dengan gambar-gambar dan ilustrasi yang lebih informatif dan estetik.

ISBN 978-602-18328-1-3

9 786021 832813

UKI TORAJA PRESS
(Anggota APPTI)