

METODOLOGI PENELITIAN DAN RANCANGAN PERCOBAAN



UNIVERSITAS UDAYANA

2016

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Identifikasi, Pemilihan dan Perumusan Masalah.....	3
1.2. Penelaan Kepustakaan atau Tinjauan Kepustakaan.....	3
1.3. Kerangka Konsep.....	5
1.4. Perumusan Hipotesis.....	7
II. JENIS PENELITIAN.....	11
2.1. Jenis Penelitian Menurut Pendekatan Analitik.....	13
2.2. Jenis Penelitian Menurut Tujuan Penelitian.....	15
2.4. Berdasarkan Teknik atau Cara melakukan Penelitian.....	16
2.5. Berdasarkan hasil yang diperoleh.....	16
III. PEUBAH ATAU VARIABEL (VARIABLE).....	17
3.1. Jenis-jenis Peubah/Variabel.....	17
3.2. Peubah Kualitatif dan Kuanditatif.....	18
3.3. Skala Pengukuran Peubah Respons.....	20
IV. MERANCANG PERLAKUAN.....	22
4.1. Model Tetap dan Model Acak.....	23
4.2. Azas-azas Perancangan Percobaan.....	25
4.3. Banyaknya Ulangan.....	25
4.4. Pengacakan (Randomization).....	29
V. ANALISIS DATA.....	32
5.1. Pemilihan Analisis atau Uji Statistika yang Cocok.....	33
5.2. Asumsi-asumsi dalam Uji Statistika.....	34
VI. RANCANGAN ACAK LENGKAP(RAL).....	40
VII. RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK).....	53
VIII. RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPLING.....	58
IX. RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATHIN (RBSL).....	68
X. RANCANGAN ACAK LENGKAP POLA FAKTORIAL AxB.....	78
XI. RANCANGAN ACAK KELOMPOK POLA FAKTORIAL AxB.....	84
XII. RANCANGAN ACAK LENGKAP POLA TERSARANG.....	93
XIII. RANCANGAN ACAK KELOMPOK POLA TERSARANG	101
XIV. RANCANGAN ACAK LENGKAP POLA BERJENJANG.....	108
XV. RANCANGAN ACAK KELOMPOK POLA BERJENJANG.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	126

I. PENDAHULUAN

Metodologi Ilmiah.

(Kebenaran itu rupanya tidak mungkin diceraikan dari pikiran kita, rupanya sudah ada sebelum dan sesudah kita memikirkannya. Jadi kalau kita timbang benar-benar, tiap orang yang memungkiri adanya kebenaran diluar yang dia pikirkan tidak boleh tidak menipu dirinya sendiri)

Dalam usaha meningkatkan suasana akademik di perguruan tinggi serta dalam upaya menumbuhkan sikap, kemampuan dan ketrampilan meneliti pada mahasiswa, pengetahuan Metodologi Ilmiah dan Rancangan Percobaan merupakan hal yang esensial. Setiap bidang studi diharapkan dapat menimbulkan kegairahan meneliti, setiap bidang studi disamping mengembangkan penguasaan materi diharapkan juga memberikan pengalaman belajar yang menumbuhkan sikap, kemampuan dan ketrampilan meneliti pada mahasiswa, khususnya dalam hal pembuatan Sekripsi.

Ilmu pengetahuan berawal dari kekaguman manusia terhadap alam yang dibadapinya, baik alam besar (macro-cosmos) maupun alam kecil (micro-cosmos). Sifat ingin tahu manusia telah dapat disaksikan sejak dari lahir, hasrat ingin tahu manusia terpusatkan kalau dia memperoleh pengetahuan mengenai hal yang dipertanyakan, dan pengetahuan yang diinginkan adalah pengetahuan yang benar.

Pengetahuan yang benar atau kebenaran memang secara inhaerent dapat dicapai manusia, bisa melalui pendekatan **non-ilmiah** maupun pendekatan **ilmiah**.

Pendekatan ilmiah menuntut dilakukannya cara-cara atau langkah-langkah tertentu dengan perurutan tertentu agar dapat dicapai pengetahuan yang benar. Namun tidak semua orang sadar ataupun tidak mengikuti pendekatan ilmiah dalam mencari kebenaran. Namun kenyataan banyak pendekatan non ilmiah yang dilakukan, sehingga kebenaran tersebut perlu lagi dibuktikan secara ilmiah.

Pendekatan non ilmiah yang biasa dilakukan adalah : **akal sehat, prasangka, intuisi, penemuan kebetulan, coba-coba, pendapat pakar (Orang pintar) dan pendekatan otoriter.**

Metodologi Ilmiah merupakan cara-cara memperoleh kebenaran atau pengetahuan dengan pendekatan ilmiah melalui penelitian ilmiah dan dibangun di atas teori tertentu. Teori itu berkembang pula melalui penelitian ilmiah, yaitu penelitian yang sistematis dan terkontrol berdasarkan data empiris. Teori itu dapat diuji (ditest) dalam hal keajegan dan kemantapan internalnya. Artinya, jika penelitian ulang dilakukan orang lain menurut langkah-langkah yang serupa pada kondisi yang sama akan diperoleh hasil yang ajeg (consistent) yaitu hasil yang sama atau hampir sama dengan hasil terdahulu..

Penelitian ilmiah adalah suatu proses, yaitu suatu rangkaian langkah-langkah yang dilakukan secara terencana dan sistematis guna mendapat pemecahan masalah atau mendapatkan jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan tertentu. Langkah-langkah yang dilakukan itu harus serasi dan saling mendukung satu sama lain, agar penelitian yang dilakukan mempunyai bobot yang cukup memadai dan memberikan kesimpulan-kesimpulan yang tidak meragukan. Adapun langkah-langkah tersebut pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi, pemilihan dan perumusan masalah
2. Penelaahan kepustakaan dan penyusunan kerangka konsep
3. Penyusunan hipotesis
4. Identifikasi, klasifikasi dan pemberian definisi operasional variabel-variabel.
5. Pemilihan atau pengembangan alat pengambilan data
6. Penyusunan rancangan penelitian
7. Penentuan sampel
8. Pengumpulan data
9. Pengolahan dan analisis data
10. Interpretasi hasil analisis
11. Penyusunan laporan.

1.1. Identifikasi, Pemilihan dan Perumusan Masalah.

Masalah atau permasalahan ada kalau ada kesenjangan (gap) antara das Sollen dan das Sein; ada perbedaan antara apa yang seharusnya dan apa yang ada dalam kenyataan, antara apa yang diperlukan dan apa yang tersedia, antara harapan dan kenyataan, dan sebagainya.

Masalah yang harus dipecahkan atau dijawab melalui penelitian selalu ada tersedia dan cukup banyak, tinggalah mengidentifikasikannya, memilihnya, dan merumuskannya. Walaupun demikian, agar seorang ilmuwan mempunyai mata yang cukup jeli untuk menemukan masalah tersebut, dia harus cukup berlatih. Hal-hal yang dapat menjadi sumber masalah adalah : bacaan (terutama laporan hasil penelitian), seminar/diskusi atau pertemuan ilmiah, pernyataan pemegang otoritas, pengamatan sepintas, pengalaman pribadi dan perasaan intuitif.

Pemilihan masalah sebaiknya disesuaikan dengan bidang ilmu yang sedang dikuasai dan perlu dipertimbangkan layak dan tidaknya untuk diteliti. Kelayakan ditinjau dari segi arah masalahnya, kemampuan meneliti, biaya yang tersedia, waktu yang diperlukan, alat-alat dan perlengkapan yang tersedia, bekal kemampuan teoritis dan penguasaan metode yang diperlukan,.

Perumusan masalah hendaklah dalam bentuk kalimat tanya, padat dan jelas, memberikan petunjuk tentang mungkin-mungkinnya mengumpulkan data guna menjawab pertanyaan yang terkandung dalam rumusan itu.

Misalnya :

Apakah obat A lebih baik dari obat B

Apakah ada perbedaan antara bahan pengawet A dengan pengawet B

Apakah ada hubungan antara jumlah telur dalam feses dengan jumlah cacing pada ususnya

1.2. Penelaan Kepustakaan atau Tinjauan Kepustakaan

Setelah seorang peneliti telah menetapkan topik penelitian, langkah selanjutnya adalah melakukan kajian yang berkaitan dengan: teori yang berkaitan dengan topik penelitian. Dalam pencarian teori, peneliti akan

mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya dari kepustakaan yang berhubungan. Sumber-sumber kepustakaan dapat diperoleh dari: buku, jurnal, majalah, hasil-hasil penelitian (tesis dan disertasi), dan sumber-sumber lainnya yang sesuai (internet, koran dll). Keseluruhan upaya tersebut, dikatakan sebagai upaya Studi Kepustakaan untuk penelitian.

Istilah studi kepustakaan digunakan dalam ragam istilah oleh para ahli, diantaranya yang dikenal adalah: kajian pustaka, tinjauan pustaka, kajian teoritis, dan tinjauan teoritis. Penggunaan istilah-istilah tersebut, pada dasarnya merujuk pada upaya umum yang harus dilalui untuk mendapatkan teori-teori yang relevan dengan topik penelitian. Bila kita telah memperoleh kepustakaan yang relevan, maka segera untuk disusun secara teratur untuk dipergunakan dalam penelitian. Oleh karena itu studi kepustakaan meliputi proses umum seperti: mengidentifikasikan teori secara sistematis, penemuan pustaka, dan analisis dokumen yang memuat informasi yang berkaitan dengan topik penelitian.

Studi kepustakaan mempunyai beberapa fungsi, meliputi:

1. Menyediakan kerangka konsepsi atau teori untuk penelitian yang direncanakan.
2. Menyediakan informasi tentang penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.
3. Memberi rasa percaya diri bagi peneliti, karena melalui kajian pustaka semua konstruksi yang berhubungan dengan penelitian telah tersedia.
4. Memberi informasi tentang metode-metode, populasi dan sampel, instrumen, dan analisis data yang digunakan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya.
5. Menyediakan temuan, kesimpulan penelitian yang dihubungkan dengan penemuan dan kesimpulan kita.

Studi kepustakaan dari sumbernya dibedakan menjadi dua bagian yaitu: kepustakaan konseptual dan kepustakaan penelitian. Kepustakaan konseptual

meliputi konsep-konsep atau teori-teori yang ada pada buku-buku dan artikel yang ditulis oleh para ahli yang dalam penyampaianya sangat ditentukan oleh ide-ide atau pengalaman para ahli tersebut. Sebaliknya kepustakaan penelitian meliputi laporan penelitian yang telah diterbitkan baik pada jurnal maupun majalah ilmiah.

Bagi para pemula disarankan untuk menggunakan studi kepustakaan yang berasal dari kepustakaan konseptual, untuk lebih memudahkan dalam merangkum dan mengkategorikan teori, sesuai dengan kebutuhan pada saat akan membuat kerangka konseptual.

Didasarkan pada hal tersebut di atas, maka ada beberapa strategi dalam menyampaikan studi kepustakaan:

1. Ungkapkan kajian pustaka yang benar-benar terkait erat dengan variabel penelitian.
2. Ungkapkan kajian pustaka dengan urutan dari mulai paparan variabel bebas sampai dengan variabel terikat atau ungkapkan dari variabel yang cakupannya umum dan luas ke arah variabel yang spesifik. Tentu saja secara luas dan nampak saling menyapa antar paparan variabel tersebut dan bukan merupakan kumpulan kutipan sehingga tidak menjadi suatu pola pemikiran yang menyeluruh.
3. Dapat diungkapkan hal-hal yang berkaitan dengan karakteristik sampel dan demografinya, bila memang dibutuhkan.

Penelaan kepustakaan tujuannya adalah mencari teori-teori, konsep-konsep, generalisasi-generalisasi yang dapat dijadikan landasan teoritis bagi penelitian yang akan dilakukan. Landasan itu per ditegakkan agar penelitian itu mempunyai dasar yang kokoh, dan bukan sekedar perbuatan coba-coba.

1.3. Kerangka Konsep.

Penentuan kerangka konseptual oleh peneliti akan sangat membantu dalam menentukan arah kebijakan dalam pelaksanaan penelitian. Kerangka

konseptual merupakan kerangka fikir mengenai hubungan antar variabel-variabel yang terlibat dalam penelitian atau hubungan antar konsep dengan konsep lainnya dari masalah yang diteliti sesuai dengan apa yang telah diuraikan pada studi kepustakaan.

Konsep dalam hal ini adalah suatu abstraksi atau gambaran yang dibangun dengan menggeneralisasikan suatu pengertian. Oleh karena itu, konsep tidak dapat diamati dan diukur secara langsung. Agar supaya konsep tersebut dapat diamati dan diukur, maka konsep tersebut harus dijabarkan terlebih dahulu menjadi variabel-variabel.

Dengan adanya kerangka konseptual akan bermanfaat bagi:

- a. Minat penelitian akan lebih terfokus ke dalam bentuk yang layak diuji dan akan memudahkan penyusunan hipotesis.
- b. Memudahkan identifikasi fungsi variabel penelitian, baik sebagai variabel bebas, tergantung, kendali, dan variabel lainnya.

Cara yang terbaik untuk mengembangkan kerangka konseptual tentu saja harus memperkaya asumsi-asumsi dasar yang berasal dari bahan-bahan referensi yang digunakan. Hal ini dapat diperkuat dengan mengadakan amatan-amatan langsung pada lingkup area masalah yang akan dijadikan penelitian. Dengan demikian kerangka konseptual yang dibuat merupakan paduan yang harmonis antara hasil pemikiran dari konsep-konsep (deduksi) dan hasil empirikal (induksi).

Pola berpikir deduksi adalah proses logika yang berdasar dari kebenaran umum mengenai suatu fenomena (teori) dan menggeneralisasikan kebenaran tersebut pada suatu peristiwa atau data tertentu yang berciri sama dengan fenomena yang bersangkutan. Pola pikir induksi adalah proses logika yang berangkat dari data empirik lewat observasi menuju kepada suatu teori. Dengan kata lain induksi adalah proses mengorganisasikan fakta-fakta atau hasil-hasil pengamatan yang terpisah menjadi suatu rangkuman hubungan atau suatu generalisasi.

1.4. Perumusan Hipotesis.

Hipotesis penelitian adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian, yang kebenarannya masih harus diuji secara empiris. Jadi hipotesis dianggap jawaban sementara terhadap suatu permasalahan yang paling dianggap benar, karena hipotesis merupakan rangkuman dari kesimpulan-kesimpulan teoritis yang diperoleh dari penelaan kepustakaan.

Secara teknis hipotesis merupakan sebagai pernyataan mengenai keadaan populasi yang akan diuji kebenarannya berdasarkan data yang diperoleh dari sampel penelitian. Secara statistis, hipotesis merupakan pernyataan keadaan parameter yang akan diuji melalui statistic sample. Sedangkan hipotesis Statistik merupakan dua pernyataan yang harus diterima salah satunya yaitu : H_0 adalah sesuatu yang menyatakan tidak ada perbedaan atau tidak ada hubungan atau tidak ada ketergantungan dan lawannya adalah yang sebaliknya sesuatu yang menyatakan ada perbedaan atau ada hubungan atau ada ketergantungan. Dengan demikian hipotesis penelitian bisa dipilih H_0 atau H_1 tergantung dari telaahan perpustakaan yang mendukung. Kesimpulan terhadap uji hipotesis untuk menerima atau menolak salah satunya dengan peluang tertentu. Peluang menerima H_0 dinyatakan atau disingkat dengan P , jika peluang menerima $H_0 > 0,05$, maka H_0 diterima ($P > 0,05$) berarti tidak ada perbedaan atau tidak ada hubungan atau tidak ada ketergantungan antara variabel yang diteliti, sebaliknya jika peluang menerima $H_0 < 0,05$, maka H_0 ditolak ($P < 0,05$) atau H_1 yang diterima, hal ini berarti ada perbedaan atau ada hubungan atau ada ketergantungan yang nyata ($P < 0,05$) antara variabel yang diteliti. Jika peluang menerima $H_0 < 0,01$, hal ini berarti ada perbedaan atau ada hubungan atau ketergantungan yang sangat nyata ($P < 0,01$) antara variabel atau peubah yang diteliti.

Hipotesis penelitian hendaknya menyatakan pertautan antara dua variabel atau lebih, dinyatakan dalam kalimat deklaratif atau pernyataan, dirumuskan secara jelas dan padat, dapat diuji artinya memungkinkan untuk mengumpulkan data guna menguji kebenaran hipotesis tersebut.

Hipotesis penelitian dapat dirumuskan melalui jalur:

1. Membaca dan menelaah ulang (reviu) teori dan konsep-konsep yang membahas variabel-variabel penelitian dan hubungannya dengan proses berfikir deduktif.
2. Membaca dan mereviu temuan-temuan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan penelitian lewat berfikir induktif.

Penetapan hipotesis dalam sebuah penelitian memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan batasan dan memperkecil jangkauan penelitian dan kerja penelitian.
2. Mensiagakan peneliti kepada kondisi fakta dan hubungan antar fakta, yang kadangkala hilang begitu saja dari perhatian peneliti.
3. Sebagai alat yang sederhana dalam memfokuskan fakta yang berceraai-berai tanpa koordinasi ke dalam suatu kesatuan penting dan menyeluruh.
4. Sebagai panduan dalam pengujian serta penyesuaian dengan fakta dan antar fakta.

Oleh karena itu kualitas manfaat dari hipotesis tersebut akan sangat tergantung pada:

1. Pengamatan yang tajam dari si peneliti terhadap fakta-fakta yang ada.
2. Imajinasi dan pemikiran kreatif dari si peneliti.
3. Kerangka analisa yang digunakan oleh si peneliti.
4. Metode dan desain penelitian yang dipilih oleh peneliti.

Perumusan hipotesis yang baik dan benar harus memenuhi ciri-ciri sebagai berikut:

1. Hipotesis harus dinyatakan dalam bentuk kalimat pernyataan deklaratif, bukan kalimat pertanyaan.
2. Hipotesis berisi pernyataan mengenai hubungan antar paling sedikit dua variabel penelitian.
3. Hipotesis harus sesuai dengan fakta dan dapat menerangkan fakta.

4. Hipotesis harus dapat diuji (*testable*). Hipotesis dapat diuji secara spesifik menunjukkan bagaimana variabel-variabel penelitian itu diukur dan bagaimana prediksi hubungan atau pengaruh antar variabel termaksud.
5. Hipotesis harus sederhana (spesifik) dan terbatas, agar tidak terjadi kesalahpahaman pengertian.

Beberapa contoh hipotesis penelitian yang memenuhi kriteria yang tersebut di atas:

1. Pemberian suplemntasi protein pada pakan babi dapat meningkatkan tambahan berat badan selama penggemukan.
2. Jenis pengawet pada daging sapi berpengaruh terhadap citarasanya selama penyimpanan pada suhu dingin.
3. Terdapat hubungan antara jumlah telur cacing pada kotoran ayam dengan jumlah cacing pada ususnya
4. Pemberian kolestrum sapi pada anak babi yang baru lahir tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan anak babi
5. Penggantian protein hewani dengan prortein nabati tidak berpengaruh terhadap perkembangan anak.

Contoh Hipotesis 1, 2 dan 3 adalah hipotesis H_1 , sedangkan contoh hipotesis 4 dan 5 adalah Hipotesis H_0

Didasarkan pada paparan di atas, maka tentu saja merumuskan hipotesis bukan pekerjaan mudah bagi peneliti. Oleh karena itu seorang peneliti dituntut untuk dapat menggali sumber-sumber hipotesis. Untuk itu dipersyaratkan bagi peneliti harus:

1. Memiliki banyak informasi tentang masalah yang akan dipecahkan dengan cara banyak membaca literatur yang ada hubungannya dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.
2. Memiliki kemampuan untuk memeriksa keterangan tentang tempat, objek, dan hal-hal yang berhubungan satu sama lain dalam fenomena yang sedang diselidiki.

3. Memiliki kemampuan untuk menghubungkan suatu keadaan dengan keadaan yang lain yang sesuai dengan kerangka teori dan bidang ilmu yang bersangkutan.

Dari beberapa pendapat para ahli, dapat disimpulkan bahwa penggalian sumber-sumber hipotesis dapat berasal dari:

1. Ilmu pengetahuan dan pengertian yang mendalam yang berkaitan dengan fenomena.
2. Wawasan dan pengertian yang mendalam tentang suatu fenomena.
3. Materi bacaan dan literatur yang valid.
4. Pengalaman individu sebagai suatu reaksi terhadap fenomena.
5. Data empiris yang tersedia.
6. Analogi atau kesamaan dan adakalanya menggunakan imajinasi yang berdasar pada fenomena.

Hambatan atau kesulitan dalam merumuskan hipotesis lebih banyak disebabkan karena hal-hal:

1. Tidak adanya kerangka teori atau tidak ada pengetahuan tentang kerangka teori yang jelas.
2. Kurangnya kemampuan peneliti untuk menggunakan kerangka teori yang ada.
3. Gagal berkenalan dengan teknik-teknik penelitian yang ada untuk merumuskan kata-kata dalam membuat hipotesis secara benar.

II. PENELITIAN

Penelitian

(Bimbang Laksana penawar utama, meskipun ia membakar segera timbul sembuh sempurna).

Penelitian dibatasi sebagai suatu pengamatan khusus yang dibuat untuk menegasi atau membuktikan keadaan dari sesuatu yang meragukan, dibawah kondisi-kondisi khusus yang ditentukan oleh peneliti. Jadi merupakan suatu tindakan atau kegiatan yang diselenggarakan dengan seksama dalam rangka menemukan beberapa pengaruh yang tak diketahui, atau menguji suatu kebenaran yang diketahui atau membayangkan suatu kebenaran yang dipikirkan.

Mencoba atau Mengadakan Percobaan/ Penelitian adalah satu cara dalam mendapatkan keterangan (data) yang diperlukan seseorang untuk memperoleh pengetahuan baru. Oleh karena itu suatu percobaan tidak diperlukan bilamana sesuatu yang hendak diketahui itu, sebelumnya sudah cukup diketahui, kecuali ingin membuktikan pada kondisi yang berbeda,

Rancangan Percobaan/ Penelitian

(Kalau saya sangsi sekalian itu tidak lain dari pada saya berpikir yang tidak dapat disangsikan)

Merancang : dapat diartikan sebagai merencanakan, memikirkan atau menimbang-nimbang apa yang hendak diperbuat, yang segala sesuatunya diatur terlebih dahulu.

Rancangan adalah apa yang sudah dirancang dipersiapkan, direncanakan atau diprogramkan.

Rancanag Percobaan/ Penelitian : dapat diartikan sebagai rangkaian kegiatan berupa pemikiran dan tindakan yang dipersiapkan secara kritis dan seksama mengenai berbagai aspek yang dipertimbangkan dan sedapat mungkin diupayakan kelak dapat diselenggarakan dalam suatu percobaan **dalam rangka**

menemukan sesuatu pengetahuan baru. Semua pemikiran, perkiraan, pedoman dan rencana itu dituangkan dalam suatu Rancangan Percobaan, yang seharusnya dibuat sebelum percobaan dilakukan.

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

Populasi Obyek.

(Apa yang kita lihat atau yang kita rasakan, bahkan yang kita bayangkan berasal dari yang Esa, maka membedakan bagian yang Esa itu sesungguhnya hanya merupakan semesta pembicaraan saja)

Kita membedakan adanya dua macam populasi obyek, yaitu populasi Konkrit atau populasi Definitif dan populasi Hipotetik.

Populasi konkrit atau definitif adalah populasi yang dapat dikenali secara nyata sebelum penelitian dimulai, seperti misalnya populasi sapi Bali Jantan di pulau Bali, populasi ayam Broiler di daerah tertentu. Ukuran populasinya bisa terhingga bisa juga tak hingga. Anggota populasi dapat dikenali atau didaftarkan, sehingga kerangka percobaan dapat dirumuskan.

Sedangkan populasi hipotetik adalah tidak konkrit, populasi ini merupakan ciptaan yang dihayalkan atau dibayangkan oleh peneliti sebagai obyek-obyek dengan kondisi tertentu, yaitu identik dengan satuan-satuan percobaan yang akan digunakan dalam percobaan atau identik pula dengan perlakuan yang dihipotesiskan berbeda dengan perlakuan lain. Oleh karena itu,

meskipun satuan satuan percobaan yang digunakan untuk percobaan dianggap suatu contoh yang mewakili populasi hipotetik yang dibayangkan ada.

Populasi hipotetik biasanya dianggap sebagai populasi tak-hingga. Kekeliruan dalam menentukan conth obyek yang dijadikan sebagai bahan percobaan , sehingga tidak dapat dianggap mewakili populasi atau populasi sasaran yang hendak dikaji dinamakan kekeliruan material.

Satuan percobaan ialah satuan obyek atau satuan amatan yang dijadikan sebagai landasan alam analisis data. Dalam percobaan terhadap tiap satuan percobaan yang digunakan untuk dialokasikan satu dan hanya satu macam perlakuan (tunggal atau kombinasi) saja. Satuan percobaan biasanya diperletakkan atau diatur menurut bentuk atau ukuran yang dimiliki Apa bentuk dan ukuran satuan percobaan adalah tergantung pada bagaimana peneliti ingin memandang populasi obyek bahan percobaan.

Jenis-jenis penelitian sangat beragam macamnya, disesuaikan dengan cara pandang dan dasar keilmuan yang dimiliki oleh para pakar dalam memberikan klasifikasi akan jenis penelitian yang diungkapkan. Namun demikian, jenis penelitian secara umum dapat digolongkan sebagaimana yang akan dipaparkan berikut ini.

2.1. Jenis Penelitian Menurut Pendekatan Analitik

Dilihat dari pendekatan analisisnya, penelitian dibagi menjadi dua macam, yaitu: penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif.

1.. Jenis penelitian kuantitatif

Penelitian dengan pendekatan kuantitatif menekankan analisisnya pada data-data numerikal (angka-angka) yang diolah dengan metoda statistik. Pada dasarnya pendekatan kuantitatif dilakukan pada jenis penelitian inferensial dan menyandarkan kesimpulan hasil penelitian pada suatu probabilitas kesalahan penolakan hipotesis nihil. Dengan metoda kuantitatif akan diperoleh signifikansi perbedaan kelompok atau signifikansi hubungan antar variabel yang diteliti.

Pada umumnya, penelitian kuantitatif merupakan penelitian dengan jumlah sampel besar.

Bila disederhanakan penelitian berdasarkan pendekatan kuantitatif secara mendalam dibagi menjadi: penelitian deskriptif dan penelitian inferensial.

a. Penelitian deskriptif

Penelitian deskriptif melakukan analisis hanya sampai taraf deskripsi, yaitu menganalisis dan menyajikan data secara sistematis, sehingga dapat lebih mudah untuk difahami dan disimpulkan. Penelitian deskriptif bertujuan menggambarkan secara sistematis dan akurat fakta dan karakteristik mengenai populasi atau mengenai bidang tertentu. Analisis yang sering digunakan adalah: analisis persentase dan analisis kecenderungan. Analisis data hanya mencari ukuran pemusatan dan penyebaran data dan sering disertai berbagai bentuk grafik. Kesimpulan yang dihasilkan tidak bersifat umum. Jenis penelitian deskriptif yang cukup dikenal adalah penelitian survei.

b. Penelitian inferensial

Penelitian inferensial melakukan analisis hubungan antar variabel dengan pengujian hipotesis. Dengan demikian, kesimpulan penelitian jauh melebihi sajian data kuantitatif saja, dan kesimpulannya adakalanya bersifat umum. Pada penelitian ini digunakan kaedah teori peluang dan teori sebaran dalam menganalisis data dan mengambil kesimpulan

2. Jenis penelitian menurut pendekatan kualitatif

Penelitian dengan pendekatan kualitatif pada umumnya menekankan analisis proses dari proses berfikir secara deduktif dan induktif yang berkaitan dengan dinamika hubungan antar fenomena yang diamati, dan senantiasa menggunakan logika ilmiah. Penelitian kualitatif tidak berarti tanpa menggunakan dukungan dari data kuantitatif, akan tetapi lebih ditekankan pada kedalaman berfikir formal dari peneliti dalam menjawab permasalahan yang dihadapi.

Penelitian kualitatif bertujuan untuk mengembangkan konsep sensitivitas pada masalah yang dihadapi, menerangkan realitas yang berkaitan dengan penelusuran teori dari bawah (*grounded theory*), dan mengembangkan pemahaman akan satu atau lebih dari fenomena yang dihadapi.

2.2. Jenis Penelitian Menurut Tujuan Penelitian.

Jenis penelitian menurut tujuan terdiri dari:

1 Penelitian Eksploratif

Jenis penelitian eksploratif, adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk menemukan atau memperkenalkan sesuatu yang baru. Sesuatu yang baru itu dapat saja berupa pengelompokkan suatu gejala, fakta, dan penyakit tertentu. Penelitian ini relatif banyak memakan waktu dan biaya.

2 Penelitian Pengembangan

Jenis penelitian pengembangan bertujuan untuk mengembangkan aspek ilmu pengetahuan. Misalnya: penelitian yang meneliti tentang pemanfaatan terapi gen untuk penyakit-penyakit menurun.

3 Penelitian Verifikatif

Jenis penelitian ini bertujuan untuk menguji kebenaran suatu fenomena. Misalnya saja, masyarakat mempercayai bahwa buah bengkudu mampu menyembuhkan luka. Fenomena ini harus dibuktikan secara klinik dan farmakologik, apakah memang benar buah bengkudu tersebut mengandung zat kimia yang dapat menyembuhkan luka.

4. Penelitian Eksperimental

Adalah suatu penelitian untuk menguji populasi hipotetik, yaitu suatu populasi yang dibayangkan akan ada oleh si peneliti, suatu penelitian eksperimental selalu dilakukan dalam kondisi dimana variabelnya dapat dikontrol atau diidentifikasi secara jelas. Pengontrolan variabel artinya, satu atau beberapa variabel bebas atau tetap ditentukan dengan jelas, demikian juga

satu atau beberapa variabel tak bebas atau tergantung dapat didefinisikan secara jelas.

2.4.Berdasarkan Teknik atau Cara melakukan Penelitian. :

1. Survey Research (Penelitian Survei) :

Pada penelitian tidak melakukan perubahan (tidak ada perlakuan khusus) terhadap variabel yang diteliti. Pendefinisian operasional variabel sangat diperlukan, yaitu mana Variabel bebas, variabel tergantung, variabel control, ataupun variabel pengganggu bila ada

2. Experimen Research (Penelitian Percobaan) :

Pada penelitian ini dilakukan perubahan (ada perlakuan khusus atau kondisi) terhadap variabel yang diteliti. Pendefinisian operasional variabel dikondisikan sedemikian rupa, penentuan variabel cukup ketat. Variabel bebas dibuat atau dikondisikan sedemikian rupa oleh peneliti, variabel control dikondisikan persis sama antara perlakuan dan kontrol, variabel tergantung diukur dengan alat yang tepat, variabel pengganggu diusahakan tidak ada. Kalau ada variabel pengganggu, maka harus dilakukan pembelokan.

3.Studi Kasus (Case Study).

Pada penelitian ini dilakukan secara mendalam tentang suatu aspek pada individu atau kelompok individu. Hasil penelitian ini ada kemungkinan untuk merumuskan generalisasi bila populasinya sangat homogen. Generalisasi disangsikan kebenarannya bagi populasi yang luas, walaupun cukup homogen

2.5.Berdasarkan hasil yang diperoleh.

1.Basic Research (Penelitian Dasar): mempunyai alasan intelektual, dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan.

2.Applied Research (Penelitian Terapan) : mempunyai alasan praktis, keinginan untuk mengetahui; bertujuan agar dapat melakukan sesuatu yang lebih baik, efektif, efisien.

III. PEUBAH ATAU VARIABEL (VARIABLE)

(Sebagai makhluk yang pandai berpikir, manusia itu mendapat kesempatan mengetahui yang terjadi di alam, malahan iapun mendapat kesempatan bertindak menghadapi kejadian dalam alam itu. Kalau tidak demikian pastilah pula tiada mungkin timbul dalam pikiran manusia keasyatan mencari kebenaran)

3.1. Jenis-jenis Peubah/Variabel.

Peubah/Variabel Bebas atau Peubah Tetap adalah : sejumlah gejala atau faktor atau unsure yang menentukan atau mempengaruhi ada atau munculnya gejala tau respons penelitian. Variabel ini dapat diubah atau dibuat secara bebas oleh peneliti, Peubah ini pada pelaksanaan percobaan atau penelitian disebut perlakuan atau faktor.

Peubah Tak-bebas atau Peubah Terikat adalah : respons suatu penelitian atau percobaan yaitu sejumlah gejala atau respons yang muncul karena adanya peubah bebas. Misalnya perbedaan berat badan ayam Broiler akibat diberikan jenis pakan yang berbeda. Jadi : Peubah bebasnya **Jenis Pakan** dan Peuban terikatnya adalah **berat badan**.

Peubah Kontrol (Controle Variable) adalah : sejumlah gejala atau faktor atau unsure yang dengan sengaja dikendalikan, atau disamakan agar tidak mengganggu atau mempengaruhi peubah bebas atau peubah terikat. Dengan dikendalikan pengaruhnya berarti peubah ini tidak ikut menentukan ada tidaknya atau muncul tidaknya respon hasil penelitian. Jadi dapat diharapkan peubah terikat yang muncul adalah murni akibat dari peubah bebas atau perlakuan. Misalnya pada percobaan ayam Broiler dengan jenis pakan yang berbeda, maka strain ayam, jenis kelaminnya dan kandangnya harus sama, jadi strain, jenis kelamin dan kandang ayam disebut peubah Kontrol. Peubah ini selama penelitian dipertahankan tetap atau tidak berubah.

Peubah Sampingan atau Peubah Antara (Intervining Variable) adalah : sejumlah gejala yang tidak dapat dikontrol, akan tetapi dapat diperhitungkan pengaruhnya terhadap terhadap peubah terikat atau respons hasil penelitian.

Oleh karena peubah ini berpengaruh terhadap peubah bebas, maka akan menyebabkan peubah terikat yang muncul tidak murni akibat peubah bebas, sehingga perlu diketahui seberapa besar pengaruh peubah ini. Salah satu cara untuk memperhitungkan pengaruhnya adalah dengan melakukan pembelokan atau pengelompokan. Misalnya : bila kita ingin meneliti semua jenis kelamin ayam broiler kita harus mengelompokkan jantan dan betina, jadi Jenis kelamin bukan lagi merupakan **peubah Kontrol** melainkan sudah dijadikan **peubah Antara**.

Peubah Galat atau Peubah Ektrane (Extraneous Variable) adalah : sejumlah gejala yang tidak dapat dikontrol dan tidak dapat pula diperhitungkan pengaruhnya ataupun dielemisir pengaruhnya terhadap peubah bebas dan atau peubah terikat, peubah ini mungkin bersumber dari kondisi sample dan mungkin pula berada diluar sample. Peubah ini akan muncul pada saat penelitian berlangsung, peubah ini akan mempengaruhi ketelitian penelitian. Adanya peubah ini dapat dilihat pada besarnya kuadrat tegan galat, makin besar kuadrat tegan galat berarti peubah ini makin besar pengaruhnya.

Rancangan Percobaan berkenaan dengan teknik-teknik dalam mengatasi dan mengendalikan keragaman/peubah-peubah yang mengganggu pengaruh sebenarnya dari perlakuan atau factor yang kita teliti atau tetapkan disebut **Rancangan Lingkungan (Environmental Design)**.

Agar pengaruh perlakuan itu terlihat dengan jelas maka keragaman respons yang ditimbulkan oleh keadaan bahan percobaan hendaknya jangan sampai mengaburkan atau mengacaukan penampilan pengaruh perlakuan tadi. Oleh karena itu, keragaman respons yang ditimbulkan oleh keadaan lingkungan dan keadaan bahan percobaan yang digunakan perlu diperhitungkan atau disingkirkan atau diawasi, sehingga hingarnya terhadap pengaruh perlakuan dapat ditekan sampai sekecil –kecilnya.

3.2. Peubah Kualitatif dan Kuanditatif

Sebagai suatu peubah bebas atau peubah terikat atau suatu faktor, dapat digolongkan sebagai faktor kualitatif dan faktor kuanditatif. Faktor kualitatif terdiri atas taraf-taraf berskala penilaian nominal atau taraf-traf yang sebenarnya dapat

dipandang sebagai nilai-nilai tertentu peubah khusus yang berkepekatan kontinu, tetapi tidak memberikan suatu tataan bermakna. Sedangkan faktor kuanditatif berskala ukuran ordinal, interval atau rasional.

Faktor kuanditatif dengan taraf-taraf tertentu dapat dipandang sebagai nilai-nilai peubah berkepekatan kontinu, dinamakan sebagai faktor regresi, tidak setiap faktor berskala ordinal dimasukkan kedalam faktor kuanditatif, ada kalanya diperlakukan sebagai faktor kualitatif. Faktor jenis kelamin ternak yang terdiri dari jantan, betina dan kebirian adalah suatu factor kualitatif, sedangkan dosis pemberian obat dengan taraf-taraf 0, 5, 10 dan 15 ml merupakan faktor kuanditatif.

Jarak antara taraf terendah dengan taraf tertinggi suatu factor bergradien dari peubah bebas dinamakan **rentang perhatian (range of interest)**. Meskipun dalam rentang tersebut hanya ditentukan **t** taraf efektif saja, peneliti berminat untuk mengkaji pengaruh factor tersebut dalam kotinum sebatas rentang perhatian yang telah ditentukan, dengan perkataan lain inferensi dimaksudkan untuk memungkinkan dipergunakan suatu **intra polasi**. Tetapi tidak untuk melakukan **ekstra polasi**. Karena ini sudah diluar rentang perhatian yang telah ditentukan dan sudah tidak menjamin keterandalan data hasil percobaan.

Jarak antara dua taraf beururutan dalam suatu tataan bermakna faktor bergradien dinamakan **jarak antar taraf**. Dalam suatu rancangan perlakuan, jarak-jarak antar taraf ini mungkin seragam atau mungkin tak seragam. Faktor dengan jarak-jarak antar taraf seragam dinamakan juga sebagai faktor dengan taraf -taraf berjarak sama, sedangkan yang tak seragam disebut berjarak tak sama.

Dosis pemberian obat mempunyai taraf berjarak sama, misalnya 0, 5, 10 dan 15 ml, sedangkan yang berjarak tak sama misalnya 0, 6, 8, 9 dan 10 ml.

Faktor kualitatif tidak mengenal konsep jarak antar taraf, sedangkan jarak antar taraf berurutan faktor yang berskala penilaian ordinal yang tak terukur tetap.

3.3. Skala Pengukuran Peubah Respons.

Kita mengenal 4 skala yang dapat digunakan untuk mengukur fakta sebagai sumber data adalah sebagai berikut :

1. Skala Nominal.

Skala nominal adalah pengukuran yang paling rendah tingkatannya, ini terjadi apabila bilangan atau lambang-lambang lain digunakan untuk mengklasifikasikan obyek, orang, hewan atau benda-benda lain. Apabila bilangan atau lambing-lambang yang lain digunakan untuk mengidentifikasi kelompok dimana beberapa obyek dapat dimasukkan kedalamnya, maka bilangan atau lambing-lambang itu membentuk suatu skala nominal (klasifikasi).

Sebagai contoh, misalnya kita mengolongkan ternak dalam hgimpunan ternak besar, ternak kecil, ternak unggas dan aneka ternak. Demikian pula penggolongan ternak setelah diobati menjadi mati dan sembuh.

Dalam hal ini skala untuk pengukuran peubah jenis ternak terdiri dari 4 titik, sedangkan kesembuhan terdiri dari 2 titik. Titik skala dinamakan **kelas** atau **katagori**.

2. Skala Ordinal (Ranking).

Skala ordinal terjadi bila obyek yang ada dalam suatu katagori suatu skala tidak hanya berbeda dengan obyek-obyek itu, tetapi juga mempunyai hubungan satu dengan yang lain, Hubungan yang biasa kita jumpai diantaranya kelas-kelas adalah : lebih tinggi, lebih disenangi, lebih sering, lebih sulit, lebih dewasa dan sebagainya.

Pengukuran yang dilakukan dalam skala ordinal adalah obyek dibedakan menurut persamaannya dan menurut urutannya. Jadi dapat dibuat urutan atau ranking yang lengkap dan teratur diantara kelas-kelas.. Sebagai contoh kejadian suatu penyakit pada ternak babi yaitu sering sekali, sering, kadang-kadang dan tidak pernah.

3. Skala Interval.

Pengukuran dalam skala interval lebih kuat daripada skala ordinal, sebab pengukuran dicapai disamping berdasarkan persamaan dan urutannya, juga diperhitungkan jarak (interval) antara dua kelas yang berbeda.

Skala interval mempunyai ciri dengan unit pengukuran yang sama dan kostan yang memberi suatu bilangan nyata untuk setiap pasangan obyek-obyek dalam himpunan berurutan. Dalam pengukuran semacam ini perbandingan antara interval sembarang adalah independent dengan unit pengukuran, dan skala interval mempunyai titik nol.

Sebagai contoh skala interval adalah suhu, misalnya pengukuran suhu dengan skala Celcius dan Fahrenheit, kedua pengukuran suhu ini mempunyai titik nol dan unit pengukuran yang berbeda, namun keduanya memberikan informasi yang sama. demikian juga persentase (0 – 100%). Semua skala ordinal yang mempunyai titik nol dan unit pengukuran sembarang, dengan range lebih besar atau sama dengan 5 bisa dimasukkan kedalam skala interval.

4. Skala Rasional

Skala rasional suatu skala disamping mempunyai sifat seperti skala interval, ditambah lagi sifat lain yaitu titik nolnya tertentu. Dalam skala rasional, perbandingan dua titik skala sembarang adalah independent dengan unit pengukuran. Contoh skala rasional adalah skala untuk pengukuran berat, panjang, isi (volume), termasuk juga banyaknya orang atau banyaknya ternak dan sebagainya.

..IV. MERANCANG PERLAKUAN

(Tidak ada sesuatu yang terjadi dengan sendirinya, tiap-tiap sesuatu yang terjadi pasti ada penyebabnya)

Perlakuan adalah suatu pengkondisian atau kondisi untuk atau dari satuan dan/atau bahan percobaan. Jadi perlakuan bisa merupakan karakter dari suatu bahan percobaan atau sering disebut **perlakuan karakteristik** dan bisa juga suatu kondisi yang dibuat atau dihipotesiskan oleh peneliti atau sering disebut **perlakuan hipotetik**. Perlakuan hipotetik dibuat untuk mencari penyebab dari sesuatu yang terjadi.

Perlakuan yang akan dicobakan atau diteliti dalam penelitian seharusnya ditentukan dari tujuan, sasaran dan kegunaan yang hendak dicapai dari pengujian pilihan pemecahan masalah melalui metode percobaan.

Merancang suatu penelitian bila hanya terdiri dari dua perlakuan maka dapat diperhatikan dari homogenitas sampel yang digunakan, ada tidaknya peubah pengganggu dan cara melakukan penelitian. Bila sample cukup homogen dan tidak ada peubah pengganggu maka digunakan **rancangan penelitian tidak berpasangan**. Sebaliknya jika sample tidak homogen dan peubah pengganggu dapat terdefiniskan maka digunakan **rancangan penelitian berpasangan**. Kedua rancangan ini tentu cara melakukan penelitiannya berbeda sehingga derajat bebasnya juga berbeda.

Merencanakan suatu perlakuan berdasarkan kondisi materi percobaan atau homogenitas sampel dan ada tidaknya peubah antara/pengganggu dan juga banyaknya peubah pengganggu disebut **Rancangan Lingkungan**. Rancangan Lingkungan dengan materi homogen atau tidak ada peubah pengganggu disebut **Rancangan Acak Lengkap (RAL)**, bila ada satu peubah pengganggu disebut **Rancangan Acak Kelompok (RAK)**, bila ada dua peubah antara disebut **Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)** dan bila ada tiga peubah pengganggu disebut **Rancangan Bujur Sangkar Griko Latin (BSGL)**.

Sedangkan merancang suatu perlakuan berdasarkan strategi melakukan percobaan atau cara melakukan percobaan disebut **Rancangan Perlakuan**

(Treatment Design). Dalam merancang suatu perlakuan dikenal tiga yaitu cara kombinasi, berjenjang dan tersarang, cara ini dalam rancangan perlakuan disebut pula pola yaitu **Pola Faktorial** untuk yang kombinasi, **Pola Split-plot** atau **Split-time** untuk yang berjenjang dan **Pola Tersarang** untuk yang tersarang. Disamping itu merancang suatu percobaan berdasarkan pula hasil yang ingin dicapai, merancang seperti ini disebut **Rancangan Respon**, rancangan respon penting dalam menentukan rentang perhatian suatu perlakuan yang bersifat kuantitatif, sebab rentang perhatian ini sangat menentukan respons yang akan terjadi.

Jadi **Rancangan Percobaan (Experiment Design)** terdiri dari Rancangan Lingkungan, Rancangan Perlakuan dan Rancangan Respon, rancangan percobaan harus dibuat sebelum melakukan suatu percobaan.

4.1. Model Tetap dan Model Acak.

Penentuan suatu faktor apakah termasuk model tetap atau model acak sangat berkaitan atau tergantung dari penguasaan bidang ilmu yang sedang diteliti. Namun demikian pengetahuan tentang klasifikasi model tetap dan model acak sangat penting untuk memberikan gambaran kepada para peneliti sehingga dapat memberikan keseragaman definisi dan persepsi.

1. Model Tetap.

Percobaan yang perlakuannya atau taraf faktornya ditetapkan sebelum penelitian oleh peneliti, dalam hal ini peneliti tentunya mempunyai suatu alasan berdasarkan bidang ilmunya menetapkan bahwa, taraf-taraf faktor tersebut mempunyai suatu ciri tertentu yang dapat membedakan dengan taraf yang lain. Jadi tiap taraf dapat mewakili populasi yang dihipotesiskan atau dibayangkan ada.

Sebagai teladan, penelitian pengaruh pejantan sapi Bali terhadap berat lahir anak dari induk yang dikawini. Misalnya digunakan 4 ekor pejantan yang masing-masing dikawinkan dengan 5 ekor sapi betina yang seragam, maka faktor pejantan bisa model tetap bisa juga model acak.

Pejantan sapi Bali dikatakan model tetap, jika tiap-tiap pejantan dapat diidentifikasi mempunyai ciri-ciri tertentu yang dapat ditetapkan oleh peneliti

sebelum penelitian dilakukan. Misalnya pejantan pertama umur 2 tahun, pejantan kedua umur 2,5 tahun, pejantan ketiga umur 3 tahun dan pejantan keempat umur 3,5 tahun. Bisa juga diidentifikasi berdasarkan bobot tubuhnya pada umur yang sama, misalkan bobotnya masing-masing **250, 300, 350, dan 400 kg.** jadi tiap-tiap pejantan dapat mewakili himpunan populasi yang dihipotesiskan atau dibayangkan oleh peneliti.

Sebaliknya pejantan sapi Bali dikatakan model acak, jika peneliti tidak menetapkan ciri-ciri tertentu dari pejantan yang digunakan sebelum penelitian dilakukan. Peneliti mengambil **4** ekor pejantan secara acak dari suatu populasi sapi jantan. Jadi, tiap pejantan tidak dapat mewakili suatu populasi hipotetik, melainkan mewakili populasi sapi jantan. Dalam penelitian ini peneliti ingin menguji apakah ada variasi dari pejantan dalam memberikan berat lahir anak sapi dari induk yang dikawininya. Kesimpulan ditunjukkan kepada populasi pejantan, bukan himpunan dari sapi jantan dengan ciri tertentu.

Pada model tetap, peneliti sebenarnya telah mendefinisikan **$T=t$** populasi inferensinya, dalam hal ini dibayangkan ada **$T=t$** populasi. Secara statistika suatu faktor model tetap dicirikan sebagai berikut. Misalkan **α_i ($i=1,2,3,\dots,t$)** melambangkan pengaruh tetap taraf ke- i factor A. Karena **α_i** dianggap konstan, maka **$E(\alpha_i) = \alpha_i$** , yaitu rata-rata sebenarnya **α_i** .

2. Model Acak.

Seperti teladan pada model tetap suatu faktor termasuk dalam model acak, jika peneliti mengambil **t** taraf dari suatu factor (**$t < T$**) yang akan diteliti sebagai suatu contoh berukuran **t** yang representative, digunakan untuk mewakili populasinya (**T**). Jadi inferensi tidak dimaksudkan untuk **t** taraf dari factor yang diteliti.

Dalam pengertian statistika, suatu faktor model acak dicirikan sebagai berikut. Misalkan **A_i ($i=1, 2, 3, \dots, t$)** melambangkan pengaruh acak taraf ke- i factor **A** , rata-rata sebenarnya **$A_i = E(A_i) = 0$** , untuk semua **i** , karena **A_i** dianggap sebagai peubah acak. Pengulangan untuk memperoleh **t** taraf factor **A** mengandung unsur ketidakpastian. Keragaman timbul bukan karena keragaman

nilai-nilai A_i , tetapi juga oleh keragaman contoh-contoh berukuran t berdasarkan penarikan dengan pemilihan. Dalam pengujian hipotesis model acak ditunjukkan kepada variasi antar taraf yang diteliti, bukan perbedaan antar taraf yang diteliti, dengan kata lain uji-uji lanjutan antar taraf ke- I tidak diperlukan lagi.

Dalam percobaan yang melibatkan lebih dari satu factor, baik klasifikasi silang, tersaranr maupun berjenjang yang salah satu faktornya factor tetap dan faktor yang lain factor acak disebut model campuran.

4.2. Azas-azas Perancangan Percobaan.

Pengulangan (replication), pengacakan (randomization) dan penendalian setempat (Local control) merupakan asas pokok dalam perancangan percobaan. Sedangkan keortogonalan, pemaotan (confounding) dan keefisienan merupakan asas tambahan.

1. Pengulangan diperlukan untuk memungkinkan memperoleh suatu dugaan bagi ragam galat percobaan. Ragam galat percobaan adalah suatu dasar pengukuran yang diperlukan dalam penelitian bedabeda teramati dari data respons percobaan, dan diperlukan juga dalam menentukan lebar selang kepercayaan suatu dugaan.
2. Pengulangan diperlukan untuk mengasilkan suatu dugaan yang lebih tepat (cermat) untuk ragam galat percobaan.
3. Pengulangan dapat memberikan dugaan yang lebih teliti untuk ragam dari suatu rata-rata atau beda antara dua rata-rata. Hal ini disebabkan karena makin kecil ragam galat suatu percobaan, maka makin tinggi ketelitian percobaan itu. Ragam galat semakin kecil dengan bertambah banyaknya ulangan.
4. Pengulangan dapat memberikan dugaan yang lebih teliti untuk suatu ragam rata-rata contoh atau beda antara dua rata-rata contoh.

4.3. Banyaknya Ulangan.

Berapa banyaknya ulangan untuk tiap perlakuan yang harus dipertimbangkan agar diperoleh suatu dugaan yang cukup dekat (teliti) disekitar suatu parameter-nya, merupakan pertanyaan wajar yang banyak ditanyakan oleh para peneliti, dalam menerapkan statistika sebagai suatu alat analisis.

Pertanyaan tersebut tidak mudah dijawab secara lugas, karena ada hal-hal yang harus dipahami dalam menggunakan rumus atau kaedah yang ada.

Misalnya parameter populasi yang hendak diduga ialah μ , dengan dugaan tak bias adalah ω_i . Sebagai suatu statistik, ω_i bukanlah suatu kontanta, nilainya dapat beragam dari suatu contoh ke contoh acak lainnya yang mungkin terseleksi dari satu percobaan.

Umumnya ragam ω_i adalah $\text{Var}(\omega_i) = (1/r_i)\tau_i^2$, disini r_i adalah banyaknya ulangan untuk memperoleh ω_i dan τ_i^2 adalah ragam populasi ke-i. Dalam suatu percobaan biasanya diuji lebih dari satu macan perlakuan, misalnya t macam perlakuan. Apabila didalam suatu percobaan ragam masing-masing perlakuan dianggap seragam, maka : $\tau_1^2 = \tau_2^2 = \dots \tau_t^2 = \tau_i^2$, katakanlah setiap perlakuan ulangannya sama yaitu sebanyak r . Selanjutnya, apabila sebaran datanya normal dengan rata-rata μ_i dan ragamnya sama yaitu : (τ_i^2/r) maka peluang $1-\alpha$ untuk penduga selang μ_i adalah :

$P[\omega_i - Z_{\alpha/2}\sqrt{(\tau_i^2/r)} \leq \mu_i \leq \omega_i + Z_{\alpha/2}\sqrt{(\tau_i^2/r)}] = 1 - \alpha$. Jika lebar rentangan sebesar R , maka $R = 2 Z_{\alpha/2}\sqrt{(\tau_i^2/r)}$. Pengkuadratan hubungan yang terakhir menghasilkan $R^2 = 4 (Z_{\alpha/2})^2(\tau_i^2/r)$ sehingga : $r = 4(Z_{\alpha/2})^2(\tau_i/R)^2$

Untuk memperoleh suatu dugaan yang teliti bagi μ_i dalam suatu selang kepercayaan yang dikendaki, $1 - \alpha$ kita harus menentukan besar penyimpangan dugaan itu kekiri atau kekanan parameter yang hendak diduga. Dengan kata lain kita harus menentukan nilai mutlak untuk R . Misalnya rentang yang ditentukan $R = 2$ dan ragamnya $\tau_i^2 = 4$, dan berdasarkan table Z , $Z_{\alpha/2} = 1,96$ (taraf signifikansi 0,05 atau selang kepercayaan 0,95), maka :

$r = 4(Z_{\alpha/2})^2(\tau_i/R)^2 = 4(1,96)^2(4/4) = 15,37$ Jadi banyaknya ulangan yang diperlukan dengan ketentuan diatas adalah sebanyak 16 satuan atau buah. Tetapi dalam kenyataannya R dan τ^2 jarang atau sulit ditentukan.

Untuk percobaan membandingkan dua perlakuan, banyaknya ulangan dicari dengan respek terhadap beda sebenarnya antara rata-rata dari dua perlakuan, yaitu : $\delta = \mu_1 - \mu_2$. Besarnya nilai δ diduga dengan $d = \hat{y}_1 - \hat{y}_2$.

Jika varian kedua perlakuan ini sama yaitu sebesar τ_i^2/r dan datanya menyebar normal, maka ragam gabungan dari kedua perlakuan tersebut adalah $2\tau_i^2/r$,

sehingga jika beda sebenarnya yang diinginkan darim kedua perlakuan tersebut adalah B, maka pada taraf signifikansi 0,05 adalah sebagai berikut :

$$(\hat{y}_1 - \hat{y}_2)/(2\tau_i^2/r)^{1/2} = Z\alpha_{/2}$$

$$B/(2\tau_i^2/r)^{1/2} = Z\alpha_{/2}$$

$$B=(2\tau_i^2/r)^{1/2} (Z\alpha_{/2})$$

$$r = [2(Z\alpha_{/2})^2\tau_i^2]/B^2$$

Misalkan varians atau keragaman (τ_i) dari suatu peubah respons diketahui sebesar 4 satuan dan beda yang diinginkan antara dua perlakuan tidak lebih dari 1,5 satuan, dengan tingkat kepercayaan 95%, maka diperlukan sampel sebanyak : $r = [2(Z\alpha_{/2})^2\tau_i^2]/B^2 = [2(1,96)^2 4]/(1,5^2) = 13.66$.

Jadi diperlukan 14 buah sampel, dari rumus diatas terlihat bahwa semakin besar keragaman atau semakin beragam respon maka semakin banyak jumlah sampel yang diperlukan, dan sebaliknya semakin besar beda yang diinginkan untuk menyatakan perbedaan populasi hipotetik, maka semakin sedikit diperlukan sampel.

Dalam banyak keadaan, biasanya τ_i^2 tidak diketahui dan dalam percobaan diduga dengan S^2 (kuadrat tengah Galat), dengan keadaan ini artinya kita menggunakan informasi percobaan dalam memperhitungkan kembali banyaknya ulangan yang seharusnya diperlukan, apabila percobaan sewrupa dalam kondisi-kondisi yang sama dilakukan.

Ada suatu kaedah yang cukup terkenal dalam menentukan banyaknya ulangan berdasarkan derat bebas penduga τ_i^2 (S^2), yaitu bahwa banyaknya ulangan yang dianggap cukup, ditentukan dari $n - p \geq 15$. Untuk rancangan acak lengkap $n - p$ adalah $n - p = t(r-1)$, sehingga hubungan yang dipergunakan dalam menentukan banyaknya ulangan adalah : $t(r-1) \geq 15$, disini t = banyaknya perlakuan dan r banyaknya ulangan yang dicari). Untuk Rancangan Acak Kelompok $n - p = (t - 1)(b - 1)$ dalam RAK Subsampling $t(b-1)$, disini b adalh jumlah kelompok dalam RAK.

Dasar kaedah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut, penduga bagi τ_i^2 yaitu S^2 secara umum ditentukan :

$$S^2 = (\text{Jumlah Kuadrat Galat})/(\text{Derat Bebas Galat}) = JKG/DBG = JKG/(n - p)$$

Dari rumus diatas dapat dipikirkan bahwa nilai ragam sisaan atau galat percobaan akan kecil apabila jumlah kuadrat galat mendekati nol dan/atau derajat bebas galat semakin besar. Jumlah kuadrat galat akan sama dengan nol jika Y_{ij} seragam nilainya untuk semua pengamatan ke- ij . Hal ini adalah suatu hal yang amat langka terjadi dalam suatu percobaan. Jika diperhatikan dari rumus diatas, JK Galat sebagai suatu konstanta yang besarnya misalnya ditentukan sma dengan 2, maka yang dapat diubah adalah derajat bebas galat, jadi besarnya **$2/(n-p)$** dapat dianggap sebagai suatu factor pengganda yang dikendaki dekat dengan nol untuk memperoleh **S^2** yang kecil.

Berapa nilai $2/(n-p)$ yang dianggap cukup tergantung dari ketelitian yang diharapkan. Misalnya, berikut ini dicantumkan beberapa nilai DB galat sebagai berikut :

DB	2	4	8	10	16	20	40	100
2/DB	1,0	0,5	0,25	0,20	0,125	0,100	0,05	0,02

Dari daftar diatas dapat diamati bahwa perbedaan nilai 2/DB dari DB=16 ke DB=20 kecil sekali, jika dibandingkan perbedaan DB=10 ke DB=16, yaitu : 0,025 berbanding 0,075. Perubahannya semakin kecil bila DB semakin besar, jadi $DB \geq 16$ dianggap cukup baik, karena perubahannya sudah cukup kecil.

Dalam percobaan yang berhubungan dengan persentase atau peluang suatu kejadian atau prevalensi, jika peluang terjadinya suatu kejadian diketahui, maka berdasarkan sebaran **Binom** dari n kejadian yang diinginkan terjadi atau diharapkan muncul, maka kemungkinan kejadian x akan terjadi, jika peluang atau prevalensi timbulnya kejadian sebesar p adalah **$({}^n_x)p^x(1-p)^{n-x}$** ,. Jika kita tidak menginginkan tidak mendapatkan kejadian x atau kemungkinan tidak terjadinya x atau **$x=0$** diinginkan sangat kecil, yaitu sebesar α , maka :

$$({}^n_x)p^x(1-p)^{n-x} = \alpha$$

$$({}^n_0)p^0(1-p)^{n-0} = \alpha$$

$$(1-p)^n = \alpha$$

$$\text{Log}(1-p)^n = \text{Log } \alpha$$

$$n = (\text{Log})/\text{Log}(1-p)$$

Misalkan diketahui peluang terjadinya suatu kejadian sebesar 0,40, maka dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% diperlukan sample untuk bias dipercayai bahwa kejadian itu akan ditemukan/terjadi adalah :

$$n = (\text{Log } 0,05) / \text{Log } (1 - 0,40) = -1,30103 / -0,22185 = 5,86$$

Jadi minimum jumlah unit penelitian yang digunakan sebanyak 6 buah.

Berdasarkan **Sebaran Binom** diketahui bahwa rata-rata np dan ragamnya $np(1-p)$, maka jika dugaan yang diinginkan dari p maksimum menyimpang sebesar b maka :

$$b = Z_{\alpha/2} \sqrt{[p(1-p)]/n}$$

$$n = p(1-p) [(Z_{\alpha/2})/b]^2$$

Jadi jumlah sample yang digunakan untuk menduga peluang atau prevalensi suatu kejadian pada contoh diatas pada taraf signifikansi 5% dan jika maksimum penyimpangan yang diinginkan tidak lebih dari 0,08 adalah :

$$n = p(1-p) [(Z_{\alpha/2})/b]^2$$

$$n = 0,40(1-0,40) [(1,96)/0,08]^2$$

$$n = 144,08$$

Jadi jumlah sample minimum diperlukan sebanyak 145 buah

4.4. Pengacakan (Randomization).

Jika ada n buah satuan percobaan dipergunakan untuk percobaan dengan 2 perlakuan dengan ulangan n_1 dan n_2 di mana $n_1 + n_2 = n$, katakanlah misalnya $n_1 = n_2$, Maka timbul suatu pertanyaan apakah perbedaan respons hasil penelitian disebabkan karena perbedaan/akibat perlakuan, tentu jawaban yang diinginkan adalah Ya!. Tetapi mungkin tidak, karena ada sebab lain yaitu karena kebetulan sample n_1 dipilih yang lebih baik dari n_2 , atau karena sebab lainnya.

Setiap peneliti yang berhati-hati akan berusaha untuk mengelakkan pengaruh bukan karena perlakuan dengan berbagai cara, namun bahan percobaan dapat memiliki perbedaan cirri-ciri yang tidak dikendalikan dari penampilan cirri luarnya saja. Jadi cara yang ampuh dan adil pengendalian pengaruh yang tidak dikenal adalah dengan cara acak.

Dalam melakukan percobaan ada beberapa situasi dimana kita melakukan pengacakan, di antaranya :

1. Penarikan contoh acak untuk menetapkan obyek-obyek amatan. Suatu contoh acak terdiri atas n unsure ditarik dari suatu populasi kongkrit berukuran N yang terhingga. Misalnya dalam rangka memilih anak contoh dari suatu satuan percobaan.
2. Penetapan ukuran acak obyek-obyek untuk dilakukan proses percobaan, pengujian, pengamatan, atau pengidentifikasian karakteristik atau kandungan bahan tertentu. Dalam hal ini $1, 2, \dots, n$
3. Pengalokasian acak t macam perlakuan terhadap suatu gugus satuan percobaan berukuran $b \geq t$ satuan percobaan (b kelompok besar satuan percobaan)

Pengendalian Setempat (Local Control).

Semakin kecil simpangan baku beda antara dua rataan perlakuan, maka akan makin oeka pula pengujian yang kita dapat lakukan terhadap ada tidaknya perbedaan antara perlakuan yang dibandingkan. Ragam-ragam galat percobaan untuk masing-masing perlakuan selain dapat diperkecil dengan memperbanyak ulangan (n), dapat pula diperkecil dengan menggunakan satuan-satuan percobaan yang lebih seragam, pemilihan rancangan yang tepat atau memilih bentuk serta ukuran satuan percobaan yang optimal.

Cara-cara penyeragaman bahan percobaan mempunyai batas yang ditentukan oleh factor fasilitas dan ekonomi. Pada suatu ketika usaha penyeragaman itu akan mencapai ongkos diluar ambang anggapan percobaan. Bahkan, walaupun batas yang ditentuklan oleh factor ekonomi ini dapat dibatasi, masih ada factor lain yang patut dipertimbangkan.

Penyeragam tidak dapat dijalankan sampai terlalu sempurna, karena apabila kita umpamanya mengadakan percobaan dengan bahan percobaan yang sangat homogen dan pada keadaan lingkungan yang sangat terkendali, maka hasil-hasil percobaan tersebut hanya akan berlaku bagi keadaan-keadaan percobaan yang khusus dipilih tadi. Daerah pengambilan kesimpulan

(generalisasi) dari percobaan menjadi sangat sempit, sehingga kita tidak dapat mengambil kesimpulan untuk keadaan yang agak menyimpang dari keadaan yang dipakai bagi percobaan tersebut.

Bagaimana caranya untuk mendapatkan suatu percobaan dengan **ketepatan** dan **ketelitian** tinggi, akan tetapi memberikan cukup kesempatan untuk mengambil kesimpulan secara umum, yaitu melalui suatu cara pengendalian setempat antara lain adalah berupa pengelompokan, penggolongan, atau pelapisan. Dengan pebgendalian setempat perbandingan didalam kelompok atau golongan akan memiliki ketepatan yang tinggi, dan adanya kelompok atau golongan tersebut akan menjamin bahwa daerah pengambilan kesimpulan tidak menjadi terlalu sempit. Didalam atau golongan satuan percobaan keragaman respons percobaan diharapkan lebih banyak ditimbulkan oleh perlakuan-perlakuan berbeda yang diberikan daripada oleh factor-faktor kebetulan yang tidak dapat dikendalikan sepenuhnya dalam percobaan.

Dalam pengertian sempit, yang dimaksud dengan pengelompokan (blocking) adalah pembagian atau pemilihan satuan-satuan percobaan yang didasarkan pada beberapa penciri dari (atau yang dipautkan dengan medan, tempat atau ruang yang dapat dipertimbangkan sebagai suatu anak gugus atau satuan percobaan yang cukup seragam keadaannya. Apa keadaan penciri yang harus dipertimbangkan itu harus dinilai dari kemungkinan pengaruh yang dapat ditimbulkannya terhadap respons-respons percobaan yang akan diamati, sedangkan yang dimaksud dengan penggolongan (**grouping**) atau pelapisan adalah pemilihan satuan-satuan percobaan kedalam suatu golongan atau lapisan yang dianggap cukup seragam didasarkan pada kesamaan dalam ciri-ciri bahan percobaan, yang tidak berkenan dengan posisi atau lokasinya dalam dimensi ruang serta waktu. Dengan pelapisan (**Stratification**) dimaksudkan satuan-satuan percobaan yang lebih seragam, berdasarkan satu atau beberapa peubah selain yang dipergunakan untuk mencirikan medan, tempat, ruang atau waktu.

V. ANALISIS DATA

(Setiap pertanyaan pasti memerlukan jawaban, kalau tidak perlu jawaban janganlah bertanya. Namun setiap pertanyaan memerlukan waktu yang tepat untuk dijawab)

Dewasa ini metode-metode statistika makin banyak dipergunakan untuk analisis atau menguji data hasil percobaan, dan sebaliknya tidak jarang model-model matematis yang biasa dipakai untuk percobaan dipertimbangkan untuk menganalisis data yang dikumpulkan dengan metode bukan percobaan.

Dewasa ini, fasilitas pengolahan data berupa komputer dengan berbagai program kemas statistika yang tersedia makin canggih, dengan kemampuan dan kecepatan olah komputer yang makin tinggi, serta tenaga yang makin proposional lebih terbuka kemungkinan untuk memilih analisis yang lebih sesuai dan mendalam, dengan hasil yang lebih cermat serta dikerjakan dalam waktu yang singkat. Mungkin saja selama penyelenggaraan percobaan terjadi hal-hal mengakibatkan penyimpangan terhadap apa yang telah direncanakan dan dipertimbangkan dalam bentuk anggapan-anggapan sebelumnya, sehingga rencana terutama analisis data hasil penelitian harus diubah sesuai dengan kenyataan yang ada.

Pemeriksaan kesesuaian model adalah suatu langkah penting dalam menganalisa data, model statistic yang digunakan tak lain dari suatu bayangan penyederhanaan atau penyarian bagi masalah yang dikaji. Model dengan komponen-komponennya dan anggapan-anggapan yang melandasinya perlu diperiksa dan dinilai secara kritis. Teknik-teknik grafis umumnya dapat membantu dalam analisis data.

Metode statistika mengandung pedoman yang dapat dipergunakan untuk mengukur dan menguji keteranalan dan keabsahan dalam menafsir hasil percobaan. Pemilihan dan penggunaan metode statistika yang tepat, sebagai suatu sifat analisis memungkinkan kita untuk mengukur besarnya galat/kesalahan dalam menarik suatu kesimpulan atau memberi suatu taraf (selang) kepercayaan terhadap suatu pernyataan, dengan demikian batas-batas ketakpastian dapat diberikan.

5.1. Pemilihan Analisis atau Uji Statistika yang Cocok

Dalam merencanakan suatu penelitian atau percobaan kemungkinan ada beberapa macam uji statistika yang dapat dipakai untuk kepentingan tersebut, maka hal ini akan mengundang suatu pertimbangan untuk memilih salah satu diantaranya yang paling cocok dan menguntungkan dari segi ilmiah.

Keampuhan uji dalam analisis statistika merupakan salah satu bagian penting dari suatu pengujian . Suatu uji statistika dikatakan baik atau memadai, bila dengan metode uji tersebut peluang untuk menolak H_0 cukup kecil kalau H_0 benar dan peluang akan besar kalau H_0 salah.

Apabila pada suatu saat menghadapi dua macam metode pengujian misal Uji A dan Uji B, kemudian ternyata kedua macam uji tersebut mempunyai peluang yang sama untuk menolak H_0 , dalam hal ini dapat dipilih salah satu diantaranya dengan jalan melihat peluang terbesar untuk menolak H_0 bila H_0 salah.

Selain tingkat keampuhan uji, maka terdapat pertimbangan-pertimbangan lain dalam menentukan atau memilih salah satu uji statistik, pertimbangan tersebut didasarkan atas :

1. Bagaimana cara mengambil/menarik sampel atau melakukan percobaan
2. Keadaan atau sifat dari populasi yang diamati.
3. Satuan apa atau skala pengukuran yang dipergunakan dalam menilai respons hasil penelitian
4. Dasar teori serta tujuan dari penelitian yang dilakukan.

Semua hal tersebut diatas, akan menentukan uji statistika mana yang akan dipilih atau digunakan, sehingga uji tersebut cukup memadai atau bahkan sangat cocok untuk menganalisis suatu data hasil pengamatan dari suatu penelitian.

Pengujian statistik akan berlaku apabila model dan cara pengukuran yang dilakukan memenuhi syarat-syarat yang dibutuhkan. Kadang-kadang perlu dipertimbangkan apakah syarat yang diperlukan tersebut dipenuhi. Jadi dengan demikian, syarat-syarat model statistik dari suatu pengujian hanya merupakan asumsi saja , semua keputusan yang diambil dari beberapa uji statistika sekurang-kurangnya harus mempunyai kualifikasi sebagai berikut : Kalau model

yang dipakai tersebut sesuai dan bila pengujian yang dilakukan juga cukup memadai, maka hal ini menyatakan bahwa asumsi tersebut adalah lemah dan terbatas untuk suatu model tersebut. Dengan ditariknya suatu keputusan yang kurang kuat dari hasil uji statistik dengan model yang bersangkutan, maka kelemahan tersebut harus dibantu dengan asumsi yang kuat untuk mengurangi kesalahan-kesalahan dalam menarik suatu kesimpulan.

5.2. Asumsi-asumsi dalam Uji Statistika

Pengujian yang paling teliti adalah pengujian dengan asumsi yang kuat dan tepat.. Uji statistika parametrika (Uji t dan uji F) dapat dipakai asumsi-asumsi yang kuat untuk mendapatkan hasil yang baik. Kalau asumsi yang dikemukakan memang benar, maka uji t dan uji F adalah uji yang paling baik dalam memberikan nilai peluang untuk menolak H_0 salah, dari asumsi yang dikemukakan tadi, dengan catatan data pengamatan memenuhi asumsi yang diperlukan untuk pengujian tersebut.

Syarat-syarat atau asumsi-asumsi yang diperlukan untuk uji t dan uji F adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan dilakukan secara acak atau bebas, artinya pemilihan setiap sampel dari populasi harus bebas terhadap kesempatan untuk dipilih.
2. Variabel atau Peubah respons yang diukur harus dalam skala interval atau rasional.
3. Data pengamatan yang diambil hendaknya menyebar mengikuti sebaran normal atau paling sedikit tidak melanggar sebaran normal.
4. Data pengamatan harus mempunyai varians/keragaman yang homogen antar perlakuan yang dibandingkan.

Semua syarat-syarat tersebut diatas harus dipenuhi dalam uji t dan uji F , dalam penelitian biasanya syarat No.1 mudah/selalu dipenuhi, sedangkan syarat No. 2 tergantung dari kemampuan peneliti untuk menggunakan atau mencari skala pengukuran yang digunakan dalam penelitian. Syarat No. 1 dan 2 harus

terpenuhi, sedangkan syarat No. 3 dan 4 bila tidak terpenuhi, maka dapat diusahakan supaya dapat terpenuhi dengan jalan melakukan **transformasi data**.

Transformasi data bertujuan untuk mengubah data dari data yang tidak mengikuti sebaran normal dengan keragaman antar perlakuan tidak homogen menjadi mengikuti sebaran normal dengan keragaman antar perlakuan menjadi homogen, sehingga syarat No. 3 dan 4 tidak dilanggar.

Transformasi data yang biasa dipergunakan adalah :

1. Transformasi akar **Yi** ($\sqrt{Y_i}$), transformasi ini digunakan jika data mengikuti sebaran **Poisson**. Ciri-cirinya adalah rata-rata (\bar{y}) data hasil pengamatan masing-masing perlakuan hampir sama dengan variannya (τ^2), data yang mengikuti sebaran **Poisson** ini biasanya data dalam persen dengan persentase yang sangat kecil atau peluang kejadiannya sangat kecil atau sebaliknya yaitu sangat besar (mendekati 0% atau 100%). Jika hasil pengamatan ada data yang nilainya 0, karena akar 0 tak terdefinisikan, maka transformasinya ini diubah menjadi akar ($Y_i + 1$) atau ($Y_i + \frac{1}{2}$).
2. Transformasi **ArcSin** $\sqrt{Y_i}$, transformasi ini digunakan jika data mengikuti sebaran **Binomial**. Ciri-ciri data yang mengikuti sebaran ini adalah rata-rata (\bar{y}) data tersebut sebanding dengan variannya (τ^2), perlu diingat bahwa $\bar{y} = np$ dan $\tau^2 = np(1-p)$. Data dalam satuan pengukuran persentase ($Y_i\%$) biasanya mengikuti sebaran ini.
3. Transformasi **Log Yi** atau **Ln Yi**, transformasi ini biasanya digunakan bila data berkaitan dengan waktu dan rata-ratanya (\bar{y}) mengikuti rata-rata **Geometrik**. Ciri-ciri data ini adalah bila rata-rata (\bar{y}) suatu perlakuan semakin besar, maka variannya (τ^2) juga semakin besar, sehingga homogenitas ragam/varian antar perlakuan tidak terpenuhi. Data yang mempunyai ciri-ciri tersebut adalah data yang berkaitan dengan waktu misalnya jumlah mikroorganisme pada daging yang disimpan pada suhu dingin selama 10 hari, bobot badan ayam dari minggu ke minggu.
4. Transformasi kebalikan ($1/Y_i$), transformasi ini digunakan jika rata-rata data mengikuti rata-rata **Harmonik**. Data ini diperoleh jika satuan pengukuran yang digunakan dalam penelitian dari dua satuan (misalnya Rp./butir,

jumlah anak/jumlah induk dan sebagainya, sehingga jika satuan tersebut tidak rasional maka perlu dibalik atau diharmoniskan dalam analisis data.

5. Transformasi $\text{Ln}(A - Y_i)$ atau $\text{Ln}[(A - Y_i)/Y_i]$, disini **A** adalah nilai maksimum dari respons yang mungkin dicapai atau nilai maksimum teoritis. Transformasi ini digunakan jika nilai A diketahui atau dapat diduga dan data tidak linear dalam urutan waktu. Dalam hal ini data mengikuti kurva **Logistik** atau **Sigmoid**.

Homogenitas Varian/ragam antar perlakuan dianggap homogen bila perbandingan antara ragam terbesar dengan terkecil lebih kecil dari 3 (ragam terbesar/ragam terkecil < 3), dan dapat juga diuji dengan menggunakan uji **Bartlett** atau Uji **Cochran**. Kedua uji ini memberikan keputusan apakah transformasi yang kita lakukan sudah dapat diterima atau tidak, jika telah berubah melakukan berbagai transformasi data ternyata homogenitas ragam juga tetap dilanggar atau tidak memenuhi, maka uji **t** ataupun uji **F** tidak bisa kita paksakan untuk digunakan. Dengan kata lain kita harus menggunakan analisis/uji lain selain uji **t** dan uji **F**, yaitu dengan menerapkan analisis **Statistika Nonparametrika**.

Kenormalan data dapat diketahui dengan menggunakan teknik-teknik grafis atau dengan uji **Chi-Square (X^2)**. Teknik-teknik grafis biasanya jauh lebih baik dan komunikatif digunakan karena dapat menarik kesimpulan yang lebih luwes sesuai dengan keadaan data dan tujuan transformasi yang diinginkan.

Pelanggaran syarat nomor 3 dan 4 biasanya berkaitan dengan jumlah sampel, makin banyak jumlah sampel kemungkinan pelanggaran syarat nomor 3 dan 4 akan semakin kecil jika syarat nomor 1 dan 2 telah terpenuhi. Jadi jumlah sampel juga sangat menentukan homogenitas ragam dan kenormalan data (ingat syarat jumlah sampel minimum).

Pemilihan analisis/uji statistika berdasarkan rancangan percobaan, sifat peubah dan skala pengukuran yang digunakan, seperti Tabel berikut :

Tabel Pemilihan Analisis/Uji Statistika

No.	Rancangan	Sifat Perlakuan	Skala Pengukuran	Analisis/Uji Statistika
1	Tidak berpasangan (P=2)	Tetap Kualitatif atau Kuanditatif	<p>Nominal</p> <p>Ordinal</p> <p>Interval dan Rasional (n kecil homogenitas ragam dan kenormalan dilanggar.</p> <p>Interval dan Rasional (n cukup besar homogenitas ragam dan kenormalan dipenuhi.</p>	<p>Chi-Square (X²)</p> <p>Wilcoxon tidak Berpasangan Wlxoson tidak Berpasangan, Uji Mann-Whitnie</p> <p>Uji t tidak Berpasangan</p>
2	Berpasanag (P=2)	Tetap Kualitatif atau Kuanditatif	<p>Nominal</p> <p>Ordinal</p> <p>Interval dan Rasional (n kecil homogenitas ragam dan kenormalan dilanggar.</p> <p>Interval dan Rasional (n cukup besar homogenitas ragam dan kenormalan dipenuhi.</p>	<p>Uji Tanda, Mc Nemar</p> <p>Uji Wilcoxon Berpasangan, Uji Walsh Uji Wilcoxon Berpasangan</p> <p>Uji t Berpasangan</p>

3	Rancangan Acak Lengkap (RAL)	Tetap Kualitatif	Nominal	Chi-Square (X ²)
		Tetap Kuanditatif	Ordinal	Kruskal-Wallis
			Interval dan Rasional (n kecil homogenitas ragam dan kenormalan dilanggar.	Kruskal-Wallis Uji Median
			Interval dan Rasional (n cukup besar homo-genitas ragam dan kenormalan dipenuhi.	Analisis Ragam (Uji F),
			Nominal	Chi-Square (X ²)
			Ordinal	Kruskal-Wallis, Wilcoxon tidak Berpasangan, Mann-Whitnie
			Interval dan Rasional (n kecil homogenitas ragam dan kenormalan dilanggar.	Kruskal-Wallis, Wilcoxon tidak Berpasangan, Mann-Whitnie
				Uji Median, Korelasi Rank
4	Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan Rancangan Acak Kelompok (RAK)	Tetap Kualitatif	Interval dan Rasional (n cukup besar homo-genitas ragam dan kenormalan dipenuhi.	Analisis Ragam (Uji F), Uji t, Uji Nilai Tengah (BNT, BNJ, Duncan dsb), Kontras Ortogonal

VI. RANCANGAN ACAK LENGKAP(RAL)

Syaratnya adalah hanya ada satu peubah bebas (independent variable) yang disebut perlakuan, jadi tidak ada peubah lain selain perlakuan yang mempengaruhi respons hasil penelitian (dependent variable).

Model Matematis

$$Y_{ij} = \mu + P_i + E_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, p$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, u$

Disini :

Y_{ij} : Pengamatan perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ : Rataan Umum

P_i : Pengaruh perlakuan ke-i

E_{ij} : Galat perlakuan ke-I dan ulangan ke-j

Model diatas diduga berdasarkan sampelnya :

$$y_{ij} = \bar{y}_{..} + (\bar{y}_i - \bar{y}_{..}) + y_{ij} - \bar{y}_i$$

$$(y_{ij} - \bar{y}_{..}) = (\bar{y}_i - \bar{y}_{..}) + y_{ij} - \bar{y}_i$$

Derajat Bebas (DB): $(pu - 1) = (p - 1) + (pu - p)$

$$(pu - 1) = (p - 1) + p(u - 1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ Perlakuan} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u [(\bar{y}_i - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_i)]^2$$

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u [(\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 + \underbrace{2(\bar{y}_i - \bar{y}_{..})(y_{ij} - \bar{y}_i)}_{=0} + (y_{ij} - \bar{y}_i)^2]$$

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u [(\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 + (y_{ij} - \bar{y}_i)^2]$$

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{pu}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = 1/u \sum_{i=1}^p y_{i.}^2 - \frac{(y_{..})^2}{pu}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Galat} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^u [(y_{ij} - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})]^2$$

JK Galat = JK Total – JK Perlakuan

Tabel Data (Umpama : p = 4 dan u = 5)

Ulangan (j)	Perlakuan (i)				Total (y _{.j})
	1	2	3	4	
1	y ₁₁	y ₂₁	y ₃₁	y ₄₁	y _{.1}
2	y ₁₂	y ₂₂	y ₃₂	y ₄₂	y _{.1}
3	y ₁₃	y ₂₃	y ₃₃	y ₄₃	y _{.1}
4	y ₁₄	y ₂₄	y ₃₄	y ₄₄	y _{.1}
5	y ₁₅	y ₂₅	y ₃₅	y ₄₅	y _{.1}
Total (y _{i.})	y _{1.}	y _{2.}	y _{3.}	y _{4.}	y _{.1}
Rataan($\bar{y}_{i.}$)	$\bar{y}_{1.}$	$\bar{y}_{2.}$	$\bar{y}_{3.}$	$\bar{y}_{4.}$	$\bar{y}_{..}$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel		Peluang(P)
					0.05	0.01	
Perlakuan	(p-1)	JK P	JKP/(p-1)=P	P/G			
Galat	p(u-1)	JK G	JKG/p(u-1)=G				
Total	(pu – 1)	JK T					

Hipotesis :

H₀ : μ₁ = μ₂ = μ₃ = = μ_p

H₁ : μ_i ≠ μ_{i'} ∀i

- Jika F Hitung (P/G) < F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB Galat)) maka H₀ diterima (P>0.05), hal ini berarti Perlakuan tidak berpengaruh nyata (P>0,05).
- Jika F Hitung (P/G) ≥ F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB Galat)) maka H₀ ditolak (P<0.05), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh nyata (P<0,05).
- Jika F Hitung (P/G) ≥ F Tabel (0,01; DB Perlakuan, DB Galat)) maka H₀ ditolak (P<0.01), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh sangat nyata (P<0,01).

Teladan 1.

Seorang peneliti ingin mengetahui pengaruh lama desinfeksi H₂O₂ terhadap log jumlah bakteri E coli pada limbah RPH dengan dosis 30% . Untuk tujuan tersebut dilakukan penelitian dengan lama desinfeksi 0, 2, 4 dan 8 jam dengan ulangan masing-masing sebanyak 5 kali.

Tabel Data Jumlah E. coli (Log E. coli)

Ulangan (j)	Lama Desinfeksi (i) dalam jam				Total (y _j)
	0	2	4	6	
1	6.88	5.78	5.62	4.73	23.01
2	6.87	5.71	5.51	4.80	22.89
3	6.75	6.07	5.58	4.86	23.26
4	6.82	6.02	5.60	4.85	23.29
5	6.78	5.95	5.52	4.88	23.13
Total (y _i)	34.10	29.53	27.83	24.12	115.58
Rata-rata	6.82	5.91	5.57	4.82	5.78
SD	0.0561	0.1550	0.0488	0.0602	0.0911

Perhitungan :

$$\text{Jumlah Kuadrat Total} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{pu}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= 6.88^2 + 6.87^2 + 6.75^2 + \dots + 4.88^2 - (115.58)^2 / (4 \times 5) \\ &= 678.3556 - 667.9368 = 10.4188 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan} = 1/u \sum_{i=1}^4 y_i^2 - \frac{(y_{..})^2}{pu}$$

$$\text{JK Perlakuan} = 1/5(34.10^2 + 29.53^2 + 27.83^2 + 24.12^2) - (115.58)^2/(4 \times 5)$$

$$= 578.2228 - 667.9368 = 10.2660$$

$$\text{JK Galat} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan}$$

$$= 10.4188 - 10.2660 = 0.1327$$

Daftar Sidik Ragam

Sumber Keragaman	D B	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Lama D	3	10.2860	3.42867	413.22**	3.24	5.29	<0.01
Galat	16	0.1327	0.00830				
Total	19	10.4188					

Keterangan : ** Lama Desinfeksi Berpengaruh Sangat Nyata ($P < 0,01$).

Hipotesis :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$$

Kesimpulan :

FH = 413.22 > F Tabel 0,01 = 5.29, maka H_0 ditolak pada taraf 1%.

Jadi Lama desinfeksi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap log jumlah E coli air limbah RPH.

Uji Bartlett

Syarat Sidik Ragam (Uji F) ragam (S^2) antar perlakuan harus homogen, untuk menguji homogenitas ragam digunakan Uji Bartlett, dengan rumus :

$$X = 2.30226 \{ [\sum (u_i - 1)] \text{Log } S^2 - \sum (u_i - 1) \log S_i^2 \}$$

$$Y = 1 + 1/[3(p-1)] \{ \sum 1/(u_i - 1) - 1/[\sum (u_i - 1)] \}$$

$$B = \frac{X}{Y}$$

Jika $B < X^2_{(0,05,DBG=p-1)}$ maka disimpulkan ragam homogen, sebaliknya jika $B > X^2_{(0,05,DBG=p-1)}$ maka disimpulkan ragam tidak homogen.

Sebagai contoh kita gunakan data diatas.

$$X = 2.30226\{[(5-1)+(5-1)+5-1)+(5-1)\text{Log } 0.0911^2 -$$

$$[(5-1)\text{Log } 0.0561^2 + (5-1)\text{Log } 0.550^2 + (5-1)\text{Log } 0.0488^2 + (5-1)\text{Log } 0.0602^2\}.$$

$$X = 2.30226(-33.29512 + 36.741513) = 7.93499236$$

$$Y = 1 + 1/9\{1/(5-1) + 1/(5-1) + 1/(5-1) + 1/(5-1)\} - [1/(5-1) + (5-1) + (5-1) + (5-1)]$$

$$Y = 1.1041667$$

$$B = \frac{7.93499235}{1.1041667} = 7.18$$

$$X^2_{(0,05,DBG=4-1)} = 7.81$$

Oleh karena $B < X^2_{(0,05,DBG=4-1)}$, maka disimpulkan ragam homogen ($P > 0,05$).

UJI NILAI TENGAH SETELAH SIDIK RAGAM

Setelah H_0 ditolak, maka selanjutnya ingin diketahui antar perlakuan (rata-rata) mana yang berbeda nyata, maka untuk mengetahui hal tersebut dilakukan uji nilai tengah (rata-rata) antar perlakuan.

Uji nilai tengah setelah sidik ragam hanya diperkenalkan 2 uji yaitu ::

a. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Uji ini menggunakan tabel t, yaitu dengan mencari S_x dengan rumus

$$: S_x = \sqrt{\frac{2KTG}{r}}$$

$$\text{BNT } 5\% = t_{(0,05,DBG)} S_x$$

$$\text{BNT } 1\% = t_{(0,01DBG)} S_x$$

Kesimpulan dari uji BNT adalah sebagai berikut :

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}'_i| < \text{nilai BNT } 5\%$ maka antara \bar{y}_i dengan \bar{y}'_i disimpulkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}'_i| \geq \text{nilai BNT } 5\%$ maka antara \bar{y}_i dengan \bar{y}'_i disimpulkan berbeda nyata ($P < 0.05$).

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}'_i| \geq \text{nilai BNT } 1\%$ maka antara \bar{y}_i dengan \bar{y}'_i disimpulkan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Dari Tabel Teladan 1. diatas maka dapat dicarai sebagai berikut :

$$S_x = \sqrt{2(0.000830)} = 0.0576.$$

$$\text{BNT } 5\% = 2.120 \times 0.0576 = 0.1221$$

$$\text{BNT } 1\% = 2.921 \times 0.0576 = 0.1683$$

Tabel Uji BNT

Lama Desinfeksi	Rataan	$\bar{Y}_1 - \bar{y}_i$	$\bar{Y}_2 - \bar{y}_i$	$\bar{Y}_3 - \bar{y}_i$	Signifikansi	
					0.05	0.01
0 jam	6.820	0			A	A
2 jam	5.906	0.814**	0		B	B
4 jam	5.566	1.254**	0.340**	0	C	C
6 jam	4.824	1.996**	1.082**	0.742**	D	D

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$) atau sangat nyata ($P < 0.01$).

b. Uji Rentangan Berganda Duncan.

Bila perlakuan lebih dari 5 ($p > 5$), maka Uji BNT kurang baik digunakan untuk membandingkan rata-rata antar perlakuan, maka uji yang lebih baik digunakan adalah **Uji Rentangan Berganda Duncan**.

$$S_x = \sqrt{KTG/r} = \sqrt{0.0083/5} = 0.040743$$

$$\text{LSR} = S_x \times \text{SSR}$$

SSR diambil dari Tabel Duncan.

Tabel Rentangan Bergabda Duncan

P	2	3	4
SSR 0,05	3.00	3.15	3.23
SSR 0,01	4.13	4.34	4.45
LSR 0,05	0.122	0.128	0.132
LSR 0,01	0.168	0.177	0.181

Kesimpulan dari Uji Duncan adalah sebagai berikut :

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}'_i| < \text{nilai LSR } 5\%$ pada Rentangan P tertentu, maka antara \bar{y}_i dengan \bar{y}'_i disimpulkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}'_i| \geq \text{nilai LSR } 5\%$ pada Rentangan P tertentu, maka antara \bar{y}_i dengan \bar{y}'_i disimpulkan berbeda nyata ($P < 0.05$).

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}'_i| \geq \text{nilai LSR } 1\%$ pada Rentangan P tertentu, maka antara \bar{y}_i dengan \bar{y}'_i disimpulkan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Tabel Uji Rentangan Berganda Duncan

Lama Desinfeksi	Rataan	$\bar{Y}_1 - \bar{y}_i$	$\bar{Y}_2 - \bar{y}_i$	$\bar{Y}_3 - \bar{y}_i$	Signifikansi	
					0.05	0.01
0 jam	6.820	0			A	A
2 jam	5.906	0.814**	0		B	B
4 jam	5.566	1.254**	0.340**	0	C	C
6 jam	4.824	1.996**	1.082**	0.742**	D	D

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$) atau sangat nyata ($P < 0.01$).

Jika perlakuan atau faktor bersifat kualitatif, maka perlu dicari hubungan antara perlakuan (Peubah bebas) diberikan lambang **X** dengan peubah tak bebas atau peubag respons diberikan lambang **Y**

Hubungan X dengan Y dibuat dalam bentuk persamaan polinom berpangkat 1, 2,.....,a, disini $a = p - 1$ (a = jumlah perlakuan dikurangi satu), jadi persamaan polinomnya adalah sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_a X^a$$

Persamaan polinom ini disebut **Persamaan Garis Regresi antar peubah X dengan peubah Y**

Kita perhatikan teladan diatas $p = 4$, jadi $a = 4 - 1 = 3$, maka derajat polinom yang mungkin adalah dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 \text{ atau}$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \beta_3 L^3$$

Disini L adalah Lama Desinfeksi dan Y adalah jumlah log E coli

Dari persamaan garis regresi tersebut kita bisa mencari $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ dan β_3 dengan menyelesaikan persamaan normalnya yaitu matriks $X'Y = X'X\beta$, dalam hal ini matriks tersebut adalah :

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{20} Y_i \\ \sum_{i=1}^{20} Y_i L_i \\ \sum_{i=1}^{20} Y_i L_i^2 \\ \sum_{i=1}^{20} Y_i L_i^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^{20} L_i & \sum_{i=1}^{20} L_i^2 & \sum_{i=1}^{20} L_i^3 \\ \sum_{i=1}^{20} L_i & \sum_{i=1}^{20} L_i^2 & \sum_{i=1}^{20} L_i^3 & \sum_{i=1}^{20} L_i^4 \\ \sum_{i=1}^{20} L_i^2 & \sum_{i=1}^{20} L_i^3 & \sum_{i=1}^{20} L_i^4 & \sum_{i=1}^{20} L_i^5 \\ \sum_{i=1}^{20} L_i^3 & \sum_{i=1}^{20} L_i^4 & \sum_{i=1}^{20} L_i^5 & \sum_{i=1}^{20} L_i^6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^{20} L_i & \sum_{i=1}^{20} L_i^2 & \sum_{i=1}^{20} L_i^3 \\ \sum_{i=1}^{20} L_i & \sum_{i=1}^{20} L_i^2 & \sum_{i=1}^{20} L_i^3 & \sum_{i=1}^{20} L_i^4 \\ \sum_{i=1}^{20} L_i^2 & \sum_{i=1}^{20} L_i^3 & \sum_{i=1}^{20} L_i^4 & \sum_{i=1}^{20} L_i^5 \\ \sum_{i=1}^{20} L_i^3 & \sum_{i=1}^{20} L_i^4 & \sum_{i=1}^{20} L_i^5 & \sum_{i=1}^{20} L_i^6 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{20} Y_i \\ \sum_{i=1}^{20} Y_i L_i \\ \sum_{i=1}^{20} Y_i L_i^2 \\ \sum_{i=1}^{20} Y_i L_i^3 \end{pmatrix}$$

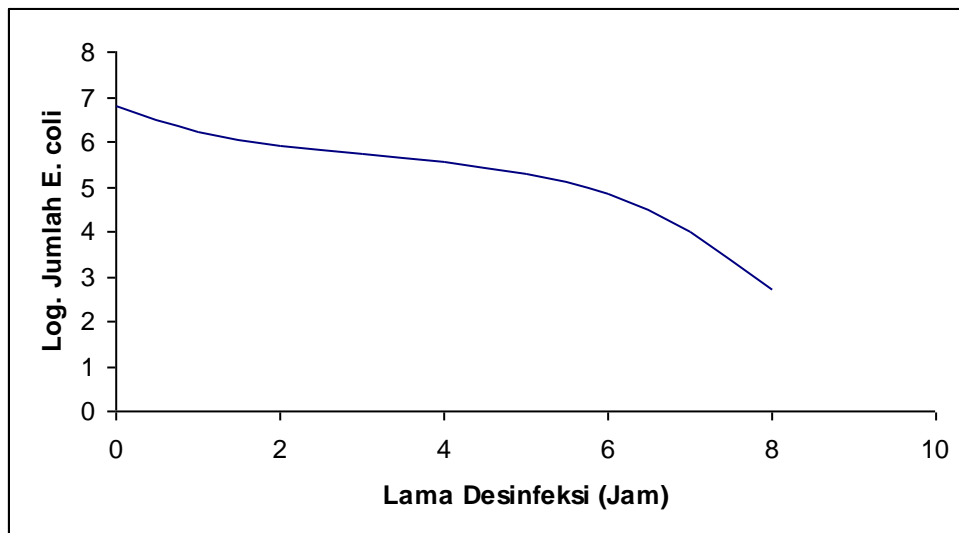
Berdasarkan Teladan 1. maka kita peroleh :

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 20 & 60 & 280 & 1440 \\ 60 & 260 & 1440 & 7840 \\ 240 & 1440 & 7840 & 44160 \\ 1440 & 7840 & 44160 & 254100 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 115,58 \\ 315,10 \\ 1431,70 \\ 7227,30 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6,82000 \\ -0,76317 \\ 0,19375 \\ -0,02033 \end{pmatrix}$$

Jadi persamaan garis Regresinya adalah :

$$Y = 6,82000 - 0.76317L + 0.19375L^2 - 0.02033L^3$$



Untuk menguji ketepatan dan ketelitian bentuk persamaan garis regresi dilakukan pengujian bentuk persamaan garis regresinya dan koefisien korelasinya yaitu dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Kuadrat Regresi} = (x'Y)' \beta - 1/n \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total} = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - 1/n \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Galat} = \text{JK Total} - \text{JK Regresi}$$

Tabel Sidik Ragam Regresi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel		P
					0,05	0,01	
Regresi	p	JK R	JK R/p = R	R/G			
Galat	n-p-1	JK G	JK G/(n-1-p)=G				
Total	n-1	JK T					

Kesimpuyannya adalah :

- Jika $FH(R/G) < F \text{ Tabel } [(0,05; p, (n-p-1))]$, maka H_0 diterima, berarti garis regresinya tidak nyata ($P > 0,05$).
- Jika $FH(R/G) \geq F \text{ Tabel } [(0,05; p, (n-p-1))]$, maka H_0 ditolak, berarti garis regresinya nyata ($P < 0,05$).
- Jika $FH(R/G) \geq F \text{ Tabel } [(0,01; p, (n-p-1))]$, maka H_0 ditolak, berarti garis regresinya sangat nyata ($P < 0,01$).

Derajat polinom yang tertinggi adalah 3(kubik), tetapi mungkin saja dua (kuadratik) atau bahkan 1(linier), untuk menentukan derajat polinom yang terbaik yaitu yang menggambarkan datanya maka diperlukan pengujian terhadap koefisien garis regresinya (β_i), koefisien garis regresi yang nyata ($P < 0,05$). Pengujian ini memang cukup merepotkan, karena harus mencoba beberapa kali bentuk persamaan yang mungkin dan dilakukan pengujian terhadap koefisien garis regresinya (β_i) , tetapi dalam program SPSS telah dipilihkan langsung garis

regresi yang terbaik dengan seluruh koefisien garis regresi yang nyata ($P < 0,05$) yaitu dengan program **Regresi Stepwis**.

Ketelitian dan ketepatan garis regresi dapat juga dilihat dari besarnya koefisien determinan (R^2) dan/atau koefisien korelasinya (R atau r).

Koefisien determinan adalah besarnya peubah tak bebas (Y) yang dapat diterangkan oleh peubah (x) dengan menggunakan persamaan garis regresi yang diperoleh, sedangkan koefisien korelasi menyatakan keeratan hubungan antara peubah bebas (X) dengan peubah tak bebas (Y), dan sejauh mana keeratan hubungannya dapat diuji dengan menggunakan Tabel R atau r .

$$\text{Koefisien determinan } (R^2) = \frac{\text{JKRegresi}}{\text{JKTotal}}, \text{ nilainya } (0 \leq R^2 \leq 1)$$

$$\text{Koefisien Korelasi } (R) = \sqrt{R^2}, \text{ nilainya } (-1 \leq R \leq 1)$$

Sebagai contoh kita gunakan Teladan 1., dari persamaan garis Regresi yang diperoleh yaitu $Y = 6,82000 - 0.76317L + 0.19375L^2 - 0.02033L^3$, kita dapat menghitung :

$$\begin{aligned} \text{JK Regresi} &= (X'Y)' \beta - (1/20) \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i \right)^2 \\ &= \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i \right) \beta_0 + \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i L_i \right) \beta_1 + \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i L_i^2 \right) \beta_2 + \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i L_i^3 \right) \beta_3 - (1/20) \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i \right)^2 \\ &= (115,58)(6,8200) + (315,1)(-0.76317) + (1431)(0.19375) + \\ &\quad (7227.30)(-0.02033) - (1/20)(115.58^2) \\ &= 10,2860 \end{aligned}$$

$$\text{JK Total} = \sum_{i=1}^{20} Y_i^2 - (1/20) \left(\sum_{i=1}^{20} Y_i \right)^2 = 678,36 - (1/20)(115.58^2) = 10,4188$$

$$\text{JK Galat} = \text{JK Total} - \text{JK Regresi} = 10,4188 - 10,2860 = 0,1328$$

Tabel Sidik Ragam Regresi

S K	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	FH	F Tabel		P
					0,05	0,01	
Regresi	3	10,2860	0,04074	413,22	3,24	5,29	<0,01
Galat	20-3-1=16	0,1328	0,00830				
Total	20-1= 19	10,4188					

Kesimpulan : Garis regresi sangat nyata ($P < 0,01$).

Koefisien determinan (R^2) = $10,2860/10,4188 = 0,8973$

Koefisien Korelasi (R) = $\sqrt{0,8973} = \pm 0,9936$

Jika kita bandingkan dengan **Tabel R ($R_{0,05; 3,18} = 0,615$ dan**

Tabel R ($R_{0,01; 3,18} = 0,706$.

Maka koefisien garis regresinya sangat nyata ($P < 0,01$).

Disamping pengujian terhadap bentuk persamaan garis regresi dan koefisien korelasinya, juga perlu dilakukan pengujian terhadap koefisien garis regresinya (β_i). Jika semua koefisien garis regresinya nyata ($P < 0,05$), maka bentuk persamaan garis regresi tersebut secara utuh cukup baik, sebaliknya bila ada salah satu koefisien persamaan garis regresinya yang tidak nyata ($P > 0,05$), maka persamaan garis regresi perlu ditinjau kembali terutama terhadap peubah bebas yang koefisiennya garis regresinya tidak nyata ($P > 0,05$).

Pengujian dapat dilakukan dengan cara mencari matriks variencovarian yaitu :

$$X_A'X_A = \begin{pmatrix} JK X_1 & JHK X_1X_2 & JHK X_1X_3 \dots JHKX_1X_p \\ JHK X_1X_2 & JK X_2 & JHK X_2X_3 \dots JHKX_2X_p \\ JHK X_1X_3 & JHK X_1X_2 & JK X_3 \dots JHKX_2X_p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ JHK X_1X_p & JHK X_2X_p & JK X_3X_p \dots JHKX_2X_p \end{pmatrix}$$

Setelah matriks $X_A'X_A$ dicari kebalikannya (Inversnya) dan digandakan dengan Si^2 (KT galat), maka akan diperoleh matriks :

$$(X_A'X_A)^{-1} Si^2 = \begin{pmatrix} S_{b0}^2 & A & B \dots C \\ A & S_{b1}^2 & D \dots E \\ B & D & S_{b2}^2 \dots F \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C & E & F \dots S_{bp}^2 \end{pmatrix}$$

Nilai pada diagonal utama matriks $(X_A'X_A)^{-1} S_i^2$ setelah diakarkan merupakan standar Error dari koefisien garis regresi yang diperoleh, hingga pengujian terhadap koefisien garis regresi dapat dilakukan dengan uji t, dengan rumus :

$$|t_H| = \beta_i / \sqrt{S_{bi}^2} = \beta_i / S_{bi}$$

Kesimpulan :

- Jika $|t_H| < t \text{ Tabel}$ (0,05; DB Galat Regresi) maka koefisien garis regresinya tidak nyata ($P > 0,05$).
- Jika $|t_H| > t \text{ Tabel}$ (0,05; DB Galat Regresi) maka koefisien garis regresinya nyata ($P < 0,05$).
- Jika $|t_H| > t \text{ Tabel}$ (0,01; DB Galat Regresi) maka koefisien garis regresinya sangat nyata ($P > 0,05$).

Dari Teladan 1. diatas diperoleh hasil pengujian koefisien garis regresi seperti tabel berikut :

Peubah	Koefisien Garis Regresi	Standar Error (S_{bi})	t Hitung	t Tabel		P
				0.05	0.01	
β_0	6.82000	0.04074	164.42	2,120	2.921	<0.01
B_1	-0.76317	0.07815	9.77	2,120	2.921	<0.01
B_2	0.19375	0.03454	5.61	2,120	2.921	<0.01
B_3	-0.02033	0.00380	5.36	2,120	2.921	<0.01

Kesimpulan : Koefesien persamaan garis regresinya sangat nyata ($P < 0.01$).

VII. RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK)

Syarat :

Ada satu peubah bebas yang disebut perlakuan

Ada satu peubah sampingan/pengganggu yang disebut kelompok

Model Matematis : $Y_{ij} = \mu + K_i + P_j + \epsilon_{ij}$

$i = 1, 2, 3, \dots, k$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, p$

Disini :

Y_{ij} : Pengamatan Kelompok ke-i dan Perlakuan ke-j μ : Rataan Umum

K_i : Pengaruh Kelompok ke-i P_j : Pengaruh Perlakuan ke-j dan

ϵ_{ij} : Galat Kelompok ke-i dan Perlakuan ke-j

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ij} = \bar{y}_{..} + (\bar{y}_i - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_j - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_{..})$$

$$(y_{ij} - \bar{y}_{..}) = (\bar{y}_i - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_j - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_{..})$$

Derajat Bebas (DB): $(kp - 1) = (k - 1) + (p - 1) + (kp - k - p + 1)$

$$(kp - 1) = (k - 1) + (p - 1) + (k - 1)(p - 1)$$

$$\text{DB Total} = \text{DB Kelompok} + \text{DB Perlakuan} + \text{DB Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (\bar{y}_j - \bar{y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_{..})^2$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{kp}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Kelompok} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 = 1/p \sum_{i=1}^k y_i^2 - \frac{(y_{..})^2}{kp}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (\bar{y}_j - \bar{y}_{..})^2 = 1/k \sum_{j=1}^p y_j^2 - \frac{(y_{..})^2}{kp}$$

$$\text{JK Galat} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p [(y_{ij} - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_i - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_j - \bar{y}_{..})]^2$$

$$\text{JK Galat} = \text{JK Total} - \text{JK Kelompok} - \text{JKakuan}$$

Tabel Data (Umpama : p = 4 dan k = 5)

Kelompok (i)	Perlakuan (j)				Total (y _{i.})
	1	2	3	4	
1	y ₁₁	y ₁₂	y ₁₃	y ₁₄	y _{1.}
2	y ₂₁	y ₂₂	y ₂₃	y ₂₄	y _{2.}
3	y ₃₁	y ₃₂	y ₃₃	y ₃₄	y _{3.}
4	y ₄₁	y ₄₂	y ₄₃	y ₄₄	y _{4.}
5	y ₅₁	y ₅₂	y ₅₃	y ₅₄	y _{5.}
Total (y _{.j})	y _{.1}	y _{.2}	y _{.3}	y _{.4}	y _{..}
Rataan($\bar{y}_{.j}$)	$\bar{y}_{.1}$	$\bar{y}_{.2}$	$\bar{y}_{.3}$	$\bar{y}_{.4}$	$\bar{y}_{..}$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	(k-1)	JK K	JK K/(k-1)=K	K/G			
Perlakuan	(p-1)	JK P	JKP/(p-1)=P	P/G			
Galat	(k-1)(p-1)	JK G	JKG/(p-1)(u-1)=G				
Total	(kp - 1)	JK T					

Hipotesis :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_p$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_{i'} \quad \forall i$$

- Jika F Hitung (P/G) < F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB Galat)) maka H₀ diterima (P>0.05), hal ini berarti Perlakuan tidak berpengaruh nyata (P>0,05).
- Jika F Hitung (P/G) ≥ F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB Galat)) maka H₀ ditolak (P<0.05), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh nyata (P<0,05).
- Jika F Hitung (P/G) ≥ F Tabel (0,01; DB Perlakuan, DB Galat)) maka H₀ ditolak (P<0.01), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh sangat nyata (P<0,01).

Untuk kelompok hipotesisnya tidak perlu dibuat . Pengujian selanjutnya bila perlakuan berpengaruh nyata atau sangat nyata sama dengan RAL.

Teladan 2.

Seorang peneliti ingin mengetahui pengaruh Jenis antibiotika (A, B, C, dan D) terhadap diameter Zone Bakteri Coliform. Penelitian ini dilakukan sebanyak 5 kali setiap minggu sekali

Data yang diperoleh sebagai berikut :

Kelompok (i)	Jenis Antibiotika (j)				Total (yi.)
	A	B	C	D	
1	14.50	14.33	13.00	10.00	51.83
2	15.50	15.0	11.00	11.50	53.00
3	16.50	14.00	13.00	10.00	54.00
4	17.00	14.33	12.00	9.50	52.93
5	16.20	12.00	13.00	9.20	50.40
Total	79.70	69.66	62.50	50.20	262.06
Rataan	15.84	13.93	12.50	10.04	13.103
DS(S)	0.9711	1.1396	1.0000	0.8849	

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Total} &= \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^4 y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{5 \times 4} \\
 &= 14.50^2 + 14.33^2 + \dots + 9.20^2 - (1/20)(262.06^2) \\
 &= 3542.278 - 3433.772 = 108.506
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Kelompok} &= 1/4 \sum_{i=1}^5 y_i.^2 - \frac{(y_{..})^2}{5 \times 4} \\
 &= (1/4)(51.83^2 + 53.00^2 + 54.00^2 + 52.93^2 + 50.40^2) - (1/20)(262.06^2) \\
 &= 3435.629 - 3433.722 = 1.857
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Perlakuan} &= 1/5 \sum_{j=1}^4 y.^j^2 - \frac{(y_{..})^2}{5 \times 4} \\
 &= (1/5)(79.70.^2 + 69.66^2 + 62.50^2 + 50.20^2) - (1/20)(262.06^2) \\
 &= 3526.179 - 3433.722 = 92.407
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Galat} &= JK \text{ Total} - JK \text{ Kelompok} - JK \text{ Perlakuan} \\
 &= 108.506 - 1.857 - 92.407 = 14.242
 \end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	(5-1)=4	1.857	0.4643	0.39 ^{TN}	3.26	3.49	>0.05
Perlakuan	(4-1)=3	92.407	30.802	25.95**	5.41	5.95	<0.01
Galat	(5-1)(4-1)=12	14.242	1.1867				
Total	(20-1)=19	108.506					

Keterangan :

TN : Tidak berpengaruh nyata (P>0,05)

**** : Berpengaruh sangat nyata (P<0,01)**

Jadi Jenis Antibiotika berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap Zona bakteri Coliform.

Selanjutnya dilakukan uji BNT

$$S_x = \sqrt{2KTGalat / k} = \sqrt{2 \times 1.18678 / 5} = 0.689$$

$$\text{BNT } 5\% = 2.179 \times 0.689 = 1.5012$$

$$\text{BNT } 1\% = 2.921 \times 0.689 = 2.0075$$

Tabel hasil Uji BNT :

Jenis Antibiotika	Rataan	$\bar{y}_1 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_2 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_3 - \bar{y}_i$	Signifikansi	
					0.05	0.01
A	15.94	0			a	a
B	13.93	2.01*	0		b	ab
C	12.50	3.44**	1.43 ^{TN}	0	b	b
D	10.04	5.90**	3.89**	2.46**	c	c

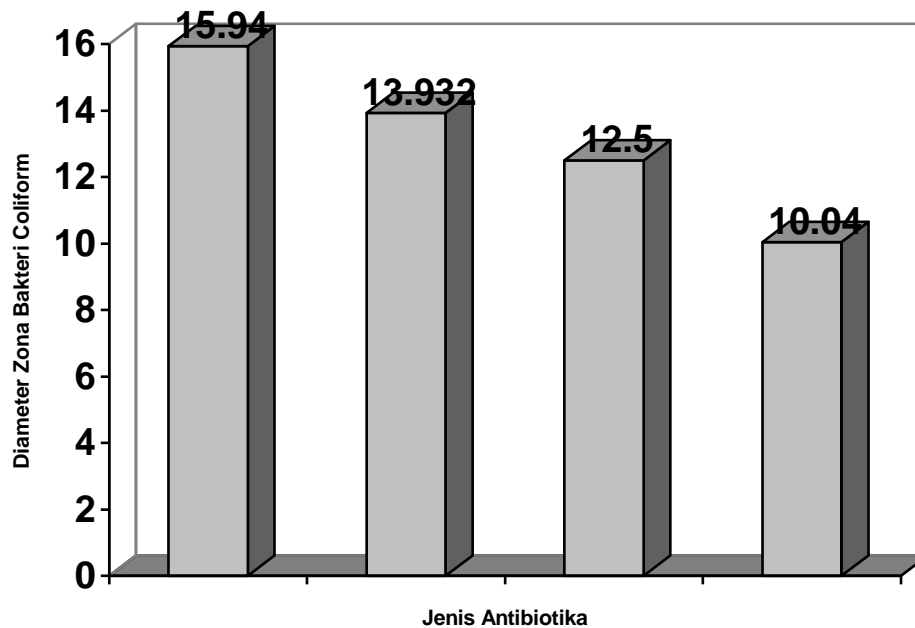
Keterangan :

TN : Tidak berbeda nyata nyata (P>0,05)

*** : Berbeda nyata (P<0,05)**

**** : Berbeda sangat nyata (P<0,01)**

Nilai dengan huruf yang sama ke-arah kolom menunjukkan tidak berbeda nyata (P>0.05), sebaliknya huruf yang berbeda ke-arah kolom menunjukkan berbeda nyata (P<0.05) atau berbeda sangat nyata (P<0.05)



Gambar Histogram Diameter Zone Bakteri Colifoorm.

Oleh karena Jenis Antibiotika bersifat kualitatif, maka tidak bisa dilakukan analisis regresi-korelasi antara jenis antibiotika dengan diameter zona bakteri Colifoorm.

VIII. RANCANGAN ACAK KELOMPOK SUB-SAMPLING

Jika Rancangan Acak Kelompok (RAK) kelompoknya terbatas dan perlakuannya tidak bias atau tidak mungkin diperbanyak, maka hasil penelitiannya kurang dijamin kekonssistensinya atau sampelnya dianggap kurang banyak, sehingga perlu ditambah sampel pada tiap kelompoknya untuk memperbanyak jumlah sample atau memperbesar derajat bebas galatnya. Rancangan Acak Kelompok dengan melakukan pengulangan pada kelompoknya disebut Rancangan **Acak Kelompok Sub-Sampling**.

Model Matematis RAK : $Y_{ij} = \mu + K_i + P_j + \epsilon_{ij}$

$i = 1, 2, 3, \dots, k$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, p$

Disini :

Y_{ij} : Pengamatan Kelompok ke-i dan Perlakuan ke-j

μ : Rataan Umum

K_i : Pengaruh Kelompok ke-i

P_j : Pengaruh Perlakuan ke-j dan

ϵ_{ij} : Galat Kelompok ke-i dan Perlakuan ke-j

Jika dilakukan pengulangan pada tiap kelompoknya, maka modelnya menjadi sebagai berikut :

Model Matematis RAK Sub-Samling : $Y_{ijk} = \mu + K_i + P_j + \epsilon_{ij} + \epsilon_{ijk}$

$i = 1, 2, 3, \dots, k$ $j = 1, 2, 3, \dots, p$ dan $k = 1, 2, \dots, u$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Kelompok ke-i, Perlakuan ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan Umum

K_i : Pengaruh Kelompok ke-i

P_j : Pengaruh Perlakuan ke-j dan

ϵ_{ij} : Galat Sampling Kelompok ke-i dan Perlakuan ke-j

ϵ_{ijk} : Galat Kelompok ke-i, Perlakuan ke-j dan Ulangan ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.j.} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{.j.} + \tilde{y}_{...}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.})$$

$$(y_{ijk} - \tilde{y}_{..}) = (\tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{..}) + (\tilde{y}_{.j.} - \tilde{y}_{..}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{.j.} + \tilde{y}_{..}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.})$$

$$DB \longleftrightarrow (kpu-1) = (k-1) + (p-1) + (kp - k - p + 1) + (kpu - kp)$$

$$(kpu - 1) = (k-1) + (p-1) + (k-1)(p-1) + kp(u-1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ Kelompok} + DB \text{ Perlakuan} + DB \text{ Galat Sampling} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 +$$

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{kpu}$$

$$JK \text{ Kelompok} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = \frac{1}{pu} \sum_{i=1}^k y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{kpu}$$

$$JK \text{ Perlakuan} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 = \frac{1}{ku} \sum_{j=1}^p y_{.j.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{kpu}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Galat Sampling} &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 \\ &= \frac{1}{u} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p [(y_{ij.} - \bar{y}_{i..}) + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})]^2 \\ &= \frac{1}{u} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p [y_{ij.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{kpu} - JK \text{ Kelompok} - JK \text{ Perlakuan}] \end{aligned}$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Kelompok} - JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ Galat Sampling}$$

Tabel Data (Umpama : k=2, p = 4 dan u = 3)

Kelompok (i)	Ulangan (k)	Perlakuan (j)				Total (y _{i.})
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₂₁	y ₁₃₁	y ₁₄₁	y _{1.1}
1	2	y ₁₁₂	y ₁₂₂	y ₁₃₂	y ₁₄₂	y _{1.2.}
1	3	y ₁₁₃	y ₁₂₃	y ₁₃₃	y ₁₄₃	y _{1.3}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₂₁	y ₂₃₁	y ₂₄₁	y _{2.1}
2	2	y ₂₁₂	y ₂₂₂	y ₂₃₂	y ₂₄₂	y _{2.2}
2	3	y ₂₁₃	y ₂₂₃	y ₂₃₃	y ₂₄₃	y _{2.3}
Total (y _{.j.})		y _{.1.}	y _{.2.}	y _{.3.}	y _{.4.}	y _{...}
Rataan($\bar{y}_{.j.}$)		$\bar{y}_{.1.}$	$\bar{y}_{.2.}$	$\bar{y}_{.3.}$	$\bar{y}_{.4.}$	$\bar{y}_{..}$

Tabel Dua Arah antara Kelompook dengan Perlakuan

Kelompok (i)	Perlakuan (j)				Total (y _{i..})
	1	2	3	4	
1	y _{11.}	y _{12.}	y _{13.}	Y _{14.}	y _{1..}
2	y _{21.}	y _{22.}	y _{23.}	Y _{24.}	y _{2..}
Total (y _{.j.})	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{...}

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	(k-1)	JK K	JK K/(k-1)=K	K/GS			
Perlakuan	(p-1)	JK P	JKP/(p-1)=P	P/GS			
Galat S	(p-1)(u-1)	JK GS	JKG/(p-1)(u-1)=GS	GS/G			
Galat	kp(u-1)	JK G	JK G/kp(u-1)=G				
Total	(kpu – 1)	JK T					

Hipotesis :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_p$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$$

- Jika F Hitung (P/GS) < F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB GS) maka H_0 diterima ($P > 0.05$), hal ini berarti Perlakuan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (P/GS) \geq F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB GS)) maka H_0 ditolak ($P < 0.05$), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (P/GS) \geq F Tabel (0,01; DB Perlakuan, DB GS)) maka H_0 ditolak ($P < 0.01$), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).

Untuk kelompok dan Galat sampling hipotesisnya tidak perlu dibuat . Pengujian selanjutnya bila perlakuan berpengaruh nyata atau sangat nyata sama dengan RAK, bedanya adalah rumus : $Sx = \sqrt{2KTGS/ku}$ untuk Uji BNT, sedangkan Uji Duncan $Sx = \sqrt{KTGS/ku}$

Teladan 3.

Seorang peneliti ingin mengetahui pengaruh bahan pengawet terhadap pH daging ayam Broiler yang diambil dari dua tempat penjualan karkas ayam Broiler . Untuk tujuan tersebut diteliti 4 macam dosis bahan pengawet yaitu 0, 5, 10 dan 15% dan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali datanya disajikan dalam program SPSS sebagai berikut :

Tabel Data pH Daging Ayam Broiler

Kelompok (i)	Ulangan (k)	Dosis Bahan Pengawet (j)				Total (yi.)
		0	5	10	15	
1	1	7.43	6.52	6.19	5.93	26.07
1	2	7.47	6.59	6.22	5.90	28.18
1	3	7.42	6.62	6.31	5.98	26.33
1	4	7.46	6.65	6.38	5.98	26.77
1	5	7.48	6.66	6.34	5.75	26.23
2	1	7.58	6.78	6.46	6.02	26.84
2	2	7.74	6.74	6.41	6.05	26.94
2	3	7.68	6.72	6.45	6.18	27.03
2	4	7.85	6.78	6.51	6.13	27.27
2	5	7.82	6.79	6.52	6.03	27.16
Total (y.j.)		75.93	66.85	64.09	59.95	266.82
Rataan($\bar{y}.j.$)		7.593	6.685	6.4099	5.995	6.6705

Tabel Dua Arah antara Kelompok dengan Perlakuan

Kelompok (i)	Dosis bahan Pengawet (j)				Total (yi.)
	0	6	10	15	
1	37.26	33.04	31.74	25.54	131.58
2	38.67	33.81	32.35	30.41	135.24
Total (y.j.)	75..93	66.85	64.09	59.95	266.82

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^5 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{2 \times 4 \times 5} \\
 &= 7.43^2 + 7.47^2 + 7.42^2 + \dots + 7.43^2 - \frac{(266.82)^2}{40} \\
 &= 1794.2360 - 1779.8228 = 14.4132
 \end{aligned}$$

$$JK \text{ Kelompok} = 1/4 \times 5 \sum_{i=1}^2 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{2 \times 4 \times 5}$$

$$= (1/20)(131.58^2 + 135.24^2) - \frac{(266.82)^2}{40}$$

$$= 1780.1517 - 1779.8228 = 0.3349$$

$$JK \text{ Dosis BP} = 1/2 \times 5 \sum_{j=1}^4 y_{.j}^2 - \frac{(y_{...})^2}{2 \times 4 \times 5}$$

$$= (1/10)(79.93^2 + 66.85^2 + 64.09^2 + 59.95^2) - \frac{(266.82)^2}{40}$$

$$= 1793.5818 - 1779.8228 = 13.7590$$

$$JK \text{ Galat Sampling} = [1/5 \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^4 [(y_{ij})^2 - \frac{(y_{...})^2}{2 \times 4 \times 5}]] - JK \text{ Kelompok} - JK \text{ Perlakuan}$$

$$= (1/5)(37.26^2 + 37.67^2 + + 30.41^2) - \frac{(266.82)^2}{40} - 0.3349 - 13.7590$$

$$= 14.1300 - 0.3349 - 13.7590 = 0.0361$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Kelompok} - JK \text{ Perlakuan} - JK \text{ Galat Sampling}$$

$$= 14.4132 - 0.0361 - 0.3349 - 13.4590 = 0.2832$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	1	0.3349	0.33489	27.82*	10.13	34.12	<0.05
Perlakuan	3	13.7490	4.58633	381.03**	9.28	29.46	<0.01
Galat S	3	0.0361	0.01204	0.04 ^{TN}	2.90	4.46	>0.05
Galat	32	0.2832	0.28320				
Total	39	14.4132					

Keterangan :

TN : Tidak berpengaruh nyata (P>0,05)

*** : Berpengaruh nyata (P<0,05)**

**** : Berpengaruh sangat nyata (P<0,01)**

Jadi Dosis Bahan Pengawet berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap Zona bakteri Coliform, Kelompok berpengaruh nyata (P<0.05) terhadap Zone bakteri

Coliform atau ada variasi zone bakteri Coliforms antara tempat pengambilan sampel. Sedangkan galat sampling tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$), hal ini berarti sampel yang diambil pada kedua tempat tersebut seragam atau tidak ada variasi.

Selanjutnya bisa dilakukan Uji BNT terhadap pengaruh bahan pengawet terhadap zone bakteri Coliform.

$$S_x = \sqrt{2KTGS/(2 \times 5)} = \sqrt{2 \times 0.01204/(10)} = 0.491$$

$$\text{BNT } \alpha = t_{(\alpha; DB GS)} S_x$$

$$\text{BNT } \alpha=0.05 = 3.182 \times 0.491 = 0.1561$$

$$\text{BNT } \alpha=0.01 = 5.841 \times 0.491 = 0.2866$$

Hasil Uji BNT

Bahan Pengawet	Rataan	$\bar{y}_1 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_2 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_3 - \bar{y}_i$	Signifikansi	
					0.05	0.01
0%	7.593	0			A	A
5%	6.685	0.908**	0		B	B
10%	6.409	1.184**	0.276*	0	C	B
15%	5.995	1.158**	0.690**	0.414**	D	C

Keterangan :

TN : Tidak berbeda nyata nyata ($P>0,05$)

* : Berbeda nyata ($P<0,05$)

** : Berbeda sangat nyata ($P<0,01$)

Nilai dengan huruf yang sama ke-arah kolom menunjukkan tidak berbeda nyata ($P>0.05$), sebaliknya huruf yang berbeda ke-arah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P<0.05$) atau berbeda sangat nyata ($P<0.05$)

Jadi dapat disimpulkan terjadi penurunan zone bakteri Coliform yang sangat nyata ($P<0.01$) dari tanpa bahan pengawet dengan pemberian bahan pengawet sebesar 5%, sedangkan peningkatan dosis dari 5% menjadi 10% terjadi penurunan zone bakteri Coliform yang nyata ($P<0.05$). dan bila ditingkatkan menjadi 15% maka terjadi penurunan zone bakteri coliform yang sangat nyata ($P<0.1$).

Oleh karena Dosis bahan pengawet merupakan faktor kuantitatif, maka kita bisa mencari hubungan antara dosis bahan pengawet dengan zone bakteri Coliform dengan persamaan garis regresi: $Y = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 P^2 + \beta_3 P^3$

Dari bentuk persamaan tersebut kita bisa mencari β_0 , β_1 , β_2 dan β_3 , dengan menyelesaikan matriks $P'Y = P'P\beta$, matriks tersebut adalah :

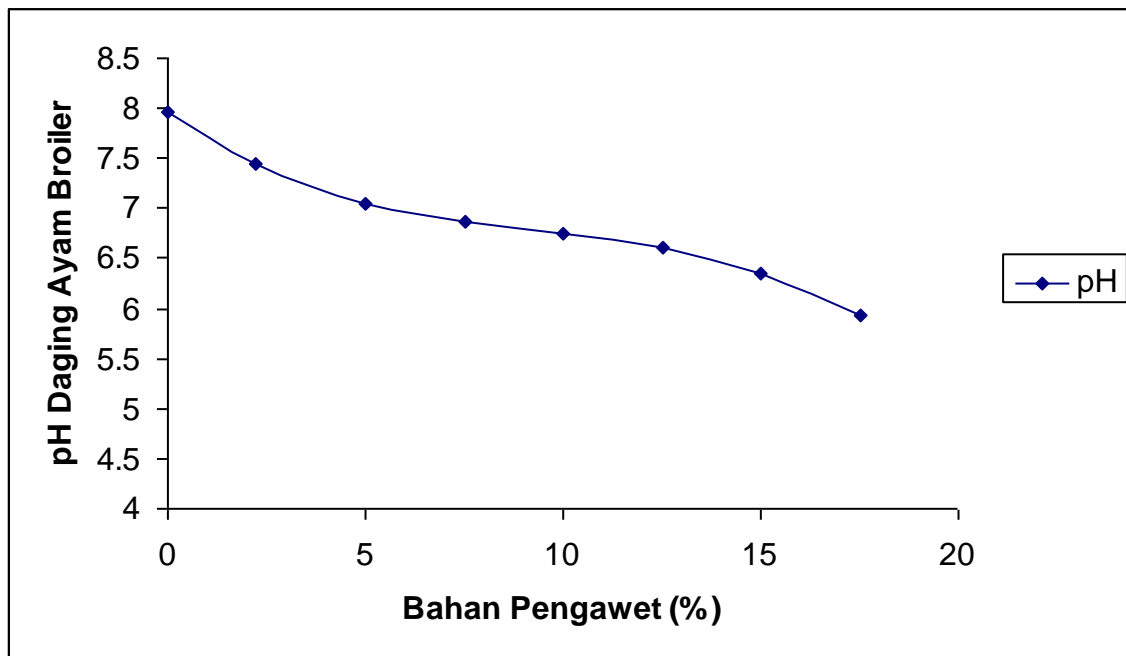
$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{40} Y_i \\ \sum_{i=1}^{40} Y_i P_i \\ \sum_{i=1}^{40} Y_i P_i^2 \\ \sum_{i=1}^{40} Y_i P_i^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 40 & \sum_{i=1}^{40} P_i & \sum_{i=1}^{40} P_i^2 & \sum_{i=1}^{40} P_i^3 \\ \sum_{i=1}^{40} P_i & \sum_{i=1}^{40} P_i^2 & \sum_{i=1}^{40} P_i^3 & \sum_{i=1}^{40} P_i^4 \\ \sum_{i=1}^{40} P_i^2 & \sum_{i=1}^{40} P_i^3 & \sum_{i=1}^{40} P_i^4 & \sum_{i=1}^{40} P_i^5 \\ \sum_{i=1}^{40} P_i^3 & \sum_{i=1}^{40} P_i^4 & \sum_{i=1}^{40} P_i^5 & \sum_{i=1}^{40} P_i^6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 40 & 360 & 3500 & 45000 \\ 360 & 3500 & 45000 & 612500 \\ 3500 & 45000 & 612500 & 8625000 \\ 45000 & 612500 & 8625000 & 12410000 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 115,58 \\ 315,10 \\ 1431,70 \\ 7227,30 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7.59300 \\ -0,29613 \\ 0,02804 \\ -0,00103 \end{pmatrix}$$

Jadi persamaan garis Regresinya adalah :

$$Y = 7.59300 - 0.29613P + 0.02504P^2 - 0.00103P^3$$



$$JK \text{ Regresi} = (P'Y)' \beta - (1/40) \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i \right)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i \right) \beta_0 + \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i P_i \right) \beta_1 + \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i P_i^2 \right) \beta_2 + \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i P_i^3 \right) \beta_3 - (1/40) \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i \right)^2 \\
 &= (266.82)(7.593) + (1874.4)(-0.29613) + (21569)(0.02804) + \\
 &\quad (274800)(-0.00103) - (1/40)(266.82^2) \\
 &= 13.7590
 \end{aligned}$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^{40} Y_i^2 - (1/40) \left(\sum_{i=1}^{40} Y_i \right)^2 = 1794.2 - (1/40)(266.82^2) = 14.4132$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Regresi} = 14.4132 - 13.7590 = 0.6542$$

Tabel Sidik Ragam Regresi

S K	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	FH	F Tabel		P
					0,05	0,01	
Regresi	3	13.7590	4.58623	258.38	2.84	4.31	<0,01
Galat	40-3-1=36	0.6542	0,01817				
Total	40-1= 39	14.4132					

Kesimpulan : Garis regresi sangat nyata ($P < 0,01$).

Koefisien determinan (R^2) = $13.7590/14.4132 = 0,9548$

Koefisien Korelasi (R) = $\sqrt{0,9548} = \pm 0,9770$

Jika kita bandingkan dengan **Tabel R ($R_{0,05; 3,36}$) = 0,397** dan

Tabel R ($R_{0,01; 3,36}$) = 0,481

Maka koefisien garis regresinya sangat nyata ($P < 0,01$).

Dari Teladan 1. diatas diperoleh hasil pengujian koefisien garis regresi seperti tabel berikut :

Peubah	Koefisien Garis Regresi	Standar Error (Sbi)	t Hitung	t Tabel		P
				0.05	0.01	
β_0	7.593000	0.04263	178.12	2,021	2.704	<0.01
B_1	-0.29613	0.03271	9.05	2,021	2.704	<0.01
B_2	0.02804	0.00578	4.85	2,021	2.704	<0.01
B_3	-0.00103	0.00254	4.04	2,021	2.704	<0.01

Kesimpulan : Koefesien persamaan garis regresinya sangat nyata ($P < 0.01$).

b. RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATHIN (RBSL)

Rancangan Bujur Sangkar Lathin terdiri dari dua buah peubah pengganggu atau samplingan dan sebuah peubah bebas, ketiga peubah tersebut tidak saling berinteraksi dan taraf atau level ketiga peubah tersebut jumlahnya sama sehingga berbentuk bujur sangkar.

Syarat :

Terdapat satu peubah bebas yang disebut perlakuan.

Terdapat dua peubah samplingan yang disebut baris dan kolom

Ketiga peubah ini tidak saling berinteraksi.

Disebut Bujur Sangkar lathin karena jumlah perlakuan sama dengan jumlah kolom dan jumlah baris (Perlakuan = Baris = Kolom).

Model Matematisnya : $Y_{ij(k)} = \mu + B_i + K_j + P_k + C_{ij(k)}$

i, j dan $k = 1, 2, 3, \dots, a$ dan

Disini :

$Y_{ij(k)}$: Pengamatan Baris ke- i , Kolom ke- j dan Perlakuan ke- k

μ : Rataan Umum

B_i : Pengaruh Baris ke- i

K_j : Pengaruh Kolom ke- j dan

P_k : Pengaruh Perlakuan ke- k

**$C_{ij(k)}$: Pengaruh galat pada Baris ke- i , Pengaruh Kolom ke- j
dan Pengaruh Perlakuan ke- k**

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ij(k)} = \bar{y}_{...} + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}) + \bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...} + (y_{ijk} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + 2\bar{y}_{...})$$

$$(y_{ij(k)} - \bar{y}_{...}) = (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}) + \bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...} + (y_{ijk} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{..k} + 2\bar{y}_{...})$$

$$DB \longrightarrow (a^2 - 1) = (a - 1) + (a - 1) + (a - 1) + (a^2 - 3a + 2)$$

$$(a^2 - 1) = (a - 1) + (a - 1) + (a - 1) + (a - 1)(a - 2)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ Baris} + DB \text{ Kolom} + DB \text{ Perlakuan} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^a (y_{ij}(k) - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^a y_{ij}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2}$$

$$JK \text{ Baris} = 1/a \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2}$$

$$JK \text{ Kolom} = 1/a \sum_{j=1}^a y_{.j}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2}$$

$$JK \text{ Perlakuan} = 1/a \sum_{k=1}^a y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2}$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Baris} - JK \text{ Kolom} - JK \text{ Perlakuan}$$

Pengacakan Perlakuan.

Pengacakan terhadap perlakuan dibayangkan dilakukan pada sebuah bujur sangkar, dimana didalam bujur sangkar tersebut di dalam satu baris dan satu kolom tidak ada perlakuan yang sama baik kearah baris maupun kearah kolom.

Sebagai contoh perlakuan A, B dan C pengacakannya dapat dilakukan sebagai berikut :

A	B	C
C	A	B
B	C	A

A	B	C
B	C	A
C	A	B

B	C	A
C	A	B
A	B	C

Bila a = 5, maka pengacakan perlakuan (A, B, C, D dan E) yang biasa dilakukan adalah sebagai berikut :

A	B	C	D	E
E	A	B	C	D
D	E	A	B	C
C	D	E	A	B
B	C	D	E	A

Daftar Sidik ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Baris	(a-1)	JK B	JK B/(a-1) = B				
Kolom	(a-1	JK K	JK K/(a-1) = K				
Perlakuan	(a-1)	JK P	JK P/(a-1) = P				
Galat	(a-1)(a-2)	JK G	JK G/(a-1)(a-2)=G				
Total	a ² -1)	JK T					

Hipotesis :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_p$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$$

- Jika F Hitung (P/G) < F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB G) maka H_0 diterima ($P > 0.05$), hal ini berarti Perlakuan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (P/G) \geq F Tabel (0,05; DB Perlakuan, DB G)) maka H_0 ditolak ($P < 0.05$), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (P/G) \geq F Tabel (0,01; DB Perlakuan, DB G)) maka H_0 ditolak ($P < 0.01$), hal ini berarti Perlakuan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).

Untuk Baris dan Kolom Hipotesisnya tidak perlu dibuat (dianggap tidak perlu).
Pengujian selanjutnya bila perlakuan berpengaruh nyata atau sangat nyata sama dengan RAL atau RAK

Teladan 4.

Seorang peneliti ingin mengetahui pengaruh Supplementasi (penambahan) sumber protein pakan kelinci terhadap jumlah sel darah merahnya. Kelinci yang dipakai percobaan sebanyak 25 ekor dan dikelompokkan berdasarkan berat badan dan cara pengambilan darahnya :

Adapun pengelompokannya sebagai berikut :

Kelompok Berat (Baris ke-i	Cara Pengambilan Darah (Kolom ke-j					Total yi..
	1	2	3	4	5	
1	A 5.39	B 5.63	C 5.93	D 6.26	E 6.33	29.53
2	E 6.32	A 5.38	B 5.64	C 5.95	D 6.28	29.57
3	D 6.24	E 6.35	A 5.36	B 5.61	C 5.94	29.50
4	C 5.91	D 6.27	E 6.38	A 5.35	B 5.80	29.51
5	B 5.62	C 5.93	D 6.28	E 6.37	A 5.40	29.60
Total (y.j.)	29.48	29.56	29.56	29.53	29.55	147.71

A, B, C, D dan E adalah Jenis Protein

Tabel Perlakuan

Perlakuan	A	B	C	D	E
Total	26.88	28.10	29.66	31.32	31.75
Rataan	5.376	5.620	5.932	6.264	6.350

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^a y_{ij}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2} \\
 &= 5.39^2 + 5.63^2 + 5.93^2 + \dots + 5.40^2 - (147.71^2)/(5^2) \\
 &= 876.18050 - 872.72976 = 3.45074
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Baris} &= 1/a \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2} \\
 &= (1/5)(29.53^2 + 29.57^2 + 29.50^2 + 29.51^2 + 29.60^2 - (147.71^2)/(5^2)) \\
 &= 872.73118 - 872.72976 = 0.00142
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Kolom} &= 1/a \sum_{j=1}^a y_{.j}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2} \\
 &= (1/5)(29.48^2 + 29.56^2 + 29.56^2 + 29.53^2 + 29.55^2 - (147.71^2)/(5^2)) \\
 &= 872.73.110 - 872.72976 = 0.00134
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Perlakuan} &= 1/a \sum_{k=1}^a y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{a^2} \\
 &= (1/5)(26.88^2 + 28.10^2 + 29.66^2 + 31.32^2 + 31.75^2 - (147.71^2)/(5^2)) \\
 &= 876.17298 - 872.72976 = 3.44322
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK Baris} - \text{JK Kolom} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 3.45074 - 0.00142 - 0.00134 - 3.44322 = 0.00476
 \end{aligned}$$

Daftar Sidik ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Baris	4	0.00142	0.000354	0.89 ^{TN}	3.26	5.41	>0.05
Kolom	4	0.00134	0.000334	0.84 ^{TN}	3.26	5.41	>0.05
Perlakuan	4	3.44322	0.860800	2170 ^{**}	3.26	5.41	<0.01
Galat	12	0.00476	0.000397				
Total	24	3.45074					

Keterangan :

TN : Tidak berpengaruh nyata (P>0,05)

** : Berpengaruh sangat nyata (P<0,01)

Jadi Suplementasi Jenis Protein berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap sel darah merah kelinci, sedangkan Baris dan Kolom tidak berpengaruh nyata (P<0.05) terhadap darah merah kelinci.

Uji Rentangan Berganda Duncan.

$$Sx = \sqrt{KTG/5} = \sqrt{0.000397/5} = 0.008911$$

$$LSR = Sx \times SSR$$

SSR diambil dari Tabel Duncan

Tabel Rentangan Berganda Duncan

P	2	3	4	5
SSR 0.05	3.06	3.23	3.33	3.36
SSR 0.01	4.32	4.55	4.68	4.76
LSR 0.05	0.027	0.029	0.030	0.031
LSR 0.01	0.0038	0.0041	0.042	0.043

Hasil uji Rentangan berganda Duncan

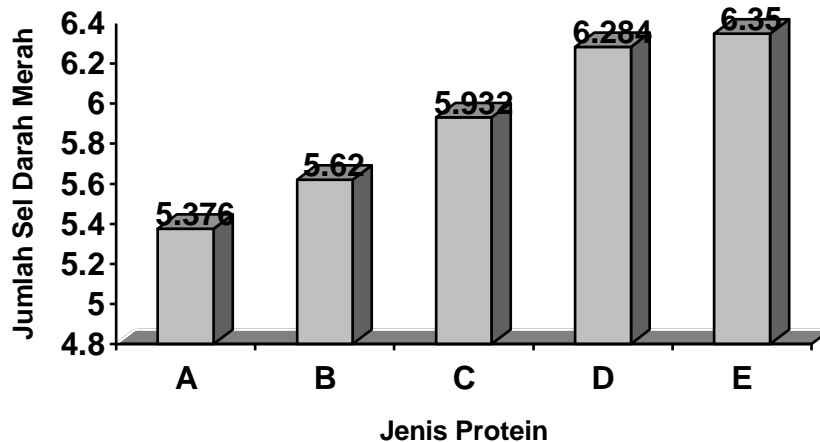
Perlakuan	Rataan					Signifikansi	
		$\bar{y}_5 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_4 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_3 - \bar{y}_i$	$\bar{y}_2 - \bar{y}_i$	0.05	0.01
E	6.350	0				A	a
D	6.284	0.0066**	0			B	b
C	5.932	0.418**	0.362**	0		C	c
B	5.620	0.730**	0.664**	0.312**	0	D	d
A	5.376	0.974**	0.908**	0.556**	0.244**	E	E

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda ke-arah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$) atau sangat nyata ($P < 0.01$).

Jadi dapat disimpulkan sel darah merah kelinci berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) antara jenis protein yang diberikan.

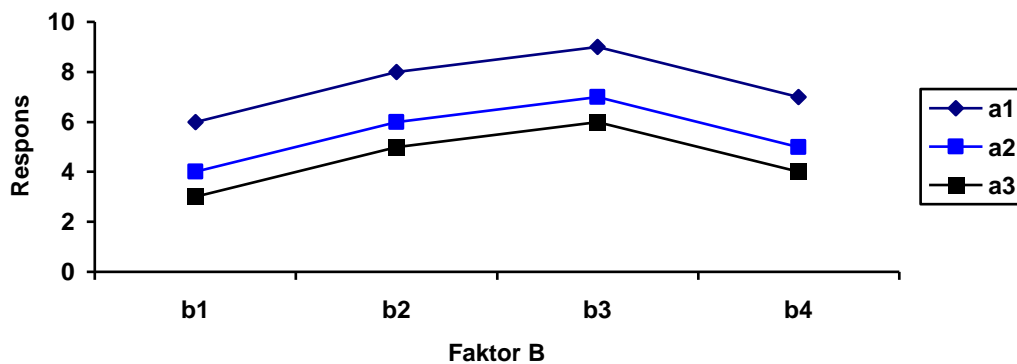
Sel Darah Merah Kelinci



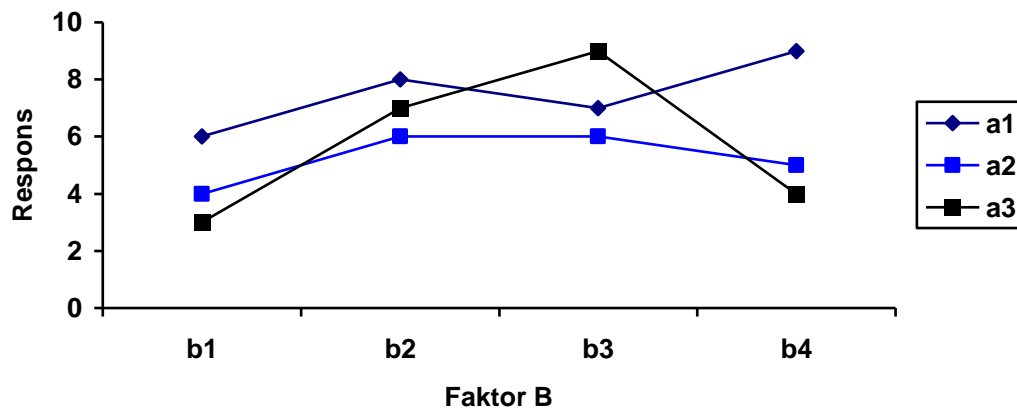
X. RANCANGAN ACAK LENGKAP POLA FAKTORIAL AxB

Rancangan Acak Lengkap Pola Faktorial AxB adalah rancangan acak lengkap yang terdiri dari dua peubah bebas (Faktor) dalam klasifikasi silang yaitu faktor A yang terdiri dari a taraf dan faktor B yang terdiri dari b taraf dan kedua faktor tersebut diduga saling berinteraksi. Saling berinteraksi dimaksudkan bahwa pengaruh suatu faktor tergantung dari taraf faktor yang lain, dan sebaliknya jika tidak terjadi interaksi berarti berarti pengaruh suatu faktor tetap pada setiap taraf faktor yang lain. Jadi bila tidak terjadi interaksi antar taraf-taraf suatu faktor saling sejajar satu sama lainnya, sebaliknya bila ada interaksi tidak saling sejajar.

Misalkan faktor A terdiri dari 3 taraf yaitu a_1 , a_2 dan a_3 dan faktor B terdiri dari 4 taraf yaitu b_1 , b_2 , b_3 dan b_4 , maka dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar diatas menunjukkan tidak ada interaksi antara faktor A dengan faktor B



Gambar diatas menunjukkan ada interaksi antara faktor A dengan faktor B.

Jika faktor A dengan faktor B tidak berinteraksi , maka garis a_1 , a_2 **dan** a_3 tampak sejajar, sedangkan jika terjadi interaksi, maka a_1 , a_2 **dan** a_3 tampak tidak sejajar.

Model Matematisnya :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad \text{dan} \quad k = 1, 2, 3, \dots, u$$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor A taraf ke-i , Faktor B taraf ke-j dan Ulangan ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Faktor A pada taraf ke-i

B_j : Pengaruh Faktor B pada taraf ke-j

AB_{ij} : Interaksi antara Faktor A dengan Faktor B

C_{ijk} : Pengaruh galat pada Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.j.} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{.j.} + \tilde{y}_{...}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.})$$

$$(y_{ijk} - \tilde{y}_{..}) = (\tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{..}) + (\tilde{y}_{.j.} - \tilde{y}_{..}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i.} - \tilde{y}_{.j.} + \tilde{y}_{..}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.})$$

$$DB \longleftrightarrow (abu-1) = (a-1) + (b-1) + (ab-a-b+1) + (abu-ab)$$

$$(abu-1) = (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + ab(u-1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ Faktor A} + DB \text{ Faktor B} + DB \text{ Interaksi AB} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 +$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK \text{ A} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = 1/bu \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK\ B = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{...})^2 = 1/au \sum_{j=1}^b y_{.j}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$\begin{aligned} JK\ AB &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{...})^2 \\ &= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b [(\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i..}) + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{...})]^2 \\ &= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b [(\bar{y}_{ij}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} - JK\ A - JK\ B] \\ &= JK\ Kombinasi\ Perlakuan - JK\ A - JK\ B \end{aligned}$$

$$JK\ Galat = JK\ Total - JK\ A - JK\ B - JK\ AB$$

Tabel Data (Umpama : a=3, b = 3 dan u = 4)

Faktor A (i)	Faktor B (j)	Ulangan (k)				Total (y _{ij.})
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	y ₁₁₃	y ₁₁₄	y _{11.}
1	2	y ₁₂₁	y ₁₂₂	y ₁₂₃	y ₁₂₄	y _{12.}
1	3	y ₁₃₁	y ₁₃₂	y ₁₃₃	y ₁₃₄	y _{13.}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₁₂	y ₂₁₃	y ₂₁₄	y _{21.}
2	2	y ₂₂₁	y ₂₂₂	y ₂₂₃	y ₂₂₄	y _{22.}
2	3	y ₂₃₁	y ₂₃₂	y ₂₃₃	y ₂₃₄	y _{23.}
3	1	y ₃₁₁	y ₃₁₂	y ₃₁₃	y ₃₁₄	y _{31.}
3	2	y ₃₂₁	y ₃₂₂	y ₃₂₃	y ₃₂₄	y _{32.}
3	3	y ₃₃₁	y ₃₃₂	y ₃₃₃	y ₃₃₄	y _{33.}
Total (y _{..k})		y _{..1}	y _{..2}	y _{..3}	y _{..4}	y _{...}

Tabel Dua Arah antara Faktor A dan Faktor B

Faktor A (i)	Faktor B (j)			Total (y _{i..})
	1	2	3	
1	y _{11.}	y _{12.}	y _{13.}	y _{1..}
2	y _{21.}	y _{22.}	y _{23.}	y _{2..}
3	y _{31.}	y _{32.}	y _{33.}	y _{3..}
Total (y _{.j.})	y _{.1.}	y _{.2.}	y _{.3.}	y _{...}

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
A	(a-1)	JK A	JK A/(a-1)=A	A/G			
B	(b-1)	JK B	JK B/(b-1)=B	B/G			
AB	(a-1)(b-1)	JK AB	JKAB/(a-1)(b-1)=AB	AB/G			
Galat	ab(u-1)	JK G	JK G/kp(u-1)=G				
Total	(abu – 1)	JK T					

Hipotesis :

$H_{01} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$

$H_{11} : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$

$H_{02} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_b$

$H_{12} : \mu_j \neq \mu_j' \quad \forall j$

Kesimpulan :

- Jika F Hitung (A/G) < F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} diterima ($P>0,05$), hal ini berarti faktor A tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak ($P<0,05$), hal ini berarti faktor A berpengaruh nyata ($P<0,05$).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,01; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak ($P<0,01$), hal ini berarti faktor A berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$).
- Jika F Hitung (B/G) < F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} diterima ($P>0,05$), hal ini berarti faktor B tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak ($P<0,05$), hal ini berarti faktor B berpengaruh nyata ($P<0,05$).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,01; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak ($P<0,01$), hal ini berarti faktor B berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$).
- Jika F Hitung (AB/G) < F Tabel (0,05; DB AB, DB G) maka tidak terjadi interaksi yang nyata ($P>0,05$), antara faktor A dengan faktor B.
- Jika F Hitung (AB/G) \geq F Tabel (0,05; DB AB, DB G) maka terjadi interaksi yang nyata ($P<0,05$) antara faktor A dengan faktor B.
- Jika F Hitung (AB/G) \geq F Tabel (0,01; DB AB, DB G) maka terjadi interaksi yang sangat nyata ($P<0,01$) antara faktor A dengan Faktor B.

Teladan 5

Seorang Peneliti ingin mengetahui pengaruh jenis ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L) yaitu kontrol (tanpa ekstrak bawang putih), ekstrak bawang putih lokal dan ekstrak bawang putih import dan jangka waktu penyimpanan pada suhu 5° C (dingin) yaitu : 0, 3, 6, dan 9 hari terhadap angka lempeng total bakteri (ALTB) pada daging sapi. Penelitian ini menggunakan 4 ulangan dengan berat masing-masing 30 gram, sehingga jumlah sampel yang digunakan sebanyak $3 \times 4 \times 4 = 48$ sampel daging sapi.

Data Log Angka Lempeng Total Bakteri (Log ALTB) sebagai Berikut :

Jenis Bawang Putih (i)	Lama Simpan Hari (j)	Ulangan (k)				Total (yij.)	Rataan (ȳij.)
		1	2	3	4		
Kontrol	0	6.0128	5.9868	6.1139	5.9494	24.0629	6.0157
	3	7.3345	7.2833	7.1072	7.5051	29.2301	7.3075
	6	8.2923	7.9513	8.3655	8.1703	32.7794	8.1949
	9	9.8645	9.7292	10.064	9.7993	39.4570	9.8642
Lokal	0	5.3541	5.1931	5.5416	5.2878	21.3766	5.3441
	3	6.1703	5.9754	5.9395	6.1206	24.2058	6.0515
	6	7.7388	7.7482	7.8195	7.7559	31.0624	7.7656
	9	8.7694	8.4843	8.6776	8.7126	34.6439	8.6609
Import	0	5.4216	5.1075	5.1818	5.3139	21.0245	5.2561
	3	5.9782	5.7782	5.9243	5.8062	23.4869	5.8717
	6	6.7619	6.8235	6.8136	6.7738	27.1728	6.7932
	9	7.7910	7.7295	7.9405	7.7993	31.2603	7.8151

Tabel Dua Arah antara Faktor A dan Faktor B

Jenis Bawang Putih (i)	Lama Simpan dalam Hari (j)				Total (yi.)
	0	3	6	9	
Kontrol	24.0629	29.2301	32.7794	39.4570	125.5294
Lokal	21.3766	24.2058	31.0624	34.6439	111.2887
Import	21.0245	23.1728	27.1728	31.2603	102.9445
Total(y.j.)	66.4640	76.9228	91.0146	105.3612	339.7626

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 4 \times 4} \\
 &= 6.0228^2 + 5.9868^2 + \dots + 7.7993^2 - (1/48)(339.7662^2) \\
 &= 2496.0062 - 2404.9713 = 91.0349
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Jenis bawang Putih (J)} &= 1/(4 \times 4) \sum_{i=1}^3 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 4 \times 4} \\ &= (1/16)(125.5294^2 + 111.2887^2 + 102.9445^2) - (1/48)(339.7662^2) \\ &= 2421.2788 - 2404.9713 = 16.3075\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Lama Simpan (L)} &= 1/(3 \times 4) \sum_{j=1}^4 y_{.j}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 4 \times 4} \\ &= 1/12(66.4640^2 + 76.9228^2 + 91.0146^2 + 105.3612^2) - (1/48)(339.7662^2) \\ &= 2476.5911 - 2404.9713 = 71.6198\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Interaksi (JL)} &= [1/4 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 [y_{ij}]^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 4 \times 4}] - \text{JK J} - \text{JK L} \\ &= [(1/4)(24.0629^2 + 29.2307^2 + \dots + 31.2603^2)] - (1/48)(339.7662^2) - 16.3075 - 71.6198 \\ &= 90.5135 - 16.3075 - 71.6198 = 2.5862\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK J} - \text{JK L} - \text{JK JL} \\ &= 91.0348 - 16.3075 - 71.6198 - 2.5862 = 0.514\end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Jenis BP(J)	2	16.3075	8.1537	562.98**	3.26	5.25	<0.01
Lama S (L)	3	71.6298	23.8733	1648.34**	2.86	4.25	<0.01
JL	6	2.5862	0.4310	29.76**	2.36	3.35	<0.01
Galat	36	0.5214	0.0140				
Total	47	91.0349					

Keterangan : ** Pengaruhnya sangat nyata (P<0.01)

Jadi dapat disimpulkan bahwa jenis bawang putih dan lama simpan berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap angka lempeng total bakteri daging sapi dan terdapat interaksi yang sangat nyata (P<0.01) antara jenis bawang putih dengan lama simpan terhadap total bakteri daging sapi.

Selanjutnya dilakukan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan antara rata-rata.

$$S_{xJ} = \sqrt{KT \text{ Galat}/(4 \times 4)} = \sqrt{0.0140/16} = 0.0296$$

$$S_{xL} = \sqrt{KT \text{ Galat}/(3 \times 4)} = \sqrt{0.0140/12} = 0.0342$$

$$S_{xJL} = \sqrt{KT \text{ Galat}/(4)} = \sqrt{0.0140/4} = 0.0592$$

Tabel rentangan Duncan

<i>P</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
SSR 0.05	2.87	3.02	3.11
SSR 0.01	3.85	4.02	4.13
LSR J 0.05	0.085	0.089	
LSR J 0.01	0.114	0.119	
LSR L 0.05	0.098	0.103	0.106
LSR L 0.01	0.132	0.137	0.141
LSR JL 0.05	0.170	0.178	0.184
LSR JL 0.01	0.228	0.238	0.244

Tabel Hasil Uji Rentangan Berganda Duncan pada taraf 5%

Jenis Bawang Putih (i)	Lama Simpan dalam Hari (j)				Rataan ($\bar{y}_{i..}$)
	0	3	6	9	
Kontrol	6.016 Da	7.308 Ca	8.195 Ba	9.861 Aa	7.846 a
Lokal	5.344 Db	6.051 Cb	7.766 Bb	8.661 Ab	6.956 b
Import	5.256 Db	5.872 Cc	6.792 Bc	7.841 Ac	6.434 c
Rataan ($\bar{y}_{.j.}$)	5.539 D	6.410 C	7.585 B	8.798 A	

Keterangan :

Nilai dengan huruf berbeda ke arah baris (huruf besar) dan ke arah kolom (huruf kecil) menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$), dan sebaliknya huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Oleh karena lama simpan merupakan faktor kuantitatif, sedangkan jenis bawang putih merupakan faktor kualitatif, maka perlu dicari atau dilanjutkan dengan analisis Regresi-korelasi antara lama simpan (L) dengan jumlah total bakteri pada masing-masing jenis ekstrak bawang putih.

Secara umum derajat polinom yang dapat dicapai dari persamaan garis regresi tersebut diatas pada masing-masing jenis ekstrak bawang putih adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \beta_3 L^3$$

Dari bentuk persamaan tersebut kita bisa mencari β_0 , β_1 , β_2 dan β_3 , dengan menyelesaikan matriks $L'Y = L'L\beta$, matriks tersebut adalah :

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{16} Y_i \\ \sum_{i=1}^{16} Y_i L_i \\ \sum_{i=1}^{16} Y_i L_i^2 \\ \sum_{i=1}^{16} Y_i L_i^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 & \sum_{i=1}^{16} L_i & \sum_{i=1}^{16} L_i^2 & \sum_{i=1}^{16} L_i^3 \\ \sum_{i=1}^{16} L_i & \sum_{i=1}^{16} L_i^2 & \sum_{i=1}^{16} L_i^3 & \sum_{i=1}^{16} L_i^4 \\ \sum_{i=1}^{16} L_i^2 & \sum_{i=1}^{16} L_i^3 & \sum_{i=1}^{16} L_i^4 & \sum_{i=1}^{16} L_i^5 \\ \sum_{i=1}^{16} L_i^3 & \sum_{i=1}^{16} L_i^4 & \sum_{i=1}^{16} L_i^5 & \sum_{i=1}^{16} L_i^6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 & 72 & 504 & 3888 \\ 72 & 504 & 3888 & 31750 \\ 504 & 3888 & 31750 & 268300 \\ 3888 & 31750 & 268300 & 2315000 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 125.5294 \\ 639.4797 \\ 4639.1463 \\ 36630.0000 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6.01574 \\ 0.62987 \\ -0.08840 \\ 0.00733 \end{pmatrix}$$

Jadi persamaan garis Regresinya untuk Kontrol (tanpa Ekstrak Bawang Putih adalah :

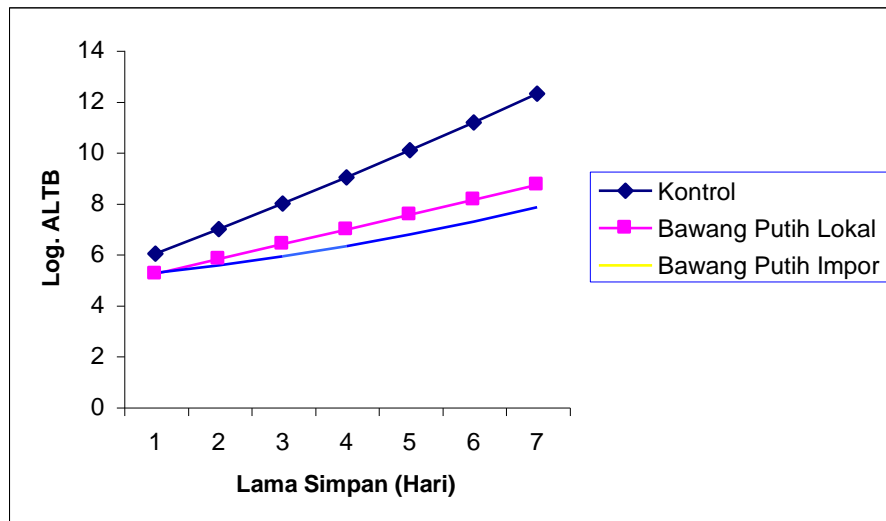
$$Y_1 = 6.01574 + 0.62987L - 0.08840L^2 + 0.00733L^3$$

Dengan jalan yang sama untuk yang diberikan ekstrak bawang putih lokal dan import adalah :

$$Y_2 = 5.20585 + 0.3882L$$

$$Y_3 = 5.24581 + 0.1856L + 0.01126L^2$$

Jadi untuk bawang putih lokal persamaan garis regresi berbentuk linier, sedangkan bawang putih import berbentuk kuadratik.



Gambar Persamaan Garis Regresi antara Lama Simpan dengan Log ALTB

Kemudian kita mencari sidik ragam garis regresinya :

Lokal (tanpa ekstrak bawang putih)

$$JK \text{ Regresi} = (L'Y)' \beta - (1/16) \left(\sum_{i=1}^{16} Y_i \right)^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\sum_{i=1}^{16} Y_i \right) \beta_0 + \left(\sum_{i=1}^{16} Y_i L_i \right) \beta_1 + \left(\sum_{i=1}^{16} Y_i L_i^2 \right) \beta_2 + \left(\sum_{i=1}^{16} Y_i L_i^3 \right) \beta_3 - (1/16) \left(\sum_{i=1}^{16} Y_i \right)^2 \\
 &= (125.5294)(6.01574) + (639.4797)(0.62987) + (4639.1463)(-0.08840) + \\
 &\quad (36630)(0.00733) - (1/16)(125.5294^2) \\
 &= 1016.194 - 984.8519 = 31.3425
 \end{aligned}$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^{16} Y_i^2 - (1/16)(\sum_{i=1}^{16} Y_i)^2 = 1016.45 - (1/16)(125.5294^2)$$

$$= 1016.45 - 984.8519 = 31.5977$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Regresi} = 31.5977 - 13.3425 = 0.25644$$

Tabel Sidik Ragam Regresi

S K	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	FH	F Tabel		P
					0,05	0,01	
Kontrol Regresi	3	31.3413	10.4471	488.87**	3.49	5.95	<0,01
Galat	16-3-1=12	0.25644	0.02137				
Total	16-1= 15	31.5977					
Lokal Regresi	1	27.2128	27.2128	446.03**	4.60	8.86	<0,01
Galat	16-1-1=14	0.85416	0.06101				
Total	16-1= 15	28.0669					
Import Regresi	2	14.9415	7.47074	800.80**	3.81	6.70	<0,01
Galat	16-2-1=13	0.12128	0.00933				
Total	16-1=15	15.0628					

Kesimpulan : Garis regresi sangat nyata ($P < 0,01$).

Koefisien diterminan (R^2) = $JK \text{ Regresi} / JK \text{ Total}$

$$\text{Koefisien Korelasi (R)} = \sqrt{R^2} = \pm R$$

Tabel Uji Koefisien Korelasi (R)

<i>Jenis Ekstrak Bawang Putih</i>	<i>R Hitung</i>	<i>R Tabel</i>	
		0.05	0.01
Kontrol	0.9960**	0.683	0.773
Lokal	0.9847**	0.497	0.623
Import	0.9959**	0.608	0.712

Keterangan : ** Korelasinya sangat nyata ($P < 0.01$)

XI. RANCANGAN ACAK KELOMPOK POLA FAKTORIAL AxB

Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial AxB yaitu terdiri dari dua peubah bebas atau faktor (A dan B) dan kedua faktor tersebut saling diduga berinteraksi dan kedua faktor tersebut termasuk dalam klasifikasi silang. Terdapat satu peubah pengganggu atau sampingan yang disebut kelompok dan tidak berinteraksi dengan peubah lainnya.

Model Matematisnya :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + K_k + AB_{ij} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad \text{dan} \quad k = 1, 2, 3, \dots, u$$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan kelompok ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Faktor A pada taraf ke-i

B_j : Pengaruh Faktor B pada taraf ke-j

K_k : Pengaruh Kelompok ke-k

AB_{ij} : Interaksi antara Faktor A dengan Faktor B

e_{ijk} : Pengaruh galat pada Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan kelompok ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \bar{y}_{...} + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...}) + (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})$$

$$(y_{ijk} - \bar{y}_{...}) = (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...}) + (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})$$

$$DB \longrightarrow (abu-1) = (a-1) + (b-1) + (u-1) + (ab-a-b+1) + (abu-ab-u+1)$$

$$(abu-1) = (a-1) + (b-1) + (u-1) + (a-1)(b-1) + (ab-1)(u-1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ A} + DB \text{ B} + DB \text{ AB} + DB \text{ Kelompok} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 +$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK \text{ A} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = 1/bu \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK \text{ B} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 = 1/au \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK \text{ AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2$$

$$= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b [(y_{ij.} - \bar{y}_{i..}) + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})]^2$$

$$= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b [(y_{ij.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} - JK \text{ A} - JK \text{ B}]$$

$$= JK \text{ Kombinasi Perlakuan} - JK \text{ A} - JK \text{ B}$$

$$JK \text{ Kelompok} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 = 1/ab \sum_{k=1}^u y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ A} - JK \text{ B} - JK \text{ Kelompok} - JK \text{ AB}$$

Tabel Data (Umpama : a=2, b = 3 dan u = 4)

Faktor A (i)	Faktor B (j)	Kelompok (k)				Total (y _{ij.})
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	y ₁₁₃	Y ₁₁₄	y _{11.}
1	2	y ₁₂₁	y ₁₂₂	y ₁₂₃	Y ₁₂₄	y _{12.}
1	3	y ₁₃₁	y ₁₃₂	y ₁₃₃	Y ₁₃₄	y _{13.}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₁₂	y ₂₁₃	Y ₂₁₄	y _{21.}
2	2	y ₂₂₁	y ₂₂₂	y ₂₂₃	Y ₂₂₄	y _{22.}
2	3	y ₂₃₁	y ₂₃₃	y ₂₃₃	Y ₂₃₄	y _{23.}
Total (y _{..k})		y _{..1}	y _{..2}	y _{..3}	y _{..4}	y _{...}

Tabel Dua Arah antara Faktor A dan Faktor B

Faktor A (i)	Faktor B (j)			Total (y _{i.})
	1	2	3	
1	y _{11.}	Y _{12.}	y _{13.}	Y _{1..}
2	y _{21.}	Y _{22.}	y _{23.}	Y _{2..}
Total (y _{.j.})	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{...}

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	(u-1)	JK K	JK K/(u-1)	K/G			
A	(a-1)	JK A	JK A/(a-1)=A	A/G			
B	(b-1)	JK B	JK B/(b-1)=B	B/G			
AB	(a-1)(b-1)	JK AB	JKAB/(a-1)(b-1)=AB	AB/G			
Galat	(ab-1)(u-1)	JK G	JK G/kp(u-1)=G				
Total	(abu – 1)	JK T					

Hipotesis :

$H_{01} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$.

$H_{11} : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$

$H_{02} : \mu_{.1} = \mu_{.2} = \mu_{.3} = \dots = \mu_{.b}$

$H_{12} : \mu_{.j} \neq \mu_{.j'} \quad \forall j$

Kesimpulan :

- Jika F Hitung (A/G) < F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} diterima ($P > 0,05$), hal ini berarti faktor A tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak ($P < 0,05$), hal ini berarti faktor A berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,01; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak ($P < 0,01$), hal ini berarti faktor A berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).
- Jika F Hitung (B/G) < F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} diterima ($P > 0,05$), hal ini berarti faktor B tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak ($P < 0,05$), hal ini berarti faktor B berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,01; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak ($P < 0,01$), hal ini berarti faktor B berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).
- Jika F Hitung (AB/G) < F Tabel (0,05; DB AB, DB G) maka tidak terjadi interaksi yang nyata ($P > 0,05$), antara faktor A dengan faktor B.
- Jika F Hitung (AB/G) \geq F Tabel (0,05; DB AB, DB G) maka terjadi interaksi yang nyata ($P < 0,05$) antara faktor A dengan faktor B.
- Jika F Hitung (AB/G) \geq F Tabel (0,01; DB AB, DB G) maka terjadi interaksi yang sangat nyata ($P < 0,01$) antara faktor A dengan Faktor B.

Teladan 6.

Seorang ingin mengetahui pengaruh Konsentrasi dan lama Desinfeksi Hidrogen Peroksida (H_2O_2) terhadap jumlah bakteri E coli per ml air limbah RPH Pesanggaran Denpasar. Konsentrasi Hidrogen Peroksida (H_2O_2) yang diberika 0,0%, 0,15%, 0,30% dan 0,45% dan lama Desinfeksi 0, 2, 4 dan 6 jam.

Pengambilan sampel air limbah sebanyak 8 liter untuk diberikan perlakuan, yaitu dibagi menjadi 16 kombinasi perlakuan, dengan cara yang sama diulang sebanyak 3 kali, dan pengambilan sampel dilakukan setiap 4 harti sekali.

Data hasil penelitian jumlah bakteri E coli (Transformasi Log) disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel Jumlah Bakteri E. Coli (Data Transformasi Log Y.

<i>Konsentrasi Hidrogen Peroksida (i)</i>	<i>Lama Desinfeksi Dalam Jam (j)</i>	<i>Kelompok (k)</i>			<i>Total (yij.)</i>
		1	2	3	
0,00%	0	7.4150	7.4314	7.3502	22.1956
	2	7.9325	7.9754	8.000	23.9079
	4	8.8739	8.9106	8.8909	26.6454
	6	8.8954	9.0645	8.9031	26.8630
0,15%	0	7.2041	6.9912	7.0828	21.2781
	2	6.6355	6.7559	6.7796	20.1710
	4	5.8921	6.0170	5.8129	17.7225
	6	4.9243	5.0864	5.0964	15.1041
0,30%	0	6.8808	6.8692	6.7482	20.4982
	2	5.7853	5.7110	6.0792	17.5755
	4	5.6191	5.5105	5.5775	16.7071
	6	4.7324	4.7993	4.8573	14.3892
0,45%	0	5.9243	6.2833	5.7882	17.9858
	2	5.6821	5.6721	5.3010	16.6552
	4	4.7324	4.8056	4.7655	14.3035
	6	4.1367	4.3054	4.3304	12.7725
Total (y..k)		101.2659	102.1894	101.3196	304.7749

Tabel Dua Arah

<i>Konsentrasi Hidrogen Peroksida (i)</i>	<i>Lama Desinfeksi dalam Jam (j)</i>				<i>Total (yi..)</i>
	0	2	4	6	
0,00%	21.1966	23.9079	26.9454	26.8630	99.6129
0,15%	21.2781	20.1710	17.7220	15.1041	74.2752
0,30%	20.4982	17.5755	16.7071	16.3890	71.1698
0,45%	17.9858	16.6552	14.3035	12.7725	61.7170
Total (y.j.)	81.6587	78.3095	75.3780	17.1285	304.7749

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^3 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 4 \times 3} \\
 &= 7.4150^2 + 5.4314^2 + \dots + 4.3304^2 - (304.7749^2)/48 \\
 &= 2028.6417 - 1936.1612 = 92.4805
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Konsentrasi(K)} &= (1/4 \times 3) \sum_{i=1}^4 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 4 \times 3} \\
 &= (1/12)(99.6129^2 + 74.2752^2 + 71.1684^2 + 61.7170^2) - (304.7749^2)/48 \\
 &= 2003.7487 - 1936.1612 = 67.5875
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Lama Desinfeksi (L)} &= (1/4 \times 3) \sum_{j=1}^4 y_{.j.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 4 \times 3} \\
 &= (1/12)(81.958^2 + 78.3096^2 + 75.3781^2 + 71.1286^2) - (304.7749^2)/48 \\
 &= 1943.5196 - 1936.1612 = 7.35776
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Interaksi (KL)} &= [(1/3) \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 [(y_{ij.})^2 - \frac{(y_{i..})^2}{4 \times 4 \times 3}]] - \text{JK K} - \text{JK L} \\
 &= [(1/3)(21.1966^2 + 23.9079^2 + \dots + 12.7725^2) - (304.7749^2)/48] - 67.5875 - 7.35776 \\
 &= 92.02586 - 67.5875 - 7.35776 = 17.0806
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Kelompokk} &= (1/4 \times 4) \sum_{k=1}^3 y_{...k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 4 \times 3} \\
 &= (1/16)(101.2659^2 + 102.1894^2 + 101.3196^2) - (304.7749^2)/48 \\
 &= 1936.19478 - 1936.1612 = 0.03358
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK K} - \text{JK L} - \text{JK KL} - \text{JK Kelompok} \\
 &= 92.4805 - 67.5875 - 7.35776 - 17.0806 - 0.03358
 \end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	2	0.0336	0.0168	1.20TN	2.32	5.39	>0.05
K	3	67.5875	22.5292	1605.12**	2.92	4.51	<0.01
L	3	7.3577	2.4529	174.74**	2.92	4.51	<0.01
KL	9	17.0806	1.8978	135.20**	2.21	3.07	<0.01
Galat	30	0.4211	0.0140				
Total	47	92.4805					

Keterangan : TN : Tidak berpengaruh nyata (P>0,05)

**** :** Berpengaruh sangat nyata (P<0,01)

Untuk mengetahui perbedaan antara konsentrasi yang diberikan dan antara lama desinfeksi yang dilakukan, perlu dilakukan uji beda antar rata-rata salah satunya adalah dengan uji Rentangan Berganda Duncan, yaitu dengan cara :

$$Sx \text{ Konsentrasi (SxK)} = \sqrt{KTGalat/4 \times 3} = \sqrt{0.1404/12} = 0.034205$$

$$Sx \text{ Lama Desinfeksi (SxL)} = \sqrt{KTGalat/4 \times 3} = \sqrt{0.1404/12} = 0.034205$$

$$Sx \text{ Interaksi (SxKL)} = \sqrt{KTGalat/3} = \sqrt{0.1404/3} = 0.068411$$

Tabel Rentangan Duncan

<i>P</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
SSR 0.05	3.00	3.04	3.12
SSR 0.01	3.89	3.04	3.12
LSR 0.05 K	0.100	0.104	0.107
LSR 0.05 L	0.100	0.104	0.107
LSR 0.05 KL	0.205	0.208	0.213
LSR 0.01 K	0.133	0.138	0.142
LSR 0.01 L	0.133	0.138	0.142
LSR 0.01 KL	0.266	0.276	0.284

Tabel Hasil uji Rentangan Berganda Duncan pada Taraf 1%

<i>Konsentrasi Hidrogen Peroksida</i>	<i>Lama Desinfeksi (Jam)</i>				<i>Rataan (ȳ_{i..})</i>
	0	2	4	6	
0.00%	7.399 Ca	7.969 Ba	8.882 Aa	8.954 Aa	8.301 a
0.15%	7.093 Ab	6.724 Bb	5.907 Cb	5.033 Db	6.190 b
0.30%	6.833 Ab	5.869 Bc	5.569 Cc	4.796 Dc	5.764 c
0.45%	5.995 Ac	5.552 Bc	4.768 Cd	4.258 Dd	5.143 d
Ratan (ȳ_{...})	6.830 A	6.526 B	6.261 C	5.761 D	

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah baris (huruf besar) dan kearah kolom (huruf kecil) menunjukkan berbeda sangat nyata ($P < 0,1$), sebaliknya tidak berbeda nyata.

Rata-rata Lama desinfeksi sebaiknya tidak perlu dilakukan uji rentangan bberganda Duncan, sebab tidak memberikan arti dalam kesimpulan karena pada konsentrasi 0.00% (Kontrol) E. Colinya semakin banyak, sedangkan yang diberikan Hidrogen Peroksida 0.15%, 0.300% dan 0.45% E. Colinya semakin menurun dengan semakin lamanya dilakukan desinfeksi.

Oleh karena konsentrasi hidrogen peroksida dan lama desinfeksi merupakan faktor **kuanditatif**, maka perlu dicari hubungan antara kedua faktoor tersebut dengan log jumlah E. Coli dengan melakukan analiaia regresi-korelasi.

Secara umum bentuk persamaan garis regresinya adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 K^2 + \beta_3 K^3 + \beta_4 L + \beta_5 L^2 + \beta_6 L^3 + \beta_7 KL + \beta_8 KL^2 + \beta_9 KL^3 + \beta_{10} K^2 L + \beta_{11} K^2 L^2 + \beta_{12} K^2 L^3 + \beta_{13} K^3 L + \beta_{14} K^3 L^2 + \beta_{15} K^3 L^3$$

Setelah dilakukan Analisis Regresi-Korelasi dengan metode Step Wise, maka diperoleh persamaan : $Y = \beta_0 + \beta_1 K^2 + \beta_2 L + \beta_3 L^3 + \beta_4 KL + \beta_5 KL^3 + \beta_6 K^2 L + \beta_7 K^3 L$

Dari bentuk persamaan tersebut kita bisa mencari $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ dan β_7 , dengan menyelesaikan matriks $X'Y = X'X\beta$, matriks tersebut adalah :

$$\begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum K^2 Y \\ \sum L Y \\ \sum L^3 Y \\ \sum KLY \\ \sum KL^3 Y \\ \sum K^2 LY \\ \sum K^3 LY \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 48 & \sum K^2 & \sum L & \sum L^3 & \sum KL & \sum KL^3 & \sum K^2 L & \sum K^3 L \\ \sum K^2 & \sum K^4 & \sum K^2 L & \sum K^2 L^3 & \sum K^3 L & \sum K^3 L^3 & \sum K^4 L & \sum K^5 L \\ \sum L & \sum K^2 L & \sum L^2 & \sum L^4 & \sum KL^2 & \sum KL^4 & \sum K^2 L^2 & \sum K^3 L^2 \\ \sum L^3 & \sum K^2 L^3 & \sum L^4 & \sum L^6 & \sum KL^4 & \sum KL^6 & \sum K^2 L^4 & \sum K^3 L^4 \\ \sum KL & \sum K^3 L & \sum KL^2 & \sum KL^4 & \sum K^2 L^2 & \sum K^2 L^4 & \sum K^3 L^2 & \sum K^4 L^2 \\ \sum KL^3 & \sum K^3 L^3 & \sum KL^4 & \sum KL^6 & \sum K^2 L^4 & \sum K^2 L^6 & \sum K^3 L^4 & \sum K^4 L^4 \\ \sum K^2 L & \sum K^4 L & \sum K^2 L^2 & \sum K^2 L^4 & \sum K^3 L^2 & \sum K^3 L^4 & \sum K^4 L^2 & \sum K^5 L^2 \\ \sum K^3 L & \sum K^5 L & \sum K^3 L^2 & \sum K^3 L^4 & \sum K^4 L^2 & \sum K^4 L^4 & \sum K^5 L^2 & \sum K^6 L^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \\ \beta_6 \\ \beta_7 \end{pmatrix}$$

Coba selesaikan matriks diatas, sehingga diperoleh hasil : $\beta = (X'X)^{-1} X'Y$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \\ \beta_6 \\ \beta_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7.29989 \\ - 8.18690 \\ 0.42653 \\ - 0.00401 \\ 8.22355 \\ 0.01062 \\ 28.83670 \\ - 31.68560 \end{pmatrix}$$

$$Y = 7.29989 - 8.18690K^2 + 0.42653L - 0.00401L^3 + 8.22355KL + 0.01062KL^3 + 28.83670K^2L - 31.68560K^3L$$

Pengujian terhadap ketelitian dan ketepatan persamaan garis regresi dapat dilakukan dengan jalan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{JK Regresi} &= (X'Y)' \beta - (1/48) \left(\sum_{i=1}^{48} y_i \right)^2 \\
 &= (7.29989)(304.77449) + (-6.1869)(20.294) + (0.42653)(874.103) + \\
 &\quad (0.00401)(20382.447) + (-8.22355)(161.994) + (0.01062)(3692.46) + \\
 &\quad (28.00401)(50.798) + (-31.6856)(20.996) - (1/48)(304.7749^2) \\
 &= 91.4608
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^{48} y_i^2 - (1/48) \left(\sum_{i=1}^{48} y_i \right)^2 \\
 &= 2028.6417 - (1/48)(304.7749^2) \\
 &= 2028.6417 - 1935.1612 = 92.4805
 \end{aligned}$$

$$\text{JK Galat} = \text{JK Ttal} - \text{JK Regresi} = 92.4805 - 91.4608 = 1.0197$$

Tabel Sidik Ragam Regresi

S K	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Regresi	7	91.4608	13.0658	512.53**	2.25	3.12	<0.01
Galat	40	1.0197	0.02549				
Total	47	92.4805					

Keterangan : ** Garis Regresinya sangat nyata (P<0.01)

$$R^2 = \text{JK Regresi} / \text{Jk Total} = 91.4608 / 92.4805 = 0.98897$$

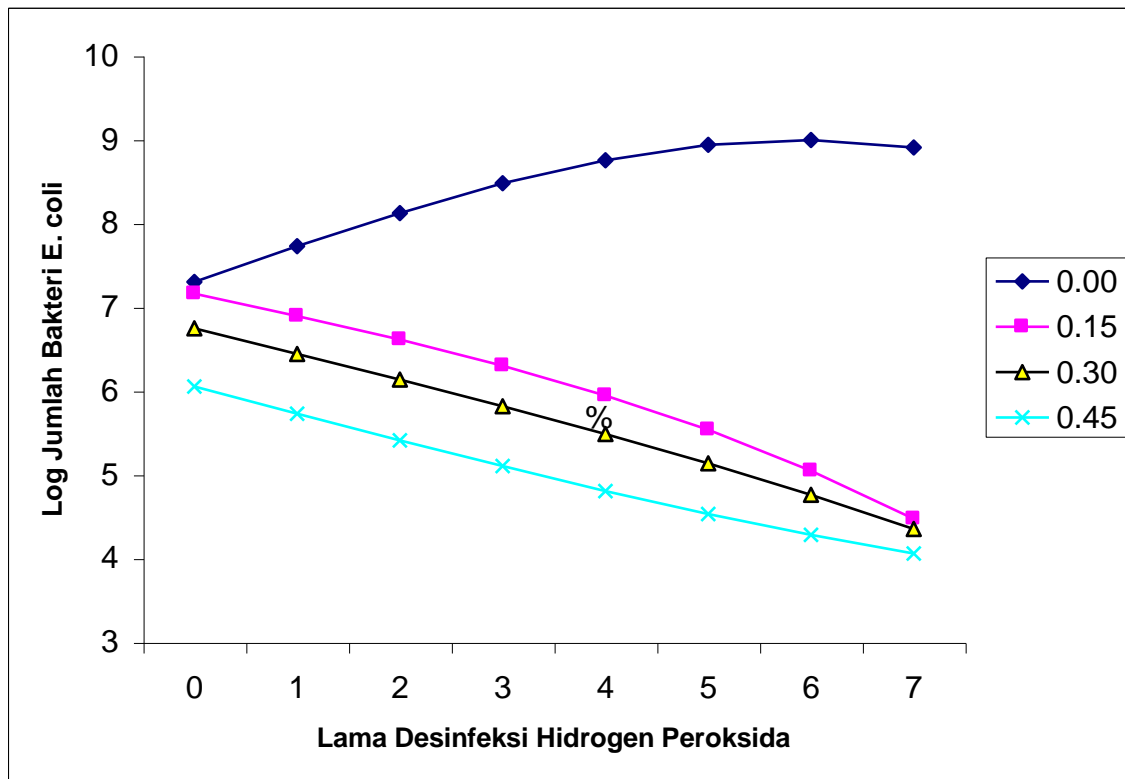
$$R = \pm \sqrt{0.98897} = \pm 0.9947$$

Tabel Pengujian Koefesien Krelasi (R)

Koefesien Korelasi	R Hitung	R Tabel	
		0.05	0.01
R	0.99447	0.445	0.526

Keterangan : ** Koefesien Korelasinya sangat nyata (P<0.01)

Dengan memasukkan nilai K dan L pada persamaan kita dapat menggambar persamaan tersebut yaitu sebagai berikut :



Dari Grafik diatas dapat disimpul;kan bahwa :

Makin tinggi konsentrasi Hidrogen Peroksida yang diberikan jumlah bakteri E coli semakin menurun.

Semakin lama waktu Desinfeksi yang diberikan Hidrogen Peroksida jumlah E colinya semakin menurun, sedangkan yang tidak diberikan Hidrogen Peroksida (0,00) jumlah E colinya semakin meningkat.

XII. RANCANGAN ACAK LENGKAP POLA TERSARANG

Rancangan Acak Lengkap Pola Tersarang adalah rancangan percobaan dengan materi homogen atau tanpa peubah pengganggu, terdiri dari dua peubah bebas atau faktor dalam klasifikasi tersarang yaitu Faktor A terdiri dari a taraf dan Faktor B terdiri dari b taraf yang tersarang (tergantung) dari pada Ai. Rancangan ini seolah-olah terdiri dari dua atau lebih Rancangan Acak Lengkap yang responsnya sama kemudian digabung menjadi satu model percobaan.

Model Matematisnya :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j(i) + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad \text{dan } k = 1, 2, 3, \dots, u$$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Faktor A pada taraf ke-i

B_{j(i)} : Pengaruh Faktor B pada taraf ke-j pada Ai

ϵ_{ijk} : Pengaruh galat Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan Ulangan ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i..}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.})$$

$$(y_{ijk} - \tilde{y}_{...}) = (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i..}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.})$$

$$DB \longleftrightarrow (abu-1) = (a-1) + (ab-a) + (abu-ab)$$

$$(abu-1) = (a-1) + a(b-1) + ab(u-1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ Faktor A} + DB \text{ Faktor B pada Ai} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK\ A = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = 1/bu \sum_{i=1}^b y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK\ B\ pada\ A_i = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..})^2 = 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2 - (1/bu \sum_{i=1}^a y_{i..}^2)$$

$$JK\ B\ pada\ A_1 = 1/u \sum_{j=1}^b y_{1j.}^2 - (1/bu)(y_{1..}^2)$$

$$JK\ B\ pada\ A_2 = 1/u \sum_{j=1}^b y_{2j.}^2 - (1/bu)(y_{2..}^2)$$

dan seterusnya

JK Galat = JK Total – JK A - JK B pada A_i

Tabel Data (Umpama : a=2, b = 3 dan u = 4)

Faktor A (i)	Faktor B (j)	Ulangan (k)				Total (y _{ij.})
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	y ₁₁₃	y ₁₁₄	y _{11.}
1	2	y ₁₂₁	y ₁₂₂	y ₁₂₃	y ₁₂₄	y _{12.}
1	3	y ₁₃₁	y ₁₃₂	y ₁₃₃	y ₁₃₄	y _{13.}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₁₂	y ₂₁₃	y ₂₁₄	y _{21.}
2	2	y ₂₂₁	y ₂₂₂	y ₂₂₃	y ₂₂₄	y _{22.}
2	3	y ₂₃₁	y ₂₃₃	y ₂₃₃	y ₂₃₄	y _{23.}
Total (y _{..k})		y _{..1}	y _{..2}	y _{..3}	y _{..4}	y _{...}

Tabel Dua Arah antara Faktor A dan Faktor B

Faktor A (i)	Faktor B (j)			Total (y _{i..})
	1	2	3	
1	y _{11.}	y _{12.}	y _{13.}	y _{1..}
2	y _{21.}	y _{22.}	y _{23.}	y _{2..}
Total (y _{.j.})	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{.1.}	y _{...}

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		
					0.05	P0.01	
A	(a-1)	JK A	JK A/(a-1)=A	A/G			
Bpada Ai	a(b-1)	JK BAi	JK BAi/a(b-1)=B	B/G			
Bpada A1	(b-1)	JK BA1	JK BA1/(b-1) = B1	B1/G			
Bpada A2	(b-1)	JK BA2	JK BA2/(b-1) = B2	B2/G			
Galat	ab(u-1)	JK G	JK G/kp(u-1)=G				
Total	(abu – 1)	JK T					

Hipotesis :

$H_{01} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$

$H_{11} : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$

$H_{02} : \mu_{i1} = \mu_{i2} = \mu_{i3} = \dots = \mu_{ib}$

$H_{12} : \mu_{ij} \neq \mu_{ij}' \quad \forall ij$

Kesimpulan :

- Jika F Hitung (A/G) < F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} diterima (P>0.05), hal ini berarti faktor A tidak berpengaruh nyata (P>0,05).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak (P<0.05), hal ini berarti faktor A berpengaruh nyata (P<0,05).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,01; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak (P<0.01), hal ini berarti faktor A berpengaruh sangat nyata (P<0,01).
- Jika F Hitung (B/G) < F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} diterima (P>0.05), hal ini berarti faktor B pada Ai tidak berpengaruh nyata (P>0,05).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak (P<0.05), hal ini berarti faktor B pada Ai berpengaruh nyata (P<0,05).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,01; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak P<0.01), hal ini berarti faktor B pada Ai berpengaruh sangat nyata (P<0,01).

Teladan 7.

Seorang peneliti ingin mengetahui perubahan pH daging ayam yang disimpan pada suhu dingin (5°C) selama penyimpanan 0, 4 dan 8 hari dan suhu beku (0°C) selama 0, 1 dan 2 bulan.

Tabel data hasil penelitiannya adalah sebagai berikut ::

Suhu (i)	Lama Simpan (j)	Ulangan (k)				Total (y _{ij.})
		1	2	3	4	
Dingin	0 hari	7.43	7.47	7.42	7.46	29.78
	4 hari	6.52	6.59	6.62	6.65	26.38
	8 hari	6.19	6.22	6.31	6.68	25.40
Beku	0 bulan	7.58	7.74	7.68	7.85	30.85
	1 bulan	6.78	6.74	6.72	6.78	27.02
	2 bulan	6.46	6.41	6.45	6.51	25.83
Total (y.. _k)		40.96	41.17	41.12	41.93	165.26

Tabel Dua Arah antara Suhu dengan Lama Simpan

Suhu (i)	Lama Simpan (j)			Total (y _{i..})
	0 hari/0 bulan	4 jam/1 bulan	8 jam/2 bulan	
Dingin	29.78	26.38	25.40	81.56
Beku	30.85	27.02	25.83	83.70
Total (y. _j)	60.63	53.40	51.23	165.26

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{2 \times 3 \times 4} \\ &= 7.43^2 + 7.47^2 + \dots + 6.51^2 - (1/24)(165.26^2) \\ &= 1144.436 - 1137.953 = 6.483 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Suhu (S)} &= (1/3 \times 4) \sum_{i=1}^2 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{2 \times 3 \times 4} \\ &= (1/12)(81.56^2 + 83.70^2) - (1/24)(165.26^2) \\ &= 1138.144 - 1137.953 = 0.191 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK L pada Si} &= (1/4) \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 y_{ij.}^2 - (1/3 \times 4) \sum_{i=1}^2 y_{i..}^2 \\ &= (1/4)(29.78^2 + 26.38^2 + \dots + 25.83^2) - (1/12)(81.56^2 + 83.70^2) \end{aligned}$$

$$= 1144.226 - 1138.144 = 6.082$$

$$\begin{aligned} \text{JK L pada S Dingin} &= (1/4) \sum_{j=1}^3 y_{1j}^2 - (1/3 \times 4)(y_{1..}^2) \\ &= (1/4)(29.78^2 + 26.38^2 + 25.40^2) - (1/12)(81.56^2) \\ &= 556.978 - 554.336 = 2.642 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK L pada S Beku} &= (1/4) \sum_{j=1}^3 y_{2j}^2 - (1/3 \times 4)(y_{2..}^2) \\ &= (1/4)(30.85^2 + 27.02^2 + 25.83^2) - (1/12)(83.70^2) \\ &= 587.248 - 583.808 = 3.440 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK S} - \text{JK L pada Si} \\ &= 6.483 - 0.191 - 6.082 = 0.210 \end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Suhu (S)	1	0.191	0.191	16.35**	4.41	8.29	<0.01
L pada Si	4	9.082	1.521	130.31**	2.92	4.58	<0.01
L pada SDingin	2	2.642	1.321	113.20**	3.55	6.61	<0.01
L pada S Beku	2	3.440	1.721	147.41**	5.55	6.61	<0.01
Galat	18	0.210	0.012				
Total	23	8.483					

Keterangan : ** Pengaruhnya sangat nyata (P<0.01)

Jadi dapat disimpulkan bahwa Suhu Penyimpanan berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap pH daging ayam, Lama penyimpanan pada suhu dingin dan suhu beku berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap pH daging ayam.

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan pH antara lama penyimpanan baik pada suhu dingin maupun suhu beku dilakukan Uji **BNT**

$$S_x = \sqrt{2KT\text{Galat}/4} = \sqrt{(2 \times 0.012)/4} = \sqrt{0.006} = 0.077$$

$$\text{BNT 5\%} = t_{(0.025; \text{DB G}=18)} S_x = 2.101 \times 0.077 = 0.161$$

$$\text{BNT 1\%} = t_{(0.005; \text{DB G}=18)} S_x = 2.878 \times 0.077 = 0.222$$

Tabel Hasil Uni BNT

Suhu	Lama Penyimpanan	Rata-rata	Signifikansi	
			0.05	0.01
Dingin	0 hari	7.445	a	a
	4 hari	6.595	b	b
	8 hari	6.350	c	c
Beku	0 bulan	7.713	a	a
	1 bulan	6.755	b	b
	2 bulan	6.458	c	c

Keterangan : Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom pada penyimpanan suhu dingin dan beku menunjukkan berbeda nyata($P<0.05$) atau sangat nyata ($P<0.01$).

Jadi dapat disimpulkan terjadi penurunan pH daging ayam yang sangat nyata ($P<0.01$) baik yang disimpan pada suhu dingin ataupun suhu beku.

Selanjutnya untuk mencari hubungan antara lama penyimpanan dengan pH daging ayam baik pada suhu dingin maupun suhu beku, maka dilakukan analisis regresi-korelasi. Oleh karena lama penyimpanan ada 3 lepel/taf, maka derajat polinom yang mungkin adalah maksimum kuadratik : $Y = \beta_0 + \beta_1 L + \beta_2 L^2$

Persamaan Normalnya adalah : $L'Y = L'L\beta$

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{12} Y_i \\ \sum_{i=1}^{12} Y_i L_i \\ \sum_{i=1}^{12} Y_i L_i^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 & \sum_{i=1}^{12} L_i & \sum_{i=1}^{12} L_i^2 \\ \sum_{i=1}^{12} L_i & \sum_{i=1}^{12} L_i^2 & \sum_{i=1}^{12} L_i^3 \\ \sum_{i=1}^{12} L_i^2 & \sum_{i=1}^{12} L_i^3 & \sum_{i=1}^{12} L_i^4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix}$$

Pada Suhu Dingin diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 & 48 & 320 \\ 48 & 320 & 2304 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 81.56 \\ 308.72 \end{pmatrix}$$

β_2	320	2304	17408	2047.70
-----------	-----	------	-------	---------

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7.44500 \\ -0.28812 \\ 0.01891 \end{pmatrix}$$

Jadi persamaan garis regresinya adalah :

$$Y = 7.44500 - 0.28812L + 0.01891L^2$$

Pada Suhu Beku diperoleh sebagai berikut :

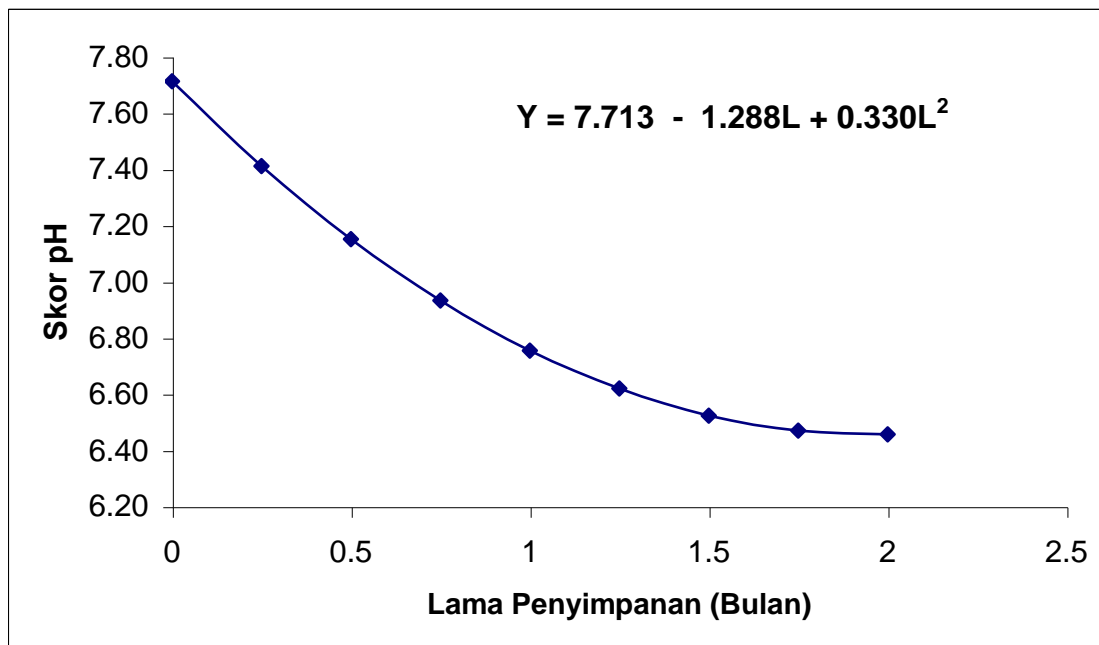
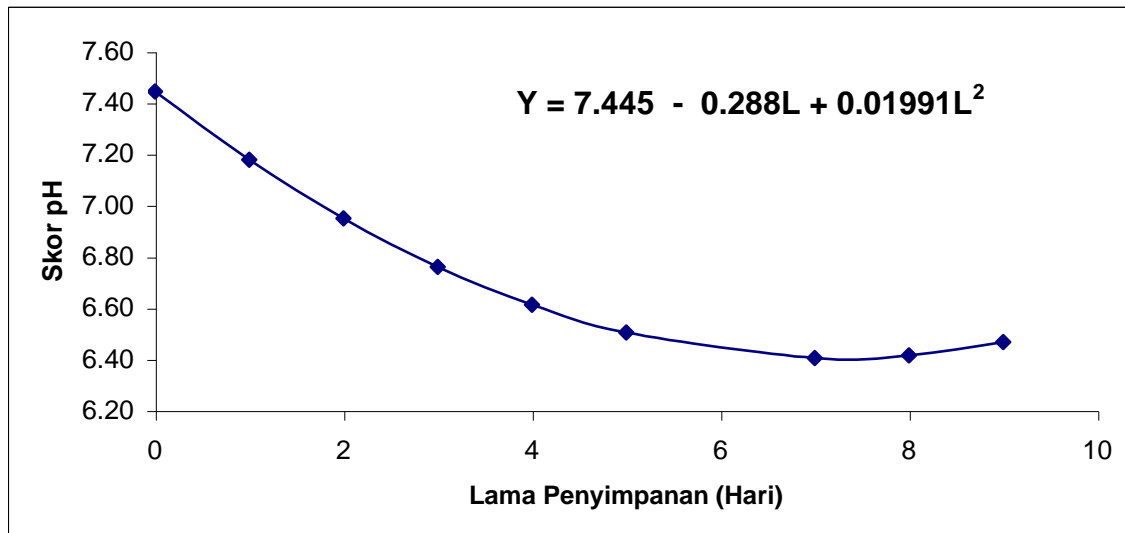
$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 & 12 & 20 \\ 12 & 20 & 36 \\ 20 & 36 & 68 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 83.70 \\ 78.68 \\ 130.70 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7.7125 \\ -1.2875 \\ 0.3300 \end{pmatrix}$$

Jadi persamaan garis regresinya adalah :

$$Y = 7.7125 - 1.2875L + 0.3300L^2$$

Kedua persamaan diatas dapat kita gambar dengan jalan memasukkan nilai-nilai L (Lama Penyimpanan) pada kedua persamaan diatas, sehingga diperoleh nilai Y (Skor pH daging ayam).



Kesimpulan :

Perubahan pH daging selama penyimpanan pada suhu dingin mengalami penurunan yang cukup cepat hingga hari ke-4 selanjutnya penurunannya semakin lambat. Demikian penurunan pH daging yang disimpan pada suhu beku terjadi penurunan yang cukup cepat hingga bulan ke-1, selanjutnya penurunannya semakin lambat.

XIII. RANCANGAN ACAK KELOMPOK POLA TERSARANG

Rancangan Acak Kelompok Pola Tersarang adalah rancangan percobaan dengan materi tidak homogen atau ada peubah pengganggu, terdiri dari dua peubah bebas atau faktor dalam klasifikasi tersarang yaitu Faktor A terdiri dari a taraf dan Faktor B terdiri dari b taraf yang tersarang (tergantung) dari pada Ai. Rancangan ini seolah-olah terdiri dari dua atau lebih Rancangan Acak Kelompok yang responsnya sama kemudian digabung menjadi satu model percobaan.

Model Matematisnya :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j(i) + K_k + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, b \quad \text{dan } k = 1, 2, 3, \dots, u$$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Faktor A pada taraf ke-i

B_{j(i)} : Pengaruh Faktor B pada taraf ke-j pada Ai

K_k : Pengaruh Kelompok ke-k.

ϵ_{ijk} : Pengaruh galat Faktor A taraf ke-i, Faktor B taraf ke-j dan kelompok ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.ij} - \tilde{y}_{i..}) + (\tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...})$$

$$(y_{ijk} - \tilde{y}_{...}) = (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.ij} - \tilde{y}_{i..}) + (\tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...})$$

$$DB \longleftrightarrow (abu-1) = (a-1) + (ab-a) + (u-1) + (abu-ab-u+1)$$

$$(abu-1) = (a-1) + a(b-1) + (u-1) + (ab-1)(u-1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ Faktor A} + DB \text{ Faktor B pada Ai} + DB \text{ Kelompok} + DB \text{ Galat}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{.ij} - \bar{y}_{i..})^2 + \\ &\quad \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2 \end{aligned}$$

$$JK \text{ Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK A = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = 1/bu \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK B \text{ pada } A_i = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..})^2 = 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2 - (1/bu) \sum_{i=1}^a y_{i..}^2$$

$$JK B \text{ pada } A_1 = 1/u \sum_{j=1}^b y_{1j.}^2 - (1/bu)(y_{1..}^2)$$

$$JK B \text{ pada } A_2 = 1/u \sum_{j=1}^b y_{2j.}^2 - (1/bu)(y_{2..}^2)$$

dan seterusnya

$$JK \text{ Kelompok (K)} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^u (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 = 1/ab \sum_{k=1}^u y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK A - JK B \text{ pada } A_i - JK \text{ Kelompok}$$

Tabel Data (Umpama : a=2, b = 3 dan u = 4)

Faktor A (i)	Faktor B (j)	Ulangan (k)				Total (y _{ij.})
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	y ₁₁₃	y ₁₁₄	y _{11.}
1	2	y ₁₂₁	y ₁₂₂	y ₁₂₃	y ₁₂₄	y _{12.}
1	3	y ₁₃₁	y ₁₃₂	y ₁₃₃	y ₁₃₄	y _{13.}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₁₂	y ₂₁₃	y ₂₁₄	y _{21.}
2	2	y ₂₂₁	y ₂₂₂	y ₂₂₃	y ₂₂₄	y _{22.}
2	3	y ₂₃₁	y ₂₃₂	y ₂₃₃	y ₂₃₄	y _{23.}
Total (y _{..k})		y _{..1}	y _{..2}	y _{..3}	y _{..4}	y _{...}

Tabel Dua Arah antara Faktor A dan Faktor B

Faktor A (i)	Faktor B (j)			Total (y _{i.})
	1	2	3	
1	Y _{11.}	y _{12.}	y _{13.}	y _{1..}
2	Y _{21.}	y _{22.}	y _{23.}	y _{2..}
Total (y _{.j.})	y _{.1.}	y _{.2.}	y _{.3.}	y _{...}

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	(u-1)	JK K	JK K/(u-1)=K	K/G			
A	(a-1)	JK A	JK A/(a-1)=A	A/G			
Bpada Ai	a(b-1)	JK BAi	JK BAi/a(b-1)=B	B/G			
Bpada A1	(b-1)	JK BA1	JK BA1/(b-1) = B1	B1/G			
Bpada A2	(b-1)	JK BA2	JK BA2/(b-1) = B2	B2/G			
Galat	(ab-1)(u-1)	JK G	JK G/kp(u-1)=G				
Total	(abu – 1)	JK T					

Hipotesis :

$H_{01} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$

$H_{11} : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$

$H_{02} : \mu_{i1} = \mu_{i2} = \mu_{i3} = \dots = \mu_{ib}$

$H_{12} : \mu_{ij} \neq \mu_{ij'} \quad \forall ij$

Kesimpulan :

- Jika F Hitung (A/G) < F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} diterima ($P > 0,05$), hal ini berarti faktor A tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,05; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak ($P < 0,05$), hal ini berarti faktor A berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (A/G) \geq F Tabel (0,01; DB A, DB G) maka H_{01} ditolak ($P < 0,01$), hal ini berarti faktor A berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).
- Jika F Hitung (B/G) < F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} diterima ($P > 0,05$), hal ini berarti faktor B pada Ai tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,05; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak ($P < 0,05$), hal ini berarti faktor B pada Ai berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (B/G) \geq F Tabel (0,01; DB B, DB G) maka H_{02} ditolak ($P < 0,01$), hal ini berarti faktor B pada Ai berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).

Kelompok biasanya tidak perlu di hipotesiskan, karena tujuannya hanya mengurangi galat atau menambah ketelitian penelitian.

Teladan 8.

Seorang peneliti ingin mengetahui citarasa olahan daging itik, ayam buras dan ayam Broiler. Daging itik yang diambil terdiri dari itik Petelur apkir, itik muda jantan dan itik muda betina, daging ayam buras yang diamati terdiri dari ayam buras muda, ayam buras betina apkir dan ayam jantan aduan, sedangkan daging ayam Broiler terdiri dari ayam Broiler umur 4 minggu, ayam broiler umur 7 minggu dan ayam Broiler umur 8 minggu. Cita rasa masing-masing jenis olahan daging diamati oleh 3 orang Panelis.

Tabel Data hasil penelitian Skor Citarasa disajikan sebagai berikut :

<i>Unggas (i)</i>	<i>Jenis (j)</i>	<i>Panelis (k)</i>			<i>Total (y_{ij.})</i>
		1	2	3	
Itik	1	5.5	5.5	5.4	16.4
	2	6.6	6.5	6.7	19.8
	3	6.6	6.2	6.6	19.4
Ayam Buras	1	6.7	6.8	6.7	20.2
	2	5.4	5.5	5.4	16.3
	3	4.5	4.2	4.5	13.2
Ayam Briler	1	7.5	7.8	7.6	22.8
	2	8.1	8.3	8.6	25.0
	3	6.6	6.4	6.5	19.5
Total (y.. <i>k</i>)		57.5	57.2	58.0	172.7

Tabel Dua Arah

<i>Unggas (i)</i>	<i>Jenis (j)</i>			<i>Total (y_{i..})</i>
	1	2	3	
Itik	16.4	19.8	19.4	55.6
Ayam Buras	20.2	16.3	13.2	49.7
Ayam Broiler	22.9	25.0	19.5	67.4
Total (y.. <i>j</i>)	59.5	61.1	52.1	172.7

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 3 \times 3} \\ &= 5.5^2 + 5.5^2 + 5.4^2 + \dots + 6.5^2 - (1/27)(172.7^2) \\ &= 1138.72997 - 1104.64037 = 34.0896 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Panelis} &= (1/3 \times 3) \sum_{i=1}^3 y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 3 \times 3} \\
 &= (1/9)(57.5^2 + 57.2^2 + 58.0^2 - (1/27)(172.7^2)) \\
 &= 1104.67667 - 1104.64037 = 0.03630
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Unggas(U)} &= (1/3 \times 3) \sum_{i=1}^3 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 3 \times 3} \\
 &= (1/9)(55.6^2 + 49.7^2 + 67.4^2 - (1/27)(172.7^2)) \\
 &= 1122.68997 - 1104.64037 = 18.0496
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK J pada U}_i &= (1/3) \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y_{ij}^2 - (1/3 \times 3) \sum_{i=1}^3 y_{i..}^2 \\
 &= (1/3)(16.4^2 + 19.8^2 + \dots + 19.5^2 - (1/9)(55.6^2 + 49.7^2 + 49.7^2)) \\
 &= 1138.32997 - 1122.68997 = 15.6400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK J pada U}_1 &= (1/3) \sum_{j=1}^3 y_{1j}^2 - (1/3 \times 3)(y_{1..}^2) \\
 &= (1/3)(16.4^2 + 19.8^2 + 19.4^2) - (1/9)(55.6^2) \\
 &= 345.78666 - 343.48444 = 2.30222
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK J pada Itik(U}_1) &= (1/3) \sum_{j=1}^3 y_{1j}^2 - (1/3 \times 3)(y_{1..}^2) \\
 &= (1/3)(16.4^2 + 19.8^2 + 19.4^2) - (1/9)(55.6^2) \\
 &= 345.78666 - 343.48444 = 2.30222
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK J pada Ayam Buras(U}_2) &= (1/3) \sum_{j=1}^3 y_{2j}^2 - (1/3 \times 3)(y_{2..}^2) \\
 &= (1/3)(20.2^2 + 16.3^2 + 13.2^2) - (1/9)(49.7^2) \\
 &= 282.65666 - 274.45444 = 8.20222
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK J pada Ayam Broiler(U}_3) &= (1/3) \sum_{j=1}^3 y_{3j}^2 - (1/3 \times 3)(y_{3..}^2) \\
 &= (1/3)(16.4^2 + 19.8^2 + 19.4^2) - (1/9)(55.6^2) \\
 &= 509.88667 - 504.75111 = 5.13556
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Galat} &= \text{JK Total} - \text{JK Unggas} - \text{JK J pada U}_i - \text{JK Panelis} \\
 &= 34.0896 - 18.0496 - 15.6400 - 0.03630 = 0.36370
 \end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Panelis	2	0.0363	0.01815	0.80 ^{TN}	3.63	6.23	>0.05
Unggas (U)	2	18.0496	9.02481	397.02**	3.63	6.23	<0.01
J pada Ui	6	15.6400	2.60667	114.67**	2.74	4.20	<0.01
J pada U1	2	2.30222	1.15111	50.64**	3.63	6.23	<0.01
J pada U2	2	8.20222	4.10111	180.43**	3.63	6.23	<0.01
J pada U3	2	5.13556	2.56778	112.97**	3.63	6.23	<0.01
Galat	18	0.3637	0.02273				
Total	23	8.483					

Keterangan : TN Tidak Berpengaruh nyata (P>0.05)

**** Pengaruhnya sangat nyata (P<0.01)**

Jadi dapat disimpulkan bahwa Jenis Unggas berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap citarasa dagingnya, Jenis Itik, jenis ayam Buras dan jenis ayam Broiler berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap ciata rasa dagingnya.

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan citarasa antara jenis itik, jenis ayam Buras dan jenis ayam Broiler dilakukan Uji **BNT**

$$S_x \text{ Unggas} = \sqrt{2KTGalat/(3 \times 3)} = \sqrt{(2 \times 0.02273)/9} = \sqrt{0.006} = 0.0711$$

$$\text{BNT } 5\% = t_{(0.025; DB G = 16)} S_x = 2.120 \times 0.0711 = 0.1507$$

$$\text{BNT } 1\% = t_{(0.005; DB G = 16)} S_x = 2.921 \times 0.0711 = 0.2076$$

$$S_x \text{ Jenis pd Ui} = \sqrt{2KTGalat/3} = \sqrt{(2 \times 0.02273)/3} = \sqrt{0.015153} = 0.1231$$

$$\text{BNT } 5\% = t_{(0.025; DB G = 16)} S_x = 2.120 \times 0.1231 = 0.2610$$

$$\text{BNT } 1\% = t_{(0.005; DB G = 16)} S_x = 2.921 \times 0.1231 = 0.3596$$

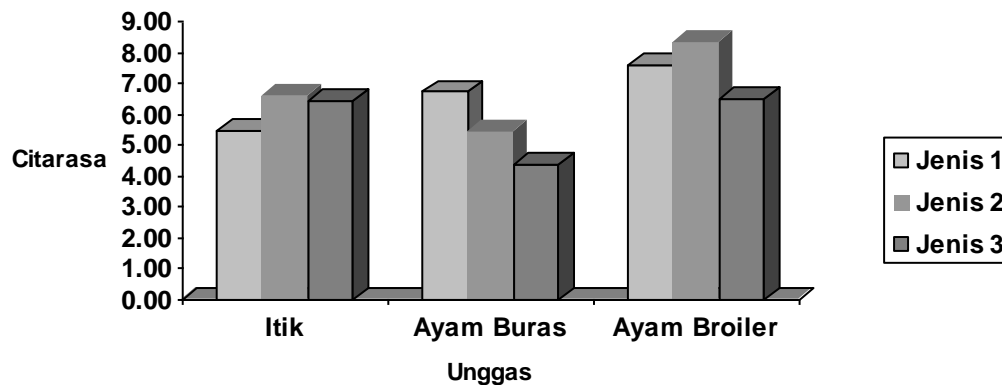
Tabel Hasil uji BNT

Unggas	Jenis	Rataaan	Signifikansi		Rataan	Signifikansi	
			0.05	0.01		0.05	0.01
Itik	1	5.4667	b	b	6.1778	b	b
	2	6.6000	a	a			
	3	6.4667	a	a			
Ayam Buras	1	6.7333	a	a	5.522	c	c
	2	5.4333	b	b			
	3	4.4000	c	c			
Ayam Broiler	1	7.6333	b	b	7.4889	a	a
	2	8.3333	a	a			
	3	6.5000	c	c			

Keterangan : Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kearah kolom nmenunjukkan berbeda nyata (P<0.01) atau berbeda sangat nyata (P<0.01) antara jenis pada unggas yang sama dan antar unggas yang berbeda, sebaliknya tidak berbeda nyata.

Hail uji BNT Tabel diatas dappat disimpulkan bahwa Citarasa olahan daging ayam broiler sangat nyata ($P<0.01$) paling enak dibandingkan dengan ayam buras dan itik dan antara itik dan ayam buras daging itik sangat nyata ($P<0.01$) lebih enak daripada ayam buras. Sedangkan cita rasa daging olahan itik jenis 1 sangat nyata ($P<0.01$) paling tidak enak dibandingkan dengan citarasa olahan daging jenis itik 2 dan 3, sedangkan citasa olahan daging jenis itik 2 dengan 3 tidak berbeda nyata ($P>0.05$). Citarasa olahan daging ayam buras jenis 1 sangat nyata ($P<0.01$) paling enak dibandingkan dengan citarasa daging olahan ayam buras jenis 2 dan 3, demikian juga citarasa daging olahan jenis ayam buras 2 dengan 3 berbeda sangat nyata ($P<0.01$). Citarasa daging olahan ayam broiler jenis 1 sangat nyata($P<0.01$) kurang enak dibandingkan dengan citarasa daging olahan ayam broier jenis 2, tetapi sangat nayata ($P<0.01$) lebih enak dibandingkan citarasa daging olahan ayam broiler jenis 3.

Oleh karena kedua faktor bersifat kualitatif, maka kita tidak bisa malakukan analisis Regresi-korelasi, kita hanya bisa menggambar dalam bentuk Histogram pada masing-masing Jenis Unggas, gambarnya sebagai berikut :



XIV. RANCANGAN ACAK LENGKAP POLA BERJENJANG

Rancangan Acak Lengkap Pola Berjenjang adalah rancangan percobaan dengan materi homogen atau tidak ada peubah pengganggu, rancangan ini sebenarnya merupakan rancangan acak lengkap sederhana (satu faktor) yang diulang dengan cara yang berbeda, cara pengulangan yang berbeda tersebut disebut faktor **Tambahan**, sedangkan faktor yang dirancang dengan materi yang homogen disebut faktor **Utama**. Rancangan ini disebut pula **Rancangan Acak Lengkap Split-Plot**, jika diulang dengan dimensi waktu yang berbedaa maka sering disebut **Rancangan Acak Lengkap Pola Split-Time**.

$$\text{Model Matematis RAL : } Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, u$$

Jika diulang sebanyak k yang berbeda, maka model matematisnya menjadi

Model matematis RAL Pola Split-Plot :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \epsilon_{ij} + B_k + AB_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, u \quad \text{dan } k = 1, 2, 3, \dots, b$$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor Utama taraf ke-i , Ulangan ke-j dan Faktor Tambahan taraf ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Utama pada taraf ke-i

ϵ_{ij} : Pengaruh Galat I pada Faktor Utama ke-i dan Ulangan ke-j

B_k : Pengaruh Faktor Tambahan pada taraf ke-k

AB_{ik} : Interaksi antara faktor Utama dengan faktor Tambahan ke-k.

ϵ_{ijk} : Pengaruh galat II pada Faktor Utama taraf ke-i, Ulangan ke-j dan faktor tambahan pada taraf ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i..}) + (\tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{..k} + \tilde{y}_{...}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{ij.} + \tilde{y}_{i..})$$

$$(y_{ijk} - \tilde{y}_{...}) = (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i..}) + (\tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{..k} + \tilde{y}_{...}) + (y_{ijk} - \tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{ij.} + \tilde{y}_{i..})$$

$$DB \longrightarrow (abu-1) = (a-1) + (au-a) + (b-1) + (ab-a-b+1) + (abu-ab-au+a)$$

$$(abu-1) = (a-1) + a(u-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + a(b-1)(u-1)$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ A} + DB \text{ GalatI} + DB \text{ B} + DB \text{ AB} + DB \text{ Galat II}$$

$$DB \text{ Total} = DB \text{ F Utama} + DB \text{ GalatI} + DB \text{ F Tambahan} + DB \text{ AB} + DB \text{ Galat II}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 +$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (y_{ijk} - \bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{ij.} + \bar{y}_{i..})^2$$

$$\text{JK Total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$\text{JK A(F Utama)} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = 1/bu \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Galat 1} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b [(\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..}) - (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})]^2 \\ &= [(1/b) \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u y_{ij.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{axbxu}] - \text{JK Faktor Utama} \end{aligned}$$

$$\text{JK B(F Tambahan)} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 = 1/au \sum_{j=1}^u y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}$$

$$\begin{aligned} \text{JK AB} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2 \\ &= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b [(y_{i.k} - \bar{y}_{i..}) + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})]^2 \\ &= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b [y_{i.k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} - \text{JK A} - \text{JK B}] \end{aligned}$$

$$\text{JK Galat II} = \text{JK Total} - \text{JK F Utama} - \text{JK Galat I} - \text{JK F Tambahan} - \text{JK AB}$$

Tabel Data (Umpama : a=2, b = 3 dan u = 4)

F Utama (i)	Ulangan (j)	F Tambahan (k)				Total (y _{ij.})
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	y ₁₁₃	Y ₁₁₄	y _{11.}
1	2	y ₁₂₁	y ₁₂₂	y ₁₂₃	Y ₁₂₄	y _{12.}
1	3	y ₁₃₁	y ₁₃₂	y ₁₃₃	Y ₁₃₄	y _{13.}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₁₂	y ₂₁₃	Y ₂₁₄	y _{21.}
2	2	y ₂₂₁	y ₂₂₂	y ₂₂₃	Y ₂₂₄	y _{22.}
2	3	y ₂₃₁	y ₂₃₃	y ₂₃₃	Y ₂₃₄	y _{23.}
Total (y _{..k})		y _{..1}	y _{..2}	y _{..3}	y _{..4}	y _{...}

Tabel Dua Arah F Utama Faktor Tambahan

Faktor A (i)	Faktor B (k)			Total (y _{i..})
	1	2	3	
1	y _{1.1}	y _{1.2}	y _{1.3}	Y _{1..}
2	y _{2.1}	y _{2.2}	y _{2.3}	Y _{2..}
Total (y _{..k})	y _{..1}	y _{..2}	y _{..3}	y _{...}

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
F Utama	(a-1)	JK A	JK A/(a-1)=A	A/GI			
Galat I	a(u-1)	JKGI	JKGI/a(u-1)=GI				
F Tambahan	(b-1)	JKB	JK B/(b-1) = B	B/GII			
Inter.(AB)	(a-1)(b-1)	JKAB	JKAB/(a-1)(b-1)=AB	ABGII			
Galat II	a(b-1)(u-1)	JKGII	JKGII/a(b-1)(u-1)=GII				
Total	(abu – 1)	JK T					

Hipotesis :

H₀₁ : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$.

H₁₁ : $\mu_i \neq \mu_i$ ’ $\forall i$

H₀₂ : $\mu_{i1} = \mu_{i2} = \mu_{i3} = \dots = \mu_{ib}$

H₁₂ : $\mu_{ij} \neq \mu_{ij}$ ’ $\forall ij$

Kesimpulan :

- Jika F Hitung (A/GI) < F Tabel (0,05; DB A, DB GI) maka H₀₁ diterima (P>0.05), hal ini berarti Faktor Utama tidak berpengaruh nyata (P>0,05).
- Jika F Hitung (A/GI) ≥ F Tabel (0,05; DB A, DB GI) maka H₀₁ ditolak (P<0.05), hal ini berarti Faktor Utama berpengaruh nyata (P<0,05).
- Jika F Hitung (A/GI) ≥ F Tabel (0,01; DB A, DB GI) maka H₀₁ ditolak (P<0.01), hal ini berarti Faktor Utama berpengaruh sangat nyata (P<0,01).
- Jika F Hitung (B/GII) < F Tabel (0,05; DB B, DB GII) maka H₀₂ diterima (P>0.05), hal ini berarti F. Tambahan tidak berpengaruh nyata (P>0,05).
- Jika F Hitung (B/GII) ≥ F Tabel (0,05; DB B, DB GII) maka H₀₂ ditolak (P<0.05), hal ini berarti F. Tambahan pada A_i berpengaruh nyata (P<0,05).
- Jika F Hitung (B/GII) ≥ F Tabel (0,01; DB B, DB GII) maka H₀₂ ditolak (P<0.01), hal ini berarti F. tambahan berpengaruh sangat nyata (P<0,01).

Teladan 9.

Seorang peneliti ingin mengetahui perbedaan fertilitas telur ayam Buras yang dipelihara dengan 3 sistem perkandangan yang berbeda, tiap sistem perkandangan diulang atau digunakan 5 buah kandang dan tiap kandang diisi dengan 5 ekor ayam buras betina dan 1 ekor ayam buras jantan, sehingga dalam penelitian ini digunakan 75 ekor ayam buras betina dan 15 ekor jantan. Fertilitas yang diamati sebanyak 3 kali yaitu pada periode peneluran pertama, kedua dan ketiga sebagai faktor tambahan.

Tabel Data Fertilitas sebagai berikut :

<i>Sistem Pemeliharaan (i)</i>	<i>Periode Peneluran (k)</i>	<i>Ulangan (j)</i>					<i>Total (y_{i.k})</i>
		1	2	3	4	5	
1	1	50.00	57.14	50.00	50.00	62.50	269.64
	2	71.43	71.43	75.00	71.43	83.33	372.62
	3	83.33	62.50	85.71	85.71	83.33	400.58
2	1	75.00	75.00	87.50	66.67	71.43	375.60
	2	85.71	71.43	71.43	87.50	85.71	401.78
	3	100.00	87.50	100.00	87.50	100.00	475.00
3	1	75.00	85.71	71.43	85.71	75.00	392.85
	2	100.00	71.43	83.30	75.00	100.00	429.73
	3	87.50	87.50	100.00	87.50	100.00	462.50
Total (y _{j.})		272.97	669.64	724.37	697.02	761.30	3580.30

Tabel Dua Arah antara Sistem Pemeliharaan dengan Periode Peneluran

<i>Sistem Pemeliharaan</i>	<i>Periode Peneluran</i>			<i>Total</i>
	1	2	3	
1	269.64	372.62	400.58	1042.84
2	375.60	401.78	475.00	1253.38
3	292.85	429.73	462.50	1285.08
Total	1038.09	1204.13	1338.08	3580.30

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^3 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 5 \times 3} \\ &= 50.00^2 + 57.14^2 + \dots + 100.00^2 - (3580.30^2)/45 \\ &= 293031.85422 - 284856.62422 = 8175.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Sistem Pemeliharaan} &= (1/3 \times 5) \sum_{i=1}^3 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 5 \times 3} \\ &= (1/15) (1042.84^2 + 1253.38^2 + 1285.08^2) - (3580.30^2)/45 \\ &= 287160.10422 - 284856.62422 = 2303.48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Galat I} &= [(1/3) \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y_{ij}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 5 \times 3}] - \text{JK Sistem Pemeliharaan} \\ &= [(1/3)(204.76^2 + 191.07^2 + \dots + 275.00^2) - (3580.30^2)/45] - 2303.48 \\ &= 2941.048 - 2303.48 = 637.568\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Periode Peneluran(P)} &= (1/3 \times 5) \sum_{j=1}^3 y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 5 \times 3} \\ &= (1/15) (1038.09^2 + 1204.13^2 + 1338.08^2) - (3580.30^2)/45 \\ &= 287867.86422 - 284856.62422 = 3011.24\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK SP} &= [(1/5) \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^3 [y_{i.k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{3 \times 5 \times 3}]] - \text{JK S} - \text{JK P} \\ &= [(1/5)(269.64^2 + 272.62^2 + \dots + 462.50^2) - (3580.30^2)/45] - 2303.48 - 3011.24 \\ &= 5753.077 - 2303.48 - 3011.24 = 438.357\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{JK Galat II} &= \text{JK Total} - \text{JK F Utama} - \text{JK Galat I} - \text{JK F Tambahan} - \text{JK SP} \\ &= 8175.23 - 2303.48 - 637.568 - 3011.24 - 438.357 = 1784.59\end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Sistem P (S)	2	2303.480	1151.740	21.68**	3.89	6.93	<0.01
Galat I	12	637.568	53.131				
Periode P(P)	2	3011.240	1505.62	20.25**	3.40	5.61	<0.01
Inter. (SP)	4	438.357	109.589	1.47 ^{TN}	2.78	4.22	>0.05
Galat II	24	1784.590	74.358				
Total	44	8175.23					

Keterangan :

**** : Berpengaruh sangat nyata (P<0.01)**

TN : Tidak Berpengaruh nyata (P>0.5).

Jadi dapat disimpulkan bahwa Sistem Perkandangan berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap fertilitas telur ayam, demikian juga Periode Peneluran berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap fertilitas telur ayam. Tetapi tidak terjadi interaksi yang nyata (P>0.05) antara Sistem Pemeliharaan dengan Periode Peneluran.

Oleh karena Sistem pemeliharaan dan Periode peneluran keduanya bersifat kualitatif, maka hanya bisa dilakukan uji rata-rata antar sistem pemeliharaan dan periode peneluran, salah satu ujinya adalah **Uji BNT** .

Uji BNT Sistem Pemeliharaan

$$SxS = \sqrt{(2KTGalatl)/3x5)} = \sqrt{(2x53.130)/15} = 2.6616$$

$$\text{BNT 5\% - } t_{(0.025;DB \text{ Galat I})} SxS = 2.179 \times 2.6616 = 5.7991$$

$$\text{BNT 1\% - } t_{(0.005;DB \text{ Galat I})} SxS = 3.055 \times 2.6616 = 8.1299$$

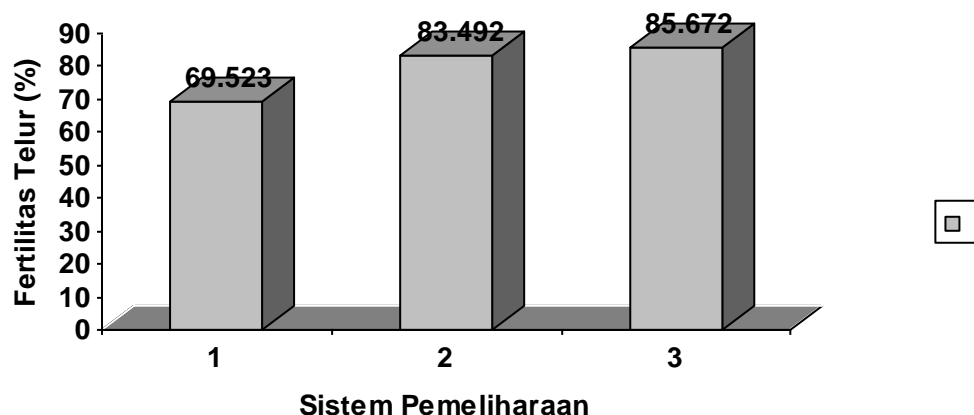
<i>Sistem Pemeliharaan</i>	<i>Rata-rata</i>	<i>Signifikansi</i>	
		0.05	0.01
1	69.523	b	B
2	83.492	a	A
3	85.672	a	A

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$) atau sangat nyata ($P < 0.01$), sebaliknya huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Kesimpulan :

Jadi dapat disimpulkan fertilitas ayam buras antara Sistem Pemeliharaan 1 berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) dengan fertilitas ayam buras Sistem Pemeliharaan 2 dan 3, tetapi fertilitas ayam buras antara sistem pemeliharaan 2 dengan 3 tidak berbeda nyata ($P > 0.5$).



Uji BNT Peride Peneluran

$$SxP = \sqrt{(2KTGalatI)/3x5)} = \sqrt{(2x74.3579)/15} = 3.1487$$

$$BNT\ 5\% - t_{(0.025;DB\ Galat\ II)} SxP = 2.084 \times 3.1487 = 6.4986$$

$$BNT\ 1\% - t_{(0.005;DB\ Galat\ II)} SxP = 2.797 \times 3.1487 = 8.8066$$

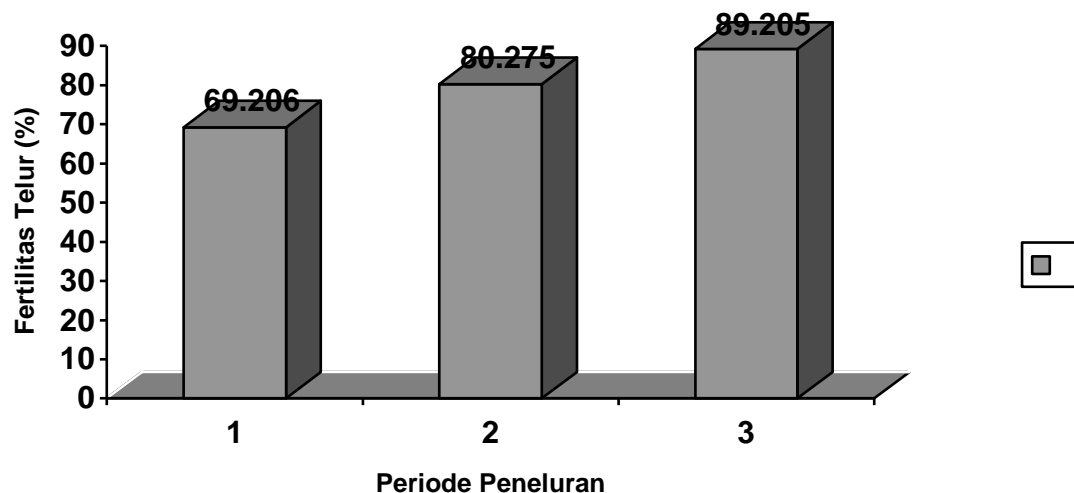
Periode Peneluran	Rata-rata	Signifikansi	
		0.05	0.01
1	69.206	c	C
2	80.275	b	B
3	89.205	a	A

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P<0.05$) atau sangat nyata ($P<0.01$).

Kesimpulan :

Jadi dapat disimpulkan fertilitas ayam buras antara Periode Peneluran 1, 2 dan 3 saling berbeda sangat nyata ($P<0.01$).



XV. RANCANGAN ACAK KELOMPOK POLA BERJENJANG

Rancangan Acak Kelompok Pola Berjenjang adalah rancangan percobaan dengan materi tidak homogen atau ada peubah pengganggu, rancangan ini sebenarnya merupakan rancangan acak kelompok sederhana (satu faktor) yang diulang dengan cara yang berbeda, cara pengulangan yang berbeda tersebut disebut faktor **Tambahan**, sedangkan faktor yang dirancang dengan materi yang tidak homogen disebut faktor **Utama**. Rancangan ini disebut pula **Rancangan Acak Kelompok Pola Split-Plot**, jika diulang dengan dimensi waktu yang berbedaa maka sering disebut **Rancangan Acak Kelompok Pola Split-Time**.

$$\text{Model Matematis RAK : } Y_{ij} = \mu + A_i + K_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, u$$

Jika diulang sebanyak k yang berbeda, maka model matematisnya menjadi

Model matematis RAL Pola Split-Plot :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + K_j + \epsilon_{ij} + B_k + AB_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, a \quad j = 1, 2, 3, \dots, u \quad \text{dan } k = 1, 2, 3, \dots, b$$

Disini :

Y_{ijk} : Pengamatan Faktor Utama taraf ke-i , Kelompok, ke-j dan Faktor Tambahan taraf ke-k

μ : Rataan Umum

A_i : Pengaruh Utama pada taraf ke-i

K_j : Pengaruh Kelompok ke-j

ϵ_{ij} : Pengaruh Galat I pada Faktor Utama ke-i dan Ulangan ke-j

B_k : Pengaruh Faktor Tambahan pada taraf ke-k

AB_{ik} : Interaksi antara faktor Utama dengan faktor Tambahan Kelompok ke-k.

ϵ_{ijk} : Pengaruh galat II pada Faktor Utama taraf ke-i, Ulangan ke-j dan faktor tambahan pada taraf ke-k

Model diatas diduga berdasarkan datanya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 y_{ijk} &= \tilde{y}_{...} + (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.j.} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{.j.} + \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{..k} + \tilde{y}_{...}) + \\
 &\quad (y_{ijk} - \tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{ij.} + \tilde{y}_{i..}) \\
 (y_{ijk} - \tilde{y}_{...}) &= (\tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{.j.} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{ij.} - \tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{.j.} + \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{..k} - \tilde{y}_{...}) + (\tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{i..} - \tilde{y}_{..k} + \tilde{y}_{...}) + \\
 &\quad (y_{ijk} - \tilde{y}_{i.k} - \tilde{y}_{ij.} + \tilde{y}_{i..}) \\
 DB &\longrightarrow (abu-1) = (a-1) + (u-1)(au-a-u+1) + (b-1) + (ab-a-b+1) + (abu-ab-au+a) \\
 (abu-1) &= (a-1) + (a-1)u-1 + (b-1) + (a-1)(b-1) + a(b-1)(u-1) \\
 DB \text{ Total} &= DB \text{ A} + DB \text{ K} + DB \text{ Galat I} + DB \text{ B} + DB \text{ AB} + DB \text{ Galat II}
 \end{aligned}$$

Kalau kita jumlahkan dan kuadratkan maka :

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 + \\
 &\quad \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 + \\
 &\quad \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (y_{ijk} - \bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{ij.} + \bar{y}_{i..})^2 \\
 JK \text{ Total} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (y_{ijk} - \bar{y}_{...})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} \\
 JK \text{ A(F Utama)} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2 = 1/bu \sum_{i=1}^a \bar{y}_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} \\
 JK \text{ Kelompok} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2 = 1/ab \sum_{j=1}^u \bar{y}_{.j.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} \\
 JK \text{ Galat 1} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2 \\
 &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b [(\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{...}) - (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) - (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})]^2 \\
 &= [(1/b) \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \bar{y}_{ij.}^2 - \frac{(y_{...})^2}{axbxu}] - JK \text{ Faktor Utama} - JK \text{ Kelompok} \\
 JK \text{ B(F Tambahan)} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})^2 = 1/au \sum_{j=1}^u \bar{y}_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu} \\
 JK \text{ AB} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^b (\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...})^2 \\
 &= 1/u \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b [(\bar{y}_{i.k} - \bar{y}_{..k}) + (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...}) + (\bar{y}_{..k} - \bar{y}_{...})]^2 \\
 &= [1/u \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b \bar{y}_{i.k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{abu}] - JK \text{ A} - JK \text{ B} \\
 JK \text{ Galat II} &= JK \text{ Total} - JK \text{ F Utama} - JK \text{ K} - JK \text{ Galat I} - JK \text{ B} - JK \text{ AB}
 \end{aligned}$$

Tabel Data (Umpama : a=2, b = 3 dan u = 4)

F Utama (i)	Kelompok (j)	F Tambahan (k)				Total (yij.)
		1	2	3	4	
1	1	y ₁₁₁	y ₁₁₂	y ₁₁₃	Y ₁₁₄	y _{11.}
1	2	y ₁₂₁	y ₁₂₂	y ₁₂₃	Y ₁₂₄	y _{12.}
1	3	y ₁₃₁	y ₁₃₂	y ₁₃₃	Y ₁₃₄	y _{13.}
2	1	y ₂₁₁	y ₂₁₂	y ₂₁₃	Y ₂₁₄	y _{21.}
2	2	y ₂₂₁	y ₂₂₂	y ₂₂₃	Y ₂₂₄	y _{22.}
2	3	y ₂₃₁	y ₂₃₃	y ₂₃₃	Y ₂₃₄	y _{23.}
Total (y..k)		y.. ₁	y.. ₂	y.. ₃	y.. ₄	y...

Tabel Dua Arah F Utama Faktor Tambahan

Faktor A (i)	Faktor B (k)			Total (yi..)
	1	2	3	
1	Y _{1.1}	y _{1.2}	y _{1.3}	Y _{1..}
2	Y _{2.1}	y _{2.2}	y _{2.3}	Y _{2..}
Total (y..k)	y.. ₁	y.. ₁	y.. ₁	y...

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	(u-1)	JKK	JKK/(u-1)=K	K/GI			
F Utama	(a-1)	JK A	JK A/(a-1)=A	A/GI			
Galat I	(a-1)(u-1)	JKGI	JKGI/(a-1)(u-1)=GI				
F Tambahan	(b-1)	JKB	JK B/(b-1) = B	B/GII			
Inter.(AB)	(a-1)(b-1)	JKAB	JKAB/(a-1)(b-1)=AB	ABGII			
Galat II	a(b-1)(u-1)	JKGII	JKGII/a(b-1)(u-1)=GII				
Total	(abu - 1)	JK T					

Hipotesis :

$$H_{01} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_a$$

$$H_{11} : \mu_i \neq \mu_i' \quad \forall i$$

$$H_{02} : \mu_{i1} = \mu_{i2} = \mu_{i3} = \dots = \mu_{ib}$$

$$H_{12} : \mu_{ij} \neq \mu_{ij'} \quad \forall ij$$

Kesimpulan :

- Jika F Hitung (A/GI) < F Tabel (0,05; DB A, DB GI) maka H_{01} diterima ($P > 0,05$), hal ini berarti Faktor Utama tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (A/GI) \geq F Tabel (0,05; DB A, DB GI) maka H_{01} ditolak ($P < 0,05$), hal ini berarti Faktor Utama berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (A/GI) \geq F Tabel (0,01; DB A, DB GI) maka H_{01} ditolak ($P < 0,01$), hal ini berarti Faktor Utama berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).
- Jika F Hitung (B/GII) < F Tabel (0,05; DBB, DBGII) maka H_{02} diterima ($P > 0,05$), hal ini berarti F. Tambahan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$).
- Jika F Hitung (B/GII) \geq F Tabel (0,05; DB B, DB GII) maka H_{02} ditolak ($P < 0,05$), hal ini berarti F. Tambahan pada Ai berpengaruh nyata ($P < 0,05$).
- Jika F Hitung (B/GII) \geq F Tabel (0,01; DB B, DB GII) maka H_{02} ditolak ($P < 0,01$), hal ini berarti F. tambahan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).

Teladan 9.

Seorang Peneliti ingin mengetahui pengaruh pemberian Kaporit dan lama Klorinasi terhadap bakteri Koliform air limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Pesanggaran Denpasar Bali. Untuk tujuan tersebut diambil 4 liter air limbah, kemudian dimasukkan kedalam 4 buah toples plastik masing-masing sebanyak 1 liter, kemudian toples tersebut diberikan : 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm kaporit. Waktu Klorinasi yang diamati 0, 2, 4 dan 6 jam. Penelitian ini diulang sebanyak 3 kali, setiap 3 hari sekali

Tabel Data Log Jumlah Koliform yang Diperoleh Sebagai Berikut :

<i>Dosis Kaporit (i)</i>	<i>Kelompok (j)</i>	<i>Lama Klorinasi (k)</i>				<i>Total (y_{ij.})</i>
		0	2	4	6	
0 ppm	1	9.1761	9.9877	10.9370	11.0170	41.1178
	2	9.3345	10.1700	11.0090	12.7980	43.3115
	3	10.2040	10.2740	11.2360	12.7780	44.4920
Total(y _{1.k})		28.7146	30.4317	33.1820	36.5930	128.9213
100 ppm	1	9.0828	8.7868	7.5955	7.4216	32.8867
	2	8.9581	8.2833	7.6454	6.9445	31.8313
	3	8.9201	8.3010	7.3729	7.1703	31.7643
Total(y _{2.k})		26.9610	25.3711	22.6138	21.5364	96.4823
200 ppm	1	8.7910	7.8704	7.2823	6.8573	30.8020
	2	8.8704	8.1206	7.1072	6.8573	30.9555
	3	8.7160	7.9415	6.9243	6.7709	30.3524
Total(y _{3.k})		26.3774	23.9325	21.3148	20.4855	92.1102
300 ppm	1	8.7782	7.3181	6.7451	6.3655	29.2069
	2	8.6513	7.8549	7.0492	6.7924	30.3478
	3	8.5051	7.8573	6.4346	6.1818	28.9788
Total(y _{4.k})		25.9346	23.6303	26.2289	19.3397	88.5335
Total(y _{..k})		107.9876	102.7656	97.3395	97.9546	406.0473

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 y_{ijk}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 3 \times 4} \\
 &= 9.1761^2 + 9.9877^2 + \dots + 6.1818^2 - (1/48)(406.0473^2) \\
 &= 3558.9372 - 3434.8835 = 124.05370 \\
 \text{JK Konsentrasi(K)} &= (1/4 \times 3) \sum_{i=1}^4 y_{i..}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 3 \times 4} \\
 &= (1/12)(128.9213^2 + 96.4823^2 + 92.1102^2 + 88.5335^2 - (1/48)(406.0473^2) \\
 &= 35209970 - 3434.8835 = 86.1135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{JK Kelompok} &= (1/4 \times 4) \sum_{i=1}^3 y_{.j}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 3 \times 4} \\
&= (1/16)(134.0134^2 + 136.4461^2 + 135.5878^2 - (1/48)(406.0473^2)) \\
&= 3435.07386 - 3434.8835 = 0.19036 \\
\text{JK Galat I} &= [(1/4) \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 y_{ij}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 3 \times 4}] - \text{JK Konsentrasi} - \text{JK Kelompok} \\
&= [(1/4)(41.1178^2 + 43.3115^2 + \dots + 28.9788^2 - (1/48)(406.0473^2))] - 86.1135 - 0.19036 \\
&= 87.90567 - 86.1135 - 0.19036 = 1.79217 \\
\text{JK Waktu Klorinasi (W)} &= (1/4 \times 3) \sum_{j=1}^4 y_{..k}^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 3 \times 4} \\
&= (1/12)(107.9876^2 + 102.765^2 + 97.3395^2 - (1/48)(406.0473^2)) \\
&= 3441.0135 - 3434.8835 = 6.13180 \\
\text{JKKW} &= [(1/3) \sum_{i=1}^4 \sum_{k=1}^4 (y_{i.k})^2 - \frac{(y_{...})^2}{4 \times 3 \times 4}] - \text{JK K} - \text{JK W} \\
&= [(1/3)(28.7146^2 + 30.4317^2 + \dots + 19.3397^2 - (1/48)(406.0473^2))] - 86.1135 - 6.1318 \\
&= 120.20110 - 86.1135 - 6.1318 = 27.9456 \\
\text{JK Galat II} &= \text{JK Total} - \text{JK F Utama} - \text{JK K} - \text{JKGI} - \text{JK F Tambahan} - \text{JKAB} \\
&= 124.05370 - 86.1136 - 0.19036 - 1.79217 - 6.1318 - 27.9456 = 1.87603 \\
&= 1.87603
\end{aligned}$$

Tabel Daftar Sidik Ragam.

S K	D B	J K	K T	F H	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Kelompok	2	0.19036	0.0952	0.32 ^{TN}	5.14	10.92	>0.05
Konsentrasi(K)	3	86.11350	28.7045	96.10**	4.76	9.72	<0.01
Galat I	6	1.79217	0.2987				
Waktu (W)	3	6.13160	2.0439	26.15**	3.01	4.72	<0.01
Inter. (KW)	9	27.94560	3.1051	39.72**	2.30	3.25	<0.01
Galat II	24	1.87603	0.0782				
Total	47	124.05370					

Keterangan :

**** : Berpengaruh sangat nyata (P<0.01)**

TN : Tidak Berpengaruh nyata (P>0.5).

Jadi dapat disimpulkan bahwa Konsentrasi Kaporit berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap log jumlah bakteri Koliform air limbah RPH Pesanggaran, demikian juga Waktu Korinasi berpengaruh sangat nyata (P<0.01) terhadap jumlah bakteri Koliform air limbah RPH Pesanggaran. Terjadi interaksi yang

sangat nyata ($P < 0.01$) antara Konsentrasi Kaporit dengan Waktu Klorinasi terhadap jumlah bakteri Koliform air limbah RPH Pesanggaran. Kelompok tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$), hal ini berarti tidak ada variasi jumlah bakteri Koliform selama penelitian.

Selanjutnya untuk mengetahui beda rata-rata dilanjutkan dengan **Uji Rentangan berganda Duncan**.

Pengujian Faktor Utama (Konsentrasi)

$$S_x K = \sqrt{(KTGalat I)/(4 \times 3)} = \sqrt{0.29869/12} = 0.1573028$$

Tabel Rentangan Berganda Duncan

<i>P</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
SSR 0.05	3.46	3.58	3.64
SSR 0.01	5.24	5.51	5.65
LSR 0.05	0.54	0.56	0.57
LSR 0.01	0.82	0.87	0.89

Tabel : Hasil Uji Rentangan Berganda Duncan Pengaruh Konsentrasi terhadap Log Jumlah Koliform.

Konsentrasi Kaporit	Rata-rata Lg Jumlah Koliform	Signifikansi	
		0.05	0.01
0 ppm	10.7430	a	a
100 ppm	8.0402	b	B
200 ppm	7.6758	bc	B
300 ppm	7.3778	c	B

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$) atau berbeda sangat nyata ($P < 0.01$), sebaliknya huruf yang sama kearah kolom menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Jadi dapat disimpulkan bahwa pemberian kaporit 100 ppm sampai dengan 300 ppm sangat nyata ($P < 0.01$) dapat menurunkan log jumlah koliform air limbah RPH Pesanggaran. Peningkatan konsentrasi dari 100 ppm menjadi 300 ppm nyata ($P < 0.05$) dapat menurunkan log jumlah koliform, sedangkan antara konsentrasi 100 ppm dengan 200 ppm dan antara 200 ppm dengan 300 ppm log jumlah koliformnya tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Pengujian Faktor Tambahan (Lama Klorinasi)

$$S_x K = \sqrt{(KTGalat II)/(4 \times 3)} = \sqrt{0.07817/12} = 0.08071039$$

Tabel Rentangan Berganda Duncan

<i>P</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
SSR 0.05	2.92	3.07	3.16
SSR 0.01	3.96	4.14	4.24
LSR 0.05	0.237	0.248	0.254
LSR 0.01	0.320	0.334	0.342

Tabel : Hasil Uji Rentangan Berganda Duncan Pengaruh Lama Klorinasi terhadap Log Jumlah Koliform.

<i>Lama Klorinasi</i>	<i>Rata-rata Lg Jumlah Koliform</i>	<i>Signifikansi</i>	
		0.05	0.01
0 Jam	8.9990	a	A
2 Jam	8.5638	b	B
4 Jam	8.1629	c	c
6 Jam	8.1116	c	C

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah kolom menunjukkan berbeda nyata ($P < 0.05$) atau berbeda sangat nyata ($P < 0.01$), sebaliknya huruf yang sama kearah kolom menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Jadi dapat disimpulkan bahwa lama klorinasi 2 jam sangat nyata ($P < 0.01$) dapat menurunkan log jumlah koliform air limbah RPH Pesanggaran. Peningkatan lama klorinasi dari 2 jam menjadi 4 jam sangat nyata ($P < 0.01$) dapat menurunkan log jumlah koliform, sedangkan antara lama klorinasi 4 jam dengan 6 jam log jumlah koliformnya tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Pengujian Interaksi K dengan W

Pengujian L pada Kj

$$S_x L \text{ pada } K_j = \sqrt{(KTGalat II)/(3)} = \sqrt{0.29869/3} = 0.161408$$

Pengujian K pada Lk

$$\begin{aligned}
 S_x K \text{ pada } L_k &= \sqrt{[(4-1)KTGalat II + Galat II]/(3 \times 4)} \\
 &= \sqrt{[(4-1)0.07817 + 0.29869]/(3 \times 4)} = 0.2107922
 \end{aligned}$$

Tabel Rentangan Berganda Duncan

<i>P</i>	2	3	4
SSR 0.05	2.92	3.07	3.16
SSR 0.01	3.96	4.14	4.24
LSR 0.05 L pd Ki	0.47	0.50	0.51
LSR 0.05 K pd Lk	0.62	0.65	0.66

Tabel : Hasil Uji Rentangan Berganda Duncan interaksi antara Konsentrasi Kaporit dengan Lama Klorinasi terhadap Log Jumlah Koliform.

<i>Konsentrasi Kaporit</i>	<i>Lama Klorinasi</i>			
	0 Jam	2 Jam	4 Jam	6 Jam
0 ppm	9.572 D a	10.144 Ca	11.060 Ba	12.198 A
100 ppm	8.987 A ab	8.457 B b	7.538 C b	7.179 C b
200 ppm	8.792 A b	7.978 B bc	7.105 C bc	6.829 C bc
300 ppm	8.645 A b	7.677 B c	6.743 C c	6.477 C c

Keterangan :

Nilai dengan huruf yang berbeda kearah baris (huruf besar) dan kolom (huruf kecil) menunjukkan berbeda nyata($P<0.05$) atau berbeda sangat nyata ($P<0.01$), sebaliknya huruf yang sama kearah baris dan kolom menunjukkan tidak berbeda nyata ($P>0.05$).

Catatan : Untuk Pengujian pada taraf 1% cba lakukan sendiri

Jadi dapat disimpulkan bahwa air limbah yang tidak diberikan.kaporit (0 ppm) terjadi peningkatan koliform yang nyata ($P<0.05$) dari 0 jam sampai dengan 6 jam. Sedangkan yang diberikan kaporit konsentrasi 100 ppm sampai dengan 300 ppm terjadi penurunan jumlah koliform yang nyata ($P<0.05$) dari 0 jam sampai dengan 4 jam, tetapi antar 4 jam dengan 6 jam terjadi penurunan yang tidak nyata ($P>0.05$). Pada klorinasi 0 jam jumlah koliform antara 0 ppm dengan 100 ppm tidak berbeda nyata ($P>0.05$), demikian juga antara 100 ppm dengan 200 ppm dan 300 ppm tidak berbeda nyata ($P>0.05$), sedangkan antara 200 ppm dan 200 ppm dengan 0 ppm jumlah koliformnya berbeda nyata ($P>0.05$). Pada lama klorinasi 2 jam, 4 jam dan 6 jam jumlah koliformnya nyata

($P < 0.05$) terjadi penurunan antara yang tidak diberikan kaporit dengan yang diberikan kaporit 100 – 300 ppm, sedangkan antara konsentrasi kaporit 100 ppm dengan 200 ppm dan antara 200 ppm dengan 300 ppm tidak terdapat perbedaan yang nyata ($P < 0.05$), jadi pada penyimpanan 2 jam – 6 jam hanya terjadi penurunan yang nyata ($P < 0.05$) dari 100 ppm ke- 300 ppm.

Oleh karena faktor Konsentrasi (K) dan lama Klorinasi (L) bersifat kualitatif maka untuk mencari bentuk hubungan dengan log jumlah koliform perlu dilanjutkan dengan uji Regresi-Korelasi.

Secara umum bentuk persamaan garis regresinya adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 K^2 + \beta_3 K^3 + \beta_4 L + \beta_5 L^2 + \beta_6 L^3 + \beta_7 KL + \beta_8 KL^2 + \beta_9 KL^3 + \beta_{10} K^2 L + \beta_{11} K^2 L^2 + \beta_{12} K^2 L^3 + \beta_{13} K^3 L + \beta_{14} K^3 L^2 + \beta_{15} K^3 L^3$$

Setelah dilakukan Analisis Regresi-Korelasi dengan metode Step Wise, maka diperoleh persamaan : $Y = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 L + \beta_3 L^2 + \beta_4 KL + \beta_5 K^2 L + \beta_6 K^3 L$

Dari bentuk persamaan tersebut kita bisa mencari $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$, dan β_6 , dengan menyelesaikan matriks $X'Y = X'X\beta$, matriks tersebut adalah :

$$\begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum KY \\ \sum LY \\ \sum L^2 Y \\ \sum KLY \\ \sum K^2 LY \\ \sum K^3 LY \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 48 & \sum K & \sum L & \sum L^2 & \sum KL & \sum K^2 L & \sum K^3 L \\ \sum K & \sum K^2 & \sum KL & \sum KL^2 & \sum K^2 L & \sum K^3 L & \sum K^4 L \\ \sum L & \sum KL & \sum L^2 & \sum L^3 & \sum KL^2 & \sum K^2 L^2 & \sum K^3 L^2 \\ \sum L^2 & \sum KL^2 & \sum L^3 & \sum L^4 & \sum KL^3 & \sum K^2 L^3 & \sum K^3 L^3 \\ \sum KL & \sum K^2 L & \sum KL^2 & \sum KL^3 & \sum K^2 L^2 & \sum K^3 L^2 & \sum K^4 L^2 \\ \sum K^2 L & \sum K^3 L & \sum K^2 L^2 & \sum K^2 L^3 & \sum K^3 L^2 & \sum K^4 L^2 & \sum K^5 L^2 \\ \sum K^3 L & \sum K^4 L & \sum K^3 L^2 & \sum K^3 L^3 & \sum K^4 L^2 & \sum K^5 L^2 & \sum K^6 L^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \\ \beta_6 \end{pmatrix}$$

Coba selesaikan matriks diatas, sehingga diperoleh hasil : $\beta = (X'X)^{-1} X'Y$

$$\begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \\ \beta_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9.48289 \\ -0.00305 \\ 0.27077 \\ 0.03041 \\ -0.01418 \\ 0.000076 \\ -0.000000126 \end{pmatrix}$$

Jadi Persamaan garis regresinya adalah :

$$Y = 9.48289 - 0.00305K + 0.27077L + 0.030041L^2 - 0.01418KL \\ + 0.000076K^2L + 0.000000126K^3L$$

Pengujian terhadap ketelitian dan ketepatan persamaan garis regresi dapat dilakukan dengan jalan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{JK Regresi} &= (X'Y)'\beta - (1/48)(\sum_{i=1}^{48} y_i)^2 \\ &= \beta_0 \sum_{i=1}^{48} y_i + \beta_1 \sum_{i=1}^{48} K_{iy_i} + \beta_2 \sum_{i=1}^{48} L_{iy_i} + \beta_3 \sum_{i=1}^{48} L_i^2 y_i + \beta_4 \sum_{i=1}^{48} K_i L_{iy_i} \\ &\quad + \beta_5 \sum_{i=1}^{48} K_i^2 L_{iy_i} + \beta_6 \sum_{i=1}^{48} K_i^3 L_{iy_i} - (1/48)(\sum_{i=1}^{48} y_i)^2 \\ &= 119.781 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= \sum_{i=1}^{48} y_i^2 - (1/48)(\sum_{i=1}^{48} y_i)^2 \\ &= 3558.9372 - (1/48)(304.7749^2) \\ &= 3558.9372 - 3434.8835 = 124.050 \end{aligned}$$

$$\text{JK Galat} = \text{JK Ttal} - \text{JK Regresi} = 124.050 - 119.781 = 4.289$$

Tabel Sidik Ragam Regresi

S K	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel		P
					0.05	0.01	
Regresi	6	119.761	19.9602	190.84**	2.34	3.20	<0.01
Galat	41	4.289	0.1046				
Total	47	124.050					

Keterangan : ** Garis Regresinya sangat nyata (P<0.01)

$$R^2 = \text{JK Regresi} / \text{Jk Total} = 119761 / 124.050 = 0.9654$$

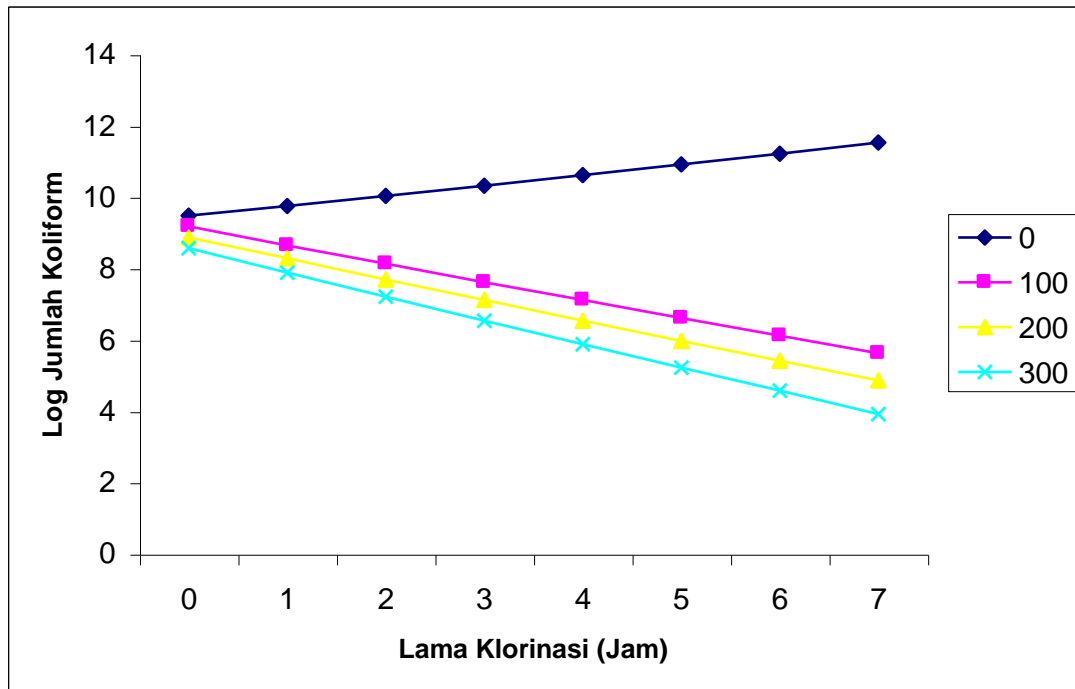
$$R = \pm \sqrt{0.9654} = \pm 0.9826$$

Tabel Pengujian Koefisien Krelasi (R)

Koefisien Korelasi	R Hitung	R Tabel	
		0.05	0.01
R	0.9826	0.455	0.556

Keterangan : ** Koefisien Korelasinya sangat nyata (P<0.01)

Dengan memasukkan nilai K dan L pada persamaan kita dapat menggambar persamaan tersebut yaitu sebagai berikut :



Kesimpulan :

Makin tinggi dosis Kaporit yang diberikan Log Jumlah Koliform semakin menurun, makin lama waktu Klorinasi terjadi peningkatan log jumlah Koliform pada air limbah RPH Pesanggaran Denpasar yang tidak diberikan Kaporit ($K = 0$ ppm), sedangkan yang diberikan kaporit makin lama waktu Klorinasi loh jumlah Koliformnya semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisjahbana, S.T 1981. Pembimbing Kefilsafat Metafisika. Sari Pustaka Universitas. Penerbit Dian Rakyat. Cetakan Kelima.
- Hicks, C.H. 1982. Fundamental Concepts in the Design of Experiment, Publ. SBS Collage.
- Hosmer, D.W. and S. Lemeshow. 1989. Applied Logistic Regression, John Willy & Sones. New York.
- Liang Gie. 1981`. Filsafat Matematik. Pengantar Pengenalan . Penerbit Super sukses Yogyakarta. Cetakan ke-2.
- Musa, M.S dan A.H Nasoetion. 1989. Bahan Pengajaran Perancangan dan Analisis Percobaan Ilmiah. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB.
- Nawawi, H.H. 1983. Metode Penelitian Bidang Sosial Gadajah Mada University Press.
- Rawlings, J.O. 1988 Applied Regression Analysis. A Research Tool. North Carolina State University Wadawart & Brooke. Pacific Grove, California.
- Steel, R G D and J.H. Torrie. 1984. Principles and Prosedures of Statistics. A Biometrical Approach. Acond Ed. , Mc. Grow Hill Tokyo.
- Sudradjat, M S W. 1085. Statistika Nonparametrik. Penerbit Armico Bandung.