

Buku Perancangan Percobaan Agroteknologi ini diberikan untuk memperjelas penelitian eksperimen, sehingga mahasiswa, dan peneliti lebih terarah dan memiliki perencanaan yang matang. Rancangan Percobaan di perlukan sebagai suatu usaha merancang pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan, khususnya bila menggunakan eksperimen/percobaan.

Buku ini memberikan dasar-dasar rancangan percobaan, dimulai dengan pengenalan istilah umum yang sering digunakan. Materi kemudian dilanjutkan dengan membahas rancangan lapangan dan rancangan perlakuan dasar, sehingga efisiensi percobaan tercapai.

ISBN 978-623-98133-4-5 (PDF)



MAI WANDEU
LAW OFFICE

BUKU AJAR
PERANCANGAN PERCOBAAN AGROTEKNOLOGI

PERANCANGAN PERCOBAAN AGROTEKNOLOGI



SYAMSUWIRMAN
HENNY PUSPITA SARI

BUKU AJAR
PERANCANGAN PERCOBAAN
AGROTEKNOLOGI

Penulis:

Ir. Syamsuwirman, M.P
Henny Puspita Sari, S.P., M.P



Mai Wandeu
Law Office

BUKU AJAR PERANCANGAN PERCOBAAN AGROTEKNOLOGI

Penulis: Ir. Syamsuwirman, M.P dan Henny Puspita Sari, S.P., M.P

Desain Cover: Mai Wandeu Law Office

ISBN: 978-623-98133-4-5

Penerbit: Mai Wandeu Law Office

Redaksi:

Jl. Berlian VII No. 128, RT 001 / RW 012

Kel. Pegambiran Ampalu Nan XX

Kec. Lubuk Begalung, Padang, Sumatera Barat 25226

HP. +62 857-6726-6292

Cetakan Pertama: Oktober, 2021

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

Hak penerbitan pada penerbit

Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun

Tanpa izin tertulis dari pengarang dan/atau penerbit

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi

Pasal 9

Ayat (2): Setiap orang yang melaksanakan hak ekonomi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib mendapatkan izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta.

Ayat (3): Setiap Orang yang tanpa izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta dilarang melakukan Penggandan dan/atau Penggunaan Secara Komersial Ciptaan.

Ketentuan Pidana

Pasal 113

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan kurniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Buku Ajar yang berjudul “Perancangan Percobaan Agroteknologi” ini diperlukan sebagai landasan, pedoman atau rujukan bagi para mahasiswa yang ingin meneliti dengan menggunakan rancangan percobaan dalam analisisnya, para calon peneliti, peneliti atau siapa saja yang ingin mendalami konsep rancangan percobaan pertanian khususnya program Studi Agroteknologi dengan baik dan benar.

Buku Ajar ini berisikan pengertian perancangan, prinsip dasar perancangan percobaan, rancangan dasar yang ada berdasarkan lingkungan, dan rancangan untuk penelitian yang menggunakan perlakuan dengan dua faktor, dan sekaligus memuat tentang contoh-contoh soal serta pemecahannya.

Tulisan ini jauh dari sempurna oleh sebab itu perlu saran dan kritik yang membangun dari para pengguna. Ucapan terima kasih penulis sampaikan sebelum dan sesudahnya kepada mereka yang memberikan masukan baik berupa saran atau kritik yang membangun.

Padang, Oktober 2021

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DATRA GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB 1

PERANCANGAN PERCOBAAN

A. PENDAHULUAN	1
1. Deskripsi Singkat.....	1
2. Capaian Pembelajaran.....	1
3. Relevansi	1
4. Petunjuk Pembelajaran.....	1
B. PENYAJIAN	2
1. Pengertian Percobaan	2
2. Pengertian Perancangan percobaan	2
3. Tujuan Perancangan Percobaan	2
4. Perlakuan dan Satuan Percobaan	3
5. Galat Percobaan	3
DAFTAR PUSTAKA	4

BAB 2

PRINSIP-PRINSIP PERANCANGAN PERCOBAAN

A. PENDAHULUAN	5
1. Deskripsi Singkat.....	5
2. Capaian Pembelajaran.....	5
3. Relevansi	5
4. Petunjuk Pembelajaran.....	5

B. PENYAJIAN	6
1. Prinsip Pokok Perancangan Percobaan	6
2. Perancangan Lingkungan.....	8
3. Perancangan Perlakuan.....	9
4. Tahap-tahap Perancangan Percobaan.....	10
 DAFTAR PUSTAKA	 13

BAB 3

RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)

A. PENDAHULUAN	14
1. Deskripsi Singkat.....	14
2. Capaian Pembelajaran.....	14
3. Relevansi	14
4. Petunjuk Pembelajaran.....	15
 B. PENYAJIAN	 15
1. Pengertian dan Penggunaan	15
2. Denah Percobaan dan Pengacakan.....	16
3. Model dan Anggapan	17
4. Hipotesis dan Pengujian.....	17
5. Penyajian Data Hasil Percobaan.....	18
6. Analisis Ragam	19
7. Contoh RAL Ulangan Sama	20
8. Contoh RAL Ulangan Tak Sama	23
 C. PENUTUP	 24
1. Test Formatif	24
2. Kunci Jawaban Test Formatif.....	26
 DAFTAR PUSTAKA	 26

BAB 4

RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK)

A. PENDAHULUAN	27
1. Deskripsi Singkat.....	27
2. Capaian Pembelajaran.....	27
3. Relevansi	27

4. Petunjuk Pembelajaran.....	27
B. PENYAJIAN	28
1. Pengertian dan Penggunaan	28
2. Denah Percobaan dan Pengacakan.....	28
3. Model dan Anggapan	29
4. Hipotesis dan Pengujian.....	30
5. Penyajian Data Hasil Percobaan	30
6. Analisis Ragam	31
7. Contoh.....	32
8. Pendugaan efisiensi relatif.....	34
9. Pendugaan Nilai Pengamatan Yang Hilang	35
C. PENUTUP	36
1. Test Formatif.....	37
2. Kunci Jawaban Test Formatif	38
DAFTAR PUSTAKA	38

BAB 5

RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN (RBSL)

A. PENDAHULUAN	39
1. Deskripsi Singkat.....	39
2. Capaian Pembelajaran.....	39
3. Relevansi	39
4. Petunjuk Pembelajaran.....	39
B. PENYAJIAN	40
1. Pengertian dan Penggunaan.....	40
2. Denah Percobaan dan Pengacakan	40
3. Model dan Anggapan.....	41
4. Hipotesis dan Pengujian	42
5. Penyajian Data Hasil Percobaan	42
6. Analisis Ragam	43
7. Contoh	43
8. Pendugaan Efisiensi Relatif.....	45
9. Pendugaan Nilai Pengamatan Yang Hilang.....	46
DAFTAR PUSTAKA	50

BAB 6

PERBANDINGAN GANDA

A. PENDAHULUAN	51
1. Deskripsi Singkat.....	51
2. Capaian Pembelajaran.....	51
3. Relevansi	51
4. Petunjuk Pembelajaran.....	51
B. PENYAJIAN	51
1. Pendahuluan	51
2. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)	52
3. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ)	53
4. Uji Wilayah Berganda Baru <i>Duncan's</i>	54
5. Uji <i>Dunnet</i>	55
6. Uji Kontras.....	56
C. PENUTUP	58
1. Test Formatif.....	58
2. Kunci Jawaban Test Formatif	62
DAFTAR PUSTAKA	62

BAB 7

PERCOBAAN FAKTORIAL

A. PENDAHULUAN	63
1. Deskripsi Singkat.....	63
2. Capaian Pembelajaran.....	63
3. Relevansi	63
4. Petunjuk Pembelajaran.....	63
B. PENYAJIAN	63
1. Pengertian dan penggunaan	63
2. Denah percobaan dan pengacakan.....	64
3. Model dan anggapan	64
4. Hipotesis dan pengujian.....	65
5. Penyajian data hasil percobaan.....	66
6. Analisis ragam	66
7. Contoh.....	67

DAFTAR PUSTAKA	69
----------------------	----

BAB 8

RANCANGAN PETAK TERBAGI (RPT)

A. PENDAHULUAN	70
1. Deskripsi Singkat.....	70
2. Capaian Pembelajaran.....	70
3. Relevansi	70
4. Petunjuk Pembelajaran.....	70
B. PENYAJIAN	71
1. Pengertian dan penggunaan	71
2. Denah percobaan dan pengacakan.....	71
3. Model dan anggapan	72
4. Hipotesis dan pengujian.....	73
5. Penyajian data hasil percobaan.....	73
6. Analisis ragam	74
7. Contoh.....	75
DAFTAR PUSTAKA	78
KUNCI JAWABAN	79

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Denah Rancangan Acak Lengkap	16
Gambar 2. Denah Rancangan Acak Kelompok	29
Gambar 3. Denah Rancangan Bujursangkar Latin	41
Gambar 4. Denah Percobaan Faktorial 3x3 Dengan Rancangan Lingkungan Rancangan Acak Lengkap	64
Gambar 5. Denah Percobaan Dua Faktor Dengan Rancangan Petak Terbagi Pada Rancangan Acak Kelompok	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penyajian Data Hasil Percobaan Rancangan Acak Lengkap.....	18
Tabel 2. Sidik Ragam Untuk RAL Dengan Ulangan Sama	19
Tabel 3. Sidik Ragam Untuk RAL Dengan Ulangan Tak Sama	20
Tabel 4. Data Pengamatan Panjang Daun Jagung Manis	20
Tabel 5. Analisis Ragam Untuk Percobaan Dengan Perlakuan Pupuk Dengan Menggunakan Rancangan Acak Lengkap	21
Tabel 6. Pengamatan Pengaruh Waktu dan Pemberian Belerang Terhadap Serangan Penyakit “Scab” Pada Kentang	23
Tabel 7. Analisis Ragam Pengaruh Waktu Dan Pemberian Belerang Terhadap Serangan Penyakit “Scab” Pada Kentang Dengan Ulangan Tak Sama.....	24
Tabel 8. Penyajian Data Hasil Percobaan Untuk Rancangan Acak Kelompok	30
Tabel 9. Sidik Ragam Untuk Rancangan Acak Kelompok	31
Tabel 10. Data Pengamatan Panjang Daun Jagung Manis Dengan Menggunakan Rancangan Acak Kelompok	32
Tabel 11. Sidik Ragam Dengan Perlakuan Pemupukan Untuk RAK.....	33
Tabel 12. Hasil Pengamatan Produksi Gabah Kering Perlakuan Varietas Padi Yang Dilakukan Dengan RAK dan Mempunyai Nilai Pengamatan Yang Hilang Dua Buah.....	35
Tabel 13. Penyajian Data Hasil Pengamatan Untuk Rancangan Bujursangkar Latin 4 X 4.....	42
Tabel 14. Sidik Ragam Untuk Rancangan Bujursangkar Latin	43
Tabel 15. Hasil Pengamatan Produksi Varietas Padi Dengan RBSL.....	43

Tabel 16.	Analisis Sidik Ragam Percobaan Dengan Perlakuan Pupuk Menggunakan RBSL	45
Tabel 17.	Hasil Pengamatan Produksi Padi Menggunakan RBSL Dengan Tiga Nilai Pengamatan Yang Hilang	47
Tabel 18.	Rata-Rata Hasil Pengamatan Panjang Daun Jagung Manis Yang Diperlakukan Dengan Pemupukan.....	55
Tabel 19.	Analisis Ragam Dengan Perlakuan Pemupukan Untuk RAL Yang Dilengkapi Dengan Kontras Ortogonal	58
Tabel 20.	Penyajian Data Hasil Percobaan A X B.....	66
Tabel 21.	Tabel Analisis Ragam Untuk Percobaan Faktorial A X B Dengan RAL	67
Tabel 22.	Pengamatan Hasil Percobaan Faktorial 2 X 4 Dengan RAL dan 4 Ulangan	68
Tabel 23.	Analisis Ragam Untuk Percobaan Faktorial 2 X 4 Dengan RAL dan 4 Ulangan	69
Tabel 24.	Penyajian Data Hasil Percobaan Pada Rancangan Petak Terbagi Dengan Rancangan Acak Kelompok	74
Tabel 25.	Tabel Analisis Ragam Untuk Percobaan Faktorial A X B Dengan RPT Pada Rancangan Acak Kelompok	74
Tabel 26.	Data Pengamatan Produksi Gandum Menurut Jenis dan Perlakuan Kimiawi Menggunakan RPT Dengan Rancangan Acak Kelompok	76
Tabel 27.	Analisis Untuk Data Pengamatan Produksi Gandum Menurut Jenis dan Perlakuan Kimiawi Menggunakan RPT Dengan Rancangan Acak Kelompok.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Nilai-Nilai F Pada Taraf Nyata 5%	100
Lampiran 2. Nilai-Nilai F Pada Taraf Nyata 1%	101
Lampiran 3. Peluang Nilai-Nilai Mutlak t.....	102
Lampiran 4. Tabel q <i>Tukey</i> Untuk BNJ	103
Lampiran 5. Nilai-nilai Kritis q Untuk Duncan Rentang Beberapa Tes	104
Lampiran 6. Tabel t Untuk Perbandingan Satu Arah Pada Uji <i>Dunnet</i>	105

BAB 1

PERANCANGAN PERCOBAAN

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Konsep dasar perancangan percobaan ini berisikan tentang hal-hal dasar yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari 5 (lima) kegiatan belajar, yang terdiri dari: pengertian percobaan, pengertian perancangan percobaan, tujuan perancangan percobaan, perlakuan dan satuan percobaan, serta galat percobaan.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami prinsip dasar perancangan percobaan dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa pengertian percobaan;
- 2) Mahasiswa mengetahui apa pengertian perancangan percobaan;
- 3) Mahasiswa mengetahui apa yang menjadi tujuan perancangan percobaan;
- 4) Mahasiswa mengetahui apa perlakuan dan satuan percobaan;
- 5) Mahasiswa mengetahui apa galat percobaan.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan pengertian percobaan, pengertian dan tujuan perancangan percobaan, perlakuan dan satuan percobaan, serta galat percobaan, sehingga dengan mempelajari bab ini mahasiswa lebih mudah mempelajari bab-bab selanjutnya yang menjelaskan secara lebih detail elemen-elemen penting dari analisis dan langkah-langkah dalam melakukan perancangan percobaan.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume.

B. PENYAJIAN

1. Pengertian Percobaan

Percobaan adalah penyelidikan terencana untuk mendapatkan fakta baru, guna memperkuat atau menolak hasil-hasil penemuan terdahulu atau dengan kata lain prosedur yang dilakukan untuk mendukung atau menolak hipotesis. Percobaan memberikan wawasan tentang sebab-akibat dengan menunjukkan hasil apa yang terjadi, ketika faktor tertentu dimanipulasi. Percobaan sangat bervariasi dalam tujuan dan skala, tetapi selalu bergantung pada prosedur berulang dan analisis logis dari hasil.

Dalam eksperimen biologis, kita dapat memvariasikan efek cahaya (variabel independen) pada tanaman, dan dengan demikian menunjukkan bagaimana cahaya memengaruhi pertumbuhan tanaman. Dimungkinkan untuk menumbuhkan tanaman dalam kondisi laboratorium, dari mana faktor-faktor lain dapat dikecualikan.

2. Pengertian Perancangan percobaan

Merancang suatu percobaan berarti merencanakan suatu penyelidikan dengan seksama sehingga fakta yang diperlukan bagi pemecahan masalah dapat dikumpulkan. Merancang percobaan merupakan komponen yang tak terhindarkan dari setiap upaya penelitian dalam ilmu pertanian. **Perancangan percobaan** dapat diartikan sebagai langkah-langkah pendahuluan, yang ditempuh dalam mempertebal keyakinan bahwa, fakta yang akan diperoleh dari suatu percobaan adalah fakta yang dapat untuk menghantarkan suatu analisis yang objektif kepada suatu kesimpulan yang sah.

Pengertian di atas membawa konsekuensi bahwa peneliti yang merancang suatu percobaan haruslah memahami betul masalah yang sedang dihadapi, tujuan yang hendak dicapai, dan hipotesis yang hendak diuji dengan fakta yang terkumpul dari suatu percobaan. Perhatian utama dari setiap peneliti yang menggunakan perancangan percobaan harus dikontrol; dalam sebuah percobaan, peneliti memilih intervensi, terkait dengan variabel, dan mengontrol bagaimana intervensi itu diterapkan, atau diperkenalkan, ke dalam pengaturan penelitian.

Data yang dihasilkan melalui percobaan yang dirancang menunjukkan banyak variabilitas. Variabilitas mungkin diinginkan dan tidak diinginkan, tetapi dapat dikontrol dalam arti dapat dipertanggungjawabkan (Gupta, Parsad, dan Mandal 2015). Ketidapahaman peneliti terhadap salah satu komponen perancangan percobaan akan mengakibatkan kegagalan penelitian.

3. Tujuan Perancangan Percobaan

Sebelum pengumpulan data dimulai, pertanyaan spesifik yang akan diteliti oleh peneliti harus diidentifikasi dengan jelas. Seorang peneliti harus mengidentifikasi sumber variabilitas dalam kondisi percobaan. Proses penyelesaian masalah penelitian ini membutuhkan suatu perancangan percobaan yang tepat. Menurut Hromi (1957) langkah-langkah saat merancang percobaan adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan masalah dan pertanyaan yang akan dibahas;

- b. Tentukan populasi yang diinginkan;
- c. Tentukan kebutuhan pengambilan sampel; dan
- d. Tentukan perancangan percobaan.

Berdasarkan hal itu, maka perancangan percobaan memiliki tujuan untuk memperoleh sebanyak mungkin keterangan atau fakta yang akan diolah atau dianalisis agar menghasilkan solusi bagi masalah penelitian. **Rancangan percobaan** yang baik bersifat:

- 1) **Efektif**, yaitu sesuai dengan tujuan dan kegunaan percobaan;
- 2) **Efisien**, yaitu memiliki ketepatan yang tinggi tetapi hemat dalam pemakaian waktu, biaya, tenaga, dan bahan percobaan; dan
- 3) **Sederhana**, yaitu mudah dilaksanakan dan dianalisis.

4. Perlakuan dan Satuan Percobaan

Perlakuan dapat diartikan sebagai sekumpulan kondisi-kondisi tertentu yang diberikan kepada setiap satuan percobaan, dengan tujuan untuk melihat pengaruh yang ditimbulkan oleh masing-masing kondisi tersebut dalam ruang lingkup rancangan yang digunakan. **Satuan percobaan** adalah satuan terkecil dari bahan percobaan yang memperoleh perlakuan. Sebagai contoh, jenis pupuk, takaran pupuk, jenis pestisida, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut adalah berupa perlakuan. Memberikan pupuk yang berbeda terhadap suatu satuan percobaan berarti menciptakan suatu kondisi tertentu, sehingga pengaruh yang ditimbulkannya dapat diamati. Sedangkan contoh dari satuan percobaan adalah petakan sawah, petakan tanaman, dan sebagainya.

Selanjutnya yang erat hubungannya dengan satuan percobaan adalah satuan pengamatan. Satuan pengamatan adalah satuan terkecil dari objek yang diamati. Satuan pengamatan dalam keadaan tertentu adalah satuan percobaan, dalam keadaan lain dapat berbeda dari satuan percobaan. Sebagai contoh apabila pada satu petak sawah yang diamati adalah hasil padi per petak, maka satuan pengamatannya sama dengan satuan percobaan. Apabila yang diamati adalah jumlah anakan per rumpun, maka satuan pengamatan tidak sama dengan satuan percobaan, melainkan bagian dari satuan percobaan.

5. Galat Percobaan

Galat percobaan adalah ukuran keragaman diantara semua pengamatan dari satuan-satuan percobaan yang mendapat perlakuan sama. Misalnya dua petak sawah yang berukuran sama, dengan jenis padi yang sama, dan mendapat perlakuan pupuk yang sama, tetapi tidak memberikan respon yang sama. Keragaman ini dapat ditimbulkan oleh dua hal, pertama adalah akibat adanya perbedaan yang memang sudah ada di dalam bahan percobaan itu sendiri, dan kedua adalah akibat kekurangcermatan peneliti dalam menyelenggarakan percobaan sehingga kondisi-kondisi yang seharusnya diciptakan sama, tidak terpenuhi dengan sempurna.

Kesalahan pada setiap percobaan harus diusahakan sekecil-kecilnya. Upaya yang dapat dilakukan untuk memperkecil kesalahan adalah dengan menyediakan bahan

percobaan seragam dan rancangan yang tepat. Pengendalian galat dengan rancangan percobaan, berarti merancang model analisa sedemikian rupa sehingga sumber-sumber galat dapat diidentifikasi dan disisihkan dari galat yang sebenarnya.

Pengendalian galat dengan peubah konkomitan, berarti memasukan peubah lain yang disebut peubah konkomitan, ke dalam analisa sehingga peran peubah ini dalam galat percobaan dapat dibebaskan. Bangun dan satuan percobaan berpengaruh terhadap ketepatan percobaan. Bentuk petak yang relatif panjang dan sempit biasanya memberikan ketepatan yang tinggi. Sedangkan untuk kelompok yang baik adalah berbentuk bujursangkar. Kriteria ini akan memberikan keragaman antar satuan percobaan dalam kelompok minimum dan keragaman antar kelompok maksimum.

Ukuran dan bangun satuan percobaan atau kelompok, dapat diketahui dengan adanya semacam keseragaman. Percobaan keseragaman yang dimaksud di sini adalah percobaan yang diselenggarakan tanpa perlakuan berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Gupta, V K, Rajender Parsad, and Baidya Nath Mandal. 2015. *Significance of Experimental Designs in Agricultural Research*. New Delhi: Indian Agricultural Statistics Research Institute.
- Hromi, J. D. 1957. "Concepts of Experimental Design." *Corrosion* 13(11): 61-64.
- Sugandi, E., Sugiarto. 1993. *Rancangan Percobaan*. Yogyakarta: Andi offset.
- Syahni Rahmat, 1990. *Perancangan dan analisis data percobaan*. Universitas andalas, Padang.
- Syamsuwirman. 2010. *Perancangan Percobaan*. Diktat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 2

PRINSIP-PRINSIP PERANCANGAN PERCOBAAN

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Prinsip-Prinsip Perancangan Percobaan ini berisikan tentang sebuah konsep yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari 4 (lima) kegiatan belajar, yang terdiri dari: prinsip pokok perancangan percobaan; perancangan lingkungan; perancangan perlakuan; tahap-tahap perancangan percobaan.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami prinsip-prinsip perancangan percobaan dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui bagaimana prinsip pokok perancangan percobaan;
- 2) Mahasiswa mengetahui bagaimana perancangan lingkungan;
- 3) Mahasiswa mengetahui bagaimana perancangan perlakuan;
- 4) Mahasiswa mengetahui bagaimana tahap-tahap perancangan percobaan.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan prinsip-prinsip perancangan percobaan, sehingga dengan mempelajari bab ini mahasiswa lebih mudah melakukan analisis dan langkah-langkah dalam melakukan tahap-tahap perancangan percobaan.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume.

B. PENYAJIAN

1. Prinsip Pokok Perancangan Percobaan

Perancangan percobaan yang baik, sangat penting ketika melakukan percobaan ilmiah. Pilihan yang dibuat pada tahap perancangan memiliki potensi untuk memengaruhi hasil penelitian. Perancangan percobaan yang kuat memberi peneliti peluang lebih baik untuk keberhasilan percobaan. Sebuah perancangan yang kurang dipertimbangkan atau diimplementasikan dapat memiliki efek merusak pada penyelidikan. Bab ini akan membahas prinsip pokok perancangan percobaan seperti pengulangan (*replication*), pengacakan (*randomization*), dan pengendalian lokal (*local control*).

a. Pengulangan

Prinsip pertama dari perancangan percobaan adalah pengulangan. Pengulangan dimaksudkan adalah melakukan percobaan dasar lebih dari satu kali, dengan kata lain rangkaian lengkap untuk semua perlakuan yang akan diuji dalam percobaan. Beberapa jenis variasi dalam semua percobaan diperkenalkan, karena fakta bahwa unit percobaan seperti individu atau bidang tanah dalam percobaan pertanian tidak dapat identik secara fisik. Jenis variasi ini dapat dihilangkan dengan menggunakan sejumlah satuan percobaan. Pengulangan individu disebut ulangan. Jumlah, bentuk dan ukuran ulangan tergantung pada sifat bahan percobaan. Pengulangan berfungsi untuk:

- 1) Menghasilkan nilai dugaan bagi galat percobaan.
- 2) Meningkatkan ketepatan percobaan.
- 3) Memperluas daya cakup kesimpulan.
- 4) Mengendalikan ragam galat percobaan.

Dalam pengujian hipotesis tentang ada tidaknya perbedaan pengaruh perlakuan dibutuhkan nilai dugaan bagi ragam galat percobaan. Selain itu nilai dugaan ini juga diperlukan untuk membentuk selang kepercayaan bagi nilai tengah perlakuan. Nilai dugaan bagi ragam galat percobaan, tidak dapat diperoleh pada percobaan yang diperlukan tanpa ulangan, oleh sebab itu ulangan sangat diperlukan untuk mendapatkan dugaan bagi ragam galat percobaan.

Bila ulangan diperbanyak, maka nilai dugaan bagi nilai tengah perlakuan semakin tepat karena selang kepercayaan semakin pendek. Ulangan dapat memperluas daya cakup percobaan karena bervariasinya satuan percobaan yang digunakan. Mencobakan perlakuan-perlakuan pada satuan percobaan dengan jenis tanah, lokasi, atau waktu yang berbeda akan diperoleh informasi lebih banyak tentang perbedaan pengaruh perlakuan tersebut dalam ruang lingkup yang lebih luas, dengan ulangan kita dapat mengendalikan ragam galat percobaan, karena ulangan memungkinkan kita untuk melakukan pengelompokan satuan percobaan, sehingga keragaman antar satuan dalam kelompok menjadi minimum dan keragaman antar kelompok menjadi maksimum (Kaltenbach 2021).

Memperbanyak ulangan sudah tentu akan memperbaiki hasil percobaan, tetapi memperbanyak ulangan berarti juga meningkatkan korbanan yang dapat berupa: waktu, biaya, tenaga, dan bahan percobaan, sedangkan sumberdaya ini selalu tersedia dalam jumlah yang terbatas. Oleh karena itu peningkatan ulangan hanya dapat dilakukan sampai batas tertentu sesuai dengan kendala yang dihadapi. Selain itu perlu dipertimbangkan berapa besar peningkatan informasi yang diperoleh dari penambahan ulangan. Bila peningkatan informasi yang diperoleh tidak seimbang dengan jumlah korbanan yang dikeluarkan, berarti peningkatan ulangan tidak memberikan manfaat. Sebaliknya bila ulangan tidak ditingkatkan, keterandalan kesimpulan yang ditarik dari hasil percobaan tidak dapat dipertahankan, pada keadaan ini ulangan perlu diperbanyak.

Hal-hal di atas menyebabkan tidak mudahnya menentukan jumlah ulangan bagi suatu perlakuan. Apabila peneliti bertanya kepada statistikawan tentang **berapa banyak ulangan** yang perlu dilakukan, maka peneliti harus siap dengan jawaban terhadap pertanyaan balik, **tentang korbanan yang sedia dikorbankan** oleh peneliti dari segi waktu, biaya, tenaga, dan bahan percobaan. Selain itu hal-hal yang menyangkut bentuk rancangan, biaya, tenaga, waktu, dan bahan percobaan, perlu juga peneliti mengetahui besar keragaman populasi, tingkat ketepatan dan keyakinan yang diinginkan. Yang jelas semakin kecil keragaman populasi, semakin sedikit ulangan yang dibutuhkan, semakin tinggi ketepatan yang diinginkan, semakin banyak ulangan yang dibutuhkan.

Meskipun dengan semakin tepat ulangan akan diperoleh hasil percobaan yang semakin tepat, tetapi sampai batas tertentu kenaikan dari nilai ketepatan yang dapat dicapai akan menjadi terlalu kecil. Perlu dicari ketentuan mengenai berapa sebaiknya ulangan yang harus diberikan, agar diperoleh hasil yang dapat memberikan informasi dengan ketepatan yang cukup tinggi dengan biaya tidak terlalu besar. Acuan yang dapat dipakai untuk tiap rancangan dasar adalah sebagai berikut:

- a) Apabila rancangan dasar yang digunakan adalah **Rancangan Acak Lengkap (RAL)**, maka dengan memperhatikan banyaknya perlakuan yang diberikan, diusahakan agar **derajat bebas sisa (dbs) minimal sama dengan 20 atau ≥ 20** .
- b) Apabila rancangan dasar yang digunakan adalah **Rancangan Acak Kelompok (RAK)**, maka diusahakan diusahakan agar **derajat bebas sisa (dbs) minimal sama dengan 15**. Jika jumlah perlakuan yang diberikan adalah t dan r menunjukkan jumlah kelompok dari tiap perlakuan, maka diusahakan $(t-1)(r-1) \geq 15$.
- c) Apabila rancangan dasar yang digunakan **Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL)**, sebaiknya digunakan minimal 5 perlakuan (= 5 ulangan), sehingga diperoleh derajat bebas sisa (dbs) minimal 12. Selanjutnya, bila ulangan atau perlakuan sudah melebihi 12, percobaan sudah tidak efisien.

b. Pengacakan

Prinsip kedua dari rancangan percobaan adalah pengacakan, yaitu suatu proses pengacakan pemberian perlakuan pada satuan percobaan. Proses acak menyiratkan

bahwa setiap kemungkinan penjatahan perawatan memiliki probabilitas yang sama. Satuan percobaan adalah bagian terkecil dari bahan percobaan dan perlakuan berarti suatu kondisi percobaan yang pengaruhnya akan diukur dan dibandingkan (Jambrak 2011). Tujuan pengacakan adalah untuk menghilangkan **bias** dan **sumber variasi asing lainnya**, yang tidak dapat dikontrol. Keuntungan lain dari pengacakan adalah bahwa hal itu membentuk dasar dari setiap uji statistik yang valid. Oleh karena itu perlakuan harus diberikan secara acak ke unit-unit percobaan. Pengacakan biasanya dilakukan dengan mengambil kartu bernomor dari kumpulan kartu yang telah dikocok dengan baik, atau dengan menggambar bola bernomor dari wadah yang dikocok dengan baik atau dengan menggunakan tabel angka acak.

c. Pengendalian Lokal

Pengendalian lokal berarti kontrol dari semua faktor kecuali yang sedang kita selidiki. Pengendalian lokal, seperti ulangan adalah perangkat lain untuk mengurangi atau mengontrol variasi karena faktor asing dan meningkatkan ketepatan percobaan. Misalnya, suatu lahan percobaan heterogen dalam hal kesuburan tanah, maka lahan tersebut dapat dibagi menjadi blok-blok yang lebih kecil sehingga plot dalam setiap blok cenderung lebih homogen. Jenis homogenitas plot (unit percobaan) memastikan perbandingan perlakuan-perlakuan yang tidak bias, karena jika tidak akan sulit untuk menghubungkan perbedaan rata-rata antara dua perlakuan, semata-mata untuk perbedaan antara perlakuan ketika perbedaan plot juga bertahan. Jenis pengendalian lokal ini untuk mencapai homogenitas unit percobaan, tidak hanya akan meningkatkan akurasi percobaan, tetapi juga membantu dalam mencapai kesimpulan yang valid (Petersen 1994).

Singkatnya, dapat disebutkan bahwa sementara pengacakan adalah metode menghilangkan kesalahan sistematis (yaitu, bias) dalam alokasi sehingga hanya menyisakan kesalahan acak komponen variasi, dua lainnya yaitu, replikasi dan pengendalian lokal mencoba untuk menjaga kesalahan acak ini serendah mungkin, namun ketiganya penting untuk membuat estimasi varians kesalahan yang valid dan untuk memberikan uji signifikansi yang valid.

Selain ketiga prinsip pokok di atas, terdapat lagi beberapa prinsip tambahan dalam perancangan percobaan. Salah satu diantaranya adalah prinsip efisiensi, suatu rancangan dikatakan lebih efisien dari rancangan lain, apabila galat percobaan rancangan pertama lebih kecil dari galat percobaan rancangan kedua.

2. Perancangan Lingkungan

Perancangan lingkungan adalah suatu usaha untuk mengendalikan galat percobaan dengan melakukan pengelompokan terhadap satuan-satuan percobaan yang relatif lebih seragam. Sebelum percobaan dilakukan perlu diperhitungkan keadaan lingkungan dimana percobaan akan dilakukan. Apabila lingkungan percobaan sudah dapat dikendalikan, sehingga keragaman yang ditimbulkannya tidak lagi mengacaukan pengaruh perlakuan yang akan diteliti, barulah kemudian percobaan dapat

dilaksanakan. Merancang lingkungan berarti mengkaji dengan seksama keragaman lingkungan, dan bahan percobaan yang dipakai, sehingga keragaman tersebut dapat disisihkan dari keragaman galat percobaan.

Bentuk-bentuk rancangan lingkungan telah banyak dikembangkan oleh ahli-ahli perancangan percobaan. Pada prinsipnya rancangan lingkungan berguna untuk membagi seluruh satuan percobaan, ke dalam kelompok-kelompok sehingga keragaman di dalam kelompok relatif kecil. Apabila bahan atau lingkungan percobaan relatif seragam, atau dapat diusahakan seperti halnya dalam rumah kaca, maka percobaan dapat dilakukan tanpa pengelompokan. Dalam hal ini pengacakan perlakuan terhadap seluruh satuan percobaan, dapat dilaksanakan dengan sempurna. Rancangan lingkungan ini disebut Rancangan Acak Lengkap (*Completely Randomized Design*) yang disingkat dengan RAL.

Apabila keseragaman satuan percobaan tidak dapat diusahakan, maka pengelompokan harus dilakukan. Berbagai bentuk klasifikasi telah dihasilkan berdasarkan cara pengelompokan. Secara garis besar rancangan lingkungan dapat dikategorikan atas dua: 1) rancangan kelompok lengkap teracak, dan 2) rancangan kelompok tak lengkap. Rancangan kelompok lengkap teracak yang dibahas adalah Rancangan Acak Kelompok (*Completely Randomized Block Design*) yang disingkat dengan RAK, Rancangan Bujur Sangkar Latin (*Latin Square Design*) yang disingkat dengan RBSL.

Rancangan kelompok tak lengkap, di antaranya adalah Rancangan Petak Terbagi (*Split plot Design*) yang disingkat dengan RPT. Tidak tertutup kemungkinan bahwa dalam penelitian ditemui kondisi lingkungan dan perlakuan yang menghendaki rancangan percobaan yang lain. Rancangan yang terbaik dalam situasi tertentu adalah rancangan yang sederhana, tetapi dapat memenuhi ketelitian yang dikehendaki.

3. Perancangan Perlakuan

Perancangan perlakuan adalah langkah-langkah yang ditempuh untuk memilih perlakuan yang akan dicobakan, dengan mempertimbangkan karakteristik bahan percobaan dan sumberdaya yang akan dikorbankan. Gugus perlakuan-perlakuan yang mempunyai ciri yang sama dinamakan dengan **faktor**. Tiap perlakuan dalam satu faktor disebut dengan **taraf** (*level*) dari faktor tersebut. Suatu perlakuan dapat berupa beberapa taraf dari suatu faktor, dapat pula berupa kombinasi dari berbagai taraf dari dua faktor atau lebih. Dalam hal yang pertama, rancangan perlakuan itu disebut percobaan berfaktor tunggal, sedangkan dalam hal kedua disebut percobaan berfaktor ganda atau percobaan faktorial.

Sebagai contoh, perlakuan 50 kg N ha^{-1} adalah adalah sebuah perlakuan yang berupa taraf dari faktor yang diberi nama pupuk N, sedangkan perlakuan 50 kg N ha^{-1} dan 25 kg P ha^{-1} adalah perlakuan yang terdiri dari kombinasi antara salah satu taraf dari faktor pupuk N dengan salah satu taraf dari faktor pupuk P.

Taraf dari suatu faktor dapat bersifat kualitatif dan dapat bersifat kuantitatif. Taraf dari faktor pupuk N dapat terdiri dari $n_1 = 25 \text{ kg N ha}^{-1}$; $n_2 = 50 \text{ kg N ha}^{-1}$; $n_3 = 75$

kg N ha⁻¹ adalah bersifat **kuantitatif**, sedangkan faktor varietas padi yang terdiri dari $v_1 = \text{IR-38}$, $v_2 = \text{IR-40}$, $v_3 = \text{IR-42}$ adalah bersifat **kualitatif**.

Pada percobaan faktorial, yakni setiap satuan percobaan mendapat perlakuan yang berupa kombinasi taraf dari dua faktor atau lebih, maka pengaruh yang ditimbulkan oleh masing-masing faktor terhadap bahan percobaan dapat bersifat bebas, dan dapat pula bersifat tidak bebas. Dalam hal ini yang pertama (bebas) kedua faktor tersebut tidak **berinteraksi**, dan dalam hal kedua (tidak bebas) kedua faktor tersebut berinteraksi.

Perlakuan-perlakuan yang dipilih untuk dicobakan haruslah perlakuan yang layak dan masuk akal. Oleh sebab itu perlakuan yang dipilih oleh peneliti tentunya secara teoritis sudah diketahui pengaruhnya. Hanya secara empiris peneliti belum tahu pasti apakah perbedaan antara pengaruh perlakuan tersebut bersifat nyata atau tidak. Pemilihan perlakuan dan merancang suatu percobaan, haruslah dilandasi oleh teori yang kokoh sehingga perbedaan pengaruh yang diperoleh, akan memberikan hasil yang bermakna.

4. Tahap-tahap Perancangan Percobaan

Setiap peneliti bekerja mengikuti langkah-langkah yang dapat berbeda dari peneliti lainnya. Secara garis besar langkah-langkah tersebut adalah:

a. Perumusan masalah

Tidak perlu adanya percobaan kalau tidak ada masalah, karena pada dasarnya percobaan adalah usaha untuk mendapatkan jawaban atau pemecahan masalah yang sedang dihadapi. Langkah pertama dalam suatu rancangan percobaan adalah perumusan masalah/persoalan. Merumuskan masalah bukanlah pekerjaan yang mudah, terutama bagi yang belum mempunyai pengalaman dalam meneliti. Merumuskan masalah dibutuhkan pengetahuan yang luas tentang teori, latar belakang dan aspek-aspek yang berkaitan dengan masalah tersebut. Selain itu tidak semua masalah layak untuk diteliti melalui suatu percobaan. Kadangkala, walaupun masalah tersebut patut diteliti, tetapi apakah masalah ini benar-benar baru, perlu dipertanyakan. Apakah masalah tersebut sudah diteliti oleh orang lain atau belum? Apakah masalah tersebut bermanfaat untuk diteliti? Hanya peneliti yang berpengalaman luas dan dalam yang dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut.

Tingkat keyakinan dalam bahwa suatu masalah patut diteliti, biasanya melewati proses yang panjang mulai dari pengenalan ruang lingkup masalah, latar belakang teori, tinjauan hasil-hasil penelitian yang sudah ada, kaitan antara hasil penelitian yang ada dengan masalah, perumusan tujuan dan kegunaan, sampai kepada perumusan hipotesis yang diuji. Tahap ini sangat bermanfaat adanya diskusi-diskusi ataupun konsultasi dengan peneliti-peneliti yang berpengalaman pada bidang yang bersangkutan.

b. Penentuan Rancangan Percobaan

Apabila masalah yang akan diteliti dan hipotesis yang akan diuji sudah dirumuskan dengan jelas, maka saatnya sekarang untuk memikirkan bentuk percobaan yang akan dilaksanakan, sehingga fakta yang diperoleh dari percobaan itu dapat menilai kebenaran hipotesis yang telah diajukan. Dalam merumuskan rancangan perlakuan dan rancangan lingkungan yang sesuai, pengetahuan tentang teknik-teknik statistika sangat dibutuhkan.

Dalam merumuskan rancangan perlakuan, kita dihadapi kepada alternatif-alternatif perlakuan, tentukan faktor-faktor yang perlu dipelajari dan ditentukan pula taraf dari setiap faktor yang akan dilihat perbedaannya. Pemilihan taraf-taraf dari beberapa faktor yang akan diteliti hendaklah didasarkan pada teori yang kokoh dan hasil percobaan pendahuluan dan penemuan-penemuan terdahulu. Demikian pula tentukan dengan jelas peubah-peubah respon yang akan diamati, kapan dan bagaimana prosedur pengamatan hendak dilakukan.

Dalam merumuskan rancangan lingkungan, kita dihadapkan kepada alternatif rancangan, pilihlah rancangan yang tepat dan sederhana dengan mempertimbangkan terlebih dahulu sumber-sumber keragaman lingkungan, bahan percobaan, batas waktu, biaya, tenaga dan alat-alat yang tersedia. Selain itu perlu dirancang jadwal pelaksanaan percobaan dalam bentuk daftar kegiatan yang sistematis, sesuai dengan urutan pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Mengetahui rancangan percobaan yang akan dipakai, berarti juga mengetahui langkah-langkah penganalisaan data yang sesuai, sehingga kemungkinan-kemungkinan kesulitan yang akan dihadapi dalam rangka pengolahan data hasil percobaan, dapat diantisipasi jauh sebelum percobaan dilaksanakan.

c. Pelaksanaan Percobaan

Percobaan dilaksanakan sesuai dengan rencana yang telah dirinci pada tahap perencanaan percobaan. Dalam pelaksanaan percobaan perlu diperhatikan dengan teliti faktor-faktor yang akan mengganggu ketelitian dan ketepatan percobaan. Pekerjaan lapangan biasanya membutuhkan metoda, bahan dan peralatan tertentu. Oleh sebab itu teknik-teknik yang tepat perlu dipelajari dan dipahami sebelum pekerjaan lapangan dimulai.

Prinsipnya pelaksanaan percobaan adalah usaha pengumpulan data. Pencatatan yang teliti dan cermat sangat diperlukan. Hal-hal yang ditemui dalam dan selama percobaan perlu dicatat, demikian pula perubahan-perubahan yang terjadi, baik yang sudah diduga maupun yang tak terduga jangan sampai luput dari pencatatan pelaksanaan percobaan.

d. Penganalisaan Data Percobaan

Menganalisis data berarti memproses data mentah yang belum dapat ditafsirkan, menjadi besaran-besaran yang bermakna dan siap ditafsirkan sesuai dengan konteks permasalahan yang sedang dikaji. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting

dalam proses penarikan kesimpulan. Teknik-teknik pengolahan data, mulai dari pengeditan, penggolongan, penghitungan, sampai kepada penyajian data perlu dikuasai. Demikian pula asumsi-asumsi tertentu yang harus dipenuhi oleh data, perlu diperiksa sebelum suatu prosedur statistika diterapkan. Laporan penganalisaan data dibuat dalam bentuk progres report, dengan point-point yang dikemukakan adalah: tabel data; prosedur pengujian menggunakan Uji F (untuk melihat apakah ada atau tidaknya pengaruh pemberian perlakuan); sidik ragam; dan uji lanjutan (untuk melihat perbedaan antar perlakuan); kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel kesimpulan.

Walaupun langkah-langkah analisis data sudah diperinci sebelumnya, tidak jarang pada tahap ini terdapat perubahan-perubahan dalam teknik pengolahan data. Perubahan ini dapat timbul akibat perubahan rancangan, maupun akibat adanya kejadian istimewa yang ditemui sewaktu melaksanakan percobaan. Demikian pula tidak jarang dibutuhkan tambahan-tambahan analisis untuk menguatkan kesimpulan yang akan diambil. Oleh sebab itu perlu adanya usaha yang sungguh-sungguh untuk memahami prinsip dan prosedur statistika yang berhubungan dengan topik penelitian yang ditekuni.

e. Penafsiran Hasil Analisis

Tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hipotesis percobaan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh. Dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan dapat diputuskan, apakah hipotesis tersebut akan ditolak atau diterima.

Bermodalkan latar belakang teori yang sudah dimiliki, hasil penelitian terdahulu, dan kejadian-kejadian yang ditemui selama percobaan, peneliti dapat membahas dan menafsirkan hasil-hasil yang diperoleh dari analisis data.

Pembahasan hendaklah dilakukan dengan mempertimbangkan seluruh catatan yang diperoleh selama percobaan. Kesimpulan hendaklah terbatas pada ruang lingkup permasalahan yang sedang dikaji. Dalam pembahasan hendaklah dapat ditunjukkan akibat-akibat penemuan tersebut untuk penggunaan dan penelitian yang lebih lanjut. Demikian pula perlu dinyatakan dengan jelas keterbatasan dan kekurangan dari hasil percobaan sesuai dengan alat analisis yang digunakan.

f. Penulisan Laporan

Penulisan laporan penelitian sangat penting bagi seorang peneliti. Hasil penelitian sebagus apapun, jika tidak diiringi dengan penulisan laporan yang baik, tidak akan bermakna, karena temuan yang diperoleh tidak akan sampai pada pembaca. Oleh sebab itu penulisan laporan hendaklah mengikuti kaidah-kaidah penulisan yang benar dan ditulis dalam bahasa yang baik.

Laporan hendaklah berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, hipotesis, tujuan penelitian, landasan teoritis/tinjauan pustaka, bahan dan metoda, hasil dan pembahasan percobaan, serta kesimpulan dan saran. Dalam menjelaskan hasil

percobaan, menggunakan metode penyajian data seperti tabel, gambar, grafik, dalam bentuk menarik dan mudah dipahami. Selain itu perlu dilengkapi dengan keterangan secukupnya, dimana pernyataan-pernyataan yang diberikan, sehingga pembaca yang berminat dapat menelusuri lebih jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Jambrak, Anet Režek. 2011. "Experimental Design and Optimization of Ultrasound Treatment of Food Products." *Food Processing & Technology* 2(3).
- Kaltenbach, Hans-michael. 2021. *Statistics for Biology and Health*. Switzerland: Springer.
- Petersen, Roger G. 1994. *Agricultural Field Experiments Design and Analysis*. New York: CRC Press.
- Sugandi, E., Sugiarto. 1993. *Rancangan Percobaan*. Yogyakarta: Andi offset.
- Syahni Rahmat, 1990. *Perancangan dan analisis data percobaan*. Universitas andalas, Padang.
- Syamsuwirman. 2010. *Perancangan Percobaan*. Diktat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 3

RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Rancangan acak lengkap ini berisikan tentang sebuah konsep yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk bagaimana menggunakannya dan membuat denah dalam percobaan RAL. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari 5 (lima) kegiatan belajar, yang terdiri dari: Pengertian dan Penggunaan, Denah Percobaan dan Pengacakan, Model dan Anggapan, Hipotesis dan Pengujian, Penyajian Data Hasil Percobaan, Analisis Ragam, Contoh RAL Ulangan Sama, Contoh RAL dengan Ulangan Tak Sama.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami konsep rancangan acak lengkap dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa Pengertian dan Penggunaan;
- 2) Mahasiswa mengetahui bagaimana Denah Percobaan dan Pengacakan;
- 3) Mahasiswa mengetahui bagaimana Model dan Anggapan;
- 4) Mahasiswa mengetahui apa itu Hipotesis dan bagaimana Pengujiannya;
- 5) Mahasiswa mengetahui bagaimana Penyajian Data Hasil Percobaan;
- 6) Mahasiswa mengetahui apa Analisis Ragam dan cara mengitungnya;
- 7) Mahasiswa memahami Contoh RAL Ulangan Sama;
- 8) Mahasiswa memahami Contoh RAL dengan Ulangan Tak Sama.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan konsep rancangan acak lengkap, sehingga dengan mempelajari bab ini mahasiswa lebih mudah melakukan analisis dan langkah-langkah dalam melakukan perancangan percobaan.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume. Kerjakan semua tes formatif yang ada pada bagian akhir setiap bab, kemudian verifikasi jawaban ananda dengan kunci jawaban yang tersedia pada bagian akhir Buku Ajar ini.

B. PENYAJIAN

1. Pengertian dan Penggunaan

Rancangan Acak Lengkap adalah suatu rancangan lingkungan dimana penempatan perlakuan-perlakuan pada seluruh satuan percobaan, dengan pengacakan secara lengkap. Hal ini berarti seluruh unit percobaan, mempunyai peluang yang sama besar untuk menerima perlakuan, atau pengacakan dilakukan tanpa adanya pembatasan pada satuan percobaan.

Rancangan ini merupakan rancangan yang sederhana, sehingga banyak digunakan dalam percobaan pertanian, dengan karakteristik:

- a. Materi percobaan dan faktor lingkungan relatif homogen, sehingga keragaman galat atau sisa menjadi kecil ; perlakuan yang merupakan sumber keragaman, diciptakan menjadi satu-satunya sumber keragaman yang masuk ke dalam percobaan.
- b. Materi percobaan mudah hancur atau gagal memberikan respon.
- c. Jumlah perlakuan dan ulangnya sedikit, sehingga dengan penggunaan rancangan yang lain, akan menyebabkan derajat bebas sisa (dbs) tidak maksimum danterlalu kecil.
- d. Materi percobaannya terbatas, karena setiap perlakuan tidak perlu mendapatkan ulangan yang sama.

Percobaan yang dilakukan dalam laboratorium atau rumah kaca sering menggunakan RAL, karena materi percobaan dan faktor lingkungannya dapat dikendalikan, sebaliknya RAL jarang digunakan untuk percobaan di lapangan. Keuntungan menggunakan RAL, adalah:

- 1) Tata letaknya sederhana.
- 2) Derajat bebas sisa (dbs) maksimum.
- 3) Jumlah ulangan tidak harus sama untuk setiap perlakuan.
- 4) Analisis tetap sederhana meskipun jmlah ulangan tidak sama untuk setiap perlakuan, sehingga masalah data hilang (*missing data*), tidak menjadi penghalang.
- 5) Jumlah ulangan dan jumlah perlakuan hanya dibatasi oleh tersedianya materi percobaan.

Selanjutnya **kelemahan** dari RAL adalah:

- a) Hanya dapat digunakan untuk materi percobaan dan lingkungan yang relatif homogen.
- b) Pengacakan tanpa pembatasan akan menyebabkan semua sumber ragam, selain perlakuan masuk ke ragam sisa.

- c) Jika perlakuan terlalu banyak, homogenitas materi percobaan sulit dipertahankan, karena diperlukan materi percobaan dalam jumlah besar, sehingga ragam sisa menjadi besar.

2. Denah Percobaan dan Pengacakan

Untuk menggambarkan denah percobaan digunakan contoh sebagai berikut: Misalnya ada 5 perlakuan pupuk yang hendak dicobakan, yaitu pupuk A, B, C, D, dan E, masing-masing dengan 5 ulangan. Dalam hal ini dibutuhkan 25 satuan percobaan yang dapat digambarkan:

1 A ₁	2 E ₅	3 B ₁	4 C ₂	5 D ₂
6 E ₃	7 D ₃	8 A ₂	9 C ₄	10 B ₄
11 A ₃	12 D ₁	13 E ₂	14 B ₅	15 C ₃
16 A ₅	17 B ₃	18 C ₅	19 E ₁	20 D ₅
21 E ₄	22 D ₄	23 B ₂	24 A ₄	25 C ₁

Gambar 1. Denah Rancangan Acak Lengkap

Dari gambar dapat dilihat bahwa setiap satuan percobaan diberi nomor secara berurutan mulai dari no. 1 sampai no. 25. Pengacakan perlakuan untuk menempati satuan percobaan dilakukan dengan undian ataupun menggunakan bilangan teracak.

Pengacakan dengan undian dapat dilakukan dengan menyiapkan 25 guntingan kertas kecil yang ukurannya persis sama, kemudian setiap kertas ditulis dengan huruf dari kelima perlakuan tersebut, sehingga secara keseluruhan setiap perlakuan muncul 5 kali (sesuai ulangan). Masukkan semua guntingan kertas yang telah ditulis dan sudah digulung ke dalam sebuah kotak, kemudian ambil satu per satu untuk menempati denah yang sudah dipersiapkan tanpa mengembalikannya ke dalam kotak. Angka yang mengikuti perlakuan adalah untuk menandai nantinya untuk pengamatan dan pemberian perlakuan. Misalnya penarikan pertama terambil A₁, maka satuan percobaan yang bernomor 1 (petak pertama), mendapat perlakuan A ulangan 1, pada pengambilan kedua terambil E₅ maka satuan percobaan yang bernomor 2 mendapat perlakuan E ulangan 5. Demikian seterusnya sampai semua satuan percobaan terisi.

3. Model dan Anggapan

Anggapan (asumsi) dasar untuk percobaan dengan rancangan acak lengkap adalah, bahwa hasil pengamatan Y_{ij} dapat diucapkan dengan model aditif berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t; \quad j = 1, 2, \dots, r_i$$

dimana:

Y_{ij}	= nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-j yang mendapat perlakuan ke-i
μ	= nilai tengah umum
τ_i	= pengaruh perlakuan ke-i
ϵ_{ij}	= galat/sisa pada satuan percobaan ke-j yang mendapat perlakuan ke-i
t	= banyak perlakuan
r	= banyaknya ulangan pada perlakuan ke-i

Selanjutnya galat percobaan ϵ_{ij} dianggap menyebar secara bebas dan normal dengan nilai tengah umum θ dan ragam σ^2 . Anggapan ini mengandung pengertian bahwa sebaran komponen acak ϵ_{ij} haruslah normal, bebas antara satu dengan yang lainnya, dan mempunyai ragam yang sama yaitu σ^2 . Oleh sebab itu peneliti haruslah yakin terlebih dahulu bahwa data pengamatan yang akan dianalisis memenuhi ketiga anggapan tersebut.

Selain itu dibutuhkan pula anggapan untuk pengaruh perlakuan τ_i . Ada dua kemungkinan anggapan untuk τ_i , pertama τ_i bersifat tetap dan $\sum_{i=1}^t \tau_i = 0$. Dalam hal ini peneliti telah memutuskan bahwa dia hanya berhadapan dengan t buah perlakuan tersebut tanpa menyinggung perlakuan lain. Kedua τ_i bersifat acak dimana τ_i di dalam model merupakan contoh acak dari suatu populasi yang menyebar dengan nilai tengah θ dan ragam σ^2 . Jadi peneliti telah memutuskan untuk mengambil kesimpulan yang berlaku untuk seluruh populasi. Model dengan anggapan pertama disebut model tetap (Model I) dan model dengan anggapan kedua disebut model acak (model II).

4. Hipotesis dan Pengujian

Hipotesis adalah jawaban/dugaan sementara untuk pertanyaan penelitian atau harapan yang ingin dicapai oleh tujuan penelitian dan belum tentu benar, sehingga hipotesis dapat saja ditolak atau diterima berdasarkan hasil penelitian.

Apabila kita dihadapkan pada model tetap, **hipotesis nol** (H_0) yang diajukan sebelum percobaan adalah **tidak adanya perbedaan pengaruh perlakuan terhadap hasil pengamatan**. Lawan hipotesis ini adalah **hipotesis satu** (H_1), adalah setidaknya ada sepasang perlakuan yang berbeda. Hipotesis ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_0 : \tau_i = 0 \quad i = 1, 2, \dots, t$$

$$H_1 : \text{ada } \tau_i \neq 0, \text{ atau}$$

$$\text{bila } Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} = \mu + \epsilon_{ij}, \text{ maka: } H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_1 : \text{ada } \mu_i \neq \mu_j \text{ untuk } i \neq j$$

Pada model acak, hipotesis nol yang diajukan adalah **tidak adanya keragaman** di antara perlakuan-perlakuan yang terdapat dalam populasi perlakuan, dengan hipotesis

satu, adanya keragaman perlakuan. Hipotesis ini dapat dituliskan: $H_0: \sigma^2 = 0$, dan $H_1: \sigma^2 \neq 0$

Kedua jenis hipotesis ini yaitu untuk model tetap dan model acak, diuji dengan uji F. Besaran F_{hitung} diperoleh dari perhitungan dengan tabel sisi ragam atau tabel ANOVA (*Analysis of variance*) dan besaran F_{tabel} diperoleh dari tabel F (Lampiran 1.) dengan derajat bebas (db) yang sesuai dan taraf nyata α yang diinginkan. Pada model tetap, apabila F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka H_0 ditolak, artinya ada perbedaan pengaruh diantara t buah perlakuan tersebut. Istilah yang lazim digunakan adalah apabila:

- a. $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf nyata $\alpha = 0,01$ (F_{tabel} 1%) dikatakan perlakuan-perlakuan yang diberikan **berbeda sangat nyata atau ada perbedaan sangat nyata antar perlakuan**. Pada F_{hitung} dalam tabel sidik ragam diberi tanda dua bintang (**). Artinya H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- b. $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ (F_{tabel} 5 %) dikatakan perlakuan-perlakuan yang diberikan **berbeda nyata atau berarti ada perbedaan nyata antar perlakuan**, berikan tanda satu bintang pada nilai F_{hitung} (*). Artinya H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- c. $F_{hitung} < F_{tabel}$ pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ dikatakan perlakuan-perlakuan yang diberikan **tidak berbeda nyata atau berarti tidak ada perbedaan antar perlakuan**, berikan tanda ns (*non signifikan*) pada nilai F_{hitung} . Artinya H_0 diterima dan tolak H_1 .

5. Penyajian Data Hasil Percobaan

Data hasil pengamatan dari percobaan yang menggunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan berfaktor tunggal dan jumlah ulangan yang tak sama, dapat disajikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y_{i.} &= \sum_{j=1}^{r_i} Y_{ij} && = \text{total pengamatan pada perlakuan ke-}i \\
 \hat{y}_i &= Y_{i.}/r_i && = \text{rata-rata pengamatan pada perlakuan ke-}i \\
 Y_{..} &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} Y_{ij} && = \text{total seluruh pengamatan} \\
 \hat{y}_{..} &= Y_{..}/\sum_{i=1}^t r_i && = \text{rata seluruh pengamatan}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Penyajian Data Hasil Percobaan Rancangan Acak Lengkap

	Perlakuan						Total
	1	2	...	i	...	t	
Pengamatan	Y_{11}	Y_{21}	...	Y_{i1}	...	Y_{t1}	
	Y_{12}	Y_{22}	...	Y_{i2}	...	Y_{t2}	
	:	:	...	:	...	:	
	:	:	...	:	...	:	
	Y_{1r}	Y_{2r}	...	Y_{ir}	...	Y_{tr}	
Total	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$...	$Y_{i.}$...	$Y_{t.}$	$Y_{..}$
Rata-rata	\hat{y}_1	\hat{y}_2	...	\hat{y}_i	...	\hat{y}_t	$\hat{y}_{..}$

6. Analisis Ragam

Analisis (sidik) ragam merupakan salah satu meroda untuk menganalisis data, pada prinsipnya metoda ini merupakan suatu prosedur penghitungan besaran statistik F dengan bantuan tabel yang disebut dengan tabel sidik ragam. Sedangkan besaran F berguna untuk menguji ada tidaknya perbedaan pengaruh perlakuan yang diberikan terhadap respon bahan percobaan. Pada tabel sidik ragam diuraikan sumber-sumber keragaman sesuai dengan model yang dipakai, kemudian dihitung jumlah kuadrat yang disumbangkan oleh tiap-tiap sumber keragaman tersebut terhadap keragaman total. Besaran tersebut digunakan untuk menghitung besar F melalui kuadrat tengah masing-masing sumber keragaman.

Pada rancangan acak lengkap ada dua sumber keragaman yaitu sumber keragaman perlakuan dan sumber keragaman galat/sisa. Besar nilai kedua komponen sumber keragaman inilah yang menentukan perbedaan antar perlakuan. Untuk memudahkan pemahaman teknik menghitung, sidik ragam dibagi atas sidik ragam dari RAL ulangan sama, dan sidik ragam dari rancangan acak lengkap ulangan tak sama.

a. RAL dengan ulangan sama

Tabel sidik ragam untuk RAL dengan ulangan sama disajikan sebagai berikut:

Tabel 2. Sidik Ragam Untuk RAL Dengan Ulangan Sama

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F	
				F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	t - 1	JKP	KTP	KTP/KTS	
Sisa	t (r - 1)	JKS	KTS		
Total	tr - 1	JKT			

Untuk menghitung Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP), Jumlah Kuadrat Total (JKT), dan Jumlah Kuadrat Sisa (JKS) pertama kali dihitung Faktor Koreksi (FK):

- $FK = \frac{Y_{..}^2}{rt}$
- $JKP = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^t y_i^2 - FK$
- $JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^r y_{ij}^2 - FK$
- $JKS = JKT - JKP$
- $KTP = JKP / (t-1)$ atau $JKP / dbPerlakuan$
- $KTS = JKS / (t(r-1))$ atau $JKS / dbSisa$

Nilai F_{hitung} adalah nisbah KTP dengan KTS. Besaran F_{hitung} yang diperoleh berguna untuk menguji hipotesis nol H₀: τ_i = 0, i = 1, 2, ..., t atau H₀: σ² = 0. Nilai F_{tabel} ditentukan menggunakan tabel F dengan db dan taraf nyata tertentu.

b. RAL dengan ulangan tak sama

Tabel sidik ragam untuk RAL dengan ulangan tak sama disajikan sebagai berikut:

Tabel 3. Sidik Ragam Untuk RAL Dengan Ulangan Tak Sama

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F	
				F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan Sisa	t - 1	JKP	KTP	KTP/KTS	
	$\sum_{i=1}^t ri - t$	JKS	KTS		
Total	$\sum_{i=1}^t ri - 1$	JKT			

Cara menghitung Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP), Jumlah Kuadrat Total (JKT), dan Jumlah Kuadrat Sisa (JKS) pertama kali dihitung Faktor Koreksi (FK):

- FK = $\frac{y..^2}{\sum_{i=1}^t ri}$
- JKP = $\sum_{i=1}^t \frac{y_i.^2}{ri} - FK$
- JKT = $\sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^{ri} y_{ij}^2 - FK$
- JKS = JKT - JKP
- KTP = JKP / (t-1) atau JKP / dbPerlakuan
- KTS = JKS / $\sum_{i=1}^t (ri - 1)$ atau JKS / dbSisa

Nilai F-hitung adalah nisbah KTP dengan KTS.

7. Contoh RAL Ulangan Sama

Suatu percobaan dilakukan untuk membandingkan pengaruh empat macam pupuk terhadap hasil tanaman jagung manis. Keempat macam pupuk tersebut dimisalkan dengan pupuk A, B, C, dan D. Tujuan tersebut digunakan rancangan acak lengkap dengan 5 ulangan. Data pengamatan dari panjang daun disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Pengamatan Panjang Daun Jagung Manis Yang Diperlakukan Dengan Pupuk Yang Berbeda

	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
Pengamatan	45,2	50,1	25,6	40,2	
	32,2	45,5	29,9	41,5	
	45,7	52,3	30,1	41,4	
	35,1	56,2	33,8	36,7	
	42,6	49,1	31,0	36,4	
Total	200,8	253,2	150,4	196,2	800,6
Rata-rata	40,16	50,64	30,08	39,24	40,03

Langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat daftar sidik ragam adalah sebagai berikut:

- a. Buat tabel pengamatan atau penyajian data seperti Tabel 4., dan lengkapi nilai-nilai total dan rata-rata.
- b. Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak lengkap.
- c. Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:
 - db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 20 - 1 = 19
 - db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 4 - 1 = 3
 - db sisa = db total - db perlakuan = 19 - 3 = 16
- d. Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{rt} = \frac{(800,6)^2}{5 \times 4} = 32.048,018$$

$$JKP = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^t y_i^2 - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(200,8)^2 + (253,2)^2 + (150,4)^2 + (196,2)^2] - 32.048,02$$

$$= 33.109,1 - 32.048,02 = 1.061,08$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(45,2)^2 + (32,3)^2 + \dots + (36,7)^2 + (36,4)^2] - 32.048,02$$

$$= 33.382,86 - 32.048,02 = 1.334,84$$

$$JKS = JKT - JKP = 1.334,84 - 1.061,08 = 273,76$$

- e. Hitung kuadrat tengah

$$KTP = JKP / (t-1) = 1.061,08 / (4-1) = 1.061,08 / 3 = 353,69$$

$$KTS = JKS / (r-1) = 273,76 / 4(5-1) = 273,76 / 16 = 17,11$$

- f. Cari F-hitung

$$F\text{-hitung} = KTP / KTS = 353,69 / 17,11 = 20,67$$

- g. Lihat tabel F untuk 5 % dan 1 % dengan db pembilang (db perlakuan) = 3, db penyebut (db sisa) = 16.

$$\text{➤ Nilai untuk } \alpha = 0,05 \text{ atau } 5 \% ; F_{3,16,0,05} = 3,24$$

$$\text{➤ Nilai untuk } \alpha = 0,01 \text{ atau } 1 \% ; F_{3,16,0,01} = 5,29$$

- h. Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

Tabel 5. Analisis Sidik Ragam Untuk Percobaan Dengan Perlakuan Pupuk Menggunakan RAL Dengan Ulangan Sama

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F _{hitung}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	1.061,08	353,69	20,67**	3,24	5,29
Sisa	16	273,76	17,11			
Total	19	1.334,84				

** : sangat berbeda nyata

- i. Bandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} 5 % dan 1 %.

Dari percobaan didapatkan nilai $F_{hitung} = 20,67 > F_{tabel}$ 1 %, $F_{3,16, 0,01} = 5,29$. Terlihat bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ 1%, maka dikatakan tolak H_0 atau dapat dikatakan terdapat **perbedaan yang sangat nyata** antar perlakuan yang diberikan. Bila H_0 ditolak, berarti H_1 diterima: paling sedikit ada sepasang perlakuan yang berpengaruh berbeda diterima.

Kesimpulan yang diperoleh pada tahap ini (uji F) hanya menunjukkan terdapatnya perbedaan yang sangat nyata diantara nilai tengah perlakuan-perlakuan tersebut. Sedangkan **pasangan perlakuan mana yang berbeda, belum dapat ditentukan**. Untuk mengetahui **pasangan perlakuan yang berbeda dilakukan uji lanjutan** yang disebut dengan **perbandingan ganda**. Catatan: **uji lanjutan** atau perbandingan ganda **dilakukan apabila secara uji F terdapat perbedaan nyata atau perbedaan sangat nyata antar perlakuan** yang diberikan, dengan kata lain $F_{hitung} > F_{tabel}$.

- j. Hitung koefisien keragaman/variasi = KK atau KV

Kuadrat tengah sisa (KTS) adalah penduga bagi ragam sisa atau galat percobaan. Pada di atas $KTS = S^2 = 17,11$ disebut juga sebagai suku galat umum, yang merupakan ukuran keragaman antar pengamatan yang mendapat perlakuan sama. Dengan nilai ini dapat ditentukan nilai koefisien keragaman seluruh pengamatan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} KK &= \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}_{..}} \times 100 \% \\ &= \frac{\sqrt{17,11}}{40,03} \times 100 \% = 10,33\% \end{aligned}$$

Koefisien Keragaman (KK) dapat menunjukkan apakah data hasil suatu percobaan dapat dipercaya, artinya apakah ragam sisa yang masuk ke suatu percobaan tidak terlalu besar, sehingga dapat menutup pengaruh dari perlakuan yang dicobakan. KK akan menjadi besar bila ada sumber ragam lain, selain perlakuan yang masuk ke dalam percobaan, seperti pengaruh perlakuan-perlakuan pada setiap ulangan tidak konsisten karena pada ulangan-ulangan tertentu tanaman terserang penyakit, sehingga hasilnya menjadi sangat rendah.

Hal lain yang dapat menyebabkan KK besar adalah pelaksanaan teknis percobaan yang tidak seragam, seperti penggunaan alat pengukur lebih dari satu yang kepekaannya berbeda atau penggunaan banyak tenaga pelaksana yang dapat menyebabkan sumber ragam atau kesalahan-kesalahan lain yang dapat menyebabkan timbulnya ragam. Sebaliknya, ada kemungkinan KK terlalu kecil, sehingga perbedaan yang kecil antar perlakuan dapat dinyatakan berbeda nyata. Hal ini dapat terjadi bila perbedaan antara ulangan pada perlakuan yang sama terlalu kecil, karena contoh yang diukur terlalu sedikit, sehingga tidak dapat menggambarkan ragam sisa yang sebenarnya dari populasi yang diteliti.

Besarnya KK tergantung pada macam percobaan yang dilakukan, objek percobaan, lokasi, dan karakteristik yang diukur. Bila KK suatu percobaan terlalu besar atau terlalu kecil dibandingkan dengan normal, maka berarti bahwa data yang

diperoleh kurang dapat dipercaya atau ketepatan percobaan rendah. Sebagai contoh KK yang baik pada percobaan tanaman untuk uji varietas adalah 6–8 %, uji pemupukan 10–12 % dan ± 15 % untuk percobaan insektisida. Untuk mengetahui KK yang normal bagi suatu percobaan tertentu, dapat dilihat dan dibandingkan dengan percobaan-percobaan serupa yang pernah dilakukan sebelumnya.

8. Contoh RAL Ulangan Tak Sama

Suatu percobaan telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian belerang, guna mengurangi serangan penyakit pada tanaman kentang. Percobaan dilakukan dengan 7 perlakuan, yaitu kontrol yang diulang 8 kali, dan 6 perlakuan lainnya dengan belerang yang diberikan pada musim semi dan gugur, masing-masing sejumlah 300, 600, 1200 kg ha⁻¹. Keenam perlakuan belerang diulang 4 kali, hasil pengamatan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Tabel Pengamatan Pengaruh Waktu Pemberian Belerang Terhadap Serangan Penyakit “Scab” Pada Tanaman Kentang.

Uangan	Persentase serangan penyakit pada perlakuan								Total
	Kontrol		G ₃	S ₃	G ₆	S ₆	G ₁₂	S ₁₂	
	I	II							
1	12	30	9	30	16	18	10	17	
2	10	18	9	7	10	24	4	7	
3	24	32	16	21	18	12	4	16	
4	29	26	4	9	18	19	5	17	
Jumlah	181		38	67	62	73	23	57	501
Rata-rata	22,6		9,5	16,8	15,5	18,2	5,8	14,2	15,66

Langkah-langkah yang diperlukan untuk melakukan analisis statistika:

- Buat tabel pengamatan atau penyajian data dan lengkapi nilai-nilainya.
- Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak lengkap.
- Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:
 - db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 32 - 1 = 31
 - db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 7 - 1 = 6
 - db sisa = db total - db perlakuan = 31 - 6 = 25
- Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y..^2}{\sum_{i=1}^t r_i} = \frac{(501)^2}{32} = 7.843,78$$

$$JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_i.^2}{r_i} - FK$$

$$= \left[\frac{(181)^2}{8} + \frac{(38)^2}{4} + \frac{(67)^2}{4} + \frac{(62)^2}{4} + \frac{(73)^2}{4} + \frac{(23)^2}{4} + \frac{(57)^2}{4} \right] - 7.843,78$$

$$= 8.816,13 - 7.843,78 = 972,35$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^{r_i} y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(12)^2 + (10)^2 + \dots + (5)^2 + (17)^2] - 7.843,78 = 9939 - 7.843,78$$

$$= 2.095,22$$

- e. Hitung kuadrat tengah
 $KTP = JKP/(t-1) = 972,35/(7-1) = 162,06$
 $KTS = JKS/\sum_{i=1}^t ri - t = 1.122,87/25 = 44,91$
- f. Cari F-hitung: $F\text{-hitung} = KTP/KTS = 162,06/44,91 = 3,61$
- g. Lihat tabel F untuk 5 % dan 1 % dengan db pembilang (db perlakuan) = 6, db penyebut (db sisa) = 25.
 - Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{6,25,0,05} = 2,49$
 - Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{6,25,0,01} = 3,63$
- h. Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

Tabel 7. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Waktu Dan Pemberian Belerang Terhadap Serangan Penyakit “Scab” Pada Tanaman Kentang Dengan Ulangan Tak Sama.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F _{hitung}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	6	972,35	162,06	3,61*	2,49	3,63
Sisa	25	1.122,87	44,91			
Total	31	2.095,22				

*: berbeda nyata

- i. Bandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel 5 % dan 1 %.
 Dari percobaan didapatkan nilai $F_{hitung} = 3,61 > F_{tabel} 5\%$, $F_{6,25,0,05} = 2,49$. Terlihat bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel} 5\%$, maka dikatakan tolak H_0 atau dapat dikatakan perlakuan yang diberikan ke tanaman memeberikan pengaruh **berbeda nyata**.
- j. Hitung koefisien keragaman/variasi = KK atau KV
 $KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}} \times 100\%$
 $= \frac{\sqrt{44,91}}{15,66} \times 100\% = 42,79\%$

C. PENUTUP

1. Test Formatif

Untuk memperdalam pemahaman ananda terkait dengan materi diatas, kerjakanlah latihan berikut ini:

Latihan 1 – RAL

Suatu penelitian dalam bentuk percobaan yang melihat pengaruh pemberian pupuk terhadap pertumbuhan bibit tanaman kakao, menggunakan RAL dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Dari pengamatan terhadap tinggi tanaman didapatkan data sebagai berikut:

Tabel Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	1	2	3	4		
A	32	32	32	31		
B	44	36	33	37		
C	40	35	34	34		
D	41	35	38	34		
E	42	34	31	36		
F	42	34	38	35		
G	43	36	38	36		
Total	-	-	-	-		

Perintah soal: Lengkapi tabel pengamatan di atas, lakukan analisis statistik sampai analisis ragam, ambil kesimpulan dengan membandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel serta hitung KK.

Latihan 2 - RAL

Suatu penelitian dalam bentuk percobaan yang melihat pengaruh pemberian pupuk terhadap pertumbuhan bibit tanaman kakao, menggunakan RAL dengan 7 perlakuan dan 5 ulangan. Dari pengamatan terhadap tinggi tanaman didapatkan data:

A ₁ 26	E ₁ 32	D ₅ 39	C ₁ 30	G ₁ 36
F ₁ 37	D ₂ 35	B ₁ 34	G ₂ 36	A ₄ 25
C ₃ 34	E ₂ 44	F ₃ 38	C ₂ 35	G ₄ 36
A ₂ 28	C ₄ 31	B ₂ 36	G ₃ 38	B ₃ 33
F ₂ 44	E ₃ 41	A ₃ 28	D ₃ 38	F ₄ 40
B ₄ 37	D ₁ 31	F ₅ 44	C ₅ 39	D ₄ 34
G ₅ 46	E ₄ 46	B ₅ 32	E ₅ 42	A ₅ 26

Perintah soal: Buat tabel pengamatan dan lengkapi, lakukan analisis sampai analisis ragam, ambil kesimpulan, dan hitung KK.

Latihan 3 - RAL Ulangan tak sama

Suatu penelitian dalam bentuk percobaan yang melihat pengaruh pemberian pupuk terhadap pertumbuhan bibit tanaman langka, oleh karena keterbatasan bahan percobaan maka digunakan RAL ulangan tak sama dengan 7 perlakuan. Dari pengamatan terhadap tinggi tanaman didapatkan data sebagai berikut:

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	26,4	28,7	28,4	25,2	26,3		
B	34,5	36,4	33,5	35,0	-		
C	30,5	35,8	34,7	31,5	39,8		
D	31,5	35,5	38,4	34,6	-		
E	32,5	44,2	41,1	46,2	42,1		
F	37,3	44,3	48,4	-	-		
G	36,9	46,2	48,1	36,1	46,7		
Total	-	-	-	-	-		

Perintah soal: Lengkapi tabel pengamatan di atas, lakukan analisis sampai analisis ragam, ambil kesimpulan dengan membandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel serta hitung KK.

2. Kunci Jawaban Test Formatif

Kunci jawaban latihan ada di halaman terakhir bab.

DAFTAR PUSTAKA

Sugandi, E., Sugiarto. 1993. Rancangan Percobaan. Yogyakarta: Andi offset.

Syahni Rahmat, 1990. Perancangan dan analisis data percobaan. Universitas andalas, Padang.

Syamsuwirman. 2010. Perancangan Percobaan. Diklat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 4

RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK)

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Konsep Rancangan Acak Kelompok (RAK) ini berisikan tentang hal-hal dasar yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari: pengertian dan penggunaan; denah percobaan dan pengacakan; model dan anggapan; hipotesis dan pengujian; penyajian data hasil percobaan; analisis ragam; pendugaan efisiensi relatif; dan pendugaan nilai pengamatan yang hilang.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami prinsip dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa pengertian dan penggunaannya;
- 2) Mahasiswa mengetahui bagaimana membuat denah percobaan dan pengacakan;
- 3) Mahasiswa mengetahui bagaimana model dan anggapan;
- 4) Mahasiswa mengetahui apa dan bagaimana hipotesis dan pengujian;
- 5) Mahasiswa mengetahui bagaimana penyajian data hasil percobaan;
- 6) Mahasiswa mengetahui bagaimana analisis ragam;
- 7) Mahasiswa mengetahui bagaimana pendugaan efisiensi relatif; dan
- 8) Mahasiswa mengetahui bagaimana pendugaan nilai pengamatan yang hilang.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan terkait dengan Sub-Capaian yang ada dalam bab ini.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume. Kerjakan semua tes formatif yang ada pada bagian akhir setiap bab, kemudian verifikasi jawaban ananda dengan kunci jawaban yang tersedia pada bagian akhir Buku Ajar ini.

B. PENYAJIAN

1. Pengertian dan Penggunaan

Rancangan Acak Kelompok (RAK) adalah suatu rancangan lingkungan dimana penempatan perlakuan secara acak dalam setiap kelompok (blok). Pengelompokan satuan percobaan didasarkan atas satu ciri lingkungan, dengan tujuan untuk mendapatkan satuan percobaan yang relatif seragam di dalam setiap kelompok. Pengelompokan hendaklah dilakukan dengan kriteria yang berarti, sehingga dapat meminimalkan keragaman di dalam kelompok, dan memaksimalkan keragaman antar kelompok. Sebagai contoh, pengelompokan dilakukan atas kesuburan tanah, ketinggian tempat dari muka laut, dan intensitas cahaya matahari.

RAK digunakan apabila bahan atau satuan percobaan tidak dapat diusahakan seragam/homogen, sedangkan dalam melakukan percobaan, semua satuan percobaan haruslah diperlakukan seragam dalam segala hal, kecuali perlakuan. Dalam kondisi lingkungan yang tidak seragam, penyeragaman diperoleh di dalam setiap kelompok. Keragaman yang ditimbulkan oleh pengelompokan dapat disisihkan, sehingga tidak mempengaruhi keragaman yang ditimbulkan oleh perlakuan.

Secara umum dapat dikatakan bahwa RAK digunakan bila materi percobaan tidak homogen atau ada satu faktor lain selain perlakuan yang dapat menyebabkan terjadinya ragam. Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan RAK adalah:

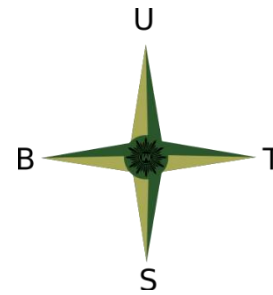
- a. Untuk banyak tipe percobaan, dengan pengelompokan akan diperoleh hasil yang lebih tepat daripada RAL, karena dengan mengeluarkan jumlah kuadrat kelompok dari jumlah kuadrat sisa, akan menyebabkan kuadrat tengah sisa menjadi kecil.
- b. Jumlah perlakuan dan ulangan tidak dibatasi.
- c. Analisis data relatif lebih mudah. Apabila ada data untuk perlakuan tertentu yang hilang, telah tersedia cara menghitung nilai dugaan data hilang tersebut. Ragam sisa untuk perbandingan perlakuan tertentu dapat diisolasi, terutama bila ragam antar perlakuan tidak homogen. Bila ada perlakuan tertentu yang datanya tidak dapat digunakan, perlakuan tersebut dapat dihilangkan tanpa mempersulit analisisnya.

RAK juga mempunyai kelemahan, yaitu bila perlakuannya banyak, maka luas kelompok percobaan juga bertambah besar, sehingga ragam dalam kelompok menjadi besar, ragam sisa menjadi kecil dan uji F menjadi kurang baik.

2. Denah Percobaan dan Pengacakan

Misalnya penelitian akan dilaksanakan dengan 5 perlakuan, yakni pupuk A, B, C, D, dan E, dengan 4 kelompok. Karena satuan-satuan percobaan tidak homogen, maka percobaan dilaksanakan dengan RAK. Denah percobaan dapat digambarkan sebagai berikut:

Kelompok III	A	C	B	D	E
Kelompok I	C	D	E	B	A
Kelompok IV	A	C	E	B	D
Kelompok II	E	B	D	A	C



Gambar 2. Denah Rancangan Acak Kelompok

Pengacakan perlakuan terhadap satuan percobaan dilakukan pada setiap kelompok, menggunakan undian atau bilangan acak. Disiapkan 5 (sesuai jumlah perlakuan) guntingan kertas kecil yang ukurannya persis sama, kemudian setiap kertas ditulis dengan satu huruf dari perlakuan, masukkan guntingan kertas yang telah ditulis tersebut ke dalam kotak, kemudian diambil atau ditarik satu persatu, tanpa pengembalian ke dalam kotak. Pada denah yang sudah disiapkan, gambarkan kotak sebanyak perlakuan dan kelompok, dan namai kelompok tersebut yang tidak harus berurutan.

Misalnya pada penarikan pertama terambil kertas bertuliskan A, maka satuan percobaan pertama kelompok III mendapatkan perlakuan A, pada pengambilan kedua terambil kertas bertuliskan C, maka satuan percobaan petak kedua kelompok III mendapatkan perlakuan C. Demikian sampai semua kotak kelompok terisi penuh, ulangi undian untuk kelompok lainnya seperti cara yang sama. Artinya seluruh perlakuan menempati masing-masing satuan percobaan dalam denah.

3. Model dan Anggapan

Mempertimbangkan adanya pengaruh kelompok disamping pengaruh perlakuan, model RAK dituliskan : $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

Keterangan:

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

$j = 1, 2, \dots, b;$

Y_{ij} = nilai pengamatan pada satuan percobaan dalam kelompok ke-j yang mendapat perlakuan ke-i;

μ = nilai tengah umum;

τ_i = pengaruh perlakuan ke-i;

β_j = pengaruh kelompok ke-j;

ϵ_{ij} = sisa satuan percobaan dalam kelompok ke-j yang mendapat perlakuan ke-i;

T = banyak perlakuan;

b = banyak kelompok.

Galat/sisa percobaan ϵ_{ij} dianggap menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ^2 . Pengaruh perlakuan τ_i dianggap tetap dan $\sum \tau_i = 0$, sedangkan pengaruh kelompok β_j juga dianggap tetap dan $\sum \beta_j = 0$. Apabila model yang digunakan adalah model acak, maka asumsi untuk τ_i adalah bahwa τ_i menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ_τ^2 .

4. Hipotesis dan Pengujian

Seperti pada RAL, tujuan yang hendak dicapai adalah mengetahui apakah ada perbedaan diantara perlakuan atau tidak. Oleh sebab itu hipotesis yang diajukan adalah: tidak ada perbedaan pengaruh diantara t buah perlakuan, dengan lawan hipotesis: setidaknya ada sepasang perlakuan yang berbeda.

Hipotesis nol dan hipotesis satu dapat ditulis sebagai berikut:

$$H_0 : \tau_i = 0; i = 1, 2, \dots, t$$

$$H_1 : \text{ada } \tau_i \neq 0$$

atau,

$$\text{bila } Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} = \mu + \epsilon_{ij}$$

$$= \mu + \beta_j + \epsilon_{ij} = \mu + \epsilon_{ij}$$

maka,

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_1 : \text{ada } \mu_i \neq \mu_j \text{ untuk } i \neq j$$

Model acak, hipotesis nol yang diajukan adalah **tidak adanya keragaman** diantara perlakuan-perlakuan yang terdapat dalam populasi perlakuan, dengan hipotesis satu, **adanya keragaman perlakuan**. Hipotesis ini dapat dituliskan: $H_0: \sigma_\tau^2 = 0$; $H_1: \sigma_\tau^2 \neq 0$.

Kedua jenis hipotesis ini yaitu untuk model tetap dan model acak, diuji dengan uji F. Besaran F_{hitung} diperoleh dari perhitungan dengan tabel sidik ragam atau tabel ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan besaran F_{tabel} diperoleh dari F_{tabel} (Lampiran 1.), dengan derajat bebas (db) yang sesuai dan taraf nyata α yang diinginkan. Pada model tetap, apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka tolak H_0 ; artinya ada perbedaan pengaruh diantara t buah perlakuan tersebut. Istilah yang lazim digunakan apabila:

- $F_{hitung} > F_{tabel} \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak dan terima $H_1 \rightarrow$ **berbeda nyata**
- $F_{hitung} > F_{tabel} \alpha = 0,01$, maka H_0 ditolak & terima $H_1 \rightarrow$ **sangat berbeda nyata**
- $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan tolak $H_1 \rightarrow$ **tidak berbeda nyata**.

5. Penyajian Data Hasil Percobaan

Data hasil pengamatan dari percobaan yang menggunakan RAK dengan t perlakuan dan b kelompok, dapat disajikan seperti tabel 8 berikut:

Tabel 8. Penyajian Data Hasil Pengamatan Untuk RAK

Kelompok	Perlakuan						Total	Rata-rata
	1	2	...	i	...	t		
1	Y_{11}	Y_{21}	...	Y_{i1}	...	Y_{t1}	$Y_{.1}$	$\bar{y}_{.1}$
2	Y_{12}	Y_{22}	...	Y_{i2}	...	Y_{t2}	$Y_{.2}$	$\bar{y}_{.2}$
:	:	:	...	:	...	:	:	:
j	Y_{1j}	:	...	Y_{ij}	...	Y_{tj}	$Y_{.j}$	$\bar{y}_{.j}$
:	:	:	...	:	...	:	:	:
b	Y_{1b}	Y_{2b}	...	Y_{ib}	...	Y_{tb}	$Y_{.b}$	$\bar{y}_{.b}$
Total	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	...	$Y_{i.}$	...	$Y_{t.}$	$Y_{..}$	-
Rata-rata	$\bar{y}_{1.}$	$\bar{y}_{2.}$	...	$\bar{y}_{i.}$	...	$\bar{y}_{t.}$	-	$\bar{y}_{..}$

Lambang-lambang total dan rata-rata pada tabel di atas berarti:

- Y_i = $\sum_{j=1}^r Y_{ij}$ = total pengamatan pada perlakuan ke-i
- \bar{y}_i = Y_i/b = rata-rata pengamatan pada perlakuan ke-i
- Y_j = $\sum_{i=1}^t Y_{ij}$ = total pengamatan pada kelompok ke-j
- \bar{y}_j = Y_j/t = rata-rata pengamatan pada kelompok ke-j
- $Y_{..}$ = $\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}$ = total seluruh pengamatan
- $\bar{y}_{..}$ = $Y_{..}/tb$ = rata-rata seluruh pengamatan

6. Analisis Ragam

Tabel sidik ragam untuk RAK disajikan sebagai berikut:

Tabel 9. Sidik Ragam Untuk RAK

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F	
				F-hitung	F-tabel
Perlakuan	t - 1	JKP	KTP	KTP/KTS	
Kelompok	b - 1	JKK	KTK	KTK/KTS	
Sisa	(t - 1)(b - 1)	JKS	KTS		
Total	tb - 1	JKT			

Nilai-nilai untuk jumlah kuadrat dihitung menggunakan rumus:

- $FK = \frac{Y_{..}^2}{tb}$
- $JKP = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^t y_i^2 - FK$
- $JKK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y_j^2 - FK$
- $JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - FK$
- $JKS = JKT - JKP - JKK$
- $KTP = JKP/(t-1)$ atau JKP/db Perlakuan
- $KTK = JKK/(b-1)$ atau JKK/db kelompok
- $KTS = JKS/(t-1)(b-1)$ atau JKS/db Sisa

F_{hitung} untuk perlakuan adalah KTP/KTS , dan untuk kelompok KTK/KTS . F_{hitung} perlakuan berguna untuk menguji hipotesis $H_0: \tau_i = 0, i = 1, 2, \dots, t$. F_{tabel} yang digunakan adalah nilai F dengan derajat bebas perlakuan (dbP) dan derajat bebas sisa (dbS) pada taraf nyata α (nilainya 0,05 dan 0,01) atau dituliskan $F_{dbP, dbS, \alpha}$. Bila:

- $F_{hitung} > F_{tabel} 0,05$; pengaruh antar perlakuan berbeda nyata.
- $F_{hitung} > F_{tabel} 0,01$; pengaruh antar perlakuan berbeda sangat nyata.
- $F_{hitung} < F_{tabel}$; pengaruh antara perlakuan tidak berbeda nyata.

F_{hitung} untuk kelompok berguna untuk menguji apakah perbedaan antar kelompok berbeda nyata atau tidak. Sebagai pembanding digunakan nilai F_{tabel} dengan derajat bebas kelompok (dbK) dan derajat bebas sisa (dbS) pada trafa nyata α , lazim dituliskan $F_{dbK, dbS, \alpha}$. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dikatakan bahwa perbedaan antar kelompok bersifat nyata, dalam hal ini mengelompokan dikatakan berhasil. Sebaliknya $F_{hitung} < F_{tabel}$

tabel dikatakan antar kelompok tidak berbeda nyata, dan pengelompokan tidak dianjurkan atau caranya perlu diperbaiki.

7. Contoh

Sebuah percobaan pemupukan dilakukan dengan membandingkan 4 jenis pupuk, yaitu A, B, C, dan D. Berdasarkan kesuburan tanah tempat percobaan dilakukan pengelompokan petak-petak percobaan menjadi 5 kelompok, dengan demikian dibutuhkan sebanyak 20 satuan percobaan. Data hasil pengamatan disajikan:

Tabel 10. Data Hasil Pengamatan Panjang Daun Jagung Manis.

Kelompok	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	43,3	41,1	31,4	41,2	157,0
2	30,4	40,4	29,1	38,2	138,1
3	45,7	52,3	34,2	42,4	174,6
4	34,1	48,2	30,8	35,7	148,8
5	43,7	49,2	38,1	37,3	168,3
Total	197,2	231,2	163,6	194,8	786,8
Rata-rata	39,44	46,24	32,72	38,96	-

Langkah-langkah yang diperlukan untuk melakukan analisis sidik ragam:

- a. Buat tabel pengamatan, lengkapi dan buat tabel sidik ragam RAK.
- b. Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak kelompok.
- c. Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, kelompok, sisa, dan total:
 - db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 20 - 1 = 19
 - db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 4 - 1 = 3
 - db kelompok = jumlah kelompok - 1 = 5 - 1 = 4
 - db sisa = db total - db perlakuan - db kelompok = 19 - 3 - 4 = 12

d. Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y..^2}{tb} = \frac{(786,8)^2}{4 \times 5} = 30.952,712$$

$$JKP = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^t yi.^2 - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(197,2)^2 + (231,2)^2 + (163,6)^2 + (194,8)^2] - 30.952,712$$

$$= 31.410,659 - 30.952,712 = 457,944$$

$$JKK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y.j^2 - FK$$

$$= \frac{1}{4} [(157)^2 + (138,1)^2 + (174,6)^2 + (148,8)^2 + (168,3)^2] - 30.952,712$$

$$= 31.168,025 - 30.952,712 = 215,313$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^b yij^2 - FK$$

$$= [(43,3)^2 + (41,1)^2 + \dots + (38,1)^2 + (37,3)^2] - 30.952,712$$

$$= 31.783,46 - 30.952,712 = 830,748$$

$$JKS = JKT - JKP - JKK = 830,748 - 457,944 - 215,313 = 157,491$$

- e. Hitung kuadrat tengah
 $KTP = JKP/(t-1) = 457,944/(4-1) = 457,944/3 = 152,648$
 $KTK = JKK/(b-1) = 215,313/(5-1) = 215,313/4 = 53,828$
 $KTS = JKS/(t-1)(b-1) = 157,491/(4-1)(5-1) = 157,491/12 = 13,124$
- f. Cari F_{hitung}
 $F_{hitung} \text{ Perlakuan} = KTP/KTS = 152,648/13,124 = 11,63$
 $F_{hitung} \text{ Kelompok} = KTK/KTS = 53,828/13,124 = 4,1$
- g. Lihat F_{tabel} untuk perlakuan 5 % dan 1 % dengan db pembilang (db perlakuan) = 3, db penyebut (db sisa) = 12.
 ➤ Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{3,12,0,05} = 3,49$
 ➤ Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{3,12,0,01} = 5,95$
 F-tabel untuk kelompok 5 % dan 1 % dengan db pembilang (db kelompok) = 4, db penyebut (db sisa) = 12.
 - Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{4,12,0,05} = 3,26$
 - Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{4,12,0,01} = 5,41$
- h. Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

Tabel 11. Analisis Sidik Ragam Percobaan Dengan Perlakuan Pupuk Menggunakan RAK

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F_{hitung}	F_{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	457,944	152,648	11,63**	3,49	5,95
Kelompok	4	215,313	53,828	4,1*	3,26	5,41
Sisa	12	157,491	13,124			
Total	19	830,748				

*: Berbeda nyata **: Sangat berbeda nyata

- i. Bandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} 5 % dan 1 %.
 Perlakuan: Dari percobaan didapatkan nilai $F_{hitung} = 11,63 > F_{tabel} 1\%$, $F_{3,12,0,01} = 5,95$. Terlihat bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel} 1\%$, maka dikatakan tolak H_0 atau dapat dikatakan terdapat **perbedaan yang sangat nyata** antar perlakuan yang diberikan. Bila H_0 ditolak, berarti H_1 diterima: paling sedikit ada sepasang perlakuan yang berpengaruh berbeda diterima.
- Kelompok: Dari percobaan didapatkan nilai $F_{hitung} = 4,1 > F_{tabel} 5\%$, $F_{4,12,0,01} = 3,26$, dan kecil dari $< F_{tabel} 1\%$, maka dikatakan tolak H_0 atau dapat dikatakan kelompok yang diberikan pada percobaan **berbeda nyata**. Artinya pengelompokan yang dilakukan berdasarkan kesuburan tanah cukup berhasil atau ada pengaruhnya.
- j. Hitung koefisien keragaman/variiasi = KK atau KV
 Kuadrat tengah sisa (KTS) adalah penduga bagi ragam sisa atau galat percobaan. Pada di atas $KTS = S^2 = 13,1243$ disebut juga sebagai suku galat umum, yang merupakan ukuran keragaman antar pengamatan yang mendapat perlakuan sama. Dengan nilai

ini dapat ditentukan nilai koefisien keragaman seluruh pengamatan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} KK &= \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}..} \times 100 \% \\ &= \frac{\sqrt{13,124}}{39,34} \times 100 \% = 9,21 \% \end{aligned}$$

8. Pendugaan Efisiensi Relatif

Selain mengetahui keberhasilan pengelompokan berdasarkan nilai F_{hitung} pada tabel sidik ragam, juga dapat dibandingkan keefisienan RAK terhadap RAL dengan menghitung keefisienan relatifnya, menggunakan rumus:

$$ER = \frac{(f1 + 1)/(f1 + 3)S1^2}{(f2 + 1)/(f2 + 3)S2^2}$$

Keterangan:

- $S1^2$ = kuadrat tengah sisa dari rancangan pertama;
- $f1$ = derajat bebas sisa dari rancangan pertama;
- $S2^2$ = kuadrat tengah sisa dari rancangan kedua;
- $f2$ = derajat bebas sisa dari rancangan kedua.

Rumus di atas, efisiensi relatif RAK terhadap RAL dapat ditentukan:

$$ER = \frac{(f1 + 1)/(f1 + 3)KTS \text{ RAK}}{(f2 + 1)/(f2 + 3)KTS \text{ RAL}}$$

Keterangan:

- $f1$ = $(b-1)(t-1)$ = dbs RAK;
- $f2$ = $t(t-1)$ = dbs RAL.

$$KTS \text{ RAL} = \frac{(b - 1)KTK + b(t - 1)KTS (RAK)}{bt - 1}$$

Contoh: pada contoh RAK diperoleh $KTS = 13,124$ dan $KTK = 53,828$ dan KTS RAL diduga dengan rumus:

$$KTS \text{ RAL} = \frac{(5-1)53,828 + 5(4-1)13,124}{(5 \times 4) - 1} = 21,693$$

$$f1 = (5-1)(4-1) = 12; \quad f2 = 4(5-1) = 16$$

Efisiensi relatif RAK terhadap RAL adalah:

$$ER = \frac{(12+1)/(12+3)13,124}{(16+1)/(16+3)21,693} = 1,60 = 160 \%$$

Dalam hal ini RAK lebih efisien dari RAL, dimana 10 ulangan dengan RAK akan memberikan informasi yang sama dengan 16 ulangan dengan RAL.

9. Pendugaan Nilai Pengamatan Yang Hilang

Seringkali terjadi satu atau lebih unit percobaan tidak dapat diamati karena rusak, atau ada nilai pengamatan untuk unit percobaan tertentu hilang. Agar data percobaan dapat dianalisis, maka nilai yang hilang tersebut perlu diduga nilainya berdasarkan data yang ada.

Rumus yang digunakan untuk menduga besar nilai pengamatan yang hilang adalah:

$$Y_{ij} = \frac{tT_k + bT_p - Tu}{(b-1)(t-1)}$$

Keterangan

- b = jumlah/banyak kelompok
- t = jumlah perlakuan
- T_k = total nilai pengamatan kelompok yang mengandung nilai pengamatan yang hilang.
- T_p = total nilai pengamatan perlakuan yang mengandung nilai pengamatan yang hilang.
- T_u = total umum

Rumus tersebut di atas hanya digunakan untuk satu nilai pengamatan hilang. Bila nilai pengamatan yang hilang lebih dari satu, maka diusahakan nilai yang hilang hanya satu, dengan jalan menduga besar pengamatan lain yang hilang berdasarkan purata nilai pengamatan yang tidak hilang dalam kelompok yang sama, dan purata nilai pengamatan yang tidak hilang dalam perlakuan yang sama.

Contoh Soal: Percobaan yang dilakukan menggunakan RAK untuk melihat pengaruh varietas terhadap produksi padi, ada dua nilai pengamatan yang hilang, yaitu Y₁ dan Y₂ seperti terlihat pada tabel pengamatan berikut:

Tabel 12. Hasil Pengamatan Produksi Gabah Kering Dari Varietas Padi Yang Dilakukan Dengan RAK Dan Mempunyai Dua Nilai Pengamatan Yang Hilang.

Varietas	Produksi gabah kering (kw/ha)					Jumlah
	I	II	III	IV	V	
A	112	82	90	81	94	459
B	90	Y ₁	84	72	60	306
C	134	141	111	125	88	599
D	92	84	87	76	82	421
E	80	85	69	Y ₂	85	319
Jumlah	508	392	441	354	409	2104

Cara menghitung:

- a. Pertama diduga nilai Y₁, dan nilai Y₂ menggunakan rumus:

$$Y_1 = \frac{\frac{T_p}{b-1} + \frac{T_k}{t-1}}{2} = \frac{\frac{306}{4} + \frac{392}{4}}{2} = \frac{76,5 + 98}{2} = 87,25$$

$$Y_2 = \frac{tT_k + bT_p - Tu}{(b-1)(t-1)} = \frac{5(354) + 5(319) - (2104 + 87,25)}{(5-1)(5-1)} = 73,36$$

- b. Misalkan Y₂ = 73,36, dan Y₁ hilang, maka nilai Y₁ diduga:

$$Y_1 = \frac{5(392) + 5(306) - (2104 + 73,36)}{(5-1)(5-1)} = \frac{(1960 + 1530) - 2177,36}{16} = 82,04$$

c. Misalkan $Y_1 = 82,04$, dan Y_2 hilang, maka nilai Y_2 diduga:

$$Y_2 = \frac{5(354)+5(319)-(2104+82,04)}{(5-1)(5-1)} = \frac{(1770+1595)-2186,04}{16} = 73,69$$

d. Misalkan $Y_2 = 73,69$, dan Y_1 hilang, maka nilai Y_1 diduga:

$$Y_1 = \frac{5(392)+5(306)-(2104+73,69)}{(5-1)(5-1)} = \frac{(1960+1530)-2177,69}{16} = 82,02$$

e. Misalkan $Y_1 = 82,02$, dan Y_2 hilang, maka nilai Y_2 diduga:

$$Y_2 = \frac{5(354)+5(319)-(2104+82,02)}{(5-1)(5-1)} = \frac{(1770+1595)-2186,02}{16} = 73,69$$

f. Misalkan $Y_2 = 73,69$, dan Y_1 hilang, maka nilai Y_1 diduga:

$$Y_1 = \frac{5(392)+5(306)-(2104+73,69)}{(5-1)(5-1)} = \frac{(1960+1530)-2177,69}{16} = 82,02$$

Perhitungan dihentikan jika nilai pendugaan sudah sama dua kali berturut-turut, seperti nilai dugaan Y_2 pada langkah 3 dan langkah 5 = 73,69 dan nilai dugaan Y_1 pada langkah 4 dan 6 = 82,02. Untuk melakukan analisis, maka nilai dugaan tersebut dimasukkan terlebih dahulu ke dalam tabel pengamatan dan dianalisis seperti biasa.

C. PENUTUP

1. Test Formatif

Untuk memperdalam pemahaman ananda terkait dengan materi diatas, kerjakanlah latihan berikut ini:

Latihan 4 _RAK

Sebuah percobaan pemupukan dilakukan dengan membandingkan 7 jenis pupuk, yaitu A, B, C, D, E, F, dan G terhadap tanaman kacang panjang. Berdasarkan kesuburan tanah tempat percobaan dilakukan pengelompokan petak-petak percobaan menjadi 5 kelompok, dengan demikian dibutuhkan sebanyak 35 satuan percobaan. Data hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman disajikan:

Perlakuan	Kelompok					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	225	225	226	224	224		
B	234	234	230	235	234		
C	242	243	242	241	242		
D	252	235	253	254	259		
E	264	264	262	264	262		
F	274	273	274	275	275		
G	282	282	282	284	284		
Total							

Perintah soal: Lengkapi tabel pengamatan di atas, lakukan analisis sampai analisis ragam, ambil kesimpulan dengan membandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel serta hitung KK.

Latihan 5_RAK

Sebuah percobaan pemupukan dilakukan dengan membandingkan 6 jenis pupuk, yaitu A, B, C, D, E, dan F terhadap tanaman mentimun. Berdasarkan kesuburan tanah tempat percobaan dilakukan pengelompokan petak-petak percobaan menjadi 5 kelompok, dengan demikian dibutuhkan sebanyak 30 satuan percobaan. Data hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman disajikan:

I	A 110	E 164	D 152	C 142	B 138	F 174
II	F 173	D 152	B 138	C 143	A 120	E 164
III	C 142	E 162	F 174	B 130	D 153	A 110
IV	A 120	C 143	B 135	F 175	E 164	D 153
V	F 175	E 162	A 120	D 153	C 142	B 134

Perintah soal: Lengkapi tabel pengamatan di atas, lakukan analisis sampai analisis ragam, ambil kesimpulan dengan membandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel serta hitung KK.

Latihan 6_RAK

Sebuah percobaan pemupukan dilakukan dengan perlakuan 6 jenis pupuk, yaitu A, B, C, D, E, dan F terhadap tanaman mentimun. Berdasarkan kesuburan tanah tempat percobaan dilakukan pengelompokan menjadi 5 kelompok, dengan demikian dibutuhkan sebanyak 30 satuan percobaan. Data hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman disajikan.

I	A 100	E 164	D 152	C 142	B 138	F 174
II	F 173	D 152	B 138	C 143	A 120	E 164
III	C 142	E 162	F 174	B 130	D 153	A 110
IV	A 120	C 143	B 135	F 175	E 164	D 153
V	F 175	E 162	A 120	D 153	C 142	B 134

Perintah soal: Lengkapi tabel pengamatan di atas, lakukan analisis sampai analisis ragam, ambil kesimpulan dengan membandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel serta hitung KK.

Latihan 7_RAK_Pendugaan data pengamatan yang hilang

Percobaan yang dilakukan menggunakan RAK untuk melihat pengaruh varietas terhadap produksi padi, ada dua nilai pengamatan yang hilang, yaitu Y_1 dan Y_2 : Hasil pengamatan produksi gabah kering dari varietas padi yang dilakukan dengan RAK dan mempunyai dua nilai pengamatan yang hilang.

Varietas	Produksi gabah kering (kw/ha)					Jumlah
	I	II	III	IV	V	
A	82	82	Y_2	81	84	
B	Y_1	82	84	72	60	
C	111	114	111	155	118	
D	82	84	87	86	82	
E	82	82	69	73	82	
Jumlah						

Perintah soal: Lengkapi tabel pengamatan di atas, lakukan pendugaan terhadap data pengamatan yang hilang.

2. Kunci Jawaban Test Formatif

Kunci jawaban latihan ada di halaman terakhir bab.

DAFTAR PUSTAKA

Sugandi, E., Sugiarto. 1993. Rancangan Percobaan. Yogyakarta: Andi offset.
 Syahni Rahmat, 1990. Perancangan dan analisis data percobaan. Universitas andalas, Padang.
 Syamsuwirman. 2010. Perancangan Percobaan. Diktat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 5

RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN (RBSL)

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Konsep Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) ini berisikan tentang hal-hal dasar yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari kegiatan belajar: pengertian dan penggunaan; denah percobaan dan pengacakan; model dan anggapan; hipotesis dan pengujian; penyajian data hasil percobaan; analisis ragam; pendugaan efisiensi relative; dan pendugaan nilai pengamatan yang hilang.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami rancangan bujur sangkar latin dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa pengertian dan penggunaannya;
- 2) Mahasiswa mengetahui bagaimana denah percobaan dan pengacakan;
- 3) Mahasiswa mengetahui bagaimana model dan anggapan;
- 4) Mahasiswa mengetahui bagaimana hipotesis dan pengujian;
- 5) Mahasiswa mengetahui bagaimana penyajian data hasil percobaan;
- 6) Mahasiswa mengetahui bagaimana analisis ragam;
- 7) Mahasiswa mengetahui bagaimana pendugaan efisiensi relative; dan
- 8) Mahasiswa mengetahui bagaimana pendugaan nilai pengamatan yang hilang.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan terkait dengan Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah dia atas.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume.

B. PENYAJIAN

1. Pengertian dan Penggunaan

Rancangan bujur sangkar latin adalah rancangan yang mengelompokkan satuan percobaan didasarkan atas 2 (dua) ciri lingkungan. Pengelompokan **pertama** disebut dengan pengelompokan menurut **baris**, dan pengelompokan **kedua** disebut menurut **kolom**. Sebagai contoh adalah percobaan yang dilakukan pada tanah dimana kesuburannya tidak seragam. Ketidakseragaman ini misalnya menurun dari Barat ke Timur dan dari Utara ke Selatan, sehingga pengelompokan harus dilakukan menurut kedua arah tersebut. Pengelompokan dari Barat ke Timur menurut kolom dan Utara ke Selatan menurut baris.

Contoh lain adalah bila pengelompokan pertama menurut kesuburan tanah dan pengelompokan kedua menurut ketinggian dari muka laut. Pengelompokan menurut kesuburan tanah disebut menurut baris, dan pengelompokan menurut ketinggian dari muka laut disebut menurut kolom. Dengan contoh-contoh ini terlihat bahwa RBSL digunakan apabila pengelompokan satuan percobaan menurut satu ciri lingkungan dianggap tidak memadai.

RBSL hanya baik digunakan untuk percobaan dengan jumlah perlakuan 5 -12, bila perlakuan sedikit maka ulangnya sedikit pula, karena **jumlah perlakuan dan jumlah ulangan harus sama**, jadi penggunaan RBSL perlu diperhatikan apakah pengurangan derajat bebas sisa akibat pengelompokan dapat diimbangi oleh pengurangan jumlah kuadratnya. Keuntungan yang dapat diperoleh apabila dibandingkan menggunakan rancangan lain adalah:

- a. Mengeliminasi dua sumber ragam yang ada dalam percobaan, ketepatan percobaan dapat dipertinggi, karena kuadrat tengah sisa dapat direduksi.
- b. Analisis tetap sederhana, meskipun ada nilai pengamatan yang hilang satu atau lebih. Satu atau lebih perlakuan, atau baris, atau ulangan dapat dihilangkan tanpa mempersulit perhitungan.

Beberapa kelemahan/kekurangan menggunakan rancangan ini adalah:

- 1) Jumlah perlakuan harus sama dengan jumlah ulangan
- 2) Bila jumlah perlakuan kurang dari 5, derajat bebas sisa terlalu kecil. Bila perlakuan lebih dari 12, tidak efisien sebab jumlah ulangan juga harus lebih 12.

2. Denah Percobaan dan Pengacakan

Satuan-satuan percobaan pada RBSL disusun menurut baris dan kolom. **Setiap perlakuan hanya muncul satu kali pada setiap baris dan setiap kolom**. Misalkan 5 perlakuan, maka denah percobaan yang tersusun dari 5 baris dan 5 kolom adalah:

	I	II	III	IV	V	
I	A	B	C	D	E	
II	B	C	D	E	A	
III	C	D	E	A	B	
IV	D	E	A	B	C	
V	E	A	B	C	D	

Gambar 3. Denah Rancangan Bujur Sangkar Latin

Pengacakan dilakukan dengan memilih satu bujursangkar secara acak dari semua kemungkinan bujur sangkar latin yang dapat dibentuk, kemudian diacak menurut baris dan menurut kolom. Contoh bujursangkar latin yang dapat dipilih adalah: Bujursangkar latin 6 x6

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

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

3. Model dan Anggapan

Model linier untuk rancangan bujursangkar latin dapat dituliskan:

$$Y_{ij(k)} = \mu + \beta_i + K_j + \tau_k + \epsilon_{ij(k)} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, t \\ k = 1, 2, \dots, t \end{matrix}$$

Keterangan:

- $Y_{ij(k)}$ = nilai pengamatan pada baris ke-i, kolom ke-j yang mendapat perlakuan ke-k
- μ = nilai tengah umum
- β_i = pengaruh baris ke-i
- K_j = pengaruh kolom ke-j
- τ_k = pengaruh perlakuan ke-k
- $\epsilon_{ij(k)}$ = sisa satuan percobaan pada baris ke-i, kolom ke-j yang dapat perlakuan ke-k
- t = banyak perlakuan

Perlu diketahui, bahwa indeks k pada $Y_{ij(k)}$ dan $\epsilon_{ij(k)}$ diletakkan di dalam kurung menunjukkan bahwa k tidak bebas dari i dan j. Sisa percobaan $\epsilon_{ij(k)}$ diasumsikan menyebar secara bebas dan normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ^2 . Baris, kolom, dan perlakuan dianggap tetap dan $\sum_{i=1}^t \beta_i = \sum_{j=1}^t K_j = \sum_{k=1}^t \tau_k = 0$, selain itu dianggap juga bahwa tidak ada interaksi diantara dua atau ketiga kriteria baris, kolom, dan perlakuan.

4. Hipotesis dan Pengujian

Hipotesis nol (H_0) yang akan diuji adalah **tidak adanya perbedaan** pengaruh diantara t buah perlakuan yang dicobakan, dengan lawan hipotesis (H_1); **adanya perbedaan** pengaruh diantara perlakuan yang dicobakan. Hipotesis ini dapat ditulis: $H_0 : \tau_k = 0, \quad H_1 : \tau_k \neq 0 \quad k = 1, 2, \dots, t.$

Apabila dianggap bahwa tidak ada interaksi baris, kolom, dan perlakuan, maka hipotesis ini dapat diuji dengan uji F. F_{hitung} dapat ditentukan dengan analisis sidik ragam, dan dibandingkan dengan nilai F_{tabel} pada derajat bebas (t-1), (t-1) (t-2) dan taraf nyata α . Apabila:

- $F_{hitung} > F_{tabel} \alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak dan terima $H_1 \rightarrow$ **berbeda nyata**
- $F_{hitung} > F_{tabel} \alpha = 0,01$, maka H_0 ditolak & terima $H_1 \rightarrow$ **sangat berbeda nyata**
- $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan tolak $H_1 \rightarrow$ **tidak berbeda nyata.**

Biasanya tidak ada hipotesis yang dirumuskan untuk baris dan kolom, walaupun demikian pada tabel sidik ragam dilakukan juga penghitungan untuk nilai F_{hitung} bagi baris dan kolom, guna mengetahui keberhasilan pengelompokan menurut kedua ciri lingkungan tersebut.

5. Penyajian Data Hasil Percobaan

Data hasil pengamatan percobaan yang dilakukan dengan RBSL disajikan menurut baris dan kolom. Dalam setiap sel dicantumkan jenis perlakuan yang diberikan pada satuan percobaan tersebut. Misalkan RBSL berordo 5, kelima perlakuan A, B, C, D, E berturut-turut menurut indeks $k = 1, 2, 3, 4, 5$, baris menurut indeks $i = 1, 2, 3, 4, 5$, dan kolom menurut indeks $j = 1, 2, 3, 4, 5$. Data pengamatan untuk RBSL disajikan:

Tabel 13. Penyajian Data Hasil Pengamatan Untuk RBSL 5 x 5

Baris	K o l o m					Total
	1	2	3	4	5	
1	$Y_{11(A)}$	$Y_{12(B)}$	$Y_{13(C)}$	$Y_{14(D)}$	$Y_{15(E)}$	$Y_{1.()}$
2	$Y_{21(B)}$	$Y_{22(C)}$	$Y_{23(D)}$	$Y_{24(E)}$	$Y_{25(A)}$	$Y_{2.()}$
3	$Y_{31(C)}$	$Y_{32(D)}$	$Y_{33(E)}$	$Y_{34(A)}$	$Y_{35(B)}$	$Y_{3.()}$
4	$Y_{41(D)}$	$Y_{42(E)}$	$Y_{43(A)}$	$Y_{44(B)}$	$Y_{45(C)}$	$Y_{4.()}$
5	$Y_{51(E)}$	$Y_{52(A)}$	$Y_{53(B)}$	$Y_{54(C)}$	$Y_{55(D)}$	$Y_{5.()}$
Total	$Y_{.1()}$	$Y_{.2()}$	$Y_{.3()}$	$Y_{.4()}$	$Y_{.5()}$	$Y_{..()}$

Perlakuan	A	B	C	D	E
Total	$Y_{..(A)}$	$Y_{..(B)}$	$Y_{..(C)}$	$Y_{..(D)}$	$Y_{..(E)}$
Rata-rata	$\check{y}_{..(A)}$	$\check{y}_{..(B)}$	$\check{y}_{..(C)}$	$\check{y}_{..(D)}$	$\check{y}_{..(E)}$

6. Analisis Ragam

Tabel 14. Sidik Ragam Untuk RAK.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F	
				F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	t - 1	JKP	KTP	KTP/KTS	
Baris	t - 1	JKB	KTB	KTB/KTS	
Kolom	t - 1	JKK	KTK	KTK/KTS	
Sisa	(t - 1)(t - 2)	JKS	KTS		
Total	tb - 1	JKT			

Nilai- nilai untuk jumlah kuadrat dihitung menggunakan rumus:

- $FK = \frac{Y_{..}^2}{t^2}$
- $JKP = \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t y_{..} (k)^2 - FK$
- $JKK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t y_{.j} (j)^2 - FK$
- $JKB = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t y_{i.} (i)^2 - FK$
- $JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^t y_{ij}(k)^2 - FK$
- $JKS = JKT - JKP - JKK - JKB$
- $KTP = JKP/(t-1)$ atau JKP/dbP
- $KTK = JKK/(t-1)$ atau JKK/dbK
- $KTB = JKB/(t-1)$ atau JKB/dbB
- $KTS = JKS/(t-1)(b-2)$ atau JKS/dbS
- F_{hitung} P = KTP/KTS
- F_{hitung} K = KTK/KTS
- F_{hitung} B = KTB/KTS

7. Contoh

Telah dilakukan sebuah percobaan dengan 5 perlakuan menggunakan RBSL, data hasil pengamatan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 15. Hasil Pengamatan Produksi Varietas Padi Dengan RBSL

Baris	K o l o m					Total
	1	2	3	4	5	
1	B = 90	E = 80	C = 134	A = 112	D = 92	508
2	E = 85	D = 84	B = 70	C = 141	A = 82	462
3	C = 111	A = 90	D = 87	B = 84	E = 69	441
4	A = 81	C = 125	E = 85	D = 76	B = 72	439
5	D = 82	B = 60	A = 94	E = 85	C = 88	409
Total	449	439	470	498	403	2.259

Perlakuan	A	B	C	D	E
Total	459	376	599	421	404
Rata-rata	91,8	75,2	119,8	84,2	80,8

Langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat analisis sidik ragam:

- Buat tabel pengamatan, lengkapi dan buat tabel sidik ragam RBSL.
- Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak kelompok.
- Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, kolom, baris, sisa, dan total:

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 25 - 1 = 24
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 5 - 1 = 4
- db kolom = jumlah kolom - 1 = 5 - 1 = 4
- db baris = jumlah baris - 1 = 5 - 1 = 4
- db sisa = db total - dbP - dbK - dbB = 24 - 4 - 4 - 4 = 12

- Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y..(.)^2}{t^2} = \frac{(2.259)^2}{5 \times 5} = 204.123,24$$

$$JKP = \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t y..(k)^2 - FK = \frac{\Sigma(\text{masing-masing perlakuan})^2}{\text{jumlah perlakuan}} - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(459)^2 + (376)^2 + (599)^2 + (421)^2 + (404)^2] - 204.123,24 = 6.139,8$$

$$JKK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t y.j(.)^2 - FK = \frac{\Sigma(\text{masing-masing kolom})^2}{\text{jumlah perlakuan}} - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(449)^2 + (439)^2 + (470)^2 + (498)^2 + (403)^2] - 204.123,24 = 1.003,8$$

$$JKB = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t y.i.(.)^2 - FK = \frac{\Sigma(\text{masing-masing baris})^2}{\text{jumlah perlakuan}} - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(508)^2 + (462)^2 + (441)^2 + (439)^2 + (409)^2] - 204.123,24 = 1.075$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^t yij(k)^2 - FK$$

$$= [(90)^2 + (80)^2 + \dots + (85)^2 + (88)^2] - 204.123,24 = 9.433,8$$

$$JKS = JKT - JKP - JKK - JKB = 9.433,8 - 6.139,8 - 1.003,8 - 1.075 = 1.215,2$$

- Hitung kuadrat tengah

$$KTP = JKP / (t-1) = 6.139,8 / (5-1) = 6.139,8 / 4 = 1.534,95$$

$$KTK = JKK / (t-1) = 1.003,8 / (5-1) = 1.003,8 / 4 = 250,95$$

$$KTB = JKB / (t-1) = 1.075 / (5-1) = 1.075 / 4 = 268,75$$

$$KTS = JKS / (t-1)(t-2) = 1.215,2 / (5-1)(5-2) = 1.215,2 / 12 = 101,267$$

- Cari F_{hitung}

$$F_{hitung} \text{ Perlakuan} = KTP / KTS = 1.534,95 / 101,267 = 15,16$$

$$F_{hitung} \text{ Kolom} = KTK / KTS = 250,95 / 101,267 = 2,48$$

$$F_{hitung} \text{ Baris} = KTB / KTS = 268,75 / 101,267 = 2,65$$

- g. Lihat F_{tabel} untuk 5 % dan 1 % dengan db pembilang = 4, db penyebut = 12.
 - Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{4,12,0,05} = 3,26$
 - Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{4,12,0,01} = 5,41$
- h. Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

Tabel 16. Analisis Sidik Ragam Percobaan Dengan Perlakuan Pupuk Menggunakan RAK

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F_{hitung}	F_{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	4	6.139,8	1.534,95	15,16**	3,26	5,41
Baris	4	1.075,0	268,75	2,65 ^{ns}	3,26	5,41
Kolom	4	1.003,8	250,95	2,48 ^{ns}	3,26	5,41
Sisa	12	1.215,2	101,267			
Total	24	830,748				

** : sangat berbeda nyata ns : non significant/tidak bebrbeda nyata

- i. Bandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} 5 % dan 1 %.

Perlakuan: Dari percobaan didapatkan nilai $F_{hitung} = 15,16 > F_{tabel}$ 1 %, $F_{4,12,0,01} = 5,41$. Terlihat bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ 1%, maka dikatakan tolak H_0 atau dapat dikatakan terdapat **perbedaan yang sangat nyata** antar perlakuan yang diberikan. Bila H_0 ditolak, berarti H_1 diterima: paling sedikit ada sepasang perlakuan yang berpengaruh berbeda diterima.

Baris dan kolom: Dari percobaan didapatkan nilai F_{hitung} baris dan kolom $< F_{tabel}$ (*non significant*), ternyata tidak ada perbedaan yang nyata antar baris dan antar kolom. Hal ini berarti bahwa ragam baris dan ragam kolom, hanya terdiri dari ragam materi percobaan, karena ragam antar baris dan ragam antar kolom sama dengan nol.
- j. Hitung koefisien keragaman/variasi = KK atau KV

Kuadrat tengah sisa (KTS) adalah penduga bagi ragam sisa atau galat percobaan. Nilai KTS di ambil dari nilai Sisa pa tabel 16 di atas, sehingan dapat di tuliskan $KTS = S^2 = 101,267$ disebut juga sebagai suku galat umum, yang merupakan ukuran keragaman antar pengamatan yang mendapat perlakuan sama. Nilai ini dapat ditentukan nilai koefisien keragaman seluruh pengamatan menggunakan rumus:

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}..} \times 100 \% = \frac{\sqrt{101,267}}{90,36} \times 100 \% = 11,14 \%$$

8. Pendugaan Efisiensi Relatif

Efisiensi relatif RBSL terhadap RAK dapat dihitung menggunakan rumus:

$$ER (RBSL \text{ thd } RAK) = \frac{(f1 + 1)/(f1 + 3)KTS (RBSL)}{(f2 + 1)/(f2 + 3)KTS RAK}$$

Keterangan:

- f1 = derajat bebas sisa RBSL = (t - 1) (t - 2)
- f2 = derajat bebas sisa RAK = (t - 1) (b - 1)

Bila kolom diabaikan:

$$KTS (RAK) = \frac{(t - 1) KTK + ((t - 1)(t - 1)KTS RBSL)}{t(t - 1)}$$

Bila baris diabaikan:

$$KTS (RAK) = \frac{(t - 1) KTB + ((t - 1)(t - 1)KTS RBSL)}{t(t - 1)}$$

Contoh, pada teladan di atas diperoleh KTB = 268,75; KTK = 250,95; KTS (RBSL) = 101,267; f1 = 12; f2 = 16

Bila kolom diabaikan:

$$KTS (RAK) = \frac{(5-1)(250,95) + ((5-1)(5-1)(101,27))}{5(5-1)} = 131,21$$

Bila baris diabaikan:

$$KTS (RAK) = \frac{(5-1)(268,75) + ((5-1)(5-1)(101,27))}{5(5-1)} = 134,77$$

Sehingga bila kolom diabaikan

$$ER (RBSL \text{ thd } RAK) = \frac{(12+1)/((12+3)(101,27))}{(16+1)/((16+3)(131,21))} = 82,06$$

Dan bila baris diabaikan

$$ER (RBSL \text{ thd } RAK) = \frac{(12+1)/((12+3)(101,27))}{(16+1)/((16+3)(134,77))} = 84,54$$

Efisiensi meningkat 82 kali bila kolom digunakan, sedangkan bila baris digunakan meningkat 84 kali. Oleh sebab itu untuk contoh diatas pengelompokan menurut baris dan kolom sangat dianjurkan.

9. Pendugaan Nilai Pengamatan Yang Hilang

RBSL bila ada nilai pengamatan yang hilang akibat dari kerusakan petak tertentu, maka nilai tersebut dapat diduga dengan menggunakan rumus:

$$Y_{ij}(k) = \frac{t(T_p + T_b + T_k) - 2Tu}{(t-1)(t-2)}$$

Dalam hal ini:

- t = jumlah perlakuan/ulangan/baris/kolom;
- T_p = total nilai pengamatan perlakuan yang mengandung nilai pengamatan yang hilang;
- T_b = total nilai pengamatan baris yang mengandung nilai pengamatan yang hilang;
- T_k = total nilai pengamatan kolom yang mengandung nilai pengamatan yang hilang;
- T_u = total umum.

Rumus tersebut di atas hanya digunakan untuk satu nilai pengamatan hilang. Bila nilai pengamatan yang hilang lebih dari satu, maka diusahakan nilai yang hilang hanya satu, dengan jalan menduga besar pengamatan lain yang hilang berdasarkan purata nilai

pengamatan yang tidak hilang dalam kolom atau baris yang sama, dan purata nilai pengamatan yang tidak hilang dalam perlakuan yang sama.

$$Y_{ij(k)} = \frac{\check{y}_p + \check{y}_b + \check{y}_k}{3}$$

dimana:

$Y_{ij(k)}$ = nilai dugaan pengamatan yang hilang;

\check{y}_p = rata-rata perlakuan yang mengandung nilai pengamatan yang hilang;

\check{y}_b = rata-rata baris yang mengandung nilai pengamatan yang hilang;

\check{y}_k = rata-rata kolom yang mengandung nilai pengamatan yang hilang.

Contoh soal: pada percobaan varietas padi menggunakan RBSL terdapat tiga nilai pengamatan yang hilang, yaitu:

Tabel 17. Hasil Pengamatan Produksi Varietas Padi Dengan RBSL Dengan Tiga Nilai Pengamatan Yang Hilang.

Baris	K o l o m					Total
	1	2	3	4	5	
1	B = 90	E = 80	C = 134	A = 112	D = 92	508
2	E = 85	D = Y_1	B = 70	C = Y_2	A = 82	237
3	C = 111	A = 90	D = 87	B = 84	E = 69	441
4	A = 81	C = 125	E = 85	D = 76	B = 72	439
5	D = 82	B = 60	A = 94	E = 85	C = Y_3	321
Total	449	355	470	357	315	1.946

Perlakuan	A	B	C	D	E
Total	459	376	370	337	404

Cara menghitung:

a. Hitung Y_3 :

$$Y_1 = \frac{\frac{237}{3} + \frac{355}{4} + \frac{337}{4}}{3} = \frac{79 + 88,7 + 84,2}{3} = 84$$

$$Y_2 = \frac{\frac{237}{3} + \frac{357}{4} + \frac{370}{3}}{3} = \frac{79 + 89,2 + 123,3}{3} = 97,2$$

Setelah nilai Y_2 dan Y_1 diduga berdasarkan rata-rata baris, kolom, dan perlakuan, maka Y_3 diduga menggunakan rumus:

$$Y_3 = \frac{t(T_p + T_b + T_k) - 2Tu}{(t-1)(t-2)}$$

$$t = 5 \quad T_p = TC = 370 + Y_2 = 370 + 97,2 = 467,2 \quad T_b = 321 \quad T_k = 315$$

$$Tu = 1.946 + Y_1 + Y_2 = 1.946 + 84 + 97,2 = 2.127,2$$

$$Y_3 = \frac{5(467,2 + 321 + 315) - 2(2.127,2)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.516 - 4.254,4}{12} = 105,1$$

b. Hitung Y_2 :

$$Y_3 = 105,1 \quad Y_1 = 84 \text{ Tk} = 357 \quad \text{Tb} = 237 + Y_1 = 237 + 84 = 321$$

$$\text{Tp} = \text{TC} = 370 + Y_3 = 370 + 105,1 = 475,1$$

$$\text{Tu} = 1.946 + Y_3 + Y_1 = 1.946 + 105,1 + 84 = 2.135,1$$

$$Y_2 = \frac{5(475,1 + 321 + 357) - 2(2.135,1)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.765,5 - 4.270,2}{12} = 124,61$$

c. Hitung Y_1 :

$$Y_3 = 105,1 \quad Y_2 = 124,61 \quad \text{Tk} = 355 \quad \text{Tb} = 237 + Y_2 = 237 + 124,61 = 361,61$$

$$\text{Tp} = \text{TD} = 337 \quad \text{Tu} = 1.946 + Y_3 + Y_2 = 1.946 + 105,1 + 124,61 = 2.175,71$$

$$Y_1 = \frac{5(337 + 361,61 + 355) - 2(2.175,71)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.268,05 - 4.351,42}{12} = 76,39$$

d. Hitung Y_3 :

$$Y_1 = 76,39 \quad Y_2 = 124,61 \quad \text{Tb} = 321 \quad \text{Tk} = 315$$

$$\text{Tp} = \text{TC} = 370 + Y_2 = 370 + 124,61 = 494,61$$

$$\text{Tu} = 1.946 + Y_1 + Y_2 = 1.946 + 76,39 + 124,61 = 2.147$$

$$Y_3 = \frac{5(494,61 + 321 + 315) - 2(2.147)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.653,05 - 4.294}{12} = 113,25$$

e. Hitung Y_2 :

$$Y_3 = 113,25 \quad Y_1 = 76,39 \quad \text{Tk} = 357 \quad \text{Tb} = 237 + Y_1 = 237 + 76,39 = 313,39$$

$$\text{Tp} = \text{TC} = 370 + Y_3 = 370 + 113,25 = 483,25$$

$$\text{Tu} = 1.946 + Y_3 + Y_1 = 1.946 + 113,25 + 76,39 = 2.135,64$$

$$Y_2 = \frac{5(483,25 + 313,39 + 357) - 2(2.135,64)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.768,2 - 4.271,28}{12} = 124,74$$

f. Hitung Y_1 :

$$Y_3 = 113,25 \quad Y_2 = 124,74 \quad \text{Tk} = 355$$

$$\text{Tb} = 237 + Y_2 = 237 + 124,74 = 361,74$$

$$\text{Tp} = \text{TD} = 337$$

$$\text{Tu} = 1.946 + Y_3 + Y_2 = 1.946 + 113,25 + 124,74 = 2.183,99$$

$$Y_1 = \frac{5(337 + 361,74 + 355) - 2(2.183,99)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.268,7 - 4.367,98}{12} = 75,06$$

g. Hitung Y_3 :

$$Y_1 = 75,06 \quad Y_2 = 124,74 \quad \text{Tb} = 321 \quad \text{Tk} = 315$$

$$\text{Tp} = \text{TC} = 370 + Y_2 = 370 + 124,74 = 494,74$$

$$\text{Tu} = 1.946 + Y_1 + Y_2 = 1.946 + 75,06 + 124,74 = 2.145,8$$

$$Y_3 = \frac{5(494,74 + 321 + 315) - 2(2.145,8)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.653,7 - 4.291,6}{12} = 113,51$$

h. Hitung Y_2 :

$$Y_3 = 113,51 \quad Y_1 = 75,06 \quad Tk = 357$$

$$Tb = 237 + Y_1 = 237 + 75,06 = 312,06$$

$$Tp = TC = 370 + Y_3 = 370 + 113,51 = 483,51$$

$$Tu = 1.946 + Y_3 + Y_1 = 1.946 + 113,51 + 75,06 = 2.134,57$$

$$Y_2 = \frac{5(483,51 + 312,06 + 357) - 2(2.134,57)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.762,85 - 4.269,14}{12} = 124,47$$

i. Hitung Y_1 :

$$Y_3 = 113,51 \quad Y_2 = 124,47 \quad Tk = 355$$

$$Tb = 237 + Y_2 = 237 + 124,47 = 361,47$$

$$Tp = TD = 337$$

$$Tu = 1.946 + Y_3 + Y_2 = 1.946 + 113,51 + 124,47 = 2.183,98$$

$$Y_1 = \frac{5(337 + 361,47 + 355) - 2(2.183,98)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.267,35 - 4.367,96}{12} = 74,95$$

j. Hitung Y_3 :

$$Y_1 = 74,95 \quad Y_2 = 124,47 \quad Tb = 321 \quad Tk = 315$$

$$Tp = TC = 370 + Y_2 = 370 + 124,47 = 494,47$$

$$Tu = 1.946 + Y_1 + Y_2 = 1.946 + 74,95 + 124,47 = 2.145,42$$

$$Y_3 = \frac{5(494,47 + 321 + 315) - 2(2.145,42)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.652,35 - 4.290,84}{12} = 113,46$$

k. Hitung Y_2 :

$$Y_3 = 113,46 \quad Y_1 = 74,95 \quad Tk = 357$$

$$Tb = 237 + Y_1 = 237 + 74,95 = 311,95$$

$$Tp = TC = 370 + Y_3 = 370 + 113,46 = 483,46$$

$$Tu = 1.946 + Y_3 + Y_1 = 1.946 + 113,46 + 74,95 = 2.134,41$$

$$Y_2 = \frac{5(483,46 + 311,95 + 357) - 2(2.134,41)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.762,05 - 4.268,82}{12} = 124,44$$

l. Hitung Y_1 :

$$Y_3 = 113,46 \quad Y_2 = 124,44 \quad Tk = 355$$

$$Tb = 237 + Y_2 = 237 + 124,44 = 361,44$$

$$Tp = TD = 337$$

$$Tu = 1.946 + Y_3 + Y_2 = 1.946 + 113,46 + 124,44 = 2.183,9$$

$$Y_1 = \frac{5(337 + 361,44 + 355) - 2(2.183,9)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.267,2 - 4.367,8}{12} = 74,95$$

Nilai Y_1 pada perhitungan ke-9 sudah sama dengan nilai Y_1 pada perhitungan ke-12, jadi dugaan untuk nilai $Y_1 = 74,95$

m. Hitung Y_3 :

$$Y_1 = 74,95 \quad Y_2 = 124,44 \quad T_b = 321 \quad T_k = 315$$

$$T_p = TC = 370 + Y_2 = 370 + 124,44 = 494,44$$

$$T_u = 1.946 + Y_1 + Y_2 = 1.946 + 74,95 + 124,44 = 2.145,39$$

$$Y_3 = \frac{5(494,44 + 321 + 315) - 2(2.145,39)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.652,2 - 4.290,78}{12} = 113,45$$

Nilai Y_3 pada perhitungan ke-10 sudah sama dengan nilai Y_3 pada perhitungan ke-13, jadi dugaan untuk nilai $Y_3 = 113,45$

n. Hitung Y_2 :

$$Y_3 = 113,45 \quad Y_1 = 74,95 \quad T_k = 357$$

$$T_b = 237 + Y_1 = 237 + 74,95 = 311,95$$

$$T_p = TC = 370 + Y_3 = 370 + 113,45 = 483,45$$

$$T_u = 1.946 + Y_3 + Y_1 = 1.946 + 113,45 + 74,95 = 2.134,4$$

$$Y_2 = \frac{5(483,45 + 311,95 + 357) - 2(2.134,4)}{(5-1)(5-2)} = \frac{5.762 - 4.268,8}{12} = 124,44$$

Nilai Y_2 pada perhitungan ke-11 sudah sama dengan nilai Y_2 pada perhitungan ke-14, jadi dugaan untuk nilai $Y_2 = 124,44$

Selanjutnya untuk melakukan analisis ragam, nilai dugaan pengamatan yang hilang terlebih dahulu dimasukkan ke dalam tabel pengamatan, kemudian dianalisis sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

Sugandi, E., Sugiarto. 1993. Rancangan Percobaan. Yogyakarta: Andi offset.

Syahni Rahmat, 1990. Perancangan dan analisis data percobaan. Universitas andalas, Padang.

Syamsuwirman. 2010. Perancangan Percobaan. Diklat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 6

PERBANDINGAN GANDA

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Konsep Perbandingan Ganda ini berisikan tentang hal-hal dasar yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari kegiatan belajar: pendahuluan; uji beda nyata terkecil (BNT); uji beda nyata jujur (BNJ); uji wilayah berganda baru duncan (DNMRT); uji dunnet; dan uji kontras.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami prinsip perbandingan ganda dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa dan bagaimana uji beda nyata terkecil (BNT);
- 2) Mahasiswa mengetahui apa dan bagaimana uji beda nyata jujur (BNJ);
- 3) Mahasiswa mengetahui apa dan bagaimana uji wilayah berganda baru duncan (DNMRT); dan
- 4) Mahasiswa mengetahui apa dan bagaimana uji dunnet; dan uji kontras.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan terkait dengan Sub-Capaian pembelajaran mata kuliah di atas.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume.

B. PENYAJIAN

1. Pendahuluan

Analisis ragam (Uji F) yang diuji adalah hipotesis tentang ada tidaknya perbedaan nilai tengah semua percobaan yang dilakukan. **Apabila hipotesis nol diterima, yakni tidak ada perbedaan diantara semua perlakuan**, maka pengujian biasanya dihentikan, akan tetapi **apabila hipotesis nol ditolak dan hipotesis satu diterima**, berarti ada

perbedaan diantara perlakuan-perlakuan yang diberikan. Hal ini menyebabkan kita ingin mengetahui lebih lanjut perlakuan-perlakuan mana yang berbeda. Tujuan ini diperlukan uji lanjutan guna mengetahui pasangan-pasangan perlakuan yang berbeda nyata. **Uji lanjutan dilakukan apabila setelah analisis ragam, ternyata hipotesis satu diterima ($F_{hitung} > F_{tabel}$)**. Istilah yang umum digunakan untuk uji lanjutan ini adalah perbandingan ganda.

2. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Beda nyata terkecil atau *Least Significant Difference* (LSD) adalah suatu prosedur perbandingan nilai tengah berdasarkan uji-t dengan menggunakan ragam gabungan dari kuadrat tengah sisa dalam suatu sidik ragam. Nilai BNT pada taraf nyata α dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{BNT}\alpha &= t_{\alpha/2}, \text{dbS}, S\check{y}_i - \check{y}_j \\ &= t_{\alpha/2}, \text{dbS} \sqrt{\frac{2 \text{KTS}}{r}} \end{aligned}$$

$t_{\alpha/2}$, dbS adalah nilai tabel t (Lampiran 2.) dengan drajat bebas sisa, KTS adalah kuadrat tengah sisa dan r adalah banyak ulangan pada tiap nilai tengah perlakuan yang dibandingkan.

Nilai $\text{BNT}\alpha$ merupakan nilai pembanding bagi selisih dua nilai tengah perlakuan yang dibandingkan. Bila harga $|\check{y}_i - \check{y}_j|$ **lebih besar** dari nilai $\text{BNT}\alpha$, berarti kedua nilai tengah perlakuan ke-i dan perlakuan ke-j **berbeda nyata** pada taraf nyata α , sebaliknya bila lebih kecil dari $\text{BNT}\alpha$ kedua perlakuan **berbeda tidak nyata**.

Uji BNT disarakan pemakaiannya untuk membandingkan perlakuan-perlakuan yang terencana berdasarkan teori pada bidang yang diteliti. Berarti perlakuan-perlakuan yang akan dibandingkan sudah diketahui sebelum data hasil percobaan diperoleh. Saran ini didasarkan pada kesimpulan tentang kecendrungan besarnya kesalahan yang dibuat, apabila perbandingan dilakukan lebih dari satu pasang nilai tengah perlakuan sekaligus.

Contoh soal untuk RAL pada Bab terdahulu, diperoleh KTS = 17,0113 dengan dbS = 16, dan banyak ulangan $r = 5$, selanjutnya rata-rata perlakuan A = 40,18; B = 50,64; C = 30,08; D = 39,24. Seandainya kita ingin membandingkan perlakuan A versus B dan C versus D, maka perlu dihitung nilai mutlak beda nilai tengah kedua pasangan perlakuan tersebut, yaitu:

$$|\check{y}_A - \check{y}_B| = |40,18 - 50,64| = 10,46$$

$$|\check{y}_C - \check{y}_D| = |30,08 - 39,24| = 9,16$$

Kemudian dibandingkan kedua nilai ini dengan $\text{BNT}_{0,05}$, dimana nilai tersebut dilihat pada tabel t dengan dbS = 16 dan kolomnya menurut nilai $0,025 = 2,12$.

$$\text{BNT}\alpha = t_{0,025, 16} \sqrt{\frac{2 \text{KTS}}{r}} = 2,12 \sqrt{\frac{2 \times 17,0113}{5}} = 2,12 (2,609) = 5,53.$$

Ternyata:

$$| \check{y}_A - \check{y}_B | = 10,46 > \text{BNT}_{0,05} = 5,53, \text{ berarti perlakuan A dan B berbeda nyata}$$

$$| \check{y}_C - \check{y}_D | = 9,16 > \text{BNT}_{0,05} = 5,53, \text{ berarti perlakuan C dan D berbeda nyata}$$

3. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ)

Beda nyata jujur yang berasal dari *Honestly Significant Difference* (HSD) merupakan suatu prosedur uji lanjutan yang dikembangkan oleh Tukey. Pada prinsipnya uji ini sama dengan BNT, kecuali tabel yang digunakan adalah tabel q Tukey (Lampiran 3.). Nilai BNJ pada taraf nyata α dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{BNJ}\alpha &= q\alpha, p, \text{ dbS}, S\check{y}_i \\ &= q\alpha, p, \text{ dbS} \sqrt{\frac{KTS}{r}} \end{aligned}$$

$q\alpha, p, \text{ dbS}$ adalah nilai tabel q Tukey pada taraf nyata α , banyak perlakuan p, dan sedajat bebas sisa (dbS). Dengan uji ini dapat diperkecil resiko kesalahan perbandingan seperti BNT. Contoh soal pembahasan RAL diketahui $KTS = 17,0113$, banyak perlakuan $p = 4$, $\text{dbS} = 16$, dan banyak ulangan $r = 5$. Untuk membandingkan keempat nilai tengah perlakuan yang dicobakan dilihat nilai $\text{BNJ}_{0,05,4,16}$ pada tabel q, dengan melihat baris ke 16 = dbS, kolom 4 = jumlah perlakuan, didapatkan angka = 4,05, kemudian dihitung nilai $\text{BNJ}_{0,05}$ menggunakan rumus:

$$\text{BNJ}_{0,05} = q_{0,05, p, \text{ dbS}} \sqrt{\frac{KTS}{r}} = q_{0,05, 4, 16} \sqrt{\frac{17,0113}{5}} = 4,05 (1,8445) = 7,47$$

Keempat nilai tengah perlakuan yang hendak dibandingkan, diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar.

C	D	A	B
30,08	39,24	40,18	50,64

Harga mutlak selisih sepasang perlakuan dibandingkan nilai $\text{BNJ}_{0,05}$, apabila **lebih besar** dari BNJ dikatakan **berbeda nyata**, sebaliknya bila **lebih kecil** dikatakan **berbeda tidak nyata**. Nilai-nilai tengah yang berbeda tidak nyata disatukan dengan memberi **garis bawah**.

$$| \check{y}_C - \check{y}_D | = 9,16 > \text{BNJ}_{0,05} = 7,47, \text{ berarti perlakuan C dan D berbeda nyata}$$

$$| \check{y}_D - \check{y}_A | = 0,94 < \text{BNJ}_{0,05} = 7,47, \text{ berarti perlakuan D dan A berbeda tidak nyata}$$

$$| \check{y}_A - \check{y}_B | = 10,46 > \text{BNJ}_{0,05} = 7,47, \text{ berarti perlakuan A dan B berbeda nyata}$$

4. Uji Wilayah Berganda Baru *Duncan's*

Uji wilayah berganda baru *duncan's* berasal dari *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT), merupakan suatu prosedur uji lanjutan untuk membandingkan pasangan-pasangan nilai tengah perlakuan, dengan mempertimbangkan banyaknya perlakuan yang terlibat dalam susunan terurut nilai tengah seluruh perlakuan. Nilai perbandingan pada uji ini tidak tunggal, melainkan terdiri dari beberapa nilai yang sesuai dengan banyak perlakuan yang terlibat dalam wilayah perbandingan. Nilai tersebut dihitung dengan rumus:

$$R_p = q_{\alpha, p, dbS}, \check{S}_y = q_{\alpha, p, dbS} \sqrt{\frac{KTS}{r}}$$

Nilai $q_{\alpha, p, dbS}$ adalah nilai tabel *Significant Studentized Range* (SSR) pada taraf α , banyak perlakuan p dan derajat bebas sisa (dbS) yang dapat dilihat pada Lampiran 5. Nilai R_p disebut juga dengan *Least Significant Range* (LSR).

Membandingkan harga mutlak selisih sepasang nilai tengah perlakuan dengan nilai R_p pada nilai p tertentu, dapat diketahui apakah kedua perlakuan tersebut berbeda nyata atau berbeda tidak nyata.

Menggunakan contoh soal pada pembahasan RAL, diketahui $KTS = 17,0113$, $r = 5$, didapatkan $\check{S}_y = \sqrt{17,0113/5} = 1,8445$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q (Lampiran 4.) pada taraf nyata α dan $dbS = 16$.

P	2	3	4
SSR	3,00	3,15	3,23

Nilai p yang diambil adalah 2,3,4 karena perlakuan yang dapat dibandingkan minimal 2 dan maksimal 4, kemudian hitung nilai-nilai $R_p = LSR$ dengan mengalikan masing-masing SSR dengan \check{S}_y

P	2	3	4
LSR	5,53	5,81	5,96

Menggunakan nilai-nilai $R_2 = 5,53$, $R_3 = 5,81$, $R_4 = 5,96$, dapat membandingkan keempat nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar atau sebaliknya.

C	D	A	B
30,08	39,24	40,18	50,64

Pembandingan dilakukan sebagai berikut:

$$| \check{y}_C - \check{y}_D | = 9,16 > R_2 = 5,53, \text{ berarti perlakuan C dan D berbeda nyata}$$

$$| \check{y}_D - \check{y}_A | = 0,94 < R_2 = 5,53 \text{ berarti perlakuan D dan A berbeda tidak nyata}$$

$$| \check{y}_D - \check{y}_B | = 11,4 > R_3 = 5,81 \text{ berarti perlakuan D dan B berbeda nyata}$$

$|\bar{y}_A - \bar{y}_B| = 10,46 > R_2 = 5,53$, berarti perlakuan A dan B berbeda nyata

Pembandingan dilakukan sampai ditemukan berbeda nyata, jika sudah ditemukan pembandingan dihentikan, sebaliknya bila tidak atau belum ditemukan diteruskan sampai akhir urutan. Pembandingan dengan **satu jarak** urutan adalah R_2 , **dua jarak** adalah R_3 dan seterusnya. Hasil pembandingan dituliskan atau dipindahkan ke tabel kesimpulan seperti berikut:

Tabel 18. Rata-Rata Hasil Pengamatan Panjang Daun Jagung Manis Dengan Perlakuan Pemupukan.

Perlakuan	Panjang Daun (Cm)
C	30,08 a
D	39,24 b
A	40,18 b
B	50,64 c
KK =	10,3 %

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama, berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5 %.

5. Uji *Dunnet*

Uji *Dunnet* merupakan prosedur perbandingan ganda yang berguna untuk menguji beda perlakuan-perlakuan dengan perlakuan kontrol, karena pembandingan ini terbatas pada beda perlakuan dengan kontrol, maka *Dunnet* menggunakan tabel t khusus yang disebut dengan tabel *t-Dunnet* (Lampiran 5.) yang nilai-nilainya sedikit lebih kecil dari nilai-nilai tabel q *Tukey*. Nilai kritis D pada perbandingan ini dihitung menurut rumus:

$$D\alpha = t\text{-Dunnet}(\alpha, p, dbS) \sqrt{\frac{2KTS}{r}}$$

Nilai *t-Dunnet* (α, p, dbS) adalah nilai tabel *t-Dunnet* pada taraf nyata α, p jumlah perlakuan selain kontrol, derajat bebas sisa (dbS). Sedangkan KTS dan r masing-masing adalah kuadrat tengah sisa dan jumlah ulangan.

Seperti uji-uji sebelumnya nilai $D\alpha$ merupakan pembandingan bagi nilai mutlak selisih dua nilai tengah, jika **lebih besar** dari $D\alpha$ kedua perlakuan **berbeda nyata** dan sebaliknya jika **lebih kecil** dari $D\alpha$ kedua perlakuan yang dibandingkan **berbeda tidak nyata**.

Contoh dengan menggunakan data dari RAL dihitung nilai kritis D:

$$D\alpha = t\text{-Dunnet}(\alpha, p, dbS) \sqrt{\frac{2KTS}{r}}$$

$$= t\text{-Dunnet}(0,05, 3, 16) \sqrt{\frac{2.17.0113}{5}}$$

$$= 2,23(2,609) = 5,817$$

Bila dianggap perlakuan C merupakan perlakuan kontrol, maka perbandingan A dengan C, B dengan C, dan D dengan C adalah:

$$|\bar{y}_C - \bar{y}_A| = 10,1 > D\alpha = 5,817, \text{ berarti perlakuan C dan A berbeda nyata}$$

$$|\bar{y}_C - \bar{y}_B| = 20,564 > D\alpha = 5,817, \text{ berarti perlakuan C dan B berbeda nyata}$$

$$|\bar{y}_C - \bar{y}_D| = 9,16 > D\alpha = 5,817, \text{ berarti perlakuan C dan D berbeda nyata}$$

6. Uji Kontras

Uji kontras dapat dilakukan perbandingan suatu kelompok perlakuan dengan kelompok perlakuan lain atau perbandingan yang melibatkan fungsi linier dari pengamatan. Perbandingan dengan kontras disarankan untuk perbandingan yang terencana.

Kontras adalah suatu fungsi linier dari nilai-nilai tengah atau total perlakuan. Secara ringkas kontras dapat dituliskan sebagai:

$Q = \sum_{i=1}^t C_i \bar{y}_i$, dimana C_i disebut koefisien-koefisien kontras yang memenuhi syarat $\sum_{i=1}^t C_i = 0$, hipotesis yang hendak diuji adalah sesuai dengan bentuk kontras yang direncanakan, yakni: $H_0: \sum_{i=1}^t C_i \mu_i = 0$; dan $H_1: \sum_{i=1}^t C_i \mu_i \neq 0$

Hipotesis ini diuji dengan uji t, bila kontras Q diucapkan sebagai fungsi linier dari rata-rata perlakuan, nilai t dapat dihitung dengan rumus:

$$t_{\text{hitung}} = \frac{Q}{s_Q}, \text{ dimana } Q = \sum_{i=1}^t C_i \bar{y}_i \text{ dan } s_Q = s \sqrt{\sum_{i=1}^t \frac{C_i^2}{r}}$$

Bila Q diucapkan sebagai fungsi linier dari total perlakuan, nilai t dihitung dengan rumus yang sama, dimana $Q = \sum_{i=1}^t C_i \bar{y}_i$ dan $s_Q = sr \sqrt{\sum_{i=1}^t C_i^2}$

Nilai t_{hitung} yang diperoleh dibandingkan dengan nilai t_{tabel} pada taraf nyata α dan derajat bebas sisa (dbS). Bila t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} atau t_{hitung} lebih kecil dari $-t_{\text{tabel}}$, maka tolak hipotesis nol. Bila t_{hitung} terletak diantara $-t_{\text{tabel}}$ dan $+t_{\text{tabel}}$, maka terima hipotesis nol.

Dengan uji F, pengujian dimulai dengan menghitung besaran F_{hitung} sebagai berikut:

$$F_{\text{hitung}} = \frac{JKQ}{S^2} = \frac{KTQ}{KTS} \text{ dimana } JKQ = KTQ = \frac{S^2}{r \sum C_i^2}$$

Kenyataan ini, perhitungan untuk menguji kontras sama dengan perhitungan yang dilakukan dalam melengkapi seluruh jumlah kuadrat dan kuadrat tengah pada analisis ragam, dengan catatan kontras mempunyai derajat bebas 1.

Contoh dengan menggunakan hasil percobaan pada pembahasan RAL, diperoleh $KTS = 17.0113$, $dbS = 16$ dan total pengamatan masing-masing perlakuan: $A=200,9$; $B=253,3$; $C = 150,4$; $D = 196,2$. Misalkan kita hendak menguji apakah nilai tengah kedua perlakuan A dan B sama dengan nilai tengah kedua perlakuan C dan D. Begitu juga kita ingin tahu apakah nilai tengah ketiga perlakuan ABC sama dengan perlakuan D.

Hipotesis yang akan diuji sebagai berikut:

$$1) H_0 : (\mu_1 + \mu_2)/2 = (\mu_3 + \mu_4)/2 \text{ atau } H_0 : \mu_1 + \mu_2 - \mu_3 - \mu_4$$

$$2) H_0 : (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)/3 = \mu_4 \text{ atau } H_0 : \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 - 3\mu_4 = 0$$

Koefisien-koefisien kontras untuk kedua hipotesis adalah:

$$Q_1 = 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1, \text{ dan}$$

$$Q_2 = 1 \quad 1 \quad 1 \quad -3$$

Jumlah-jumlah kuadrat atau kuadrat tengah bagi Q_1 dan Q_2 adalah:

$$JKQ_1 = KTQ_1 = \frac{Q_1^2}{r \cdot \sum C_1 i^2} = \frac{(200,9+253,2-150,4-196,2)^2}{5(+1^2+1^2+(-1)^2+(-1)^2)} = 577,8125$$

$$JKQ_2 = KTQ_2 = \frac{Q_2^2}{r \cdot \sum C_2 i^2} = \frac{(200,9+253,2-150,4-3(196,2))^2}{5(+1^2+1^2+1^2+(-3)^2)} = 4,2135$$

Sehingga diperoleh nilai-nilai F_{hitung} :

$$F(Q_1) = \frac{KTQ_1}{KTS} = \frac{577,8125}{17,0113} = 33,9664$$

$$F(Q_2) = \frac{KTQ_2}{KTS} = \frac{4,2135}{17,0113} = 0,2477$$

Nilai F_{tabel} adalah $F_{1, 16, 0,05} = 4,49$ dan $F_{1, 16, 0,01} = 8,53$. Terlihat bahwa $F(Q_1) = 33,9664 > F_{1, 16, 0,01} = 8,53$, yang berarti ditolak hipotesis nol: $\mu_1 + \mu_2 - \mu_3 - \mu_4 = 0$. Sedangkan $F(Q_2) = 0,2477 < F_{1, 16, 0,05} = 4,49$, yang berarti terima hipotesis nol: $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 - 3\mu_4 = 0$.

Dua kontras atau disebut bersifat ortogonal bila jumlah hasil kali kedua koefisien kontras tersebut sama dengan 0. Jadi dua kontras Q_1 dan Q_2 , dimana:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^t C_1 i \mu_i$$

$$Q_2 = \sum_{i=1}^t C_2 i \mu_i$$

$$\sum_{i=1}^t C_1 i \mu_i = \sum_{i=1}^t C_2 i \mu_i = 0, \text{ disebut ortogonal bila juga memenuhi : } \sum_{i=1}^t C_1 i C_2 i = 0$$

Dua kontras yang digunakan pada contoh di atas tidak bersifat ortogonal, karena: $\sum_{i=1}^4 C_1 i C_2 i = (1)(1) + (1)(1) + (-1)(1) + (-1)(-3) = 4$

Secara umum untuk t buah perlakuan dapat disusun $t-1$ buah kontras ortogonal. Sedangkan total jumlah kuadrat dari $t-1$ buah kontras ortogonal ini sama dengan jumlah kuadrat perlakuan. Dengan demikian jumlah kuadrat perlakuan pada tabel analisis ragam dapat diuraikan menjadi $t-1$ kontras ortogonal masing-masing dengan derajat bebas = 1.

Misalkan kita ingin menguji beberapa hipotesis nol pada percobaan yang dibrikan pada contoh RAL terdahulu. Hipotesis-hipotesis tersebut dapat dituliskan:

$$1) H_0 : (\mu_1 + \mu_2)/2 = (\mu_3 + \mu_4)/2 \quad \text{atau} \quad H_0 : \mu_1 + \mu_2 - \mu_3 - \mu_4 = 0$$

$$2) H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{atau} \quad H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$3) H_0 : \mu_3 = \mu_4 \quad \text{atau} \quad H_0 : \mu_3 - \mu_4 = 0$$

Koefisien-koefisien kontras bagi hipotesis ini adalah:

$$Q_1 = 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1$$

$$Q_2 = 1 \quad -1 \quad 0 \quad 0$$

$$Q_3 = 0 \quad 0 \quad 1 \quad -1$$

Jumlah kuadrat masing-masing kontras adalah:

$$JKQ_1 = \frac{(200,9+253,2-150,4-196,2)^2}{5(+1^2+1^2+(-1)^2+(-1)^2)} = 577,8125$$

$$JKQ_2 = \frac{(200,9-253,2)^2}{5(1^2+(-1)^2)} = 273,529$$

$$JKQ_3 = \frac{(150,4-196,2)^2}{5(1^2+(-1)^2)} = 209,764$$

Akhirnya tabel analisis ragam dari contoh dapat dimodifikasi menjadi:

Tabel 19. Sidik/Analisis Ragam Dengan Perlakuan Pemupukan Untuk RAL Yang Dilengkapi Dengan Kontras Ortogonal.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kudrat Tengah (KT)	F _{hitung}
Perlakuan	3	1.061,1055	353,7018	20,79**
Q1	1	577,8125	577,8125	33,97**
Q2	1	273,5290	273,5290	16,08**
Q3	1	209,7640	209,7640	12,33**
Sisa	16	272,18	17,0113	
Total	19	1.333,2855		

Ketiga nilai F_{hitung} untuk Q₁, Q₂, dan Q₃ bersifat berbeda nyata pada taraf nyata 0,01. Berarti ketiga hipotesis nol tersebut ditolak. Pada Q₁ rata-rata gabungan dua perlakuan A dan B berbeda nyata dari rata-rata perlakuan C dan D. Pada Q₂ perlakuan A berbeda nyata dari perlakuan B, dan pada Q₃ perlakuan C berbeda nyata dari perlakuan D.

C. PENUTUP

1. Test Formatif

Untuk memperdalam pemahaman ananda terkait dengan materi diatas, kerjakanlah latihan berikut ini:

Latihan 8_Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

a. Diketahui tabel pengamatan tinggi tanaman dibawah ini.

Perlakuan	Kelompok					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	46,8	41,8	43,6	35,8	37,8	205,8	41,16
B	47,1	45,6	46,6	38,3	40,5	218,1	43,62
C	48,0	49,8	47,5	45,3	46,3	236,9	47,38
D	49,1	56,8	48,1	50,0	48,8	252,8	50,56
E	52,8	57,5	49,6	51,8	53,3	265,0	53,00
F	51,8	56,3	45,6	51,5	46,8	252,0	50,40
Total	295,6	307,8	281,0	272,7	273,5	1.430,6	47,69

Sidik ragam uji F atau ANOVA (*Analysis of Variance*)

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F _{hitung}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan (P)	5	515,39	103,08	13,16**	2,71	4,10
Kelompok (K)	4	154,24	38,56	4,92**	2,87	4,43
Sisa (S)	20	156,54	7,83			
Total	29	826,17				

** : sangat berbeda nyata

Menggunakan tabel di atas, lakukan uji lanjutan dengan DNMRT sampai kesimpulan.

Catatan: Nilai tabel q pada d_{bs} = 20

P	2	3	4	5	6
SSR	2,95	3,097	3,19	3,255	3,303

b. Suatu penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh pemupukan terhadap pertumbuhan tanaman kacang tanah, didapatkan hasil pengamatan tinggi tanaman sebagai berikut:

Tabel pengamatan

Kelompok	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	33,3	41,1	31,4	41,2	
2	40,4	40,4	29,1	38,2	
3	45,7	52,3	34,2	42,4	
4	34,1	48,2	30,8	35,7	
5	43,7	49,2	38,1	37,3	
Total	197,2	231,2	163,6	194,8	
Rata-rata					

Perintah soal:

- 1) Lengkapi tabel pengamatan
- 2) Lakukan analisis statistik (dilengkapi dengan tabel ANOVA/sidi ragam) dan hitung KK
- 3) Jika pada sidik ragam perlakuan yang diberikan berbeda nyata, lakukan uji lanjutan dengan DNMRT.
- 4) Catatan : Nilai tabel q pada $dbs = 12$

P	2	3	4
SSR	3,081	3,225	3,312

Latihan 9_ *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT)

- a. Suatu penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh pemberian asap cair terhadap pengendalian penyakit busuk daun dan pertumbuhan tanaman kentang, didapatkan hasil pengamatan tinggi tanaman sebagai berikut:

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	29,32	22,10	30,70	82,12	
B	46,54	44,38	42,80	133,72	
C	40,32	36,18	39,74	116,24	
D	43,36	45,54	44,32	133,22	
E	45,28	48,42	46,52	140,22	
F	46,90	45,92	46,44	139,26	
G	47,44	44,18	41,52	133,14	
H	42,92	39,90	45,52	128,34	
TOTAL					

- 1) Lengkapi tabel pengamatan
 - 2) Lakukan analisis statistik (dilengkapi dengan tabel ANOVA/sidi ragam), hitung KK
 - 3) Jika pada sidik ragam perlakuan yang diberikan berbeda nyata, lakukan uji lanjutan dengan DNMRT.
 - 4) Buat tabel kesimpulan
- b. Suatu penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh pemberian asap cair terhadap pengendalian kandungan pati pada tanaman kentang, didapatkan hasil pengamatan tinggi tanaman sebagai berikut:

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4		
A	20,32	20,10	20,70	20,70		
B	46,54	44,38	42,80	32,80		
C	40,32	36,18	39,74	39,74		
D	43,36	45,54	44,32	44,32		
E	45,28	48,42	46,52	46,52		
F	46,90	45,92	46,44	46,44		
G	47,44	44,18	41,52	41,52		
H	42,92	39,90	42,52	42,52		
TOTAL						

- 1) Lengkapi tabel pengamatan
- 2) Lakukan analisis statistik (dilengkapi dengan tabel ANOVA/sidi ragam), hitung KK
- 3) Jika pada sidik ragam perlakuan yang diberikan berbeda nyata, lakukan uji lanjutan dengan DNMRT.
- 4) Buat tabel kesimpulannya.

Latihan 10_ *Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)*

Suatu penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh pemberian ragi terhadap kandungan alkohol pada pembuatan tape ubi, didapatkan hasil pengamatan kandungan alkoholnya:

A ₁ 20	E ₁ 41	D ₅ 46	C ₁ 29	G ₁ 46
F ₁ 52	D ₂ 39	B ₁ 34	G ₂ 48	A ₄ 46
C ₃ 41	E ₂ 40	F ₃ 49	C ₂ 38	G ₄ 62
A ₂ 22	C ₄ 47	B ₂ 34	G ₃ 51	B ₃ 46
F ₂ 45	E ₃ 47	A ₃ 32	D ₃ 46	F ₄ 55
B ₄ 38	D ₁ 32	F ₅ 54	C ₅ 46	D ₄ 47
G ₅ 51	E ₄ 36	B ₅ 37	E ₅ 35	A ₅ 45

- 1) Pindahkan data ke tabel pengamatan dan lengkapi tabel
- 2) Tentukan rancangan yang digunakan berdasarkan sebaran data.
- 3) Tuliskan model anggapan berdasarkan judul penelitian dan pengamatan
- 4) Lakukan analisis statistik (dilengkapi dengan tabel ANOVA/sidi ragam), hitung KK

- 5) Jika pada sidik ragam perlakuan yang diberikan berbeda nyata, lakukan uji lanjutan dengan DNMRT.
- 6) Buat tabel kesimpulan.

2. Kunci Jawaban Test Formatif

Kunci jawaban latihan ada di halaman terakhir bab.

DAFTAR PUSTAKA

Sugandi, E., Sugiarto. 1993. Rancangan Percobaan. Yogyakarta: Andi offset.

Syahni Rahmat, 1990. Perancangan dan analisis data percobaan. Universitas andalas, Padang.

Syamsuwirman. 2010. Perancangan Percobaan. Diktat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 7

PERCOBAAN FAKTORIAL

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Konsep Percobaan Faktorial ini berisikan tentang hal-hal dasar yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari kegiatan belajar: pengertian dan penggunaan; denah percobaan dan pengacakan; model dan anggapan; hipotesis dan pengujian; penyajian data hasil percobaan; dan analisis ragam.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami percobaan faktorial dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa pengertian dan penggunaan;
- 2) Mahasiswa mengetahui bagaimana denah percobaan dan pengacakan;
- 3) Mahasiswa mengetahui bagaimana model dan anggapan;
- 4) Mahasiswa mengetahui bagaimana hipotesis dan pengujian;
- 5) Mahasiswa mengetahui bagaimana penyajian data hasil percobaan; dan
- 6) Mahasiswa mengetahui bagaimana analisis ragam.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan terkait dengan sub-capaian pembelajaran mata kuliah di atas.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume.

B. PENYAJIAN

1. Pengertian dan penggunaan

Percobaan faktorial tergolong kedalam klasifikasi rancangan perlakuan yang membedakan percobaan atas percobaan berfaktor tunggal dan percobaan berfaktor ganda. Pada percobaan berfaktor tunggal, perlakuan yang diberikan terhadap satuan

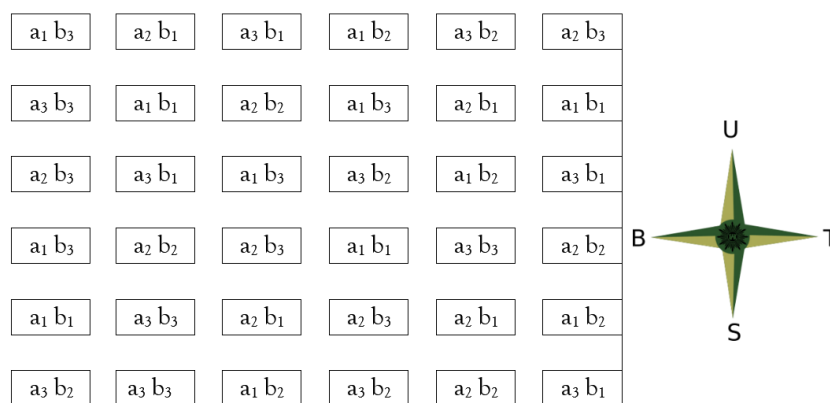
percobaan adalah berupa taraf dari suatu faktor tertentu. Tiap satuan percobaan memperoleh satu taraf dari faktor tersebut. Sedangkan pada percobaan berfaktor ganda yakni percobaan faktorial, tiap satuan percobaan memperoleh perlakuan berupa kombinasi dari taraf dua atau lebih faktor yang dicobakan. Oleh sebab itu percobaan faktorial dapat diartikan sebagai percobaan yang perlakuannya terdiri atas semua kemungkinan kombinasi taraf dari beberapa faktor.

Percobaan faktorial sangat bermanfaat untuk penelitian yang bersifat eksploratif dimana pengetahuan peneliti tentang taraf optimum dari suatu faktor masih sangat sedikit. Selain itu percobaan faktorial memungkinkan peneliti mengetahui pengaruh interaksi antara beberapa faktor terhadap bahan percobaan, yakni mengetahui apakah perbedaan tanggapan dari dua taraf suatu faktor tergantung dari taraf faktor lainnya.

2. Denah percobaan dan pengacakan

Percobaan faktorial dapat dilaksanakan dengan memakai salah satu dari ketiga rancangan lingkungan, yakni RAL, RAK, dan RBSL. Pemilihan rancangan lingkungan yang tepat tergantung kepada kondisi lingkungan dimana percobaan akan dilaksanakan, sebagai ilustrasi dalam merancang denah percobaan, misalkan akan dilaksanakan percobaan dengan dua faktor, yaitu faktor A dan faktor B.

Faktor A terdiri atas 3 taraf, yakni a_1, a_2, a_3 , dan faktor B juga terdiri atas 3 taraf, yakni b_1, b_2, b_3 . Keseluruhan membentuk 9 kombinasi perlakuan, yaitu $a_1 b_1, a_1 b_2, a_1 b_3, a_2 b_1, a_2 b_2, a_2 b_3, a_3 b_1, a_3 b_2, a_3 b_3$. Rancangan lingkungan yang akan digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 4 ulangan. Berarti keseluruhan satuan percobaan berjumlah 36, dengan menggunakan pengacakan yang diterapkan pada RAL, diperoleh denah percobaan:



Gambar 4. Denah Percobaan Faktorial 3x3 Dengan Rancangan Lingkungan Rancangan Acak Lengkap

3. Model dan anggapan

Model dasar untuk percobaan faktorial tergantung kepada bentuk rancangan lingkungan yang digunakan. Kemudian model dasar dikembangkan dengan menguraikan pengaruh perlakuan menjadi pengaruh utama dan pengaruh interaksi dari faktor-faktor yang digunakan.

Misalkan percobaan dilakukan dengan $a \times b$, yakni percobaan dengan dua faktor A dan B yang berturut-turut terdiri atas a dan b taraf. Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap dengan r ulangan untuk setiap perlakuan. Modal bagi rancangan acak lengkap adalah: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$

Percobaan factorial dengan dua faktor pengaruh perlakuan τ_i dapat diuraikan menjadi tiga suku yang terdiri atas pengaruh faktor A, pengaruh faktor B, dan pengaruh interaksi faktor A dan faktor B. Untuk menuliskan model bagi percobaan ini dibutuhkan tiga indeks, yakni i untuk faktor A, j untuk faktor B, dan k untuk ulangan. Dengan ketiga indeks tersebut model bagi percobaan dapat dituliskan:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, r; \end{array}$$

dimana:

- Y_{ijk} = nilai pengamatan pada satuan percobaan yang mendapat perlakuan taraf ke- i dari faktor A, taraf ke- j dari faktor B, dan ulangan ke- k .
- μ = nilai tengah umum
- α_i = pengaruh taraf ke- i faktor A
- β_j = pengaruh taraf ke- j faktor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi dari taraf ke- i faktor A dan taraf ke- j faktor B
- ϵ_{ijk} = pengaruh sisa pada satuan percobaan yang mendapatkan perlakuan taraf ke- i faktor A, taraf ke- j faktor B, ulangan ke- k .
- a, b, r = banyak taraf dari faktor A, banyak taraf faktor B, dan banyak ulangan.

Seperti biasa anggapan untuk ϵ_{ijk} adalah menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah Θ dan ragam σ^2 . Anggapan untuk pengaruh perlakuan tergantung kepada model mana yang akan digunakan. Bila peneliti menggunakan model tetap, maka α_i , β_j , dan $(\alpha\beta)_{ij}$ diasumsikan bersifat tetap.

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

Apabila yang digunakan adalah model acak, maka asumsi yang diperlukan adalah bahwa α_i menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah Θ dan ragam σ_A^2 , β_j menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah Θ dan ragam σ_B^2 , dan $(\alpha\beta)_{ij}$ menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah Θ dan ragam σ_{AB}^2

4. Hipotesis dan pengujian

Percobaan faktorial $a \times b$, ada tiga pengaruh yang mendapat perhatian, yaitu faktor A, faktor B, dan interaksi AB. Bila peneliti mengasumsikan model tetap, maka hipotesis yang akan diuji adalah:

- 1) $H_0 : \alpha_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, a$
 $H_1 : \text{ada } \alpha_i \neq 0$
- 2) $H_0 : \beta_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, b$
 $H_1 : \text{ada } \beta_j \neq 0$

- 3) $H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, a \text{ dan } j = 1, 2, \dots, b$
 $H_1 : \text{ada } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$

Hipotesis yang pertama adalah tentang ada tidaknya pengaruh faktor A, hipotesis kedua adalah tentang ada tidaknya pengaruh faktor B, dan hipotesis ketiga adalah tentang ada tidaknya pengaruh interaksi kedua faktor A dan B. Masing-masing hipotesis diuji dengan uji F, dimana dibandingkan nilai F_{hitung} dengan nilai F_{tabel} pada taraf nyata dan derajat bebas yang sesuai.

Bila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka tolak H_0 , dan diterima H_1 ,
 $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_0 , dan ditolak H_1 .

5. Penyajian data hasil percobaan

Data hasil percobaan faktorial dua faktor disajikan menurut baris dan kolom. Faktor pertama pada baris dan faktor kedua pada kolom, seperti terlihat pada tabel:

Tabel 20. Penyajian Data Hasil Percobaan Faktorial a x b.

Faktor A	Faktor B				Total	Rata-rata
	1	2	...	b		
1	Y_{111}	Y_{121}	...	Y_{1b1}		
	Y_{112}	Y_{122}	...	Y_{1b2}		
	:	:	...	:		
	Y_{11r}	Y_{12r}	...	Y_{1br}		
Total 1	$Y_{11.}$	$Y_{12.}$	...	$Y_{1b.}$	$Y_{1..}$	
Rata-rata 1	$\check{Y}_{11.}$	$\check{Y}_{12.}$	...	$\check{Y}_{1b.}$		$\check{Y}_{1..}$
:	:	:	...	:	:	:
:	:	:	...	:	:	:
:	:	:	...	:	:	:
a	Y_{a11}	Y_{a21}	...	Y_{ab1}		
	Y_{a12}	Y_{a22}	...	Y_{ab2}		
	:	:	...	:		
	Y_{a1r}	Y_{a2r}	...	Y_{abr}		
Total a	$Y_{a1.}$	$Y_{a2.}$	...	$Y_{ab.}$	$Y_{a..}$	
Rata-rata a	$\check{Y}_{a1.}$	$\check{Y}_{a2.}$	...	$\check{Y}_{ab.}$		$\check{Y}_{a..}$
Total	$Y_{.1.}$	$Y_{.2.}$	...	$Y_{.b.}$	$Y_{...}$	
Rata-rata	$\check{Y}_{.1.}$	$\check{Y}_{.2.}$	...	$\check{Y}_{.b.}$		$\check{Y}_{...}$

6. Analisis ragam

Tabel analisis ragam untuk percobaan faktorial a x b yang dilaksanakan dengan rancangan acak lengkap dengan r ulangan masing-masing perlakuan disajikan pada tabel sidik ragam berikut:

Tabel 21. Tabel Analisis Ragam Untuk Percobaan Faktorial a x b Dengan RAL.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
A	a - 1	JKA	KTA	KTA/ KTS
B	b - 1	JKB	KTB	KTB/ KTS
AB	(a-1) (b-1)	JKAB	KTAB	KTAB/ KTS
Sisa	ab (r - 1)	JKS	KTS	
Total	abr - 1	JKT		

Jumlah-jumlah kuadrat untuk tabel sidik ragam dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

$$JKA = \frac{1}{br} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - FK$$

$$JKB = \frac{1}{ar} \sum_{j=1}^b y_{.j}^2 - FK$$

$$JKAB = \left\{ \frac{1}{r} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - FK \right\} - JKA - JKB$$

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk}^2 - FK$$

$$JKS = JKT - JKA - JKB - JKAB$$

$$KTA = JKA / (a - 1)$$

$$KTB = JKB / (b - 1)$$

$$KTAB = JKAB / (a-1) (b-1)$$

$$KTS = JKS / ab (r - 1)$$

7. Contoh

Suatu percobaan faktorial dilakukan untuk melihat pengaruh waktu tanam dan jenis pupuk terhadap hasil tanaman kedelai. Faktor A adalah waktu tanam, yang terdiri dari 2 taraf:

a₁ = sebelum masa tanam

a₂ = sesudah masa tanam, dan

Faktor B adalah jenis pupuk yang terdiri dari 4 taraf:

b₁ = tanpa pupuk/kontrol

b₂ = pupuk Nitrogen (N)

b₃ = pupuk Natrium (Na)

b₄ = pupuk Kalium (K)

Percobaan faktorial 2 x 4 dilakukan dengan menganggap lokasi percobaan bersifat homogen, dengan menggunakan rancangan acak lengkap dan 4 ulangan. Data pengamatan hasil percobaan disajikan ada tabel berikut:

Tabel 22. Tabel Pengamatan Hasil Percobaan Faktorial 2 x 4 dengan RAL dan 4 Ulangan.

Waktu tanam	Jenis pupuk				Total	Rata-rata
	Kontrol	N	Na	K		
Sebelum	28,6	29,1	28,4	29,2	115,3	
	36,8	29,2	27,4	28,2	121,6	
	32,7	30,6	26,0	27,7	117,0	
	32,6	29,1	29,3	32,0	123,0	
Total 1	130,7	118,0	111,1	117,1	476,9	
Rata-rata 1	32,68	29,5	27,78	29,28		29,81
Sesudah	30,3	32,7	30,3	32,7	126,0	
	32,3	30,8	32,7	31,7	127,5	
	31,6	31,0	33,0	31,8	127,4	
	30,9	33,8	33,9	29,4	128,0	
Total 2	125,1	128,3	129,9	125,6	508,9	
Rata-rata 2	31,28	32,08	32,48	31,4		29,81
Total	255,8	246,3	241,0	242,7	985,8	
Rata-rata	31,98	30,79	30,13	30,34		30,81

Jumlah-jumlah kuadrat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FK = \frac{y...^2}{abr} = \frac{(985,8)^2}{2 \times 4 \times 4} = 30.368,801$$

$$JKA = \frac{1}{br} \sum_{i=1}^a yi..^2 - FK = \frac{1}{4 \times 4} [(476,9)^2 + (508,9)^2] - 30.368,801 = 32,00$$

$$JKB = \frac{1}{ar} \sum_{j=1}^b y.j.^2 - FK = \frac{1}{2 \times 4} [(255,8)^2 + (246,3)^2 + (241)^2 + (242,7)^2] - 30.368,801 = 16,402$$

$$JKAB = \left\{ \frac{1}{r} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b yij.^2 - FK \right\} - JKA - JKB = \frac{1}{4} [(130,7)^2 + (118)^2 + \dots + (129,9)^2 + (125,6)^2] - 30.368,801 - 32,00 - 16,402 = 38,392$$

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=i}^r yijk^2 - FK = [(28,6)^2 + (29,1)^2 + \dots + (33,9)^2 + (29,4)^2 - 30.368,801] = 160,539$$

Tabel 23. Tabel Analisis Ragam Untuk Percobaan Faktorial 2 x 4 dengan RAL dan Jumlah Ulangan 4.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F	
				F-hitung	F-tabel 5% 1%
A	2 - 1 = 1	32,00	32,00	10,41**	4,26 7,82
B	4 - 1 = 3	16,402	5,467	1,78 ^{ns}	3,01 4,72
AB	3	38,392	12,797	4,16*	3,01 4,72
Sisa	24	73,745	3,073		
Total	31	160,539			

Bandingkan nilai-nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} , maka:

F_{hitung} faktor A = 10,41 > $F_{0,05,1,24} = 4,26$ dan $F_{0,01,1,24} = 7,82$; artinya faktor A (waktu tanam) mempunyai pengaruh sangat berbeda nyata terhadap produksi. F_{hitung} faktor B = 1,78 < $F_{0,05,3,24} = 3,01$; artinya faktor B (jenis pupuk tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata (tidak berbeda nyata). Selanjutnya F_{hitung} faktor AB = 4,16 > $F_{0,05,3,24} = 3,01$ dan < $F_{0,01,3,24} = 4,72$; artinya pengaruh interaksi antara kedua faktor bersifat nyata. Hal ini memberikan informasi bahwa pengaruh waktu tanam yang bersifat nyata pada kedelai yang mendapat perlakuan pupuk tertentu, belum tentu nyata pada kedelai yang mendapat pupuk yang lain. Apabila juga bersifat nyata, maka besarnya respon terhadap waktu tanam pada suatu pupuk berbeda dari pupuk yang lain. Oleh sebab itu dibutuhkan informasi yang lebih lengkap, disertai dengan uji lanjutan cermat, untuk dapat menarik kesimpulan yang memadai pada percobaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Sugandi, E., Sugiarto. 1993. Rancangan Percobaan. Yogyakarta: Andi offset.
- Syahni Rahmat, 1990. Perancangan dan analisis data percobaan. Universitas andalas, Padang.
- Syamsuwirman. 2010. Perancangan Percobaan. Diktat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

BAB 8

RANCANGAN PETAK TERBAGI (RPT)

A. PENDAHULUAN

1. Deskripsi Singkat

Konsep Rancangan Petak Terbagi (RPT) ini berisikan tentang hal-hal dasar yang perlu diketahui oleh mahasiswa untuk mempelajari **Perancangan Percobaan Agroteknologi**. Adapun isi pokok bahasan ini terdiri dari kegiatan belajar: pengertian dan penggunaan; denah percobaan dan pengacakan; model dan anggapan; hipotesis dan pengujian; penyajian data hasil percobaan; dan analisis ragam.

2. Capaian Pembelajaran

a. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa mampu memahami prinsip rancangan petak terbagi dan pentingnya didalam suatu penelitian. Sehingga menjadi dasar untuk memperoleh konteks penyelesaian masalah dibidang pertanian, berdasarkan hasil analisis informasi dan data.

b. Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- 1) Mahasiswa mengetahui apa pengertian dan penggunaannya;
- 2) Mahasiswa mengetahui bagaimana denah percobaan dan pengacakan;
- 3) Mahasiswa mengetahui bagaimana model dan anggapan;
- 4) Mahasiswa mengetahui bagaimana hipotesis dan pengujian;
- 5) Mahasiswa mengetahui bagaimana penyajian data hasil percobaan; dan
- 6) Mahasiswa mengetahui bagaimana analisis ragam.

3. Relevansi

Setelah mempelajari pokok bahasan pada bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan terkait dengan sub-capaian pembelajaran mata kuliah di atas.

4. Petunjuk Pembelajaran

Bacalah tiap uraian dengan teliti. Tulis kembali secara ringkas ke dalam bentuk resume.

B. PENYAJIAN

1. Pengertian dan penggunaan

Rancangan petak terbagi (*Split-plot Design*) adalah suatu rancangan lingkungan bagi percobaan faktorial di mana satu faktor dari percobaan ditempatkan pada petak utama (*main plot*) dan faktor berikutnya ditempatkan pada anak petak (*sub plot*). Petak utama dalam hal ini dipandang sebagai kelompok bagi perlakuan anak petak, karena pengacakan perlakuan pada anak petak terbatas di dalam petak utama.

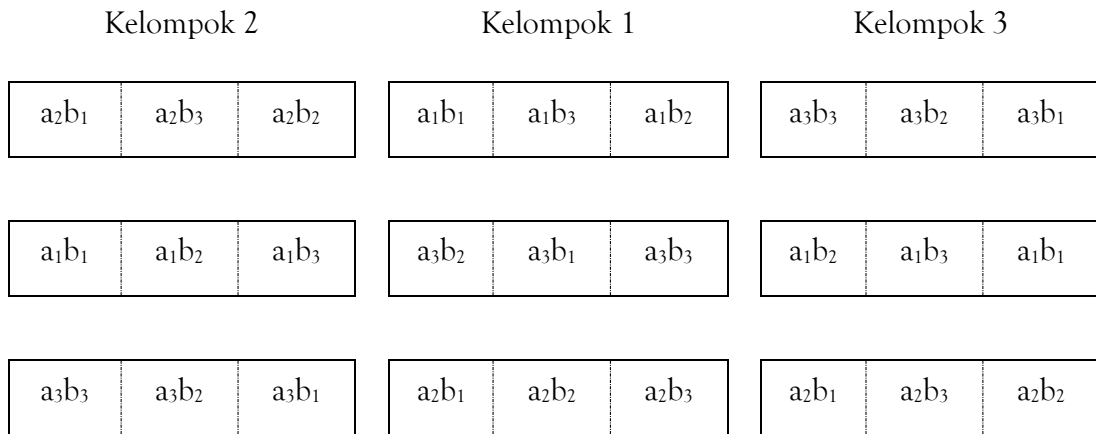
Situasi-situasi yang baik menggunakan rancangan petak terbagi untuk percobaan:

- 1) Bila taraf dari suatu faktor memerlukan satuan percobaan yang lebih luas dari taraf faktor yang lain. Sebagai contoh faktor pertama adalah cara membajak dan faktor kedua adalah varietas. Cara membajak memerlukan petakan yang lebih luas karena alat-alat yang digunakan mungkin menghendaki demikian, sedangkan faktor kedua tidak menghendaki petakan yang besar.
- 2) Bila penambahan faktor lain dimaksudkan untuk memperluas daya cakup suatu percobaan. Sebagai contoh, suatu percobaan tentang pengaruh fungisida sebagai pelindung terhadap infeksi misalnya telah dilakukan pada suatu varietas. Kemudian percobaan yang sama juga ingin dilakukan pada beberapa varietas lain, varietas dijadikan petak utama dan jenis fungisida sebagai anak petak.
- 3) Bila respons dari taraf-taraf suatu faktor berbeda sekali dari respons taraf-taraf faktor lain. Faktor yang memberikan respons besar ditempatkan pada petak utama dan yang memberikan respons kecil ditempatkan pada anak petak.
- 4) Bila perbandingan pada beberapa faktor tertentu memerlukan ketepatan yang lebih tinggi daripada perbandingan faktor lain.

Keempat situasi tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rancangan petak terbagi sangat baik digunakan bila satu atau beberapa faktor memerlukan bahan yang lebih banyak, atau lebih penting, atau mempunyai respons yang lebih kecil, atau memerlukan ketepatan tinggi. Bila memerlukan lebih banyak bahan tempatkan pada petak utama. Bila lebih penting, atau respons kecil, atau memerlukan ketepatan tinggi, tempatkan pada anak petak.

2. Denah percobaan dan pengacakan

Rancangan petak terbagi dirancang bersama rancangan lingkungan lain untuk petak utamanya. Ketiga rancangan lingkungan dapat digunakan, misalnya rancangan petak terbagi untuk percobaan dua faktor dilakukan dengan RAK pada petak utamanya. Pada faktor pertama adalah Faktor A yang terdiri dari 3 taraf, yaitu a_1 , a_2 , a_3 . Faktor kedua adalah faktor B yang juga terdiri dari 3 taraf, yaitu b_1 , b_2 , b_3 . Percobaan dilakukan dengan 3 ulangan. Maka dibutuhkan tiga kelompok satuan percobaan. Tiap kelompok terdiri dari tiga petak utama, untuk faktor A, kemudian tiap petak utama dibagi tiga (dengan garis putus-putus) memberntuk anak petak untuk faktor B.



Gambar 5. Denah Percobaan Dua Faktor Dengan Rancangan Petak Terbagi Pada Rancangan Acak Kelompok.

Pengacakan dilakukan dua tahap, tahap pertama pengacakan faktor A pada petak-petak utama dalam masing-masing kelompok. Tahap berikutnya adalah pengacakan faktor B pada anak petak dalam masing-masing petak utama.

3. Model dan anggapan

Perhatikan rancangan petak terbagi untuk suatu percobaan berfaktor dua yang dilakukan dengan rancangan acak kelompok. Faktor pertama adalah faktor A yang terdiri atas a taraf dan faktor kedua adalah faktor B yang terdiri dari atas b taraf. Model dari rancangan ini mirip dengan model percobaan faktorial dengan acak kelompok, kecuali galat percobaannya dipecah dua. Galat pertama berasal dari petak utama dan galat kedua dari anak petak. Model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \delta_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, r \\ j = 1, 2, \dots, a \\ k = 1, 2, \dots, b \end{matrix}$$

Keterangan:

- Y_{ijk} = nilai pengamatan pada kelompok ke-i dari satuan percobaan yang mendapat perlakuan taraf ke-j faktor A dan taraf ke-k faktor B;
- μ = nilai tengah umum;
- ρ_i = pengaruh kelompok ke-j;
- α_j = pengaruh taraf ke-j dari faktor A;
- δ_{ij} = pengaruh galat pada petak utama dalam kelompok ke-i dari yang mendapat perlakuan taraf ke-j faktor A;
- β_k = pengaruh taraf ke-k dari faktor B;
- (αβ)_{jk} = pengaruh interaksi dari taraf ke-j faktor A dan taraf ke-k faktor B;
- ε_{ijk} = pengaruh sisa pada anak petak dalam kelompok ke-i dari yang mendapat perlakuan taraf ke-j faktor A dan taraf ke-k faktor B;
- a,b,r = jumlah taraf dari faktor A, jumlah taraf dari faktor B, dan jumlah kelompok.

Model-model sebelumnya anggapan untuk ε_{ijk} adalah menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ². Demikian juga untuk galat δ_{ij} dianggap menyebar

bebas dan normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ_δ^2 . Bila peneliti memakai model tetap, maka α_j , β_k , $(\alpha\beta)_{jk}$ dianggap bersifat tetap dan jumlahnya menurut indeks masing-masing sama dengan nol. Sedangkan bila peneliti memakai model acak, maka asumsi yang diperlukan adalah bahwa α_j menyebar bebas dan normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ_A^2 , β_k menyebar menurut sebaran normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ_B^2 dan $(\alpha\beta)_{jk}$ menyebar menurut sebaran normal dengan nilai tengah θ dan ragam σ_{AB}^2 .

4. Hipotesis dan pengujian

Seperti halnya percobaan faktorial a x b, pengaruh-pengaruh yang mendapat perhatian adalah faktor A, faktor B, dan interaksi kedua faktor tersebut. Bila peneliti memakai model tetap, maka hipotesis yang akan diuji adalah:

- a. $H_0 : \alpha_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, a$
 $H_1 : \text{ada } \alpha_j \neq 0$
- b. $H_0 : \beta_k = 0, \quad k = 1, 2, \dots, b$
 $H_1 : \text{ada } \beta_k \neq 0$
- c. $H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, a \text{ dan } k = 1, 2, \dots, b$
 $H_1 : \text{ada } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$

Hipotesis pertama adalah tentang ada tidaknya pengaruh faktor A, hipotesis kedua tentang faktor B, hipotesis ketiga tentang pengaruh interaksi faktor A dan faktor B. Masing-masing hipotesis diuji dengan uji F. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan nilai F_{tabel} . Bila $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ tolak H_0 , terima H_1 , sebaliknya bila $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$; terima H_0 , tolak H_1 .

Perlu diingat bahwa dalam melakukan pengujian untuk hipotesis pertama, perhatian kita ditujukan kepada pengaruh perlakuan yang terjadi pada petak utama. Dalam hal ini analisis yang dilakukan tak ubahnya seperti analisis pada rancangan acak kelompok. Sedangkan pada pengujian untuk hipotesis kedua dan ketiga perhatian tertuju kepada anak petak.

5. Penyajian data hasil percobaan

Data hasil percobaan untuk rancangan petak terbagi dapat disajikan seperti hasil percobaan faktorial biasa. Berikut penyajian untuk rancangan petak terbagi dengan dua faktor A dan B, masing-masing bertaraf a dan b, yang dilakukan dengan RAK dengan banyak kelompok r.

Tabel 24. Penyajian Data Hasil Percobaan Pada Rancangan Petak Terbagi Dengan Rancangan Acak Kelompok.

Faktor A	Faktor B	Kelompok				Total A
		1	2	...	r	
1	1	Y_{111}	Y_{211}	...	Y_{r11}	$Y_{.11}$
	2	Y_{112}	Y_{212}	...	Y_{r12}	$Y_{.12}$
	:	:	:	...	:	:
	:	:	:	...	:	:
	b	Y_{11b}	Y_{21b}	...	Y_{r1b}	$Y_{.1b}$
Total		$Y_{11.}$	$Y_{21.}$	...	$Y_{r1.}$	$Y_{.1.}$
:	:	:	...	:	:	:
:	:	:	...	:	:	:
:	:	:	...	:	:	:
A	1	Y_{1a1}	Y_{2a1}	...	Y_{ra1}	$Y_{.a1}$
	2	Y_{1a2}	Y_{2a2}	...	Y_{ra2}	$Y_{.a2}$
	:	:	:	...	:	:
	:	:	:	...	:	:
	b	Y_{1ab}	Y_{2ab}	...	Y_{rab}	$Y_{.ab}$
Total		$Y_{1a.}$	$Y_{2a.}$	...	$Y_{ra.}$	$Y_{.a.}$
Total kelompok		$Y_{1..}$	$Y_{2..}$	...	$Y_{r..}$	$Y_{...}$

Total B

1	2	...	b
$Y_{..1}$	$Y_{..2}$	...	$Y_{..b}$

6. Analisis ragam

Tabel analisis ragam untuk percobaan faktorial a x b dengan rancangan petak terbagi pada rancangan acak kelompok dengan ulangan r disajikan berikut:

Tabel 25. Tabel Analisis Ragam Untuk Percobaan Faktorial a x b dengan RPT Pada Rancangan Acak Kelompok.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Kelompok	r - 1	JKK	KTK	KTK / KTS_1
A	a - 1	JKA	KTA	KTA / KTS_1
Sisa (1)	(r-1)(a-1)	JKS1	KTS ₁	
B	(b - 1)	JKB	KTB	KTB / KTS_2
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	$KTAB / KTS_2$
Sisa (2)	a (r - 1) (b-1)	JKS2	KTS ₂	
Total	abr - 1	JKT		

Jumlah-jumlah kuadrat untuk tabel sidik ragam dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Pada petak utama

$$JKK = \frac{1}{ab} \sum_{i=1}^r y_{i..}^2 - FK$$

$$JKA = \frac{1}{rb} \sum_{j=1}^a y_{.j.}^2 - FK$$

$$JKS_1 = \frac{1}{b} \sum_{j=1}^a y_{ij.}^2 - FK - JKK - JKA$$

Pada anak petak

$$JKB = \frac{1}{ra} \sum_{k=1}^b y_{..k}^2 - FK$$

$$JKAB = \left\{ \frac{1}{r} \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b y_{.jk}^2 - FK \right\} - JKA - JKB$$

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^a \sum_{k=i}^b y_{ijk}^2 - FK$$

$$JKS_2 = JKT - JKK - JKA - JKS_1 - JKB - JKAB$$

Kuadrat-kuadrat tengah dihitung dengan membagi jumlah-jumlah kuadrat dengan derajat bebas masing-masing. Nilai F-hitung untuk faktor A yang berada pada petak utama dihitung dengan membagi KTA dengan KTS₁. Sedangkan nilai F untuk faktor B dan interaksi A dan B dihitung dengan membagi kuadrat tengah masing-masing dengan KTS₂.

7. Contoh

Suatu percobaan dilakukan untuk membandingkan hasil dari empat jenis gandum (*Vicland 1*, *Vicland 2*, *Clinton*, dan *Branch*) dengan tiga perlakuan kimiawi terhadap benihnya dan ditambah dengan perlakuan kontrol. Perlakuan kimiawi tersebut adalah Ceresan M, Panogen, dan Agrox. Percobaan dilakukan dengan rancangan petak terbagi dengan rancangan acak kelompok pada petak utamanya. Data hasil pengamatan.

Tabel 26. Data Pengamatan Produksi Gandum Menurut Jenis Dan Perlakuan Kimiawi Menggunakan Rancangan Petak Terbagi Dengan Rancangan Acak Kelompok.

Faktor A	Faktor B	Kelompok				Total A
		1	2	3	4	
Vicland 1	Kontrol	42,9	41,6	28,9	30,8	144,2
	Ceresan M	53,8	58,5	43,9	46,3	202,5
	Panogen	49,5	53,8	40,7	39,4	183,4
	Agrox	44,4	41,8	28,3	34,7	149,2
Total		190,6	195,7	141,8	Y _{r1} .	679,3
Vicland 2	Kontrol	53,3	69,6	45,4	35,1	203,4
	Ceresan M	57,6	69,6	42,4	51,9	221,5
	Panogen	59,8	65,8	41,4	45,4	212,4
	Agrox	64,1	57,4	44,1	51,6	217,2
Total		234,8	262,4	173,3	184,0	854,5
Clinton	Kontrol	62,3	58,5	44,6	50,3	215,7
	Ceresan M	63,4	50,4	45,0	46,7	205,2,5
	Panogen	64,5	46,1	62,6	50,3	223,5
	Agrox	63,6	56,1	52,7	51,8	224,2
Total		253,8	211,1	204,9	199,1	868,9
Branch	Kontrol	75,4	65,6	54,0	52,7	247,7
	Ceresan M	70,3	67,3	57,6	58,5	253,7
	Panogen	68,8	65,3	45,6	51,0	230,7
	Agrox	71,6	69,4	56,6	47,4	245,0
Total		286,1	267,6	213,8	209,6	977,1
Total kelompok		965,3	936,8	733,8	743,9	3379,8

Total B

1	2	3	4
811,0	883,2	850,0	835,6

Perhitungan untuk analisis ragam dilakukan sebagai berikut:

$$FK = \frac{y_{...}^2}{abr} = \frac{3379,8^2}{4 \times 4 \times 4} = 178.485,13$$

Pada petak utama

$$JKK = \frac{1}{4 \times 4} (965,3)^2 + (936,8)^2 + (733,8)^2 + (743,9)^2 - 178.485,13 = 2.842,87$$

$$JKA = \frac{1}{4 \times 4} (679,3)^2 + (854,5)^2 + (868,9)^2 + (977,1)^2 - 178.485,13 = 2.848,02$$

$$JKS_1 = \frac{1}{4} (190,6)^2 + (195,7)^2 + \dots + (213,8)^2 + (209,6)^2 - 178.485,13 - 2.842,87 - 2.842,87 = 618,3$$

Pada anak petak

$$JKB = \frac{1}{4 \times 4} (811)^2 + (883,2)^2 + (850)^2 + (835,6)^2 - 178.485,13 = 170,53$$

$$JKAB = \left\{ \frac{1}{4} (144,2)^2 + (202,5)^2 + \dots + (245,0)^2 \right\} - 178.485,13 - 2.848,02 - 170,53 = 586,47$$

$$JKT = (42,9)^2 + (41,6)^2 + \dots + (47,4)^2 - 178.485,13 = 7.797,39$$

$$JKS_2 = 7.797,39 - 2.842,87 - 2.848,02 - 618,3 - 170,53 - 586,47 = 731,2$$

Nilai yang telah didapatkan disusun dalam analisis ragam seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 27. Tabel Analisis Ragam Untuk Data Pengamatan Produksi Gandum Menurut Jenis Dan Perlakuan Kimiawi Menggunakan Rancangan Petak Terbagi Dengan Rancangan Acak Kelompok.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Kelompok	3	2.842,87	947,62	13,79**	3,86	6,99
A	3	2.848,02	949,34	13,82**	3,86	6,99
Sisa (1)	9	618,30	68,70			
B	3	170,53	56,84	2,80 ^{ns}	2,86	4,31
AB	9	586,47	65,16	3,21**	2,17	2,91
Sisa (2)	36	731,20	20,31			
Total	63	7.797,39				

Kesimpulan:

F-hitung kelompok = 13,79 > $F_{0,01, 3, 9} = 6,99$; pengelompokan memberikan pengaruh sangat berbeda nyata.

F-hitung faktor A = 13,82 > $F_{0,01, 3, 9} = 6,99$: pemberian perlakuan faktor A memperlihatkan pengaruh yang sangat berbeda nyata.

F-hitung faktor B = 2,80 < $F_{0,01, 3, 36} = 4,31$: pemberian perlakuan faktor B memberikan pengaruh tidak berbeda nyata

F-hitung interaksi (AB) = 3,21 > $F_{0,01, 9, 36} = 2,91$: perlakuan interaksi antara faktor A dan B memberikan pengaruh sangat berbeda nyata.

Hal ini menunjukkan bahwa faktor A yang memperlihatkan pengaruh sangat berbeda nyata tergantung kepada taraf-taraf dari faktor B.

DAFTAR PUSTAKA

Sugandi, E., Sugiarto. 1993. Rancangan Percobaan. Yogyakarta: Andi offset.

Syahni Rahmat, 1990. Perancangan dan analisis data percobaan. Universitas andalas, Padang.

Syamsuwirman. 2010. Perancangan Percobaan. Diktat. Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti. Padang.

KUNCI JAWABAN

Latihan 1 - RAL

1) Tabel Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata
	1	2	3	4		
A	32	32	32	31	127	31,75
B	44	36	33	37	150	37,50
C	40	35	34	34	143	35,75
D	41	35	38	34	148	37,00
E	42	34	31	36	143	35,75
F	42	34	38	35	149	37,25
G	43	36	38	36	153	38,25
Total	-	-	-	-	1.013	36,18

2) Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak lengkap.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F _{hitung}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	6	111,36	18,56	1,52 ^{ns}	2,58	3,82
Sisa	21	256,75	12,23			
Total	27	368,11				

3) Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 28 - 1 = 27
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 7 - 1 = 6
- db sisa = db total - db perlakuan = 27 - 6 = 21

4) Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{rt} = \frac{1.013^2}{7.4} = 36.648,89$$

$$JKP = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^t y_i^2 - FK$$

$$= \frac{1}{4} [(127)^2 + (150)^2 + (143)^2 + (148)^2 + (143)^2 + (149)^2 + (153)^2] - 36.648,89$$

$$= 36.760,25 - 36.648,89 = 111,36$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^r y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(32)^2 + (44)^2 + \dots + (36)^2] - 36.648,89 = 37.017 - 36.648,89 = 368,11$$

5) Hitung kuadrat tengah

$$KTP = JKP / (t-1) = 111,36 / 6 = 18,56$$

$$KTS = JKS / t(r-1) = 256,75 / 21 = 12,23$$

6) Cari F-hitung

$$F\text{-hitung} = KTP / KTS = 18,56 / 12,23 = 1,52$$

7) Lihat tabel F untuk 5 % dan 1 % db pembilang (db perlakuan), db penyebut (db sisa).

- Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{6,21,0,05} = 2,58$

- Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{6,21,0,01} = 3,82$

8) Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

9) Bandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel 5 % dan 1 %.

F-hitung = 1,52 < F-tabel 0,05 = 2,58, maka H_0 diterima & tolak $H_1 \rightarrow$ **tidak berbeda nyata (ns)**

10) Hitung koefisien keragaman/variiasi = KK atau KV

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}..} \times 100 \% = \frac{\sqrt{12,23}}{36,18} \times 100 \% = 9,67 \%$$

Latihan 2 - RAL

Suatu penelitian dalam bentuk percobaan yang melihat pengaruh pemberian pupuk terhadap pertumbuhan bibit tanaman kakao, menggunakan RAL dengan 7 perlakuan dan 5 ulangan. Dari pengamatan terhadap tinggi tanaman didapatkan data sebagai berikut:

A ₁ 26	E ₁ 32	D ₅ 39	C ₁ 30	G ₁ 36
F ₁ 37	D ₂ 35	B ₁ 34	G ₂ 36	A ₄ 25
C ₃ 34	E ₂ 44	F ₃ 38	C ₂ 35	G ₄ 36
A ₂ 28	C ₄ 31	B ₂ 36	G ₃ 38	B ₃ 33
F ₂ 44	E ₃ 41	A ₃ 28	D ₃ 38	F ₄ 40
B ₄ 37	D ₁ 31	F ₅ 44	C ₅ 39	D ₄ 34
G ₅ 46	E ₄ 46	B ₅ 32	E ₅ 42	A ₅ 26

Perintah soal: Buat tabel pengamatan dan lengkapi, lakukan analisis sampai analisis ragam, ambil kesimpulan, dan hitung KK.

1) Tabel Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	26	28	28	25	26	133	26,60
B	34	36	33	37	32	172	34,40
C	30	35	34	31	39	169	33,80
D	31	35	38	34	39	177	35,40
E	32	44	41	46	42	205	41,00
F	37	44	38	40	44	203	40,60
G	36	36	38	36	46	192	38,40
Total	-	-	-	-	-	1.251	35,74

2) Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak lengkap.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	6	737,89	122,98	9,81**	2,45	3,53
Sisa	28	350,80	12,53			
Total	34	1.088,69				

3) Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 35 - 1 = 34
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 7 - 1 = 6
- db sisa = db total - db perlakuan = 34 - 6 = 28

4) Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y..^2}{rt} = \frac{1.251^2}{7.5} = 44.714,31$$

$$JKP = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^t y_i^2 - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(133)^2 + (172)^2 + (169)^2 + (177)^2 + (205)^2 + (203)^2 + (192)^2] - 44.714,31$$

$$= 45.452,2 - 44.714,31 = 737,89$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^r y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(32)^2 + (44)^2 + \dots + (36)^2] - 44.714,31 = 45.803 - 44.714,31 = 1.088,69$$

5) Hitung kuadrat tengah

$$KTP = JKP / (t-1) = 737,89 / 6 = 122,98$$

$$KTS = JKS / t(r-1) = 350,8 / 28 = 12,53$$

6) Cari F-hitung

$$F\text{-hitung} = KTP / KTS = 122,98 / 12,53 = 9,82$$

7) Lihat tabel F untuk 5 % dan 1 % db pembilang (db perlakuan), db penyebut (db sisa).

- Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{6,28,0,05} = 2,45$

- Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{6,28,0,01} = 3,53$

8) Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

9) Bandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel 5 % dan 1 %.

F-hitung = 9,82 > F-tabel 0,01 = 3,53, maka H_0 ditolak & terima $H_1 \rightarrow$ **sangat berbeda nyata (**)**

10) Hitung koefisien keragaman/variasi = KK atau KV

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}_{..}} \times 100 \% = \frac{\sqrt{12,53}}{35,74} \times 100 \% = 9,9 \%$$

Latihan 3 – RAL Ulangan Tak Sama

1). Tabel pengamatan tinggi tanaman

Perlakuan	Ulangan					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	26,4	28,7	28,4	25,2	26,3	135,0	27,00
B	34,5	36,4	33,5	35,0	-	139,4	34,85
C	30,5	35,8	34,7	31,5	39,8	172,3	34,46
D	31,5	35,5	38,4	34,6	-	140,0	35,00
E	32,5	44,2	41,1	46,2	42,1	206,1	41,22
F	37,3	44,3	48,4	-	-	130,0	43,33
G	36,9	46,2	48,1	36,1	46,7	214,0	42,80
Total	-	-	-	-	-	1.136,8	36,67

2). Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak lengkap.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	6	940,96	156,83	9,40**	2,51	3,67
Sisa	24	400,42	16,68			
Total	30	1.341,38				

** : sangat berbeda nyata

3). Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 31 - 1 = 30
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 7 - 1 = 6
- db sisa = db total - db perlakuan = 30 - 6 = 24

4). Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{\sum_{i=1}^t r_i} = \frac{1.136,8^2}{31} = 41.687,56$$

$$JKP = \sum_{i=1}^t \frac{y_{.i}^2}{r_i} - FK$$

$$= \left[\frac{(135)^2}{5} + \frac{(139,4)^2}{4} + \frac{(172,3)^2}{5} + \frac{(140)^2}{4} + \frac{(206,1)^2}{5} + \frac{(130)^2}{3} + \frac{(214)^2}{5} \right] - 41.687,56$$

$$= 42.628,52 - 41.687,56 = 940,96$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(26,4)^2 + (28,7)^2 + \dots + (46,7)^2] - 41.687,56 = 43.028,94 - 41.687,56 = 1.341,38$$

5). Hitung koefisien keragaman/variasi = KK atau KV

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}_{..}} \times 100 \% = \frac{\sqrt{16,68}}{36,67} \times 100 \% = 11,14 \%$$

Uji Lanjutan dengan DNMRT (Ulangan tak sama)

- Dengan menggunakan nilai KTS = 16,68, r = 5; 4 ; 3 didapatkan $S\check{y} = \sqrt{16,68/5} = 1,83$; $S\check{y}_2 = \sqrt{16,68/4} = 2,04$; $S\check{y}_3 = \sqrt{16,68/3} = 2,36$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q (tabel Duncan's). pada taraf nyata α dan dbS = 24.

	2	3	4	5	6	7
SSR	2,919	3,066	3,16	3,226	3,276	3,315
LSR ₁	5,34	5,61	5,78	5,90	6,00	6,07
LSR ₂	5,95	6,25	6,45	6,58	6,68	6,76
LSR ₃	6,89	7,24	7,46	7,61	7,73	7,82

Dengan menggunakan nilai-nilai LSR, dapat membandingkan delapan nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar.

A	C	B	D	E	G	F
27,0	34,46	34,85	35,00	41,22	42,80	43,33

Tabel Kesimpulan

Perlakuan	Tinggi Tanaman					
A	27,00	a	27,00	a	27,00	a
C	34,46	b	34,46	b	34,46	b
B	34,85	b	34,85	b	34,85	b
D	35,00	b	35,00	b	35,00	b
E	41,22	c	41,22	c	41,22	b c
G	42,80	c	42,80	c	42,80	c
F	43,33	c	43,33	c	43,33	c
KK =	7,98 %					

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Latihan 4 _RAK

1). Tabel pengamatan tinggi tanaman

Perlakuan	Kelompok					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	225	225	226	224	224	1.124	224,8
B	234	234	230	235	234	1.167	233,4
C	242	243	242	241	242	1.210	242,0
D	252	235	253	254	259	1.253	250,6
E	264	264	262	264	262	1.316	263,2
F	274	273	274	275	275	1.371	274,2
G	282	282	282	284	284	1.414	282,8
Total	1.773	1.756	1.769	1.777	1.780	8.855	253,0

2). Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak kelompok.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan (P)	6	13.738,4	2.289,73	174,12**	2,51	3,67
Kelompok (K)	4	50,0	12,50	0,95 ^{ns}	2,78	4,22
Sisa (S)	24	315,6	13,15			
Total	34	14.104,0				

3). Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total :

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 35 - 1 = 34
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 7 - 1 = 6
- db kelompok = jumlah kelompok - 1 = 5 - 1 = 4
- db sisa = (t - 1) (b - 1) = (7 - 1) (5 - 1) = 6 x 4 = 24

4). Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat :

$$FK = \frac{Y..^2}{bt} = \frac{(8.855)^2}{5 \times 7} = 2.240.315$$

$$JKP = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^t y_i.^2 - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(1.124)^2 + (1.167)^2 + (1.210)^2 + (1.253)^2 + (1.316)^2 + (1.371)^2 + (1.414)^2] - 2.240.315 = 2.254.053,4 - 2.240.315 = 13.738,4$$

$$JKK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y.^j^2 - FK$$

$$= \frac{1}{7} [(1.773)^2 + (1.756)^2 + (1.769)^2 + (1.777)^2 + (1.780)^2] - 2.240.315$$

$$= 2.240.365 - 2.240.315 = 50$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^b y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(225)^2 + (225)^2 + \dots + (284)^2 + (284)^2] - 2.240.315$$

$$= 2.254.419 - 2.240.315 = 14.104$$

5). Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

6). Bandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel 5 % dan 1 %.

F-hitung perlakuan = 174,12 > F-tabel 0,01 = 3,67, maka H_0 ditolak & terima H_1 , artinya perlakuan yang diberikan kepada tanaman memperlihatkan pengaruh yang **sangat berbeda nyata (**)**

F-hitung kelompok = 0,95 < F-tabel 0,05 = 2,78 maka pengelompokan yang dilaksanakan pada percobaan memperlihatkan pengaruh yang **tidak berbeda nyata atau non signifikan (ns)**.

7). Hitung koefisien keragaman/variasi = KK atau KV

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}} \times 100 \% = \frac{\sqrt{13,15}}{253} \times 100 \% = 1,43 \%$$

Latihan 5_RAK

1). Tabel pengamatan tinggi tanaman

Perlakuan	Kelompok					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	110	120	110	120	120	580	116,0
B	138	138	130	135	134	675	135,0
C	142	143	142	143	142	712	142,4
D	152	152	153	153	153	763	152,6
E	164	164	162	164	162	816	163,2
F	174	173	174	175	175	871	174,2
Total	880	890	871	890	886	4.417	147,23

2). Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak kelompok.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan (P)	5	10.797,37	2.159,47	330,19**	2,71	4,10
Kelompok (K)	4	43,20	10,8	1,65 ^{ns}	2,87	4,43
Sisa (S)	20	130,80	6,54			
Total	29	10.971,37				

3). Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 30 - 1 = 29
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 6 - 1 = 5
- db kelompok = jumlah kelompok - 1 = 5 - 1 = 4
- db sisa = (t - 1) (b - 1) = (7 - 1) (5 - 1) = 5 x 4 = 20

4). Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y..^2}{rt} = \frac{(4.417)^2}{6 \times 5} = 650.329,63$$

$$JKP = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^t y_i.^2 - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(580)^2 + (675)^2 + (712)^2 + (763)^2 + (816)^2 + (871)^2] - 650.329,63 = 661.127 - 650.329,63 = 10.797,37$$

$$\begin{aligned} \text{JKK} &= \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y \cdot j^2 - \text{FK} \\ &= \frac{1}{6} [(880)^2 + (890)^2 + (871)^2 + (890)^2 + (886)^2] - 650.329,63 \\ &= 650.372,83 - 650.329,63 = 43,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^b y_{ij}^2 - \text{FK} \\ &= [(110)^2 + (120)^2 + \dots + (175)^2 + (175)^2] - 650.329,63 \\ &= 661.301 - 650.329,63 = 10.971,37 \end{aligned}$$

$$\text{JKS} = \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} = 10.971,37 - 10.797,37 - 43,2 = 130,8$$

5). Hitung kuadrat tengah

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP}/(t-1) = 10.797,37/(6-1) = 10.797,37/5 = 2.159,47 \\ \text{KTK} &= \text{JKK}/(b-1) = 43,2/(5-1) = 43,2/4 = 10,8 \\ \text{KTS} &= \text{JKS}/(t-1)(b-1) = 130,8/(6-1)(5-1) = 130,8/20 = 6,54 \end{aligned}$$

6). Cari F-hitung

$$\text{F-hitung Perlakuan} = \text{KTP}/\text{KTS} = 2.159,47/6,54 = 330,19$$

$$\text{F-hitung Kelompok} = \text{KTK}/\text{KTS} = 10,8/6,54 = 1,65$$

7). Lihat F-tabel untuk perlakuan 5 % dan 1 % dengan db pembilang = 5, db penyebut = 20.

- Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{5,20,0,05} = 2,71$
- Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{5,20,0,01} = 4,10$

F-tabel untuk kelompok 5 % dan 1 % dengan db pembilang = 4, db penyebut = 20.

- Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{4,20,0,05} = 2,87$
- Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{4,20,0,01} = 4,43$

8). Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

9). Bandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel 5 % dan 1 %.

F-hitung perlakuan = 330,19 > F-tabel 0,01 = 4,10, maka H_0 ditolak & terima H_1 , artinya perlakuan yang diberikan kepada tanaman memperlihatkan pengaruh yang **sangat berbeda nyata (**)**

F-hitung kelompok = 1,65 < F-tabel 0,05 = 2,87 maka pengelompokan yang dilaksanakan pada percobaan memperlihatkan pengaruh yang **tidak berbeda nyata atau non signifikan (ns)**.

10). Hitung koefisien keragaman/variiasi = KK atau KV

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}} \times 100 \% = \frac{\sqrt{6,54}}{147,23} \times 100 \% = 1,74 \%$$

Latihan 6_RAK

1). Tabel pengamatan tinggi tanaman

Perlakuan	Kelompok					Total	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
A	100	120	110	120	120	570	114,0
B	138	138	130	135	134	675	135,0
C	142	143	142	143	142	712	142,4
D	152	152	153	153	153	763	152,6
E	164	164	162	164	162	816	163,2
F	174	173	174	175	175	871	174,2
Total	870	890	871	890	886	4.407	146,90

2). Buat tabel sidik ragam untuk rancangan acak kelompok.

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan (P)	5	11.438,70	2.287,74	149,43**	2,71	4,10
Kelompok (K)	4	67,87	16,97	1,11 ^{ns}	2,87	4,43
Sisa (S)	20	306,13	15,31			
Total	29	11.812,70		KK =	2,66 %	

3). Tentukan nilai derajat bebas (db) untuk perlakuan, sisa, dan total:

- db total = jumlah satuan percobaan - 1 = 30 - 1 = 29
- db perlakuan = jumlah perlakuan - 1 = 6 - 1 = 5
- db kelompok = jumlah kelompok - 1 = 5 - 1 = 4
- db sisa = (t - 1) (b - 1) = (7 - 1) (5 - 1) = 5 x 4 = 20

4). Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat:

$$FK = \frac{Y..^2}{bt} = \frac{(4.407)^2}{6 \times 5} = 647.388,3$$

$$JKP = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^t y_i.^2 - FK$$

$$= \frac{1}{5} [(580)^2 + (675)^2 + (712)^2 + (763)^2 + (816)^2 + (871)^2] - 647.388,3 = 658.827 - 647.388,3 = 11.438,7$$

$$JKK = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y \cdot j^2 - FK$$

$$= \frac{1}{6} [(880)^2 + (890)^2 + (871)^2 + (890)^2 + (886)^2] - 647.388,3$$

$$= 647.456,17 - 647.388,3 = 67,87$$

$$JKT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^b y_{ij}^2 - FK$$

$$= [(110)^2 + (120)^2 + \dots + (175)^2 + (175)^2] - 647.388,3$$

$$= 659.201 - 647.388,3 = 11.812,7$$

5). Lihat F-tabel untuk perlakuan 5 % dan 1 % dengan db pembilang = 5, db penyebut = 20.

- Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{5,20,0,05} = 2,71$
- Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{5,20,0,01} = 4,10$

F-tabel untuk kelompok 5 % dan 1 % dengan db pembilang = 4, db penyebut = 20.

- Nilai untuk $\alpha = 0,05$ atau 5 % ; $F_{4,20,0,05} = 2,87$
- Nilai untuk $\alpha = 0,01$ atau 1 % ; $F_{4,20,0,01} = 4,43$

6). Isilah tabel sidik ragam dengan nilai-nilai yang telah diperoleh.

7). Bandingkan nilai F-hitung dengan F-tabel 5 % dan 1 %.

8). Hitung koefisien keragaman/variiasi = KK atau KV

$$KK = \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}..} \times 100 \% = \frac{\sqrt{15,31}}{146,9} \times 100 \% = 2,66 \%$$

Latihan 7_RAK_Pendugaan data pengamatan yang hilang

Hasil pengamatan produksi gabah kering dari varietas padi yang dilakukan dengan RAK dan mempunyai dua nilai pengamatan yang hilang.

Varietas	Produksi gabah kering (kw/ha)					Jumlah
	I	II	III	IV	V	
A	82	82	Y_2	81	84	329
B	Y_1	82	84	72	60	298
C	111	114	111	155	118	609
D	82	84	87	86	82	421
E	82	82	69	73	82	388
Jumlah	357	444	351	467	426	2045

Cara menghitung :

- 1) Pertama diduga nilai Y_1 , dan nilai Y_2 menggunakan rumus :

$$Y_1 = \frac{Tp + Tk}{b-1 + t-1} = \frac{298 + 357}{4 + 4} = \frac{74,5 + 89,25}{2} = 81,88$$

$$Y_2 = \frac{tTk + bTp - Tu}{(b-1)(t-1)} = \frac{5(351) + 5(329) - (2045 + 81,88)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3400 - 2126,88}{16} = 79,57$$

- 2) Misalkan $Y_2 = 79,57$, dan Y_1 hilang, maka nilai Y_1 diduga :

$$Y_1 = \frac{5(357) + 5(298) - (2045 + 79,57)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3275 - 2124,57}{16} = 71,9$$

- 3) Misalkan $Y_1 = 71,9$, dan Y_2 hilang, maka nilai Y_2 diduga :

$$Y_2 = \frac{5(351) + 5(329) - (2045 + 71,9)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3400 - 2116,9}{16} = 80,19$$

- 4) Misalkan $Y_2 = 80,19$, dan Y_1 hilang, maka nilai Y_1 diduga :

$$Y_1 = \frac{5(357) + 5(298) - (2045 + 80,19)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3275 - 2125,19}{16} = 71,86$$

- 5) Misalkan $Y_1 = 71,86$ dan Y_2 hilang, maka nilai Y_2 diduga :

$$Y_2 = \frac{5(351) + 5(329) - (2045 + 71,86)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3400 - 2116,86}{16} = 80,20$$

- 6) Misalkan $Y_2 = 80,2$ dan Y_1 hilang, maka nilai Y_1 diduga :

$$Y_1 = \frac{5(357) + 5(298) - (2045 + 80,2)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3275 - 2125,2}{16} = 71,86$$

- 7) Misalkan $Y_1 = 71,86$ dan Y_2 hilang, maka nilai Y_2 diduga :

$$Y_2 = \frac{5(351) + 5(329) - (2045 + 71,86)}{(5-1)(5-1)} = \frac{3400 - 2116,86}{16} = 80,20$$

Perhitungan dihentikan jika nilai pendugaan sudah sama dua kali berturut-turut, seperti nilai dugaan Y_1 pada langkah 4 dan langkah 6 = 71,86 dan nilai dugaan Y_2 pada langkah 5 dan 7 = 80,20. Untuk mengisi daftar sidik ragam, maka nilai dugaan tersebut dimasukkan terlebih dahulu ke dalam tabel pengamatan dan dianalisis seperti biasa.

Latihan 8_Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

a. Uji lanjutan

- Dengan menggunakan nilai KTS = 7,83, $r = 5$, didapatkan $S\check{y} = \sqrt{7,83/5} = 1,25$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q (tabel Duncan's). pada taraf nyata α dan $dbS = 20$.

P	2	3	4	5	6
SSR	2,95	3,097	3,19	3,255	3,303
LSR	3,69	3,87	3,99	4,07	4,13

- Dengan menggunakan nilai-nilai $R_2 = 3,69$, $R_3 = 3,87$, $R_4 = 3,99$, $R_5 = 4,07$, $R_6 = 4,13$ dapat membandingkan keempat nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar atau sebaliknya.

A	B	C	F	D	E
41,16	43,62	47,38	50,40	50,56	53,00

- Perbandingan dilakukan sebagai berikut :
 - $|\check{y}_A - \check{y}_B| = 2,46 < R_2 = 3,69$: berarti perlakuan A dan B berbeda tidak nyata
 - $|\check{y}_A - \check{y}_C| = 6,22 > R_3 = 3,87$: berarti perlakuan A dan C berbeda nyata
 - $|\check{y}_B - \check{y}_C| = 3,76 > R_2 = 3,69$: berarti B dan C berbeda nyata
 - $|\check{y}_C - \check{y}_F| = 3,02 < R_2 = 3,69$: berarti perlakuan C dan F berbeda tidak nyata
 - $|\check{y}_C - \check{y}_D| = 3,18 < R_3 = 3,87$: berarti perlakuan C dan D berbeda tidak nyata
 - $|\check{y}_C - \check{y}_E| = 5,62 > R_4 = 3,99$: berarti perlakuan C dan E berbeda nyata
 - $|\check{y}_F - \check{y}_D| = 0,16 < R_2 = 3,69$: berarti perlakuan F dan D berbeda tidak nyata
 - $|\check{y}_F - \check{y}_E| = 2,60 < R_3 = 3,87$: berarti perlakuan F dan E berbeda tidak nyata
 - $|\check{y}_D - \check{y}_E| = 2,44 < R_2 = 3,69$: berarti perlakuan D dan E berbeda tidak nyata

Perlakuan	Tinggi tanaman (Cm)
A	41,16 a
B	43,62 a
C	47,38 b
F	50,40 b c
D	50,56 b c
E	53,00 c
KK =	1,74 %

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama, berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5 %.

b. Tinggi Tanaman (cm)

1) Tabel pengamatan

Kelompok	Perlakuan				Total	Rata-rata
	A	B	C	D		
1	33,3	41,1	31,4	41,2	147,0	
2	40,4	40,4	29,1	38,2	148,1	
3	45,7	52,3	34,2	42,4	174,6	
4	34,1	48,2	30,8	35,7	148,8	
5	43,7	49,2	38,1	37,3	168,3	
Total	197,2	231,2	163,6	194,8	786,8	-
Rata-rata	39,44	46,24	32,72	38,96	-	39,34

Hitung faktor koreksi dan jumlah kuadrat :

$$FK = \frac{Y..^2}{rt} = \frac{(786,8)^2}{4 \times 5} = 30.952,71$$

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{1}{b} \sum_{i=1}^t yi.^2 - FK \\ &= \frac{1}{5} [(197,2)^2 + (231,2)^2 + (163,6)^2 + (194,8)^2] - 30.952,71 \\ &= 31.410,66 - 30.952,71 = 457,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKK &= \frac{1}{t} \sum_{j=1}^b y.j^2 - FK \\ &= \frac{1}{4} [(147)^2 + (148,1)^2 + (174,6)^2 + (148,8)^2 + (168,3)^2] - 30.952,71 \\ &= 31.123,53 - 30.952,71 = 170,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^b yij^2 - FK \\ &= [(33,3)^2 + (41,1)^2 + \dots + (38,1)^2 + (37,3)^2] - 30.952,71 \\ &= 31.725,46 - 30.952,71 = 772,75 \end{aligned}$$

$$JKS = JKT - JKP - JKK = 772,75 - 457,95 - 170,82 = 143,98$$

2) Sidik ragam

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	457,95	152,65	12,72**	3,49	5,95
Kelompok	4	170,82	42,70	3,56*	3,26	5,41
Sisa	12	143,98	12,00			
Total	19	772,75				

$$\begin{aligned}
 KK &= \frac{\sqrt{s}}{\bar{y}_{..}} \times 100 \% \\
 &= \frac{\sqrt{12,00}}{39,34} \times 100 \% = 8,81 \%
 \end{aligned}$$

3) Uji lanjutan

- Dengan menggunakan nilai KTS = 12 r = 5, didapatkan $S\check{y} = \sqrt{12/5} = 1,55$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q (tabel Duncan's). pada taraf nyata α dan dbS = 12.

P	2	3	4
SSR	3,081	3,225	3,312
LSR	4,78	5,00	5,13

- Dengan menggunakan nilai-nilai $R_2 = 4,78$, $R_3 = 5,00$, $R_4 = 5,13$, dapat membandingkan keempat nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar atau sebaliknya.

C	D	A	B
32,72	38,96	39,44	46,24

- Perbandingan dilakukan sebagai berikut :
 - | $\check{y}_C - \check{y}_D$ | = 6,24 > $R_2 = 4,78$: berarti perlakuan C dan D berbeda nyata
 - | $\check{y}_D - \check{y}_A$ | = 0,48 < $R_2 = 4,78$: berarti D dan A berbeda tidak nyata
 - | $\check{y}_D - \check{y}_B$ | = 7,28 > $R_3 = 5,00$: berarti perlakuan D dan B berbeda nyata
 - | $\check{y}_A - \check{y}_B$ | = 6,8 > $R_2 = 4,78$: berarti perlakuan A dan B berbeda nyata
 Perbandingan dilakukan sampai ditemukan berbeda nyata, jika sudah ditemukan perbandingan dihentikan, sebaliknya bila tidak atau belum ditemukan diteruskan sampai akhir urutan. Perbandingan dengan **satu jarak**

urutan adalah R₂, **dua jarak** adalah R₃ dan seterusnya. Hasil perbandingan dituliskan atau dipindahkan ke tabel kesimpulan seperti berikut:

Perlakuan	Panjang Daun (Cm)
C	32,72 a
D	38,96 b
A	39,44 b
B	46,24 c
KK =	9,21 %

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama, berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5 %.

Latihan 9_Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

a. Tabel Pengamatan Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	29,32	22,10	30,70	82,12	27,37
B	46,54	44,38	42,80	133,72	44,57
C	40,32	36,18	39,74	116,24	38,75
D	43,36	45,54	44,32	133,22	44,41
E	45,28	48,42	46,52	140,22	46,74
F	46,90	45,92	46,44	139,26	46,42
G	47,44	44,18	41,52	133,14	44,38
H	42,92	39,90	45,52	128,34	42,78
TOTAL	-	-	-	1.006,26	41,930

Sidik Ragam/ANOVA (*Analysis of variance*)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Nilai F		
				Hitung	Tabel	
					5%	1 %
Perlakuan	7	855,51	122,22	19,34**	2,61	3,93
Sisa/error	16	101,04	6,32			
Total	23	956,55				

** = sangat berbeda nyata

Uji lanjutan

- Dengan menggunakan nilai KTS = 6,32, r = 3, didapatkan $S\check{y} = \sqrt{6,32/3} = 1,45$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q (tabel Duncan's). pada taraf nyata α dan dbS = 16.

- Catatan : Nilai tabel q pada dbS = 16

P	2	3	4	5	6	7	8
SSR	2,998	3,144	3,235	3,297	3,343	3,376	3,402
LSR	4,35	4,56	4,69	4,78	4,85	4,90	4,93

- Dengan menggunakan nilai-nilai $R_2 = 4,35$, $R_3 = 4,56$, $R_4 = 4,69$, $R_5 = 4,78$, $R_6 = 4,85$, $R_7 = 4,9$, $R_8 = 4,96$ dapat membandingkan keempat nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar atau sebaliknya.

A	C	H	G	D	B	F	E
27,37	38,75	42,78	44,38	44,43	44,57	46,42	46,74

- Perbandingan dilakukan sebagai berikut :

$|\check{y}_A - \check{y}_C| = 11,38 > R_2 = 4,35$: berarti perlakuan A dan C berbeda nyata

$|\check{y}_C - \check{y}_H| = 4,03 < R_2 = 4,35$: berarti perlakuan C dan H berbeda tidak nyata

$|\check{y}_C - \check{y}_G| = 5,63 > R_3 = 4,56$: berarti perlakuan C dan G berbeda nyata

$|\check{y}_H - \check{y}_G| = 1,60 < R_2 = 4,35$: berarti perlakuan H dan G berbeda tidak nyata

$|\check{y}_H - \check{y}_D| = 1,65 < R_3 = 4,56$: berarti perlakuan H dan D berbeda tidak nyata

$|\check{y}_H - \check{y}_B| = 1,79 < R_4 = 4,69$: berarti perlakuan H dan B berbeda tidak nyata

$|\check{y}_H - \check{y}_F| = 3,64 < R_5 = 4,78$: berarti perlakuan H dan F berbeda tidak nyata

$|\check{y}_H - \check{y}_E| = 3,96 < R_6 = 4,85$: berarti perlakuan H dan E berbeda tidak nyata

Tabel Kesimpulan

Tabel 2. Pengamatan Tinggi Tanaman Kentang Akibat Pengaruh Penggunaan Asap Cair.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
A	27,37 a
C	38,75 b
H	42,78 b c
G	44,38 c
D	44,43 c
B	44,57 c
F	46,42 c
E	46,74 c
KK =	4,50 %

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut DNMR pada taraf 5%.

b. Kandungan pati

Perlakuan	Ulangan				Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4		
A	20,32	20,10	20,70	20,70	81,82	20,46
B	46,54	44,38	42,80	32,80	166,52	41,63
C	40,32	36,18	39,74	39,74	155,98	39
D	43,36	45,54	44,32	44,32	177,54	44,39
E	45,28	48,42	46,52	46,52	186,74	46,69
F	46,90	45,92	46,44	46,44	185,7	46,43
G	47,44	44,18	41,52	41,52	174,66	43,67
H	42,92	39,90	42,52	42,52	167,86	41,97
TOTAL	333,08	324,62	324,56	314,56	1.296,82	40,53

Sidik Ragam

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	2.023,82	289,12	44,00**	2,49	3,65
Kelompok Sisa	3	21,51	7,17	1,09 ^{ns}		
	21	137,97	6,57			
Total	31	2.183,31				

Uji Lanjutan

- Dengan menggunakan nilai KTS = 6,57, r = 4, didapatkan $S\check{y} = \sqrt{6,57/4} = 1,28$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q (tabel Duncan's) pada taraf nyata α dan dbS = 21.

- Catatan : Nilai tabel q pada dbS = 21

P	2	3	4	5	6	7	8
SSR	2,941	3,088	3,181	3,247	3,295	3,332	3,361
LSR	3,76	3,85	4,07	4,16	4,22	4,26	4,30

- Dengan menggunakan nilai-nilai R₂ sampai R₈ dapat membandingkan delapan nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar.

A	C	B	H	G	D	F	E
20,46	39,00	41,63	41,97	43,67	44,39	46,43	46,69

Tabel Kesimpulan

Perlakuan	Kadar pati			
A	20,46	a		
C	39,00	b		
B	41,63	b	c	
H	41,97	b	c	
G	43,67		c	d
D	44,39		c	d
F	46,43			d
E	46,69			d
KK =	6,79 %			

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Latihan 10_ *Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)*

Kandungan alkohol

Kelompok	Perlakuan							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
1	20	38	41	30	42	45	61	277
2	34	40	47	32	36	40	62	291
3	32	34	37	40	54	49	47	293
4	38	20	46	46	35	48	51	284
5	45	46	39	47	46	55	50	328
Total	169	178	210	195	213	237	271	1.473
Rata-rata	33,80	35,60	42,00	39,00	42,60	47,40	54,20	42,09

a. Model anggapan:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, b$$

dimana :

Y_{ij} = nilai pengamatan pada satuan percobaan dalam kelompok ke-j yang mendapat perlakuan ke-i

μ = nilai tengah umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke-i

β_j = pengaruh kelompok ke-j

ϵ_{ij} = sisa satuan percobaan dalam kelompok ke-j yang mendapat perlakuan ke-i

t = banyak perlakuan

b = banyaknya kelompok

b. Sidik Ragam/ANOVA (*Analysis of variance*)

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Nilai F		
				F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Perlakuan	6	1.477,54	246,26	4,33** 0,98	2,45	3,53
Kelompok	4	221,89	55,47			
Sisa	24	1.365,31	56,89			
Total	34	3.064,74				

** = sangat berbeda nyata

$$\begin{aligned}
 KK &= \frac{\sqrt{S}}{\bar{y}_{..}} \times 100 \% \\
 &= \frac{\sqrt{56,89}}{42,09} \times 100 \% = 17,92 \%
 \end{aligned}$$

c. Uji lanjutan

- Dengan menggunakan nilai KTS = 56,89 r = 5, didapatkan $S\check{y} = \sqrt{56,89/5} = 3,37$. Pertama lihat nilai-nilai SSR dari tabel q pada taraf nyata α dan dbS = 24.

P	2	3	4	5	6	7
SSR	2,919	3,066	3,16	3,226	3,276	3,315
LSR	9,837	10,332	10,649	10,872	11,04	11,172

- Dengan menggunakan nilai-nilai $R_2 = 9,837$, $R_3 = 10,332$, $R_4 = 10,649$, $R_5 = 10,872$, $R_6 = 11,04$, dan $r_7 = 11,172$ dapat membandingkan ketujuh nilai tengah perlakuan. Nilai tengah perlakuan yang dibandingkan diurutkan dari terkecil hingga terbesar.

A	B	D	C	E	F	G
33,8	35,6	39,0	42,0	42,6	47,4	54,2

- Perbandingan dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 | \check{y}_A - \check{y}_B | &= 2,80 < R_2 = 9,837 \text{ berarti perlakuan A dan B berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_A - \check{y}_D | &= 5,20 < R_3 = 10,332 \text{ berarti perlakuan A dan D berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_A - \check{y}_C | &= 8,20 < R_4 = 10,649 \text{ berarti perlakuan A dan C berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_A - \check{y}_E | &= 8,80 < R_5 = 10,872 \text{ berarti perlakuan A dan E berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_A - \check{y}_F | &= 13,60 > R_6 = 11,04 \text{ berarti perlakuan } \mathbf{A \text{ dan F berbeda nyata}} \\
 | \check{y}_B - \check{y}_D | &= 3,40 < R_2 = 9,837 \text{ berarti perlakuan B dan D berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_B - \check{y}_C | &= 6,40 < R_3 = 10,332 \text{ berarti perlakuan B dan C berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_B - \check{y}_E | &= 7,00 < R_4 = 10,649 \text{ berarti perlakuan B dan E berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_B - \check{y}_F | &= 11,80 > R_5 = 10,872 \text{ berarti perlakuan } \mathbf{B \text{ dan F berbeda nyata}} \\
 | \check{y}_D - \check{y}_C | &= 3,00 < R_2 = 9,837 \text{ berarti perlakuan D dan C berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_D - \check{y}_E | &= 3,60 < R_3 = 10,332 \text{ berarti perlakuan D dan E berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_D - \check{y}_F | &= 8,40 < R_4 = 10,649 \text{ berarti perlakuan D dan F berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_D - \check{y}_G | &= 15,20 > R_5 = 10,872 \text{ berarti perlakuan } \mathbf{D \text{ dan G berbeda nyata}} \\
 | \check{y}_C - \check{y}_E | &= 0,60 < R_2 = 9,837 \text{ berarti perlakuan C dan E berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_C - \check{y}_F | &= 5,40 < R_3 = 10,332 \text{ berarti perlakuan C dan F berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_C - \check{y}_G | &= 12,20 > R_4 = 10,649 \text{ berarti perlakuan } \mathbf{C \text{ dan G berbeda nyata}} \\
 | \check{y}_E - \check{y}_F | &= 4,80 < R_2 = 9,837 \text{ berarti perlakuan E dan F berbeda tidak nyata} \\
 | \check{y}_E - \check{y}_G | &= 11,60 > R_3 = 10,332 \text{ berarti perlakuan } \mathbf{E \text{ dan G berbeda nyata}}
 \end{aligned}$$

$|\bar{y}_F - \bar{y}_G| = 6,80 < R_2 = 9,837$ berarti perlakuan F dan G berbeda tidak nyata

d. Tabel Kesimpulan

Kandungan alkohol pada tape akibat pemberian ragi.

Perlakuan	Kandungan alkohol (%)		
A	33,80	a	
B	35,60	a	
D	39,00	a	b
C	42,00	a	b
E	42,60	a	b
F	47,40		b c
G	54,20		c
KK =	17,92 %		

Angka-angka pada lajur yang sama yang diikuti oleh huruf kecil yang sama, berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5 %.

Lampiran 1. Nilai-Nilai F Pada Taraf Nyata 5 %

df2\df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000	df1/df2		
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65	8.64	8.63	8.62	8.62	8.60	8.59	8.59	8.58	8.57	8.57	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53	8.54	3		
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75	5.73	5.72	5.71	5.70	5.69	5.68	5.67	5.66	5.65	5.64	5.63	5.63	5.63	4	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54	4.53	4.52	4.50	4.50	4.48	4.46	4.45	4.44	4.43	4.42	4.42	4.41	4.39	4.37	4.37	4.36	4.36	5	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	3.67	3.67	6	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43	3.41	3.40	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.30	3.29	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23	3.23	3.23	7	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	2.99	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93	2.93	2.93	8	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92	2.90	2.89	2.87	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79	2.78	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	2.71	2.71	9	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.70	2.68	2.66	2.65	2.64	2.62	2.61	2.60	2.59	2.56	2.55	2.54	2.54	2.54	10	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63	2.61	2.59	2.58	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.46	2.43	2.42	2.41	2.41	2.41	11	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.44	2.43	2.41	2.40	2.38	2.37	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30	2.30	2.30	12	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30	2.28	2.27	2.26	2.23	2.22	2.21	2.21	2.21	13	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39	2.37	2.35	2.33	2.32	2.31	2.28	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21	2.20	2.19	2.16	2.14	2.14	2.13	2.13	14	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.20	2.19	2.18	2.16	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.07	2.07	15	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.09	2.08	2.07	2.04	2.02	2.02	2.01	2.01	16	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.17	2.16	2.15	2.12	2.10	2.09	2.08	2.06	2.05	2.03	2.02	1.99	1.97	1.97	1.96	1.96	17	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02	2.00	1.99	1.98	1.95	1.93	1.92	1.92	1.92	18	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.97	1.96	1.94	1.91	1.89	1.88	1.88	1.88	19	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.23	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.93	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	1.84	1.84	20	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.82	1.80	1.79	1.78	1.78	22	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84	1.83	1.82	1.80	1.77	1.75	1.74	1.73	1.73	24	
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.87	1.85	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77	1.75	1.74	1.73	1.71	1.70	1.69	1.69	26
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77	1.75	1.74	1.73	1.69	1.67	1.66	1.66	1.66	28	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.71	1.70	1.66	1.64	1.63	1.62	1.62	30	
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.08	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.63	1.60	1.57	1.57	1.56	1.56	35	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.55	1.53	1.52	1.51	1.51	40	
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.68	1.66	1.64	1.63	1.60	1.59	1.57	1.55	1.51	1.49	1.48	1.47	1.47	45	
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52	1.48	1.46	1.45	1.44	1.44	50	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.56	1.53	1.52	1.50	1.48	1.44	1.41	1.40	1.39	1.39	60	
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.70	1.67	1.65	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.50	1.49	1.47	1.45	1.40	1.37	1.36	1.35	1.35	70	
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70	1.68	1.65	1.63	1.62	1.60	1.57	1.54	1.52	1.51	1.48	1.46	1.45	1.43	1.38	1.35	1.34	1.33	1.33	80	
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.48	1.45	1.44	1.43	1.41	1.39	1.34	1.31	1.30	1.28	100	
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.60	1.57	1.55	1.53	1.52	1.48	1.46	1.43	1.41	1.39	1.36	1.35	1.32	1.26	1.22	1.21	1.19	1.19	200	
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.50	1.48	1.45	1.42	1.40	1.38	1.35	1.32	1.30	1.28	1.21	1.16	1.14	1.12	500		
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11																																		

Lampiran 3. Peluang Nilai-Nilai Mutlak t

cum. prob one-tail two-tails	<i>t</i>										
	<i>t</i> _{.50}	<i>t</i> _{.75}	<i>t</i> _{.80}	<i>t</i> _{.85}	<i>t</i> _{.90}	<i>t</i> _{.95}	<i>t</i> _{.975}	<i>t</i> _{.99}	<i>t</i> _{.995}	<i>t</i> _{.999}	<i>t</i> _{.9995}
	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

Table: Q scores for Tukey's method

$\alpha = 0.05$										$\alpha = 0.01$									
k	2	3	4	5	6	7	8	9	10	k	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18.0	27.0	32.8	37.1	40.4	43.1	45.4	47.4	49.1	1	90.0	135	164	186	202	216	227	237	246
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	2	13.90	19.02	22.56	25.37	27.76	29.86	31.73	33.41	34.93
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	3	8.26	10.62	12.17	13.32	14.24	15.00	15.65	16.21	16.71
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	4	6.51	8.12	9.17	9.96	10.58	11.10	11.54	11.92	12.26
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	5	5.70	6.98	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	7	4.95	5.92	6.54	7.00	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	8	4.75	5.64	6.20	6.62	6.96	7.24	7.47	7.68	7.86
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	9	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.33	7.49
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	10	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	11	4.39	5.15	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	12	4.32	5.05	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	13	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	14	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	15	4.17	4.84	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	16	4.13	4.79	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	17	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	18	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	19	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	20	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	24	3.96	4.55	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	30	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	40	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.26	5.39	5.50	5.60
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	60	3.76	4.28	4.59	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45
120	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56	120	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	∞	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16

Lampiran 5. Nilai-nilai Kritis q Untuk Duncan Rentang Beberapa Tes

df	p-> 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	4,501	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516	4,516
4	3,926	4,013	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033	4,033
5	3,635	3,749	3,796	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814	3,814
6	3,460	3,586	3,649	3,680	3,694	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697	3,697
7	3,344	3,477	3,548	3,588	3,611	3,622	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625
8	3,261	3,398	3,475	3,521	3,549	3,566	3,575	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579	3,579
9	3,199	3,339	3,420	3,470	3,502	3,523	3,536	3,544	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547	3,547
10	3,151	3,293	3,376	3,430	3,465	3,489	3,505	3,516	3,522	3,525	3,525	3,525	3,525	3,525	3,525	3,525	3,525	3,525	3,525
11	3,113	3,256	3,341	3,397	3,435	3,462	3,480	3,493	3,501	3,506	3,509	3,510	3,510	3,510	3,510	3,510	3,510	3,510	3,510
12	3,081	3,225	3,312	3,370	3,410	3,439	3,459	3,474	3,484	3,491	3,495	3,498	3,498	3,498	3,498	3,498	3,498	3,498	3,498
13	3,055	3,200	3,288	3,348	3,389	3,419	3,441	3,458	3,470	3,478	3,484	3,488	3,490	3,490	3,490	3,490	3,490	3,490	3,490
14	3,033	3,178	3,268	3,328	3,371	3,403	3,426	3,444	3,457	3,467	3,474	3,479	3,482	3,484	3,484	3,484	3,484	3,484	3,484
15	3,014	3,160	3,250	3,312	3,356	3,389	3,413	3,432	3,446	3,457	3,465	3,471	3,476	3,478	3,480	3,480	3,480	3,480	3,480
16	2,998	3,144	3,235	3,297	3,343	3,376	3,402	3,422	3,437	3,449	3,458	3,465	3,470	3,473	3,476	3,477	3,477	3,477	3,477
17	2,984	3,130	3,222	3,285	3,331	3,365	3,392	3,412	3,429	3,441	3,451	3,459	3,465	3,469	3,472	3,474	3,475	3,475	3,475
18	2,971	3,117	3,210	3,274	3,320	3,356	3,383	3,404	3,421	3,435	3,445	3,454	3,460	3,465	3,469	3,472	3,473	3,474	3,474
19	2,960	3,106	3,199	3,264	3,311	3,347	3,375	3,397	3,415	3,429	3,440	3,449	3,456	3,462	3,466	3,469	3,472	3,473	3,474
20	2,950	3,097	3,190	3,255	3,303	3,339	3,368	3,390	3,409	3,423	3,435	3,445	3,452	3,459	3,463	3,467	3,470	3,472	3,473
21	2,941	3,088	3,181	3,247	3,295	3,332	3,361	3,385	3,403	3,418	3,431	3,441	3,449	3,456	3,461	3,465	3,469	3,471	3,473
22	2,933	3,080	3,173	3,239	3,288	3,326	3,355	3,379	3,398	3,414	3,427	3,437	3,446	3,453	3,459	3,464	3,467	3,470	3,472
23	2,926	3,072	3,166	3,233	3,282	3,320	3,350	3,374	3,394	3,410	3,423	3,434	3,443	3,451	3,457	3,462	3,466	3,469	3,472
24	2,919	3,066	3,160	3,226	3,276	3,315	3,345	3,370	3,390	3,406	3,420	3,431	3,441	3,449	3,455	3,461	3,465	3,469	3,472
25	2,913	3,059	3,154	3,221	3,271	3,310	3,341	3,366	3,386	3,403	3,417	3,429	3,439	3,447	3,454	3,459	3,464	3,468	3,471
26	2,907	3,054	3,149	3,216	3,266	3,305	3,336	3,362	3,382	3,400	3,414	3,426	3,436	3,445	3,452	3,458	3,463	3,468	3,471
27	2,902	3,049	3,144	3,211	3,262	3,301	3,332	3,358	3,379	3,397	3,412	3,424	3,434	3,443	3,451	3,457	3,463	3,467	3,471
28	2,897	3,044	3,139	3,206	3,257	3,297	3,329	3,355	3,376	3,394	3,409	3,422	3,433	3,442	3,450	3,456	3,462	3,467	3,470
29	2,892	3,039	3,135	3,202	3,253	3,293	3,326	3,352	3,373	3,392	3,407	3,420	3,431	3,440	3,448	3,455	3,461	3,466	3,470
30	2,888	3,035	3,131	3,199	3,250	3,290	3,322	3,349	3,371	3,389	3,405	3,418	3,429	3,439	3,447	3,454	3,460	3,466	3,470
31	2,884	3,031	3,127	3,195	3,246	3,287	3,319	3,346	3,368	3,387	3,403	3,416	3,428	3,438	3,446	3,454	3,460	3,465	3,470
32	2,881	3,028	3,123	3,192	3,243	3,284	3,317	3,344	3,366	3,385	3,401	3,415	3,426	3,436	3,445	3,453	3,459	3,465	3,470
33	2,877	3,024	3,120	3,188	3,240	3,281	3,314	3,341	3,364	3,383	3,399	3,413	3,425	3,435	3,444	3,452	3,459	3,465	3,470
34	2,874	3,021	3,117	3,185	3,238	3,279	3,312	3,339	3,362	3,381	3,398	3,412	3,424	3,434	3,443	3,451	3,458	3,464	3,469
35	2,871	3,018	3,114	3,183	3,235	3,276	3,309	3,337	3,360	3,379	3,396	3,410	3,423	3,433	3,443	3,451	3,458	3,464	3,469
36	2,868	3,015	3,111	3,180	3,232	3,274	3,307	3,335	3,358	3,378	3,395	3,409	3,421	3,432	3,442	3,450	3,457	3,464	3,469
37	2,865	3,013	3,109	3,178	3,230	3,272	3,305	3,333	3,356	3,376	3,393	3,408	3,420	3,431	3,441	3,449	3,457	3,463	3,469
38	2,863	3,010	3,106	3,175	3,228	3,270	3,303	3,331	3,355	3,375	3,392	3,407	3,419	3,431	3,440	3,449	3,456	3,463	3,469
39	2,861	3,008	3,104	3,173	3,226	3,268	3,301	3,330	3,353	3,373	3,391	3,406	3,418	3,430	3,440	3,448	3,456	3,463	3,469
40	2,858	3,005	3,102	3,171	3,224	3,266	3,300	3,328	3,352	3,372	3,389	3,404	3,418	3,429	3,439	3,448	3,456	3,463	3,469
48	2,843	2,991	3,087	3,157	3,211	3,253	3,288	3,318	3,342	3,363	3,382	3,398	3,412	3,424	3,435	3,445	3,453	3,461	3,468

Lampiran 6. Tabel t Untuk Perbandingan Satu Arah Pada Uji Dunnett

dfe	alpha	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0.05	2.57	3.03	3.29	3.48	3.62	3.73	3.82	3.9	3.97
	0.01	4.03	4.63	4.98	5.22	5.41	5.56	5.69	5.8	5.89
6	0.05	2.45	2.86	3.1	3.26	3.39	3.49	3.57	3.64	3.71
	0.01	3.71	4.21	4.51	4.71	4.87	5	5.1	5.2	5.28
7	0.05	2.36	2.75	2.97	3.12	3.24	3.33	3.41	3.47	3.53
	0.01	3.5	3.95	4.21	4.39	4.53	4.64	4.74	4.82	4.89
8	0.05	2.31	2.67	2.88	3.02	3.13	3.22	3.29	3.35	3.41
	0.01	3.36	3.77	4	4.17	4.29	4.4	4.48	4.56	4.62
9	0.05	2.26	2.61	2.81	2.95	3.05	3.14	3.2	3.26	3.32
	0.01	3.25	3.63	3.85	4.01	4.12	4.22	4.3	4.37	4.43
10	0.05	2.23	2.57	2.76	2.89	2.99	3.07	3.14	3.19	3.24
	0.01	3.17	3.53	3.74	3.88	3.99	4.08	4.16	4.22	4.28
11	0.05	2.2	2.53	2.72	2.84	2.94	3.02	3.08	3.14	3.19
	0.01	3.11	3.45	3.65	3.79	3.89	3.98	4.05	4.11	4.16
12	0.05	2.18	2.5	2.68	2.81	2.9	2.98	3.04	3.09	3.14
	0.01	3.05	3.39	3.58	3.71	3.81	3.89	3.96	4.02	4.07
13	0.05	2.16	2.48	2.65	2.78	2.87	2.94	3	3.06	3.1
	0.01	3.01	3.33	3.52	3.65	3.74	3.82	3.89	3.94	3.99
14	0.05	2.14	2.46	2.63	2.75	2.84	2.91	2.97	3.02	3.07
	0.01	2.98	3.29	3.47	3.59	3.69	3.76	3.83	3.88	3.93
15	0.05	2.13	2.44	2.61	2.73	2.82	2.89	2.95	3	3.04
	0.01	2.95	3.25	3.43	3.55	3.64	3.71	3.78	3.83	3.88
16	0.05	2.12	2.42	2.59	2.71	2.8	2.87	2.92	2.97	3.02
	0.01	2.92	3.22	3.39	3.51	3.6	3.67	3.73	3.78	3.83
17	0.05	2.11	2.41	2.58	2.69	2.78	2.85	2.9	2.95	3
	0.01	2.9	3.19	3.36	3.47	3.56	3.63	3.69	3.74	3.79
18	0.05	2.1	2.4	2.56	2.68	2.76	2.83	2.89	2.94	2.98
	0.01	2.88	3.17	3.33	3.44	3.53	3.6	3.66	3.71	3.75
19	0.05	2.09	2.39	2.55	2.66	2.75	2.81	2.87	2.92	2.96
	0.01	2.86	3.15	3.31	3.42	3.5	3.57	3.63	3.68	3.72
20	0.05	2.09	2.38	2.54	2.65	2.73	2.8	2.86	2.9	2.95
	0.01	2.85	3.13	3.29	3.4	3.48	3.55	3.6	3.65	3.69
24	0.05	2.06	2.35	2.51	2.61	2.7	2.76	2.81	2.86	2.9
	0.01	2.8	3.07	3.22	3.32	3.4	3.47	3.52	3.57	3.61
30	0.05	2.04	2.32	2.47	2.58	2.66	2.72	2.77	2.82	2.86
	0.01	2.75	3.01	3.15	3.25	3.33	3.39	3.44	3.49	3.52
40	0.05	2.02	2.29	2.44	2.54	2.62	2.68	2.73	2.77	2.81
	0.01	2.7	2.95	3.09	3.19	3.26	3.32	3.37	3.41	3.44
60	0.05	2	2.27	2.41	2.51	2.58	2.64	2.69	2.73	2.77
	0.01	2.66	2.9	3.03	3.12	3.19	3.25	3.29	3.33	3.37