

# RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL) DENGAN UJI ANOVA DUA JALUR

Ana Silfiani Rahmawati<sup>1</sup>, Richie Erina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Flores

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Darma Agung Medan  
e-mail: anarahmawati734@gmail.com

## ABSTRAK

Artikel ini membahas tentang Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan uji anova (anova dua jalur). Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif, dimana menekankan pada elaborasi interpretasi tanpa bergantung pada pengukuran secara numerik. RAL merupakan rancangan yang paling sederhana diantara rancangan percobaan yang baku. Keuntungan menggunakan RAL antara lain: perancangan dan pelaksanaannya mudah; analisis data relatif mudah; fleksibel dalam hal jumlah perlakuan; terdapat alternatif analisis nonparametrik yang sesuai. RAL juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: tingkat presisi percobaan mungkin tidak memuaskan kecuali unit percobaan homogen; hanya sesuai untuk jumlah perlakuan yang tidak terlalu banyak; pengulangan percobaan mungkin tidak konsisten (lemah) apabila unit percobaan tidak homogen. ANOVA sebenarnya sebuah bentuk yang lebih umum dari t-test yang sesuai digunakan dengan tiga atau lebih kelompok (juga dapat digunakan dengan dua kelompok). Tujuan dan pengujian anova dua arah ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan.

**Kata Kunci:** *Rancangan Acak Lengkap Anova, Anova Dua Jalur*

## ABSTRACT

This article discusses the Complete Random Design (CRD) using the anova test (two way anova). The research method used is a qualitative method, which emphasizes the elaboration of interpretation without relying on numerical measurements. CRD is the simplest design among the standard experimental design. The advantages of using RAL include: easy design and implementation; data analysis relatively easy; flexible in terms of the number of treatments; there are suitable nonparametric analysis alternatives. RAL also has several shortcomings namely: the level of precision of the experiment may not be satisfactory unless the unit is homogeneous; only suitable for a number treatments that are not too much; the repetition of the experiment may be inconsistent (weak) if the experimental unit is not homogeneous. ANOVA is actually a more general form of t test that is suitable for use with three or more groups (it can also be used with two groups). The purpose and testing of this two way anova is to determine whether there is an influence of the various criteria tested on the desired result.

**Keyword:** *Complate Random Design, Anova, Two way anova*

## PENDAHULUAN

Dalam menganalisis data lebih dari dua populasi tidak dianjurkan menggunakan uji-t karena terdapat kelemahan yang dapat meningkatkan nilai  $\alpha$  ( taraf signifikasi), artinya akan meningkatkan peluang mendapatkan hasil yang keliru. Permasalahan seperti ini dapat dipecahkan dengan Anova. Anova atau *analysis of variance* adalah uji yang dapat digunakan untuk menganalisis perbedaan lebih dari dua kelompok yang *independent*. Tujuannya adalah untuk membandingkan lebih dari dua rata- rata dan berguna untuk menguji kemampuan generalisasi artinya data sampel dianggap dapat mewakili populasi (Riduwan, 2010). Dalam anova yang dipertentangkan bukanlah reratanya tetapi variansinya. Anova juga memungkinkan untuk dapat melihat pengaruh peubah bebas dan peubah kontrol, baik secara terpisah maupun bersama- sama, terhadap peubah terikatnya dengan kata lain dapat dilihat apakah ada interaksi antara peubah bebas dan peubah kontrol sehingga peubah terikat itu hasilnya akan lain bila hasil peubah kontrolnya berbeda.

Bila dilakukan perlakuan yang berbeda terhadap dua kelompok siswa pada dua saat yang berbeda, maka terjadi perbedaan itu (diharapkan karena adanya perlakuan yang berbeda). Tetapi tidak menutup kemungkinan ada atau tidak adanya perbedaan itu dikarenakan kekeliruan mengambil sampel. Bila tahap keberartian itu  $\alpha = 0,05$ , maka kekeliruan karena salah mengambil sampel itu adalah 5 dari 100. Misalnya pada keadaan sesungguhnya perlakuan itu secara statistika tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tahap keberartian 0,05 maka untuk 100 kejadian bisa saja terjadi kekeliruan (keadaan sebaliknya) maksimum sebanyak 5 buah. Kekeliruan banyaknya maksimum 5 buah itu adalah kekeliruan yang diakibatkan oleh kesalahan pemilihan sampel.

Konsep yang mendasari anova adalah variansi total dari nilai- nilai (skor- skor) itu dapat ditumpukkan pada dua buah sumber, yang pertama ialah variansi yang disebabkan oleh adanya perlakuan. Yang kedua adalah variansi inter kelompok yaitu variansi kekeliruan. Dengan kata lain, anova itu dipergunakan untuk melihat apakah perbedaan antara dua rerata atau lebih itu lebih besar daripada yang mungkin timbul dari hanya kekeliruan pemilihan sampel (Rosenblad, 2009).

Misalnya jika ingin mengetahui apakah ada perbedaan minat belajar siswa SD, SMP dan SMA terhadap buku pelajaran IPA, maka jenis anova yang dikerjakan menggunakan anova satu jalur, sebab peubah bebas yang diperhatikan hanya satu yaitu tingkat persekolahan saja (SD, SMP, SMA). Tetapi bila ingin melihat tingkat perbedaan pemahaman minat belajar siswa perempuan maka jenis anova itu menjadi anova dua jalur sebab peubah bebas yang akan dikerjakan itu dua buah yaitu tingkat persekolahan dan jenis kelamin (Rosenblad, 2009).

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian studi pustaka (*library research*) yang menggunakan buku dan literatur lainnya sebagai sumber data. Studi kepustakaan merupakan suatu studi yang digunakan dalam mengumpulkan informasi dan data dengan bantuan berbagai macam sumber materi yang ada di perpustakaan seperti dokumen, buku, majalah, artikel atau jurnal, dan lainnya (Hamdi & Bahruddin, 2015). Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari sumber primer yang diambil dari artikel atau hasil penelitian, dan

sumber sekunder yang diambil dari buku-buku. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengumpulkan artikel dan buku-buku tentang rancangan percobaan sederhana yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan uji ANOVA dua jalur. Berdasarkan data yang diperoleh dari sumber literatur, selanjutnya dianalisis dengan teknik analisis isi (*content analysis*) berkaitan dengan RAL dengan uji ANOVA dua jalur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Harsojuwono, karakteristik yang perlu diketahui jika menggunakan RAL yaitu keragaman atau variasi hanya disebabkan oleh perlakuan yang dicobakan dan perlakuan tersebut merupakan level dari satu faktor tertentu. Sedangkan karakteristik dari anova adalah bahwa model analisis overparameter, sehingga harus dibuat batasan untuk parameter (Ispriyanti, 2007). Anova merupakan bagian dari metode statistika yang tergolong dalam analisis komparatif lebih dari dua rata-rata (Riduwan, 2010). Terdapat beberapa tipe anova, antara lain: anova satu arah, anova dua arah tanpa interaksi, dan anova dua arah dengan interaksi.

### A. Rancangan Acak lengkap (RAL)

Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang paling sederhana di antara rancangan-rancangan percobaan yang baku (Hinkelmann, 2012). Pola ini dikenal sebagai pengacakan lengkap atau pengacakan dengan tiada pembatasan. Rancangan Acak Lengkap (RAL) dipandang lebih berguna dalam percobaan laboratorium atau dalam percobaan pada beberapa jenis bahan percobaan tertentu yang mempunyai sifat relatif homogen. RAL merupakan rancangan dengan faktor tunggal. Faktor ini terdiri paling sedikitnya terdapat dua taraf. Tiap taraf disebut dengan perlakuan. Rancangan Acak Lengkap (RAL) disebut juga desain acak sempurna karena selain perlakuan semua variabel yang berpengaruh dapat dikendalikan (Sarmanu, 2017). Di dalam percobaan RAL, setiap perlakuan sedikitnya diulang sebanyak dua kali (Cortina & Nouri, 2012). Menurut Adji S. dalam (Murdiyanto, 1999) unit percobaan yang digunakan dalam percobaan disyaratkan homogen. Penempatan perlakuan ke dalam unit percobaan dilakukan secara acak lengkap artinya setiap unit percobaan memiliki peluang yang sama untuk memperoleh perlakuan.

Umumnya percobaan ini dilakukan di laboratorium dengan unit percobaan yang tidak cukup besar dan jumlah perlakuan yang terbatas. Keuntungan menggunakan RAL antara lain: (1) perancangan dan pelaksanaannya mudah; (2) analisis data relatif mudah; (3) fleksibel dalam hal jumlah perlakuan; (4) terdapat alternatif analisis nonparametrik yang sesuai. Di samping itu Rancangan Acak Lengkap (RAL) juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: (1) tingkat presisi percobaan mungkin tidak memuaskan kecuali unit percobaan benar-benar homogen; (2) hanya sesuai untuk jumlah perlakuan yang tidak terlalu banyak; (3) pengulangan percobaan mungkin tidak konsisten (lemah) apabila unit percobaan tidak benar-benar homogen, terutama apabila jumlah ulangnya relatif sedikit.

## B. Analisis Varian (ANAVA)

Anova adalah uji yang dapat digunakan untuk menganalisis perbedaan lebih dari 2 populasi kelompok yang *independent*. Teknik Anova ini dikembangkan oleh Ronald A. Fisher, dengan memanfaatkan distribusi F (Bakdash & Marusich, 2017; Judd et al., 2018). Teknik ini sering dipakai untuk penelitian terutama pada rancangan penelitian yang memiliki implikasi pengambilan keputusan untuk menggunakan teknologi baru, prosedur-prosedur baru ataupun kebijakan-kebijakan baru. Teknik Anova berasal dari penelitian pertanian (*agricultural research*). Tetapi di tahun-tahun terakhir ini telah dikembangkan sebagai alat yang ampuh didalam menganalisis masalah-masalah ilmiah lainnya seperti dalam masalah-masalah bisnis dan ekonomi. Menurut Mendenhall, prosedur analisis varian bertujuan untuk menganalisis variasi dari sebuah *response* dan untuk menentukan bagian daripada variasi ini bagi setiap kelompok *variable* bebas. Hal itu berarti, tujuan daripada analisis varian adalah untuk menempatkan *variable-variabel* bebas penting didalam suatu studi dan untuk menentukan bagaimana mereka berinteraksi dan saling mempengaruhi.

Ketika peneliti ingin mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata lebih dari dua kelompok, peneliti sering menggunakan teknik yang disebut analisis varians (ANOVA). ANOVA sebenarnya sebuah bentuk yang lebih umum dari t-test yang sesuai digunakan dengan tiga atau lebih kelompok (hal ini juga dapat digunakan dengan dua kelompok), (Gu, 2014). Singkatnya, variasi baik di dalam dan di antara masing-masing kelompok dianalisis secara statistik, menghasilkan apa yang dikenal sebagai nilai F. Seperti dalam t-test, nilai F ini kemudian diperiksa dalam tabel statistik untuk melihat apakah signifikan secara statistik. Hal ini ditafsirkan cukup mirip dengan nilai t, bahwa semakin besar nilai yang diperoleh dari F, semakin besar kemungkinan bahwa ada signifikansi statistik. Ketika hanya dua kelompok yang dibandingkan, uji F sudah cukup untuk mengetahui apakah signifikansi telah dicapai. Bila lebih dari dua kelompok yang dibandingkan, uji F tidak signifikan lagi. Untuk itu perlu dilakukan pengujian menggunakan prosedur lain yaitu analisis *Post Hoc*. ANOVA juga digunakan ketika lebih dari satu variabel independen diselidiki seperti dalam desain faktorial.

## C. Analisis Varian Dua Jalur

Anova dua jalur digunakan untuk menguji hipotesis perbandingan lebih dari dua sampel dan setiap sampel terdiri dari dua jenis atau lebih secara bersama (Harmon et al., 2016; Nugroho, 2017). Model anova dua arah (*two-way anova*) yang didalamnya hanya ada satu observasi setiap ruang lingkup sering diartikan sebagai *randomized block design*, karena adanya tipe khusus dalam penggunaan model ini. Konsep dasar anova dua jalur pada umumnya tidak ada perbedaan antara uji hipotesis anova satu jalur atau dua jalur (Ismail, 2018), perbedaannya ada pada jumlah variabel independen, pada anova satu jalur hanya ada satu variabel independen, sedangkan pada anova dua jalur ada dua atau lebih variabel independen (Hamdi & Bahrudin, 2015). Dalam anova, penggabungan kelompok-kelompok disebut *blocks*, dan karena kejadian individual atau tunggal ditentukan secara random yang didasarkan atas identifikasi keanggotaan *blocks*, bentuknya dikaitkan dengan *randomized blocks design*. Anova dua jalur adalah pengujian anova yang didasarkan pada pengamatan dua kriteria, setiap

kriteria dalam pengujian anova mempunyai level. Anova dua arah digunakan bila sumber keragaman yang terjadi tidak hanya karena satu faktor (perlakuan) namun faktor lain juga menjadi sumber yang harus diperhatikan (Siregar, 2017; Syofian Siregar, 2013). Tujuan dan pengujian anova dua arah ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dan berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan (Ismail, 2018). Model matematis anova dua jalur dengan interaksi antar faktor adalah :

$$X_{ij} = \mu + R_i + C_j + (R_i \times C_j) + e_{ij}$$

*Keterangan:*

$X_{ij}$  = hasil pengukuran

$\mu$  = nilai rata-rata data

$R_i$  = variansi factor pertama

$C_j$  = variansi factor kedua

$e_{ij}$  = kesalahan / eror

$R_i \times C_j$  = hubungan / interaksi antar factor

Asumsi pada model tetap:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

$\mu$  = rata-rata umum

$\alpha_i$  = efek dari level ke-i dari faktor A

$\beta_j$  = efek dari level ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efek dari interaksi  $\alpha_i$  dan  $\beta_j$

$\varepsilon_{ijk}$  = komponen random eror (galat)

### 1. Anova dua arah model tetap

Anova dua arah model tetap merupakan pengujian hipotesis beda tiga rata-rata atau lebih dengan dua faktor yang berpengaruh dan interaksi antara kedua faktor ditiadakan. Dengan menggunakan teknik ini kita dapat membandingkan beberapa rata-rata yang berasal dari beberapa kategori atau kelompok untuk satu variabel perlakuan. Keuntungan menggunakan teknik analisis ini ialah memungkinkan untuk memperluas analisis pada situasi dimana hal-hal yang sedang diukur dipengaruhi oleh dua atau lebih variabel. Perumusan Hipotesis :

a. Pengaruh utama faktor A

$H_0: \alpha_1 = \dots = \alpha_i = 0$  (tidak ada pengaruh faktor A)

$H_1$ : paling sedikit ada satu i dengan  $\alpha_i \neq 0$  (ada pengaruh faktor A)

b. Pengaruh utama faktor B

$H_0: \beta_1 = \dots = \beta_i = 0$  (tidak ada pengaruh faktor B)

$H_1$ : paling sedikit ada satu j dengan  $\beta_j \neq 0$  (ada pengaruh faktor B)

c. Pengaruh interaksi faktor A dengan faktor B

$H_0: (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij} = 0$  (tidak ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B)

$H_1$ : paling sedikit ada pasangan (i,j) dengan  $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$  (ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B).

d. Menentukan taraf nyata ( $\alpha$ ) dan F tabelnya :

Untuk baris:  $v_1 = b - 1$  dan  $v_2 = (k - 1)(b - 1)$

Untuk kolom:  $v_1 = k - 1$  dan  $v_2 = (k - 1)(b - 1)$

e. Menentukan kriteria pengujian

$H_0$  diterima apabila  $F_0 \leq F_\alpha (v_1;v_2)$

$H_0$  ditolak apabila  $F_0 > F_\alpha (v_1;v_2)$

## 2. Anova dua arah model acak

Anova dua arah model acak merupakan pengujian hipotesis beda tiga rata-rata atau lebih dengan dua factor yang berpengaruh dengan adanya interaksi antara kedua factor.

Perumusan Hipotesis:

a. Pengaruh utama faktor A

$H_0: \sigma^2_\alpha = 0$  ( tidak ada pengaruh faktor A)

$H_1$ : paling sedikit ada satu  $\alpha_i$  dengan  $\sigma^2_\alpha \neq 0$ (ada pengaruh faktor A)

b. Pengaruh utama faktor B

$H_0: \sigma^2_\beta = 0$  (tidak ada pengaruh faktor B)

$H_1$ : paling sedikit ada satu  $\beta_j$  dengan  $\sigma^2_\beta \neq 0$  (ada pengaruh faktor B)

c. Pengaruh interaksi faktor A dengan faktor B

$H_0: \sigma^2_{\alpha\beta} = 0$  (tidak ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B)

$H_1$ : paling sedikit ada pasangan  $(\alpha_i, \beta_j)$  dengan  $\sigma^2_{\alpha\beta} \neq 0$  (ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B).

d. Taraf nyata ( $\alpha$ ) dan Ftabel ditentukan dengan derajat pembilang dan penyebut masing-masing:

Untuk baris:  $v_1 = b - 1$  dan  $v_2 = kb (n - 1)$

Untuk kolom:  $v_1 = k - 1$  dan  $v_2 = kb (n-1)$

Untuk interaksi:  $v_1 = (k - 1) (b - 1)$  dan  $v_2 = kb (n - 1)$

e. Menentukan kriteria pengujian:

- Untuk baris

$H_0$  diterima apabila  $F_0 \leq F_\alpha (v_1;v_2)$

$H_0$  ditolak apabila  $F_0 > F_\alpha (v_1;v_2)$

- Untuk kolom

$H_0$  diterima apabila  $F_0 \leq F_a (v_1;v_2)$

$H_0$  ditolak apabila  $F_0 > F_a (v_1;v_2)$

- Untuk interaksi

$H_0$  diterima apabila  $F_0 \leq F_a (v_1;v_2)$

$H_0$  ditolak apabila  $F_0 > F_a (v_1;v_2)$

### 3. Anova dua jalur model campuran

Perumusan Hipotesis:

- a. Pengaruh utama faktor A
  - $H_0: \alpha_1 = \dots = \alpha_i = 0$  ( tidak ada pengaruh faktor A)
  - $H_1$ : paling sedikit ada satu  $\alpha_i \neq 0$  (ada pengaruh faktor A)
- b. Pengaruh utama faktor B
  - $H_0: \sigma^2_{\beta} = 0$  (tidak ada pengaruh faktor B)
  - $H_1$ : paling sedikit ada satu  $\beta_j$  dengan  $\sigma^2_{\beta} \neq 0$  (ada pengaruh faktor B)
- c. Pengaruh interaksi faktor A dengan faktor B
  - $H_0: \sigma^2_{\alpha\beta} = 0$  (tidak ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B)
  - $H_1$ : paling sedikit ada pasangan  $(\alpha_i, \beta_j)$  dengan  $\sigma^2_{\alpha\beta} \neq 0$  (ada pengaruh interaksi faktor A dan faktor B).

Tabel 1. Rumus Untuk Menghitung Jumlah Kuadrat

Sv	db	JK	KT	Fhitung
Perlakuan	$(r - k) - 1$	JKP	$JKP / (r - k) - 1$	KTP/KTG
Baris	$r - 1$	JKB	$JKB / (r - 1)$	KTB/KTG
Kolom	$k - 1$	JKK	$JKK / (k - 1)$	KTK/KTG
Interaksi	$(r - 1) - (k - 1)$	JK (BK)	$JK (BK) / (r - 1)(k - 1)$	KTI/KTG
Galat	$rk (n - 1)$	JKG	$JKG / \{rk(n - 1)\}$	
Total	$rkn - 1$	JKT		

Kriteria pengujian :Jika F Hitung > F Tabel, maka  $H_0$  ditolak (signifikan)

$$FK = \frac{T_{...}^2}{rkn}$$

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^n X_{ijm}^2 - FK$$

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k T_{ij}^2}{i=1} - FK$$

$$JKB = \sum_{i=1}^r \frac{T_{i.}^2}{kn} - FK$$

$$JKK = \sum_{j=1}^k \frac{T_{.j}^2}{rn} - FK$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$JK (BK) = JKP - JKB - JKK$$

Keterangan:

- FK = factor kolerasi
- JKT = jumlah kuadrat total
- JKP = jumlah kuadrat perlakuan
- JKB = jumlah kuadrat baris



JKK	= jumlah kuadrat kolom
r	= banyaknya baris
k	= banyaknya kolom
n	= banyaknya ulangan
ar	= banyaknya data

Untuk melakukan perhitungan di atas dapat dilakukan dengan bantuan program SPSS.

#### 4. Asumsi-Asumsi dalam Anova

- Galat percobaan memiliki ragam yang homogen. Dapat diuji melalui variansi data semua populasi atau kelompok/perlakuan sama
- Galat percobaan saling bebas
- Galat (pengamatan) percobaan menyebar normal pada setiap populasi atau perlakuan/kelompok.

## PENUTUP

Telah diuraikan tentang Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang merupakan rancangan paling sederhana diantara rancangan lainnya. ANOVA sebenarnya sebuah bentuk yang lebih umum dari *t-test* yang sesuai digunakan dengan tiga atau lebih kelompok (hal ini juga dapat digunakan dengan dua kelompok). Konsep yang mendasari anova adalah variansi total dari nilai-nilai yang dapat ditumpukkan pada dua buah sumber, yang pertama ialah variansi yang disebabkan oleh adanya perlakuan, yang kedua adalah variansi inter kelompok yaitu variansi kekeliruan. Dengan kata lain, anava itu dipergunakan untuk melihat apakah perbedaan antara dua rerata atau lebih itu lebih besar daripada yang mungkin timbul dari hanya kekeliruan pemilihan sampel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakdash, J. Z., & Marusich, L. R. (2017). Repeated measures correlation. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00456>
- Cortina, J., & Nouri, H. (2012). Effect Size for ANOVA Designs. In *Effect Size for ANOVA Designs*. <https://doi.org/10.4135/9781412984010>
- Gu, C. (2014). Smoothing spline ANOVA models: R package gss. *Journal of Statistical Software*. <https://doi.org/10.18637/jss.v058.i05>
- Hamdi, A. S., & Bahrudin, E. (2015). Metode Kuantitatif Aplikasi Dalam pendidikan. In *Metode penelitian kuantitatif aplikasi dalam pendidikan*.
- Harmon, M., Skow, B., Simonson, P., Peck, J., Craig, R. T., Jackson, J. P., Simonson, P., Peck, J., Craig, R. T., Jackson, J. P., Pointon, D., Sugiyono, A., Thiel, C., Priyono, Sugiyono, S., Bentley, J. L., Van Fraassen, B. C., Creswell, John W. Edition, T., Hirschberg, W., ... McCrae, R. R. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif. In *Philosophy of Science*. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-8580-4\\_5](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-8580-4_5)
- Hinkelmann, K. (2012). Design and Analysis of Experiments. In *Design and Analysis of Experiments*. <https://doi.org/10.1002/9781118147634>
- Ismail, F. (2018). Statistika untuk penelitian pendidikan dan ilmu-ilmu sosial.



*Prenadamedia Group.*

- Ispriyanti, D. (2007). Pendekatan Regresi Untuk Analisis Ragam Klasifikasi Dua-arah. *Jurnal Matematika Undip.*
- Judd, C. M., McClelland, G. H., Ryan, C. S., Judd, C. M., McClelland, G. H., & Ryan, C. S. (2018). Repeated-Measures ANOVA. In *Data Analysis*. <https://doi.org/10.4324/9781315744131-11>
- Murdiyanto, B. (1999). Rancangan Percobaan. *Metodologi Penelitian Bidang Kedokteran.*
- Nugroho, S. (2017). Metode Kuantitatif. In *UNIB Press.*
- Riduwan. (2010). Dasar Dasar Statistika. *Pendidikan Dan Perilaku Kesehatan.*
- Rosenblad, A. (2009). Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences, Fifth Edition by James P. Stevens. *International Statistical Review*. [https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2009.00095\\_13.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2009.00095_13.x)
- Sarmanu. (2017). Dasar Metodologi Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan Statistika. In *Airlangga University Press.*
- Siregar, S. (2017). Statistika Parametrik untuk Penelitian Kuantitatif Dilengkapi dengan Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17. In *Statistika Parametrik untuk Penelitian Kuantitatif Dilengkapi dengan Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17.*
- Syofian Siregar. (2013). Statistika parametrik untuk penelitian kuantitatif. In *Bumi aksara.*