



Modul 6

SFS 510-Metodologi Penelitian Fisioterapi II

Materi 6

Two-Way Analysis of Variance

(Two-way ANOVA)

Disusun Oleh

Wahyuddin

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

## Pendahuluan

### Analysis of variance: two-way classification

Karena kompleksitas perilaku manusia dan fungsi fisiologis, banyak penelitian klinis dirancang untuk mempelajari efek simultan dari dua atau lebih independent variables. Pendekatan ini lebih ekonomis daripada pengujian setiap variabel secara terpisah dan memberikan dasar yang lebih kuat untuk generalisasi hasil ke dalam praktik klinis.

Sebagai contoh, jika ingin membandingkan efek stretching dalam jangka waktu lama dibandingkan dengan jangka waktu singkat terkait peningkatan ankle ROM dibandingkan dengan kelompok kontrol (faktor A). Pada saat yang sama kita juga tertarik apakah posisi knee selama stretching (fleksi atau ekstensi) akan mempengaruhi hasil (faktor B). Dibanding menganalisis masing-masing faktor-faktor secara terpisah, kita dapat meneliti pengaruh gabungan yang menggunakan two-way factorial design. Desain ini melibatkan dua independent variables: jenis stretching (dengan tiga tingkat) dan posisi lutut (dengan dua tingkat). Dalam kerangka 3 X 2, ada enam kombinasi treatment.

Kita dapat mengatur desain dalam tabel dengan enam sel, dimana baris menunjukkan jenis stretching dan kolom menunjukkan posisi. Setiap sel mewakili kombinasi unik dari level A dan B. Kita bisa mengalokasikan 10 subjek per sel, dengan jumlah 60 subjek. Analisis statistik yang sesuai untuk desain ini adalah two-way analysis of variance. Deskripsi "two-way" menunjukkan analisis dua dimensi, melibatkan dua independent variable. Dalam contoh ini, setiap variabel merupakan faktor independent (tidak berulang). Two-way ANOVA adalah pengembangan one-way analysis.

Varians antara kelompok menjelaskan efek independent variable. Karena desain menggabungkan dua independent variable, komponen antara kelompok harus dapat lebih lanjut dibagi untuk memperhitungkan efek gabungan dan terpisah dari setiap independent variable. Kita dapat mengajukan tiga pertanyaan berdasarkan data tersebut:

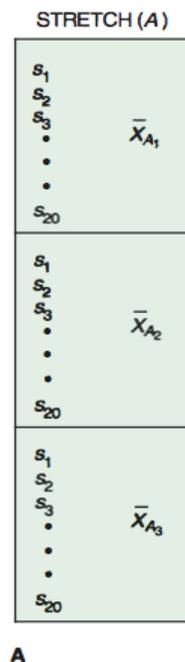
1. apakah efek variabel A independent terhadap variabel B?
2. apakah efek variabel B independent terhadap variabel A?

3. apakah efek gabungan atau interaksi dari variabel A dan B?

Komponen ini disebut efek utama dan interaksi efek, setiap bagian yang menjelaskan efek treatment secara total.

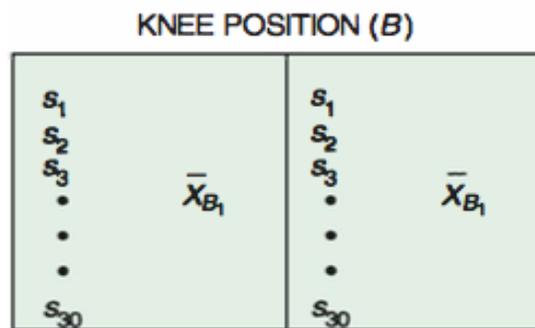
### Main Effects

Pada two-way design, efek dari setiap independent variable dapat dieksaminasi secara terpisah, yang membentuk dua dua single-faktor eksperiment. Ini disebut main effect. Misalnya, menggunakan contoh sebelumnya, kita bisa mempelajari efek stretching (faktor A) terhadap dua posisi knee. Dengan 10 subjek di setiap sel data, kita akan memperoleh mean untuk 20 skor pada setiap tingkat stretching (XA1, XA2, dan XA3 pada gambar 1). Mean dari ketiga kelompok merepresentasikan rata-rata efek stretching antar grup secara independent terhadap efek posisi knee. Nilai sum of squares diasosiasikan dengan main effect untuk membedakan antar grup yang menerima jenis intervensi secara berbeda.



Gambar 1. Jenis stretching

Pada hal yang sama, kita dapat melihat kaitan jenis stretching untuk memperoleh mean pada main effect posisi knee (faktor B). Terdapat 30 skor per sel (XB1 dan XB2), seperti yang pada gambar 2. Dua mean tersebut mencerminkan efek rata-rata antara kelompok pada posisi lutut yang berbeda yang independent terhadap jenis stretch. Sum of square kedua akan dikalkulasi untuk memperhitungkan pemisahan antara kedua kelompok. Mean untuk tingkatan main effect disebut marginal means. Nilai tersebut merepresentasikan efek rata-rata secara terpisah pada setiap independent variable dalam analisis. Perbandingan marginal means dalam setiap faktor menunjukkan berapa banyak variabilitas dalam semua 60 nilai yang dapat dikaitkan dengan efek keseluruhan stretching atau posisi lutut secara terpisah.



**B**

Gambar 2. Posisi lutut

### Interaction Effects

Dalam penambahan main effects, percobaan faktorial memiliki keuntungan tambahan yaitu mampu melihat kombinasi level setiap independent variable. Secara statistik, ini disebut sebagai interaction effect. Terdapat interaksi ketika efek satu variabel tidak konstan di seluruh tingkat yang berbeda dari variabel kedua, yaitu ketika berbagai kombinasi level menyebabkan perbedaan efek. Untuk menggambarkan konsep ini, pertimbangkan mean hipotetis yang diberikan untuk treatment pada enam kelompok seperti pada gambar 3. Setiap mean mewakili kombinasi unik dari posisi stretching dan posisi lutut. Kita dapat memplot mean tersebut untuk menggambarkan hubungan antar keduanya.

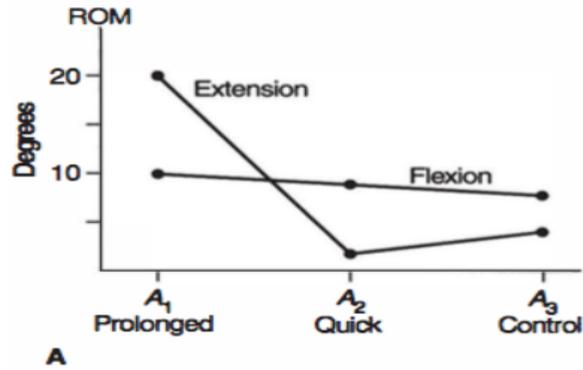
Stretch (A)		Knee position (B)	
		Flexion $B_1$	Extension $B_2$
Prolonged	$A_1$	20	25
Quick	$A_2$	10	15
Control	$A_3$	3	8

Gambar 3. Data kombinasi posisi stretch dan posisi lutut  
(Gabungan gambar 1 dan 2)

Pada gambar 6, direpresentasikan range of motion (ROM) sebagai dependent variable sepanjang Y-axis berdasarkan data pada gambar 5. Tiga kelompok stretching diwakili sepanjang X-axis. Mean ROM lutut untuk setiap posisi dipetakan pada setiap level stretching, dengan garis-garis yang menghubungkan nilai mean. Pada contoh tersebut, garis-garis paralel, yang berarti bahwa pola respon di setiap posisi lutut konsisten di semua level stretching.

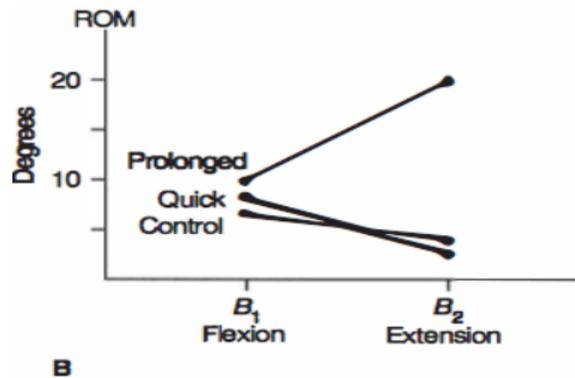
Stretch (A)		Knee position (B)	
		Flexion $B_1$	Extension $B_2$
Prolonged	$A_1$	10.3	19.6
Quick	$A_2$	9.1	3.1
Control	$A_3$	8.0	3.6

Gambar 5. Raw data



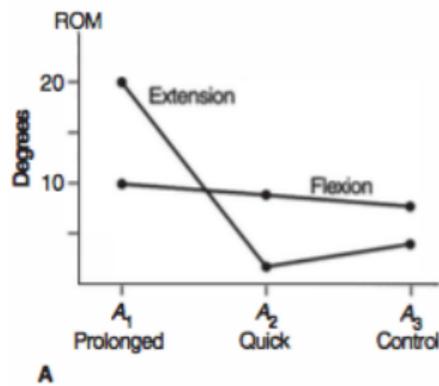
Gambar 6. Data level stretch (X-axis)

Kita dapat membalikkan plot, seperti yang ditunjukkan pada gambar 7, dengan lutut posisi pada X-axis, menunjukkan pola konstan untuk setiap level stretching pada kedua posisi lutut. Grafik ini disebut interaction plots, dalam hal ini menunjukkan situasi di mana ada tidak ada interaksi, dimana prolonged stretch (A1) akan menghasilkan respon tertinggi pada semua posisi lutut dan lutut ekstensi menghasilkan nilai tertinggi di semua level stretching.



Gambar 7. Data posisi lutut (X-axis)

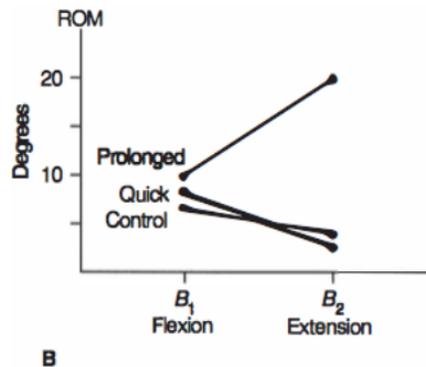
Sekarang perhatikan kumpulan hasil studi yang sama seperti yang terdapat pada gambar 8.



Gambar 8. Interaksi A dan B (1)

Interaction plots untuk data ini menunjukkan garis yang tidak paralel dengan pola dasar variabel seluruh tingkatan pada variabel kedua yang tidak konstan. Sebagai contoh, plot untuk lutut fleksi menunjukkan sedikit perbedaan level stretching. Di sisi lain, garis untuk lutut ekstensi menunjukkan perbedaan yang jelas pada prolonged stretch.

Pada gambar 9, kita melihat bahwa pengukuran ketiga level stretch pada posisi fleksi berada pada skor yang hampir sama (antara 8 dan 10 derajat), dan dua level stretch pada posisi ekstensi juga hampir sama (antara 3 dan 4 derajat). Tetapi efek prolonged stretch dengan lutut ekstensi hasilnya berbeda.



Gambar 9. Interaksi A dan B (2)

Ketika garis tidak paralel atau menyilang mengindikasikan adanya interaksi. Dalam contoh ini, tidak menggunakan prolonged stretch saja yang menyebabkan treatment yang lebih efektif, tetapi merupakan kombinasi dengan lutut pada posisi

ekstensi. Oleh karena itu, terdapat interaksi antara dua independent variable. Analisis varians akan menjelaskan perbedaan antara mean interaksi sebagai komponen ketiga sum of squares antar grup.

#### Hipotesis statistik

Ketika dua independent variables dikaji dalam suatu percobaan tunggal, terdapat tiga hipotesis statistik yang diajukan, satu untuk setiap main effect dan satu untuk interaction effect. Misalnya, untuk rancangan faktorial 3 X 2, hipotesis null berikut akan diajukan:

1.  $H_0: \mu_{A_1} = \mu_{A_2} = \mu_{A_3}$
2.  $H_0: \mu_{B_1} = \mu_{B_2}$
3.  $H_0: \mu_{A_1B_1} = \mu_{A_1B_2} = \mu_{A_2B_1} = \mu_{A_2B_2} = \mu_{A_3B_1} = \mu_{A_3B_2}$

Sebuah hipotesis alternatif dapat diajukan untuk setiap null hypothesis. Hipotesis ini mungkin pernyataan umum perbedaan, atau mungkin menspesifikasi perbedaan antar mean spesifik cara tertentu.

#### Presentasi data two-way ANOVA

Berdasarkan data yang telah disajikan sebelumnya, kita melihat bahwa ada tiga sumber antara kelompok varians terdaftar, dua main effect dan interaction effect. Ini biasanya tercantum dalam tabel ringkasan sesuai nama independent variable. Dengan demikian, untuk contoh, jenis "stretching" dan "posisi lutut" sebagai main effect. Interaksi antara dua variabel ditandakan dengan X, seperti posisi lutut X stretching, dibaca "stretching kali posisi lutut."

	<b>Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
STRETCH	1080.729	2	540.364	41.843	.000 <sup>①</sup>
POSITION	2.017	1	2.017	.156	.694
STRETCH × POSITION	707.722	2	353.861	27.401	.000
Error <sup>②</sup>	697.362	54	12.914		
Total	2487.830	59	42.167		

Tabel 1. Output

### Degrees of Freedom

Degrees of freedom (df) terkait dengan setiap main effect adalah kurang satu dari jumlah levels independent variable ( $k - 1$ ). Untuk memperjelas notasi ini, kita menggunakan  $(A - 1)$  df untuk faktor A, dan  $(B - 1)$  untuk faktor B, dimana huruf A dan B mewakili jumlah level faktor masing-masing. Oleh karena itu, untuk stretching dengan tiga level,  $df = 2$ . Untuk posisi lutut dengan dua level,  $df = 1$ . Jumlah df untuk interaksi antara variabel-variabel ini adalah hasil dari df masing-masing,  $(1 -)(B-1)$ . Oleh karena itu, efek interaksi dalam contoh ini memiliki  $2 \times 1 = 2$  df.

Total df terkait dengan eksperimen akan selalu kurang satu dari jumlah total pengamatan,  $N - 1$ . Dalam studi ini, dengan  $n = 10$  per grup ( $N = 60$ ),  $dft = 59$ . Error df dapat ditentukan dengan menggunakan  $(A)(B) (n - 1)$  dengan kelompok-kelompok ukuran sama atau dengan mengurangi gabungan df antar grup dari df total. Untuk contoh ini,  $dfe = (3)(2)(9) = 59 - 2 - 1 - 2 = 54$ .

### The F Statistic and Critical Values

Perhitungan F didasarkan pada rasio antara kelompok terhadap error mean squares. Nilai-nilai mean square ditentukan dengan membagi sum of squares untuk masing-masing efek dengan df yang terkait. Efek antara kelompok masing-masing menghasilkan F-rasio, berdasarkan mean square dibagi dengan kuadrat mean untuk jangka kesalahan umum atau MSe. Sebagai contoh, untuk hasil perhitungan dari data sebelumnya, F-ratios untuk main effect stretching (A) dan posisi lutut (B) diperoleh dengan perhitungan di bawah ini:

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e} = \frac{540.364}{12.914} = 41.843 \quad F_B = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{2.017}{12.914} = 0.156$$

Demikian juga F-ratio untuk interaksi, A X B, dihitung berdasarkan setiap F-ratio dibandingkan dengan nilai-nilai kritis. Df diasosiasikan dengan efek spesifik antar kelompok (efek utama atau interaksi).

$$F_{A \times B} = \frac{MS_{A \times B}}{MS_e} = \frac{353.861}{12.914} = 27.401$$

Nilai-nilai kritis untuk masing-masing efek yang ditunjukkan pada perhitungan di bawah ini:

Stretch	$(.05)F_{(2,54)} = 3.17$
Knee Position	$(.05)F_{(1,54)} = 4.02$
Stretch × Knee Position	$(.05)F_{(2,54)} = 3.17$

Oleh karena itu, ANOVA menunjukkan significant main effect untuk jenis stretching dan efek signifikan interaksi antara posisi stretching dan posisi lutut.

#### Referensi

Keppel G. Design and Analysis: A Researcher's Handbook (4th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2004.

Green SB, Salkind NJ, Akey TM. Using SPSS for Windows and Macintosh: Analyzing and Understanding Data (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2004.

Dennis Howitt, Duncan Cramer. Introduction to SPSS Statistics in Psychology For Version 19 and earlier Fifth edition. Pearson Education Limited Edinburgh Gate Harlow Essex CM20 2JE England 2011