

# Rancangan Penelitian (Statistika) untuk Sains

I WAYAN SUMARJAYA  
sumarjaya@unud.ac.id

Program Studi Matematika, FMIPA, Unud Indonesia

Workshop on Research Design and International Publication

## Kerangka

- ▶ Mulai dari mana?
- ▶ Hipotesis Penelitian
- ▶ Mengumpulkan Data
- ▶ Menilai Mutu Data
- ▶ Studi Percobaan (*Experimental Studies*)
- ▶ Studi Amatan (*Observational Studies*)
- ▶ Analisis Statistika dalam Jurnal Ilmiah
- ▶ Rekomendasi

## Materi ini ...

- ▶ tidak membahas semua metode penelitian yang ada, hanya sebagian kecil terutama yang menggunakan studi rancangan percobaan dan observasional
- ▶ bukan membahas 'dos' dan 'don'ts', tetapi membahas beberapa hal yang perlu diperhatikan

Berikut ini beberapa saran dalam perumusan hipotesis (Good and Hardin, 2009):

- ▶ Tentukan tujuan penelitian **sebelum** melakukan percobaan lab, klinik, survei, atau analisis data.
- ▶ Rumuskan hipotesis dan semua alternatif yang bersesuaian dengannya. Daftar semua hasil yang mungkin bersamaan dengan kesimpulan dan tindakan yang akan diambil.
- ▶ Hipotesis yang dirumuskan dengan baik (*well-formulated*) haruslah berupa kuantitas yang dapat diukur (*quantifiable*), dapat diuji (*testable*), dan 'bersifat statistika' (*statistical in nature*).

- ▶ Contoh hipotesis yang dirumuskan dengan baik: “Untuk pria di atas 40 tahun yang menderita hipertensi kronis, pemberian 100 mg dosis harian obat baru akan menurunkan tekanan darah sistolik 10 mmHg”.
- ▶ Contoh hipotesis yang tidak dirumuskan dengan baik: “Semua pria yang menderita hipertensi, pemberian 100 mg dosis harian obat baru akan menurunkan tekanan darah sistolik 10 mmHg”. Kenapa hipotesis ini?
  - ▶ Kata “semua” mengindikasikan tidak ada variabilitas, selain itu menimbulkan interpretasi subjektif. Kata-kata seperti “beberapa” dan “tidak semua” juga menimbulkan interpretasi serupa.

- ▶ Tentukan terlebih dahulu apakah akan menguji satu sisi atau dua sisi. Contoh hipotesis satu sisi: “Pemberian obat A akan meningkatkan berat badan tikus sebesar 5gr”. Hipotesis seperti “Pemberian obat A memberikan efek berbeda dengan obat B pada berat badan tikus” adalah hipotesis dua sisi.
- ▶ Tentukan terlebih dahulu apakah hipotesis alternatif terurut (*order*) atau tidak terurut (*unordered*). Hipotesis ini dapat berbentuk “. . . semakin banyak pupuk, semakin subur” atau “semakin banyak aspirin, semakin cepat sembuh”

Sebelum mengumpulkan data terlebih dahulu buat pernyataan tertulis tentang tujuan penelitian, kemudian definisikan populasi yang akan diambil sampelnya. Lalu identifikasi karakteristik-karakteristik dari populasi yang ingin diselidiki. Hal yang penting dilakukan dalam mengumpulkan data:

- ▶ mudah dicatat dan jika memungkinkan ambil nilai eksak;
- ▶ dapat diukur secara objektif pada suatu skala yang diterima secara umum;
- ▶ diukur pada unit yang sesuai;
- ▶ bernilai pada rentang (*range*) yang cukup besar dan bisa dibedakan dengan baik;
- ▶ dapat didefinisikan dengan baik (*well-defined*);
- ▶ memiliki varians yang konstan pada rentang yang digunakan pada percobaan;

Ukuran sampel harus ditentukan untuk setiap percobaan; tidak ada nilai benar atau tepat yang diterima secara universal. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan ukuran sampel yang optimal:

- ▶ Efek paling kecil dari signifikansi klinik atau eksperimen
- ▶ Menentukan tingkat kekuatan (*power*) dan signifikansi
- ▶ Sebaran dari yang diamati
- ▶ Statistik uji yang akan digunakan
- ▶ Uji statistik satu sisi atau dua sisi yang akan digunakan

Tujuan utama penilaian mutu data (*data assessment quality*) adalah untuk melihat apakah suatu keputusan atau estimasi dapat dibuat dengan tingkat keyakinan tertentu. Tujuan lain menurut Good and Hardin (2009):

- ▶ Melihat apakah peubah respons cocok atau tidak. Jika tidak, apakah diperlukan data tambahan.
- ▶ Melihat apakah alat yang alat pengukuran layak.
- ▶ Melihat seberapa baik kinerja rancangan pengambilan sampel.
- ▶ Jika strategi pengambilan sampel digunakan lagi pada studi serupa akankah data mendukung seperti studi sebelumnya dengan tingkat keyakinan tertentu.
- ▶ Melihat apakah sampel yang diambil sudah cukup (setelah melakukan koreksi terhadap data hilang) untuk mendeteksi suatu pengaruh yang signifikan jika ada.

- ▶ Untuk memahami hubungan sebab-akibat (*cause-and-effect*) dalam suatu sistem dengan melakukan perubahan pada input dan melihat apa yang terjadi pada output kita perlu melakukan percobaan (Montgomery, 2013)
- ▶ Rancangan percobaan (*design of experiment* atau *experimental design*) mengacu kepada proses perencanaan percobaan sehingga data yang sesuai dapat dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode statistika yang akan menghasilkan kesimpulan yang valid dan objektif

Ada tiga prinsip dasar dalam rancangan percobaan (Ryan, 2007; Montgomery, 2013):

- ▶ Pengacakan (*randomization*): alokasi bahan percobaan dan urutan masing-masing percobaan dilakukan secara acak. Tujuan pengacakan adalah untuk mengeliminasi atau mereduksi kemungkinan efek *confounding*.
- ▶ Replikasi (*replication*): mengulangi dari awal keseluruhan percobaan, tidak sekadar hanya mencatat masing-masing kondisi faktor tanpa mengeset ulang tingkat faktor dan melakukan hal lain untuk mendapatkan replikasi sebenarnya.
- ▶ Pemblokian (*blocking*): mereduksi atau mengeliminasi variabilitas yang dibawa oleh faktor pengganggu (*nuisance factors*).

Beberapa rancangan percobaan yang populer:

- ▶ Percobaan dengan satu faktor;
- ▶ Rancangan blok lengkap acak (*randomized complete block*);
- ▶ Rancangan bujur sangkar Latin; bujur sangkar Graeco-Latin;
- ▶ Rancangan blok taklengkap;
- ▶ Rancangan faktorial; rancangan faktorial  $2^k$ ;
- ▶ *Response Surface Method*;
- ▶ *Nested design* dan *split-plot*;

Contoh rancangan blok lengkap acak: Tiga pembersih dibandingkan untuk mempelajari keefektifannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri dalam 5 galon yang berisi susu. Hari dianggap sebagai sumber variabilitas.

Cairan	Hari			
	1	2	3	4
1	13	22	18	39
2	16	24	17	44
3	5	4	1	22

Pada kasus ini: variabel hari berfungsi sebagai blok, dan cairan adalah perlakuan (*treatment*).

Contoh rancangan blok taklengkap seimbang: Lihat kembali data sebelumnya. Mengingat keterbatasan waktu pencatatan, misalnya kita memperoleh data seperti berikut.

Cairan	Hari			
	1	2	3	4
1		22	18	39
2	16	24		44
3	5	4		22

Pada kasus ini: variabel hari berfungsi sebagai blok, dan cairan adalah perlakuan (*treatment*).

Contoh rancangan faktorial  $2^2$ : Seorang ilmuwan menyelidiki pengaruh dua media biakan (*culture media*) dan dua waktu berbeda pada pertumbuhan bakteri tertentu.

Waktu (jam)	Media biakan			
	1		2	
12	21	22	25	26
	23	28	24	25
	20	26	29	27
18	37	39	31	34
	38	38	29	33
	35	36	30	35

Pada kasus ini: peneliti melakukan enam replikasi,

- ▶ Menentukan ukuran sampel adalah bagian penting dari rancangan percobaan dan berhubungan dengan banyak replikasi yang dilakukan. Sebagai contoh untuk rancangan faktorial, maka banyak sampel yang diperlukan adalah nilai  $n$  yang meminimumkan nilai  $\Phi^2$  yang didefinisikan oleh

$$\Phi^2 = \frac{nbD^2}{2a\sigma^2}.$$

- ▶ Beberapa contoh rancangan percobaan telah diberikan pada bagian sebelumnya. Analisis varians (ANOVA) dapat dilakukan untuk masing-masing rancangan. Masing-masing memiliki tabel ANOVA yang berbeda-beda.

- ▶ Pada studi amatan (*observational studies*) peneliti tidak mempunyai kontrol terhadap subjek penelitian
- ▶ Secara garis besar terdapat dua jenis studi: studi retrospektif (jika studi melihat data subjek ke masa lalu) dan studi prospektif (jika studi melihat data subjek ke masa depan)
- ▶ Studi retrospektif disebut juga *case-control study*
- ▶ Studi prospektif dibagi menjadi dua. Studi kohor (*cohort studies*) dan percobaan klinik (*clinical trials*). Pada studi kohor subjek menentukan sendiri pilihan masuk ke grup yang mana (menjadi perokok, misalnya) dan mengamati ke depan siapa yang menderita MI. *Clinical trial* termasuk dalam studi percobaan.

Contoh studi retrospektif: studi tentang status wanita merokok dan infark miokardium (*myocardial infarction*, disingkat MI) yang diambil dari Agresti (2007)

Pernah merokok	Kasus MI	Kontrol
Ya	172	173
Tidak	90	346

Pada studi amatan yang lazim dilaporkan adalah Odds ratio dan risiko relatif. Sebagai contoh proporsi wanita yang menderita MI dan pernah merokok adalah  $172/262 = 0,656$  dan untuk yang tidak merokok  $173/519 = 0,333$ . Odds ratio didefinisikan sebagai

$$\frac{p_1/(1 - p_1)}{p_2/(1 - p_2)} = \frac{0,656/(1 - 0,656)}{0,333/(1 - 0,333)} = 3,8 \quad (1)$$

- ▶ Odds ratio 3,8 diinterpretasikan sebagai odds merokok pada baris pertama 3,8 kali dari odds merokok pada baris kedua.
- ▶ Penggunaan odds ratio cukup membantu dalam menyelidiki pengaruh variabel bebas atau penjelas terhadap variabel respons (kategorik). Namun, bagaimana kalau kita ingin melakukan regresi untuk memprediksi nilai variabel respons?
- ▶ Jelasnya, analisis regresi biasa tidak dapat digunakan karena respons dan prediktor, dua-duanya kategorik!
- ▶ Solusi untuk masalah ini adalah dengan generalized linear model (GLM).

Bentuk GLM yang populer antara lain:

- ▶ Model regresi logistik dengan bentuk:

$$\text{logit}[\pi(x)] = \alpha + \beta x$$

- ▶ Model regresi Poisson dengan bentuk

$$\log \mu = \alpha + \beta x$$

Berikut ini beberapa hal bisa dijadikan panduan dalam melaporkan hasil analisis statistika untuk dimuat dalam jurnal yang diadaptasi sebagian dari Lang and Altman (2013).

- ▶ Melaporkan angka dan statistika deskriptif:
  - ▶ Laporkan angka, khususnya pengukuran, dengan derajat presisi yang sesuai;
  - ▶ Total sampel dan ukuran kelompok setiap analisis;
  - ▶ Pembilang dan penyebut untuk persentase;
  - ▶ Ringkaskan data yang mendekati normal dengan rata-rata dan simpangan baku;
  - ▶ Ringkaskan data yang **tidak** menyebar normal dengan median dan rentang interpersentil, atau rentang, atau keduanya;
  - ▶ **Jangan** menggunakan *standard error of the mean* untuk mengindikasikan variabilitas dalam data. Gunakan simpangan baku, rentang interpersentil, atau rentang.

- ▶ Melaporkan risiko, laju (*rates*), dan rasio:
  - ▶ Identifikasi tipe laju (misalnya laju insidens, laju sintasan), rasio (misalnya odds ratio, hazard ratio), atau risiko (misalnya risiko absolut, risiko relatif) yang dilaporkan
  - ▶ Identifikasi kuantitas yang dinyatakan oleh pembilang dan penyebut (misalnya jumlah pria dengan kanker prostat dibagi jumlah pria yang mana kanker prostat bisa terjadi)
  - ▶ Identifikasi periode waktu untuk masing-masing laju
  - ▶ Identifikasi semua unit populasi yang berhubungan dengan laju (misalnya:  $\times 100$ ,  $\times 100.000$ )
  - ▶ Kalau memungkinkan laporkan ukuran presisi (suatu selang kepercayaan) untuk risiko, laju, dan rasio yang diestimasi

- ▶ Melaporkan uji hipotesis:
  - ▶ Nyatakan hipotesis yang digunakan
  - ▶ Identifikasi variabel-variabel dalam analisis dan ringkas data untuk masing-masing variabel dengan statistik deskriptif yang sesuai
  - ▶ Jika memungkinkan, identifikasi selisih minimum yang dianggap secara klinis penting
  - ▶ Untuk studi ekuivalensi dan studi non-inferiority laporkan selisih terbesar grup yang akan diterima sebagai indikasi ekuivalensi biologi (margin ekuivalensi)
  - ▶ Lakukan konfirmasi bahwa asumsi uji dipenuhi oleh data
  - ▶ Laporkan tingkat alfa, misalnya 0,05, yang mendefinisikan signifikansi statistika

- ▶ Melaporkan uji hipotesis (lanjutan):
  - ▶ Setidaknya untuk outcome primer seperti selisih atau kecocokan antar grup, sensitivitas diagnostik, dan lereng garis regresi laporkan ukuran presisi, seperti selang kepercayaan 95%
  - ▶ **Jangan** menggunakan *standard error of the mean* atau SE untuk mengindikasikan presisi dari suatu estimasi. SE pada dasarnya adalah koefisien kepercayaan 68%; jadi sebaiknya gunakan koefisien kepercayaan 95%.
  - ▶ Meskipun tidak disarankan (dibandingkan selang kepercayaan), jika diinginkan P value sebaiknya dilaporkan sebagai kesamaan jika memungkinkan dan dalam satu atau dua desimal seperti  $P = 0,03$ , bukan sebagai pertidaksamaan seperti  $P < 0,05$ .
  - ▶ Laporkan jika penyesuaian atau bagaimana penyesuaian dilakukan untuk perbandingan statistika berganda. Sebut nama paket perangkat lunak statistika yang digunakan dalam analisis.

- ▶ Ada baiknya apabila kita memeriksa apa saja kesalahan-kesalahan umum dalam analisis statistika dalam jurnal ilmiah yang spesifik bidang keilmuan ataupun tidak. Laman web seperti The British Medical Journal ([www.bmj.com](http://www.bmj.com)) dan National Institute of Healths ([www.nih.gov](http://www.nih.gov)) berisi artikel-artikel yang memuat panduan penggunaan statistika dan kesalahan-kesalahan yang umum terjadi.
- ▶ Buku seperti Good and Hardin (2009) dan artikel Lang and Altman (2013) memberikan saran yang layak dipertimbangkan.

*Absence of Evidence is not Evidence of Absence (Altman & Bland, 1995)*

*All models are wrong, but some are useful (G. E. Box, British Statistician)*

*The true nature of the real world is unknowable. We can speculate, but never conclude. (Good & Hardin, 2009)*

## Daftar Pustaka

- Alan Agresti. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2007.
- P I Good and James W Hardin. *Common Errors in Statistics (and How to Avoid Them)*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2009.
- T Lang and D Altman. *Science Editors' Handbook*, chapter Basic Statistical Reporting for Articles Published in Clinical Medical Journals: the SAMPL Guidelines. European Association of Science Editors, 2013.
- Douglas C Montgomery. *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, eight edition, 2013.
- Thomas P Ryan. *Modern Experimental Design*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007.

Terima Kasih