



UNIVERSITAS AIRLANGGA



#SainsTerbuka
AIRLANGGA
Ilmu yang dibagi akan abadi



IGDORE
Institute for Globally Distributed
Open Research and Education

Multigroup Structural Equation Modeling (SEM)

Menggunakan JASP: Bagian 5 - Dasar-Dasar SEM

Rizqy Amelia Zein

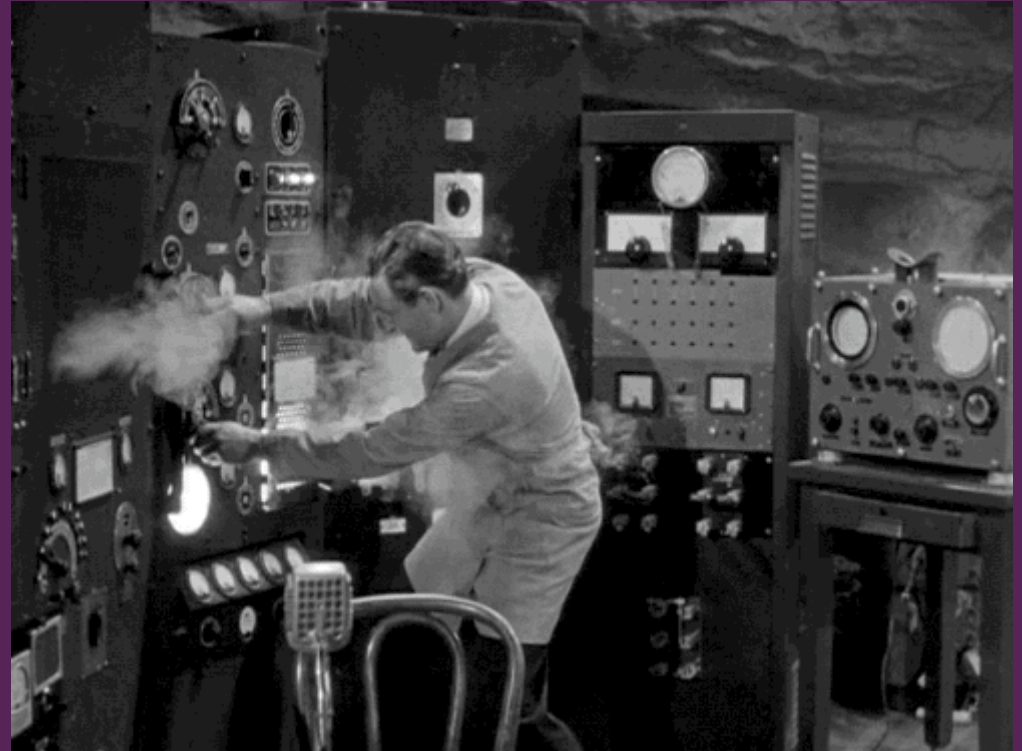
- Dosen, Fakultas Psikologi, Universitas Airlangga
- Anggota, #SainsTerbuka Airlangga 
- Relawan, INA-Rxiv
- Researcher-in-training, Institute for Globally Distributed Open Research and Education (IGDORE)

Pengantar SEM

- SEM adalah *full model* ➔ menggabungkan **model pengukuran** dengan **model jalur/struktural**
- Ada beberapa pendekatan dalam SEM
 - ***Strictly confirmatory*** ➔ untuk menguji apakah *variance-covariance matrix* yang dihipotesiskan (*implied*) sama dengan/didukung oleh data (*observed variance-covariance matrix*)
 - ***Alternative model*** ➔ membuat model alternatif dari dataset yang sama, sehingga kemungkinan struktur datanya berjenjang (*nested*) ➔ *multigroup CFA/SEM*
 - ***Model generating*** ➔ dilakukan ketika peneliti sudah punya hipotesis model, namun melakukan modifikasi untuk meningkatkan *fit statistics* ➔ *specification search*

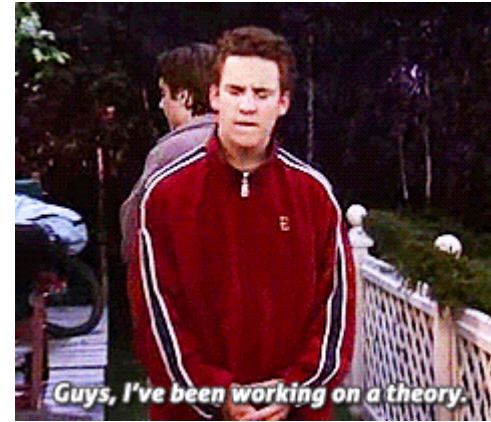
Langkah-langkah melakukan analisis SEM

- Spesifikasi model
- Identifikasi model
- Estimasi model
- Menguji model
- Memodifikasi model



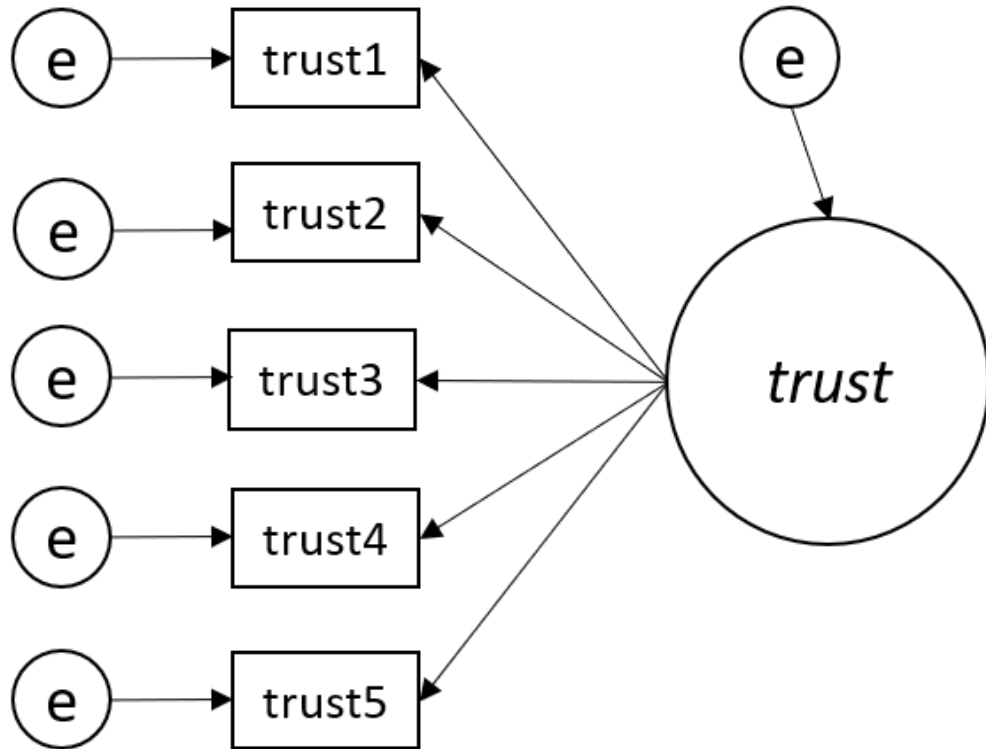
Spesifikasi model

- Peneliti menyusun model pengukuran dan model jalur dengan menggambar diagram jalur *path diagram*
- Dalam SEM, justifikasi teori adalah suatu yang **tidak bisa ditawar-tawar** karena tanpa basis teori yang kuat, *model testing* akan selalu memberikan hasil yang mengecewakan (*poor fit*)
- Sebelum melakukan SEM, peneliti sangat disarankan melakukan *preliminary study*, atau setidaknya *systematic review* yang dapat membantu peneliti menyusun hipotesis model yang baik

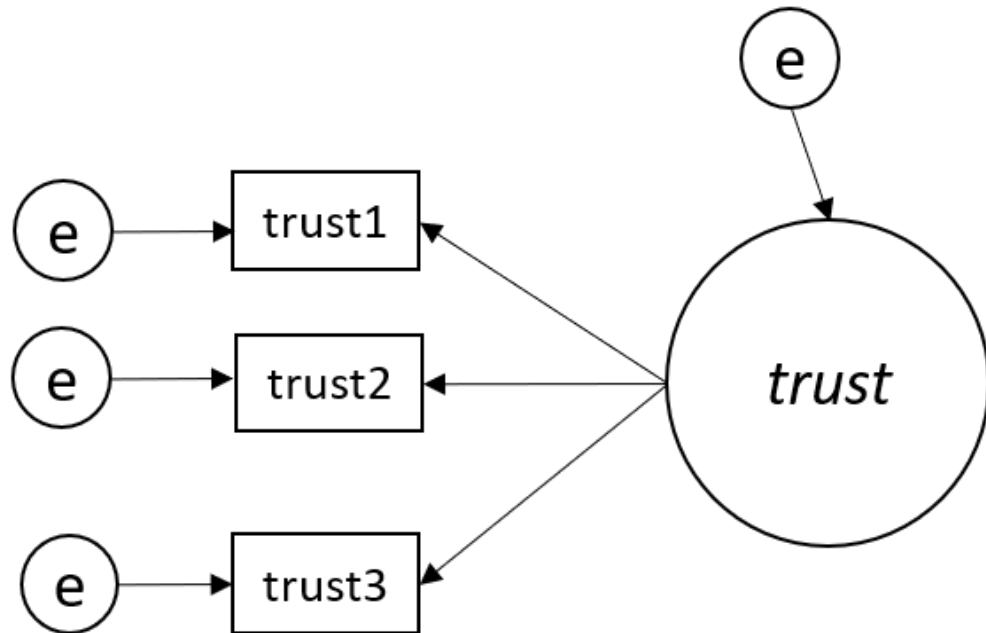


Identifikasi model

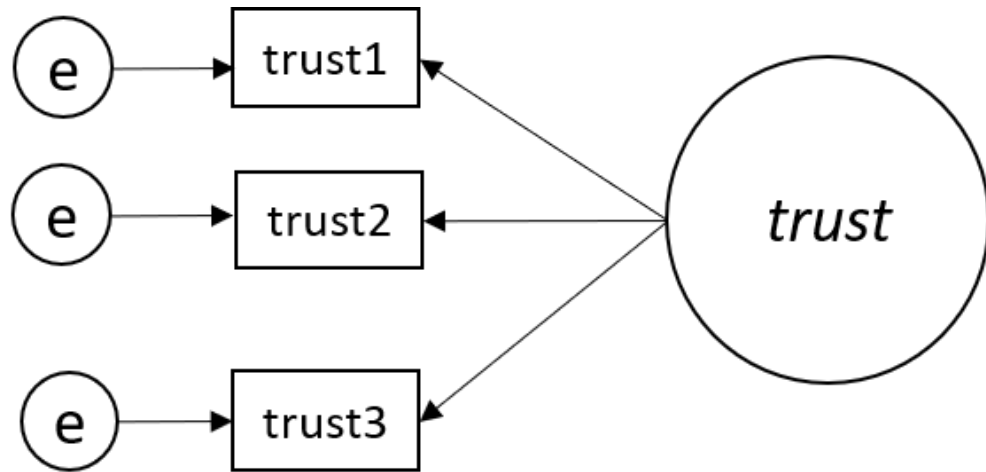
- Model dapat diidentifikasi apabila *degree of freedom* (df) ≥ 0
- Apabila $df = 0$, maka model tsb adalah *saturated model* atau *just-identified model*
 - Jumlah '**informasi yang diketahui**' dan '**tidak diketahui**' sama persis
 - Tidak bisa difalsifikasi, hampir 'selalu tepat', tetapi 'selalu salah'
- Apabila df bernilai negatif, maka model tsb *under-identified* karena jumlah parameter jalur yang harus diestimasi lebih banyak daripada jumlah parameter di *variance-covariance matrix*
 - Lebih banyak '**informasi yang tidak diketahui**' daripada yang '**diketahui**'
 - Model 'misterius' 😊
- Model yang dapat diidentifikasi adalah *over-identified model* dimana **jumlah parameter *variance-covariance matrix* lebih banyak daripada jumlah parameter jalur yang diestimasi** (sehingga $df \geq 1$)
 - Lebih banyak '**informasi yang diketahui**' daripada yang '**tidak diketahui**'
- *Degree of freedom* 🌀 dihitung dengan mengurangi jumlah nilai unik (*non-redundant information*) dalam *variance-covariance matrix* dengan jumlah parameter jalur yang hendak diestimasi



- Pada model ini **jumlah nilai unik (*non-redundant information*)** dalam *variance-covariance matrix* = $5(5+1)/2 = 15$
- Sedangkan **jumlah parameter jalur** yang akan diestimasi adalah 6 (5 *factor loading*, 6 *error variance*), sehingga
- $df = 15 - 11 = 4$ ♪
- Model **dapat diidentifikasi** karena memenuhi syarat (*over-identified*)



- Pada model ini **jumlah nilai unik (*non-redundant information*)** dalam *variance-covariance matrix* = $3(3+1)/2 = 6$
- Sedangkan **jumlah parameter jalur** yang akan diestimasi adalah 7 (3 *factor loading*, 4 *error variance*), sehingga
- $df = 6 - 7 = -1$ 😞
- Model **tidak dapat diidentifikasi** karena tidak memenuhi syarat (*under-identified*)



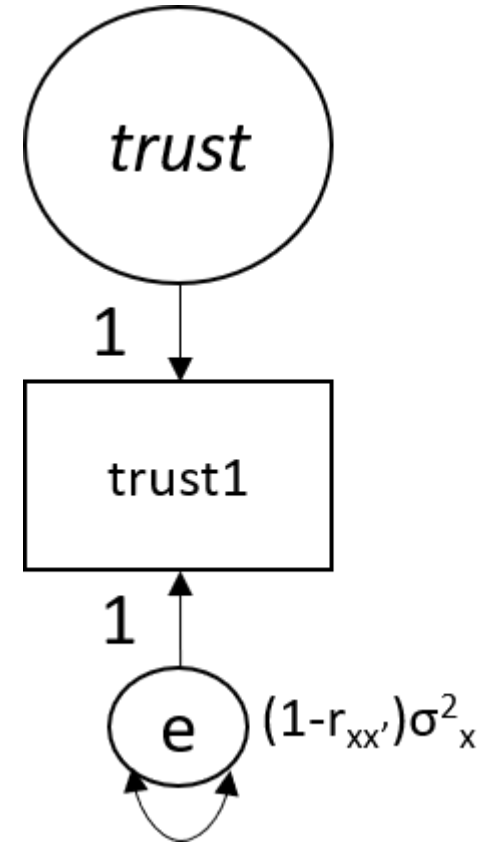
- Pada model ini **jumlah nilai unik (*non-redundant information*)** dalam *variance-covariance matrix* = $2(2+1)/2 = 3$
- Sedangkan **jumlah parameter jalur** yang akan diestimasi adalah 3 (3 *factor loading*, 3 *error variance*), sehingga
- $df = 6 - 6 = 0$ 🤔
- Model **tidak dapat diidentifikasi** karena tidak ada ruang tersisa untuk melakukan estimasi (*just-identified/saturated model*)

Kesimpulan

- Untuk satu faktor/variabel laten, kita perlu **sedikitnya 4 variabel indikator** karena apabila ≤ 3 , maka model akan *just-identified* atau *under-identified*
- Tapi meskipun kita punya 4 variabel indikator untuk 1 variabel laten, kita masih mungkin memiliki model yang *just-identified*, ketika *errormya* berkorelasi
- Apakah bisa 1 variabel laten diukur oleh 1 *observed variable*?

Variabel laten dengan 1 indikator

- Masih bisa diestimasi dengan asumsi
 - Aitem diasumsikan memiliki **reliabilitas** sempurna, sehingga varians *error* diconstraint = 0
 - Reliabilitas diukur dengan *test-retest*, kemudian varians *error* diconstraint dengan mempertimbangkan reliabilitas dan standar deviasi



Mengestimasi model

- Pilih **metode estimasi** yang paling cocok dengan karakteristik data (ML, ULS, GLS, WLS, DWLS atau *robust DWLS*)
- Metode estimasi ini yang akan menghitung *standard error*, apabila metode estimasi yang dipilih tidak tepat dan tidak sesuai dengan kompatibilitas datanya, maka estimasi *standard error* menjadi bias ➡ model memberikan informasi yang menyesatkan

Menguji model

- Dalam tahap ini, peneliti perlu mengetahui apakah *implied modelnya* didukung oleh data atau tidak
- Hal ini dapat dievaluasi melalui uji ketepatan model (*omnibus model fit*) dengan beberapa parameter kriteria

Menguji ketepatan model

- Umumnya peneliti ingin mendapatkan 3 informasi
 - **Chi-square sebagai global fit measure.** *Chi-square* menguji perbedaan antara *model-implied* dengan *sample covariance matrix*. Apabila *p-value* dari *Chi-square* $\geq \alpha$ (dengan $\alpha=0.05$), maka **tidak ada perbedaan** antara keduanya ➡ data mendukung model
 - ***p-value* dari factor loading** untuk setiap variabel dalam model. Perhitungan *p-value* untuk *factor loading* menggunakan *t-statistics* (formula yang sama dengan *t-test*). Namun **parameter yang lebih penting** adalah...
 - **Besar dan arah factor loading.** Besar *factor loading* memberikan informasi mengenai *magnitude* (besar efek/*effect size*) dan kontribusi variabel tersebut dalam menjelaskan variabel lainnya. Sedangkan arah *factor loading* (positif/negatif) memberikan informasi mengenai arah hubungan

Menguji ketepatan model: *Chi-square* (X^2)

- Dihitung dengan cara membandingkan *saturated model* dengan model tanpa jalur sama sekali (*baseline, null, atau independent model*)
- Kok *saturated model*? Bukannya *saturated model* tidak bisa dianalisis?
 - Iya betul, *saturated model* tidak dapat dijadikan *implied model*, tetapi berguna untuk menghitung nilai X^2
- Selain X^2 , kita bisa menggunakan *alternative fit indices* (yang penggunaannya cenderung menggunakan *rule of thumb*) yang terdiri dari
 - *Incremental index*
 - *Parsimony index*
 - *Absolute (standalone) index*



Incremental (comparative/relative) index

- Didapatkan dengan membandingkan *implied model* dengan *baseline model*, meliputi
 - ***Comparative Fit Index*** ➔ mendekati 1 = *closer fit*
 - ***Normed Fit Index*** ➔ mendekati 1 = *better fit*
 - ***Parsimonious Normed Fit Index*** ➔ NFI yang mempertimbangkan *parsimony* model, mendekati 1 = *better fit*
 - ***Incremental Fit Index/Bollen's Nonnormed Fit Index*** ➔ NFI yang mempertimbangkan *parsimony* model, mendekati 1 = *better fit*
 - ***Tucker Lewis Index/Bentler-Bonnet Non-Normed Fit Index*** ➔ mendekati 1 = *better fit*

Parsimony index

- Indeks ini secara khusus memberikan penalti pada kompleksitas model, sehingga umumnya model dengan jalur yang lebih banyak (sehingga df -nya lebih kecil) akan mendapat penalti
- Indeks-indeksnya meliputi
 - **Expected Cross Validation Index** ➡ digunakan untuk membandingkan dua model atau lebih. Nilai yang lebih kecil menunjukkan model yang lebih baik
 - **Information-Theoretic Criterion** ➡ meliputi *Akaike's Information Criterion*, *Schwarz's Bayesian Information Criteria* dan *Sample-size Adjusted Bayesian Information Criteria*. Nilai yang kecil menunjukkan model yang lebih baik
 - **Noncentrality Parameter-based Index** ➡ mendekati 1 = *better fit*
 - **McDonald's Noncentrality Index** ➡ mendekati 1 = *better fit*
- Yang paling sering digunakan adalah...
- **Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)** ➡ menilai apakah model secara umum tepat menggambarkan data dan biasanya berkisar antara 0.0-1.0, meskipun dapat lebih dari 1. Model **close fit** ketika nilainya **0.05 - 0.08**
 - Ada beberapa perangkat lunak (termasuk **JASP**) yang bisa mengkalkulasi *confidence interval* dan *p-valuenya*.
 - *P-value* ini dapat digunakan untuk menolak H_0 : RMSEA = 0.05
 - Oleh karena itu, **menolak H_0** menunjukkan bahwa model "*close-fitting*"

Absolute index

- Indeks ini dihitung tanpa melakukan perbandingan dengan *baseline*
- Meliputi
 - **Chi-square** (χ^2)/*df* ratio
 - **Goodness of Fit Index** (GFI) mendekati 1 = *better fit*
 - **Adjusted Goodness of Fit Index** (AGFI) merupakan *parsimony adjustment* dari GFI, mendekati 1 = *better fit*
 - **Parsimony Goodness of Fit Index** (PGFI) mendekati 1 = *better fit*
 - **Hoelter's Critical n** (HCn) nilainya sebaiknya > 200
 - **Standardized Root Mean Square Residual** (SRMR/RMR) paling baik digunakan untuk membandingkan dua model yang diuji di satu kelompok sampel yang sama, nilai < 0.05 menunjukkan *good fit*

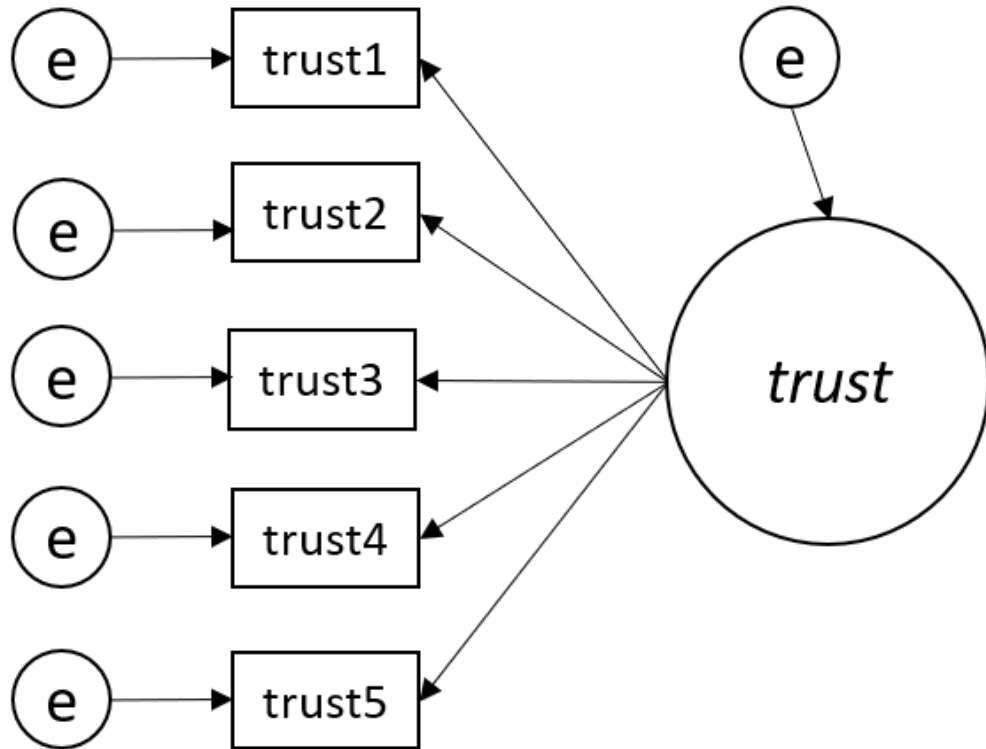
Parameter fit

- Parameter jalur bisa ditolak meskipun hasil *omnibus test* memuaskan, sehingga menginterpretasi koefisien jalur adalah proses yang juga harus dilakukan.
- Berikut ini adalah beberapa prosedur yang direkomendasikan:
 - Lihat tanda *factor loading*, apakah **arahnya sudah benar** (negatif/positif)
 - Lihat *standardised parameter estimates* untuk tahu apakah ada *factor loading* yang **nilainya diatas kewajaran**
 - Lihat *p-value* untuk pertimbangan **menolak H_0** (bahwa tidak ada korelasi atau *direct effect* antara dua variabel)
 - Lakukan pengujian *measurement invariance* dengan mengasumsikan beberapa *factor loading* sama di berbagai kelompok yang berbeda (misal gender, dll), kemudian buat perbandingan relatif antara *factor loading* di kelompok yang berbeda tersebut
 - Apabila *error variance* mendekati nol (yang menyiratkan bahwa variabel *observed* adalah indikator yang 'nyaris sempurna' bagi variabel laten -- **tapi ini tidak mungkin**), hal tsb lebih mungkin disebabkan oleh adanya *outlier*, kurangnya jumlah sampel, atau kurangnya jumlah indikator

Statistical power

- *Statistical power* dalam pengujian hipotesis dalam SEM ➡ peluang mempertahankan H_0 apabila H_0 benar
 - Peluang peneliti secara tepat menyimpulkan bahwa **tidak ada perbedaan antara *implied model* dengan *observed model*** ketika memang **benar-benar tidak ada perbedaan** diantara keduanya
- Mengestimasi *statistical power* dalam SEM cenderung lebih rumit karena melibatkan beberapa korelasi dan regresi sekaligus
- *Statistical power* ditentukan oleh
 - **true population model** (yang kita tidak mungkin tahu)
 - **probabilitas melakukan kesalahan tipe 1** (α)
 - ***degree of freedom*** model
 - **jumlah sampel**

Mengestimasi jumlah sampel dengan *package* `semTools`



```
semTools::findRMSEAsamplesize(rmseA0 = 0.05, rmseA =
```

```
## [1] 2468
```

Dua vs empat langkah

- Dua langkah menyusun model (Anderson & Gerbing, 1988)
 - *Measurement* model
 - *Structural* model
- Empat langkah menyusun model (Mulaik & Millsap, 2000)
 - Menspesifikasikan **model pengukuran** yang *unrestricted* dengan **melakukan EFA** untuk **mengidentifikasi jumlah faktor** yang akan dicocokkan dengan *variance-covariance matrix* dari data
 - Spesifikasikan **model CFA** yang **menguji model pengukuran** sebuah konstruk laten pada **kelompok sampel yang berbeda**
 - Spesifikasikan **hubungan antar-variabel laten** di dalam model (model struktural)
 - Tentukan **parameter *acceptable fit*** untuk model struktural, misalnya $CFI > .95$ dan $RMSEA < 0.05$, kemudian menentukan *free parameter* dalam modelnya

JARS APA

Apa saja yang harus dilaporkan?

- **Abstrak**
 - Laporkan setidaknya **2 *global fit statistics*** (X^2 [df, *p-value*], RMSEA/GFI/AGFI/TLI, BIC, AIC, dll)
- **Metode** -Deskripsikan **variabel endogen dan eksogennya**. Berikan penjelasan apakah variabel endogen dihasilkan dari satu atau beberapa instrumen.
 - Berikan penjelasan, untuk setiap instrumen/variabel, apakah **indikator atau total skor** diperoleh dari **aitem yang homogen (*item parceling*)**
 - Berikan penjelasan **bagaimana skala/instrumen disusun**, laporkan **properti psikometriknya**, serta penjelasan mengenai **level pengukuran** untuk setiap variabel (kategorikal/continuous).
 - Laporkan bagaimana cara peneliti **menentukan jumlah sampel** (*rule of thumb*, ketersediaan sumberdaya, hasil dari *a priori power analysis* atau simulasi (Monte Carlo), estimasi parameter model di populasi yang direncanakan)

JARS APA

- Hasil penelitian
 - **Data diagnostics** ➔ % data *missing*, distribusi data *missing* di semua variabel
 - **Missingness** ➔ apabila ada data *missing*, maka peneliti harus menganalisis apakah data *missing*nya MCAR, MAR atau MNAR, kemudian bagaimana cara peneliti menangani data *missing* (*multiple imputation*, FIML, *listwise/pairwise deletion*, *deletion of cases*, dll.)
 - **Distribusi data** ➔ data normal/non-normal? Kalau tidak normal, apakah peneliti melakukan **normalizing transformation data** (log linear, dll). Laporkan *multivariate normality*
 - **Data summary** ➔ *summary statistics* yang bisa digunakan orang lain untuk melakukan replikasi, bisa **variance-covariance** atau **correlation matrix** untuk variabel *continuous* dan **polychoric correlation matrix** untuk data kategorikal

JARS APA

- Spesifikasi model
 - Jelaskan apakah model *strictly confirmatory, comparison* atau alternative model, atau *model generation*
 - Buat diagram jalur [kalau variabel terlalu banyak, diagram jadi terlalu kompleks dan oleh karena itu, bisa diganti dengan tabel saja. Pembaca diasumsikan sebagai expert sehingga tidak menampilkan diagram *full model* seharusnya tidak masalah]. Bedakan antara variabel *constrained, fixed/free, observed* dan *latent variables*
 - Kalau model yang diuji adalah bagian dari model yang lebih besar, jelaskan rasionalisasinya dan proporsi hasilnya
 - Kalau ada *residual correlation pada error (error correlation), interaction effect* atau *nonindependence* (pada *nested data*), jelaskan rasionalisasinya
 - Kalau membandingkan model, jelaskan parameter yang akan digunakan untuk membandingkan

JARS APA

- **Estimasi**

- Jelaskan *software* dan versi yang digunakan, dan jelaskan **metode estimasi** yang digunakan (ML, GLS, WLS, DWLS, dll)
- Jelaskan ***default criteria*** di *software* yang digunakan (misal *maximum number of iteration, bootstrapping*, dll) yang dilakukan agar model berhasil diestimasi

- ***Model fit***

- Laporkan ***omnibus (global) fit statistics***nya dan diinterpretasikan artinya. Jangan lupa untuk menyertakan sitasi referensi terbaru atas interpretasi **fit stat** ini.
- Laporkan ***local fit*** (misal *covariance, standardized* atau *residuals*) dan ***indicator estimates (factor loading)***
- Kalau membandingkan antara dua model, jelaskan parameter yang digunakan untuk membandingkan model (misal BIC, AIC, dll)

JARS APA

- **Respesifikasi**
 - Jelaskan prosedur modifikasi model, jelaskan juga metode yang digunakan untuk melakukan modifikasi
 - Jelaskan rasionalisasi teorinya ketika peneliti melakukan modifikasi dan bandingkan dengan model yang sebelumnya

Demonstrasi SEM

- Buka **JASP** dan buka dataset **Political Democracy**
- **Data Library** → SEM → pilih **Political Democracy**

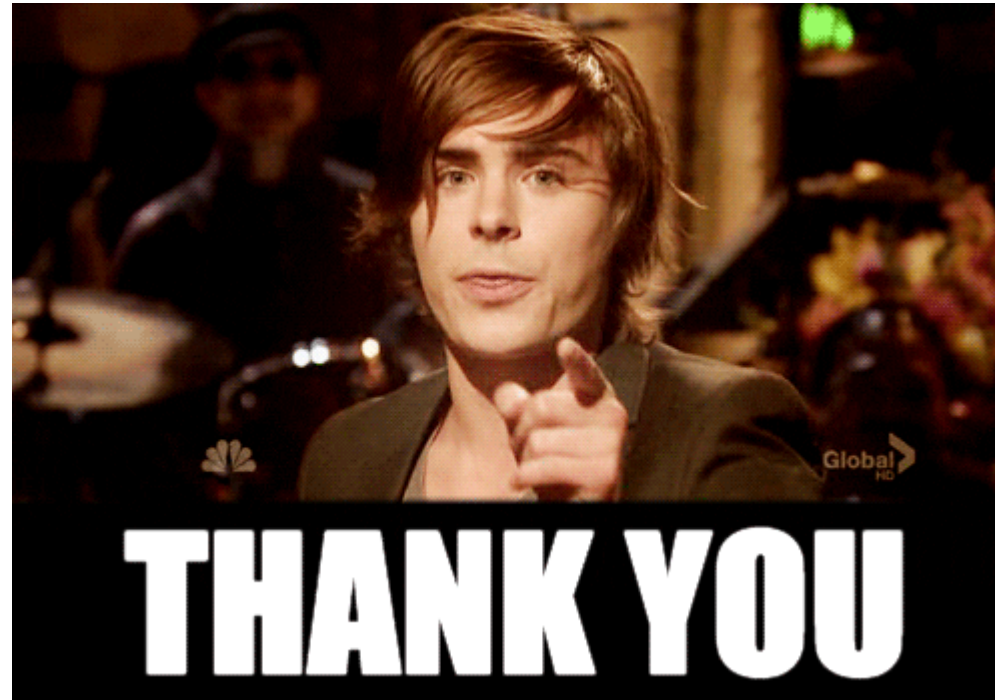


TUGAS 5: Membuat dan melaporkan SEM

- Unduh [Dataset Latihan SEM](#)
- Unduh [Kamus Data disini](#)
- Silahkan spesifikasi model SEM dari variabel yang tersedia di dataset. Satu model sedikitnya mengandung 2 variabel laten.
- *Export* datasetnya menjadi [.htm](#) kemudian

Unggah tugasnya di sini

Terima kasih banyak! 😊



Paparan disusun dengan menggunakan [R package xaringan](#) dengan *template* dan *fonts* dari [R-Ladies](#).

Chakra dibuat dengan [remark.js](#), [knitr](#), dan [R Markdown](#).