

Multigroup Structural Equation Modeling (SEM)

Menggunakan JASP: Bagian 5 - Dasar-Dasar SEM

Rizqy Amelia Zein

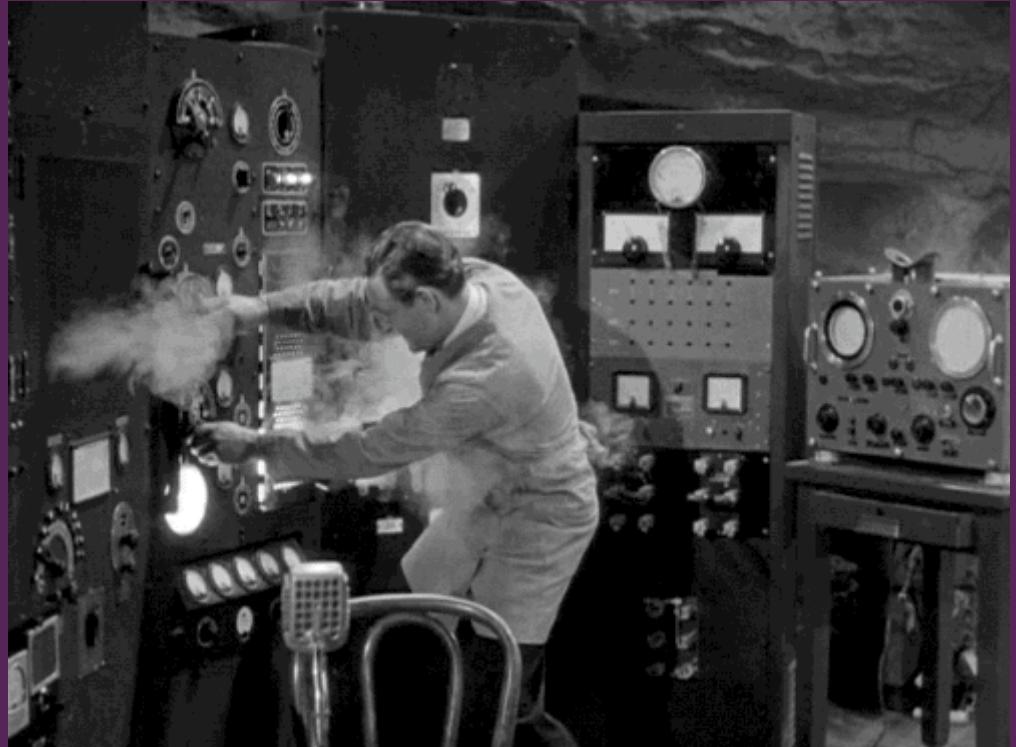
- Dosen, Fakultas Psikologi, Universitas Airlangga
- Anggota, #SainsTebuka Airlangga 🚀
- Relawan, INA-Rxiv
- Researcher-in-training, Institute for Globally Distributed Open Research and Education (IGDORE)

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*

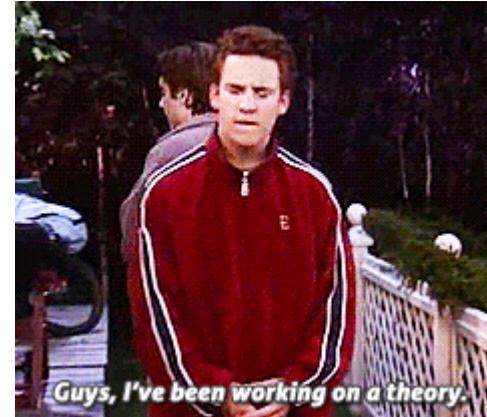
Langkah-langkah melakukan analisis SEM

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



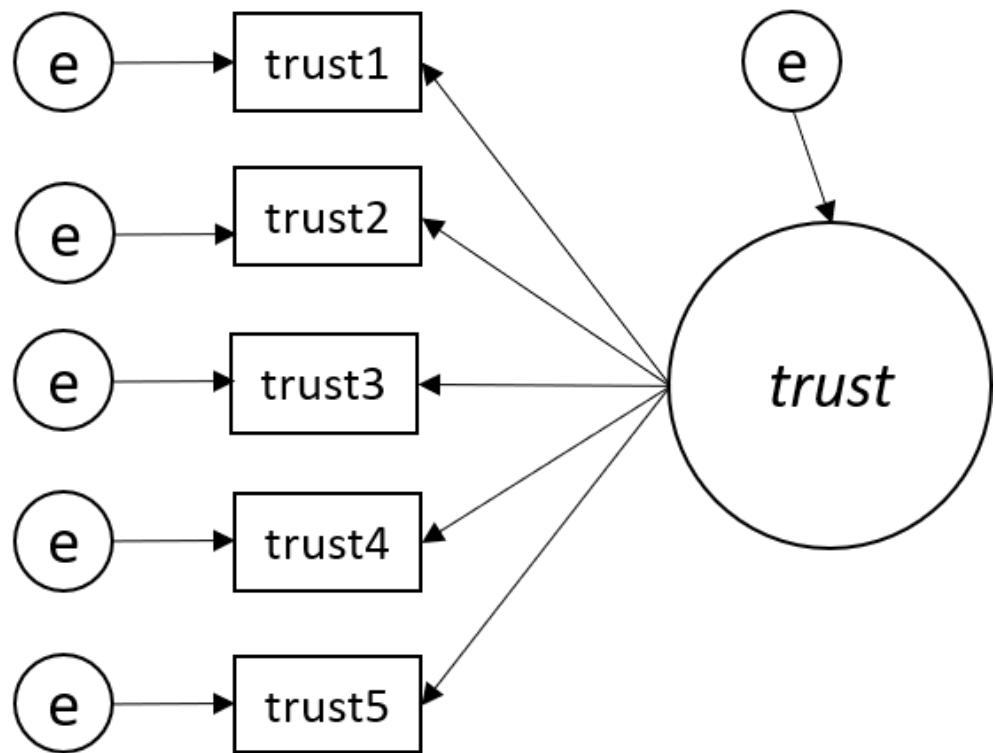
Spesifikasi model

- 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

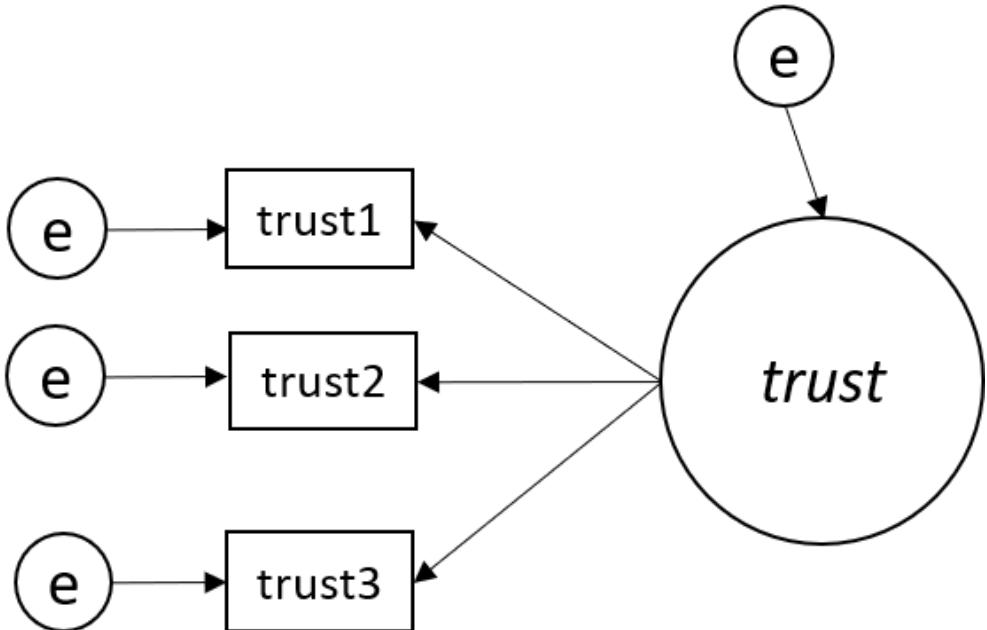


Identifikasi model

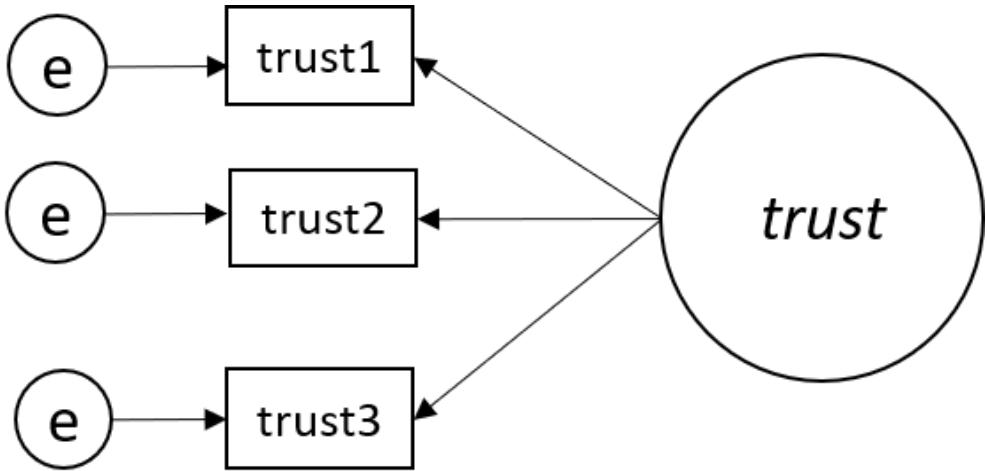
- Model dapat diidentifikasi apabila *degree of freedom (df) ≥ 0*
- Apabila $df = 0$, maka model tsb adalah *saturated model* atau *just-identified model*
 - Jumlah 'informasi yang diketahui' dan 'tidak diketahui' sama persis
 - Tidak bisa difalsifikasi, hampir 'selalu tepat', tetapi 'selalu salah'
- 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* Θ 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*)

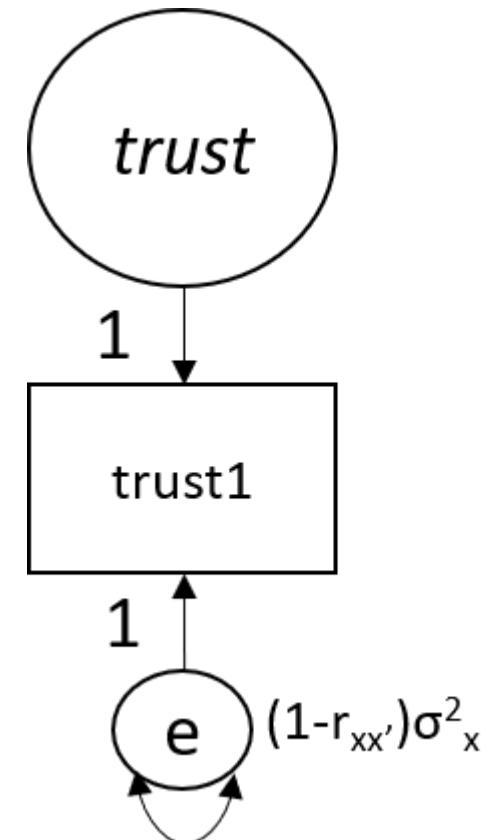
Kesimpulan



- 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 *errornya* 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 model*nya 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 $p\text{-value}$ 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* (χ^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 χ^2
- Selain χ^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 pinalti pada kompleksitas model, sehingga umumnya model dengan jalur yang lebih banyak (sehingga df nya lebih kecil) akan mendapat pinalti
- 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'a 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-value*nya.
 - *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* mendekati 1 = *better fit*
 - *Adjusted Goodness of Fit Index* merupakan *parsimony adjustment* dari GFI, mendekati 1 = *better fit*
 - *Parsimony Goodness of Fit Index* mendekati 1 = *better fit*
 - *Hoelter's Critical n* 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*

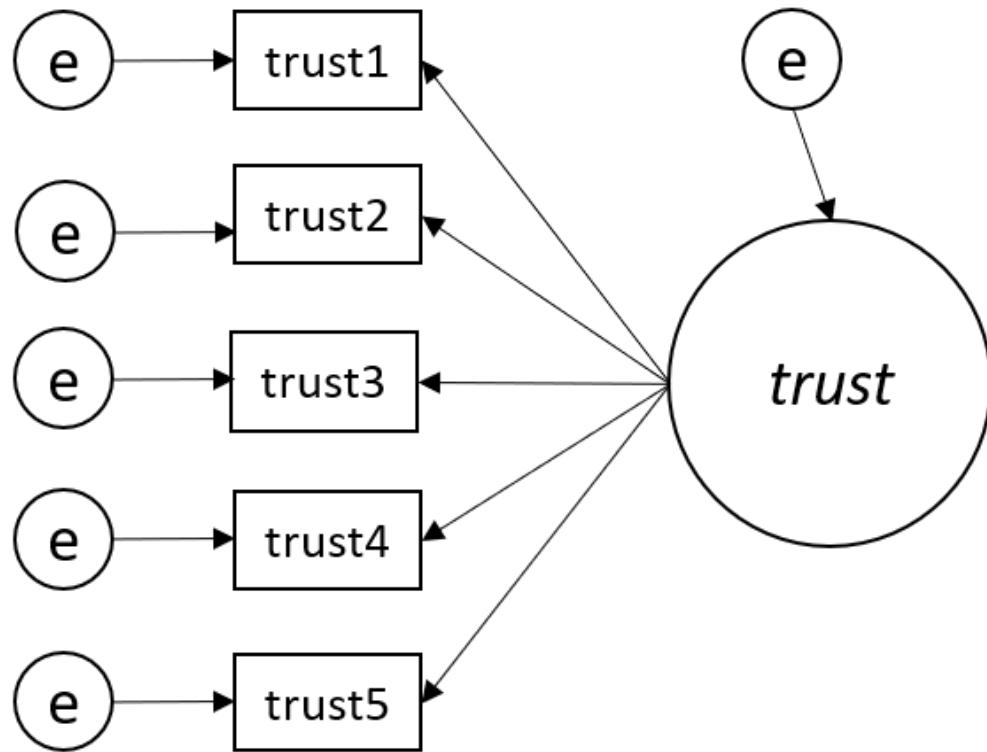
Parameter fit

- 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 mempertimbangkan 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 \Leftrightarrow 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(rmse0 = 0.05, rmseaA =  
## [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** (χ^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  package **xaringan** dengan *template* dan *fonts* dari R-Ladies.

Chakra dibuat dengan **remark.js**, **knitr**, dan R Markdown.