

**MODEL PERSAMAAN STRUKTURAL MENGGUNAKAN METODE
ESTIMASI *DIAGONALLY WEIGHTED LEAST SQUARE* (DWLS)
(Studi Kasus Kepuasan Mahasiswa FMIPA Universitas Lampung
Terhadap Kinerja Dosen dalam Proses Perkuliahan)**

(Skripsi)

Oleh

Aulia Melinda
NPM 1857031005



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

STRUCTURAL EQUATION MODELING USING *DIAGONALLY WEIGHTED LEAST SQUARE* (DWLS) ESTIMATION METHOD (Case Study: Student Satisfaction of FMIPA University of Lampung on The Performance of Lecturers in The Lecture Process)

By

Aulia Melinda

Structural equation modeling is a statistical technique that is able to analyze pattern of simultan linear relationship between latent variables and indicator variables. The aim of this research to estimate the structural equation model using the Diagonally Weighted Least Square (DWLS) method and analyze effects between latent variables. The data that used is questionnaire data about student satisfaction of FMIPA University of Lampung on the performance of lecturers in the lecture process. Which consist of 3 latent variables and 16 indicator variables with a sample size of 500. Based on the results obtained that performance of the lecturers affects student satisfaction through intermediate variables that is quality of lectures with a total effect of 0,8564.

Keywords: structural equation modeling, diagonally weighted least square.

ABSTRAK

MODEL PERSAMAAN STRUKTURAL MENGGUNAKAN METODE ESTIMASI *DIAGONALLY WEIGHTED LEAST SQUARE* (DWLS) (Studi Kasus Kepuasan Mahasiswa FMIPA Universitas Lampung Terhadap Kinerja Dosen dalam Proses Perkuliahan)

Oleh

Aulia Melinda

Model persamaan struktural merupakan sebuah metode statistika yang mampu menganalisis pola hubungan linear secara simultan antara variabel laten dan variabel indikator. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi model persamaan struktural menggunakan metode *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS) dan menganalisis pengaruh total antar variabel laten. Data yang digunakan merupakan data kuisioner tentang kepuasan mahasiswa FMIPA Universitas Lampung terhadap kinerja dosen dalam proses perkuliahan, yang terdiri dari 3 variabel laten dan 16 variabel indikator dengan sampel berukuran 500. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kinerja dosen mempengaruhi kepuasan mahasiswa melalui variabel perantara yaitu kualitas perkuliahan dengan pengaruh total sebesar 0,8564.

Kata kunci: model persamaan struktural, *diagonally weighted least square*.

**MODEL PERSAMAAN STRUKTURAL MENGGUNAKAN METODE
ESTIMASI *DIAGONALLY WEIGHTED LEAST SQUARE* (DWLS)
(Studi Kasus Kepuasan Mahasiswa FMIPA Universitas Lampung
Terhadap Kinerja Dosen dalam Proses Perkuliahan)**

Oleh

Aulia Melinda

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

: **MODEL PERSAMAAN STRUKTURAL
MENGUNAKAN METODE ESTIMASI *DIAGONALLY
WEIGHTED LEAST SQUARE (DWLS)*
(Studi Kasus Kepuasan Mahasiswa FMIPA
Universitas Lampung Terhadap Kinerja
Dosen dalam Proses Perkuliahan)**

Nama Mahasiswa

: **Aulia Melinda**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1857031005**

Jurusan

: **Matematika**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Drs. Eri Setiawan, M.Si.
NIP 19581101 198803 1 002

Subian Saidi, S.Si., M.Si.
NIP 19800821 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

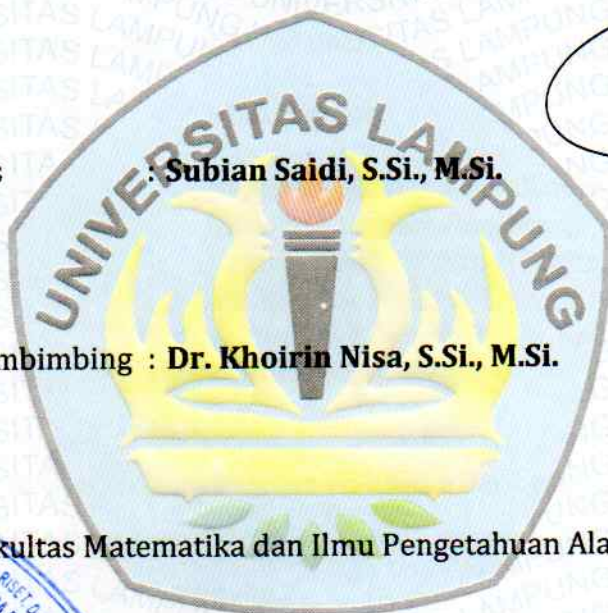
Ketua : Drs. Eri Setiawan, M.Si.



Sekretaris : Subian Saidi, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Surtpto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Juli 2022

PERNYATAAN MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Aulia Melinda**

Nomor Induk Mahasiswa : **1857031005**

Jurusan : **Matematika**

Judul Skripsi : **Model Persamaan Struktural Menggunakan Metode Estimasi *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS) (Studi Kasus Kepuasan Mahasiswa FMIPA Universitas Lampung Terhadap Kinerja Dosen dalam Proses Perkuliahan)**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 07 Juli 2022



Aulia Melinda
NPM. 1857031005

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Aulia Melinda, putri kedua dari empat bersaudara yang dilahirkan di Pandeglang pada tanggal 5 Mei 2000 dari pasangan Bapak Ari Prayitno dan Ibu Rohimah.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Darul Bayan pada tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) di SD Islam Darul Bayan pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Panimbang pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Pandeglang pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN Barat. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Himpunan Matematika Jurusan Matematika (HIMATIKA) FMIPA Unila pada periode 2019 dan 2020 sebagai anggota biro dana dan usaha.

Di awal tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri selama 40 hari di Desa Cipicung, Kecamatan Cikedal, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Kemudian pada pertengahan tahun 2021, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT PLN Unit Induk Distribusi Lampung pada bagian Unit Pelaksana Proyek dan Ketenagalistrikan Lampung.

KATA INSPIRASI

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah : 6)

“Adalah baik untuk merayakan kesuksesan, tetapi hal yang lebih penting adalah untuk mengambil pelajaran dari suatu kegagalan.”

(Bill Gates)

“Kapasitas untuk belajar adalah anugerah, kesanggupan untuk belajar adalah kecakapan dan keinginan belajar adalah pilihan.”

(Brian Herbert)

“Hidup seperti bersepeda, jika kamu ingin menjaga keseimbanganmu maka kamu harus terus bergerak maju.”

(Albert Einstein)

“ Ilmu akan menghidupkan jiwa.”

(Ali bin Abi Thalib)

PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah hirobbil'alamin,
Puji dan syukur atas rahmat dan ridho Allah SWT
Ku persembahkan karya sederhana ini untuk:*

*Papa dan Mama tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, arahan,
motivasi serta doa yang tiada henti untuk keberhasilan ini. Terimakasih
yang tiada terhingga untuk Papa dan Mama telah menjadi
pembimbing hidup yang terbaik sampai saat ini.*

*Kepada kakak dan kedua adik tersayang yang senantiasa mengajarkan banyak
hal, memberikan dukungan, bantuan serta kasih sayang yang luar biasa.*

*Dosen-dosen pembimbing dan penguji yang telah memberikan bimbingan, arahan
dan saran terbaiknya dalam proses penyelesaian penulisan skripsi ini.*

*Sahabat dan seluruh teman-teman yang telah membantu, mendukung dan
memberi semangat selama ini.*

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi dengan judul “**Model Persamaan Struktural menggunakan Metode Estimasi *Diagonally Weighted Least Square (DWLS)* pada Studi Kasus: Kepuasan Mahasiswa Fmipa Universitas Lampung terhadap Kinerja Dosen dalam Proses Perkuliahan**” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Matematika di Universitas Lampung. Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu dalam memberikan bimbingan, arahan, dukungan dan motivasi kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Eri Setiawan, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu dan membimbing, serta memotivasi penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Subian Saidi, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa., M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan evaluasi kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Ibu Widiarti., S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung
7. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung
8. Papa dan Mama tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang dan mendukung serta selalu mendoakan. Kakak dan kedua Adik tercinta yang selalu memberikan kebahagiaan dan semangat.
9. Riki Amudra yang telah memberikan banyak bantuan dan motivasi.
10. Atma Rahmawati, Bernie Fitria, Gusti Ayu, Merry Laraswati, Reajeng Ayu, Rika Tanisia, Sherlina Yulianti, Sulistian Oskavina, Ulfah Sundari dan Vina Mustika, yang selalu menjadi pendengar yang baik dan memberikan semangat serta kenangan.
11. Teman-teman Jurusan Matematika angkatan 2018 dan semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik.

Bandar Lampung, 07 Juli 2022

Penulis,

Aulia Melinda

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Uji Validitas	4
2.2 Uji Reliabilitas.....	5
2.3 Model Persamaan Struktural	5
2.4 Variabel dalam Model Persamaan Struktural	6
2.4.1 Variabel Laten	6
2.4.2 Variabel Teramati	7
2.5 Model dalam Model Persamaan Struktural	7
2.5.1 Model Struktural	7
2.5.2 Model Pengukuran	8
2.6 Matriks Kovarian Model Persamaan Struktural	9
2.7 Estimasi Parameter	12
2.8 Metode <i>Diagonally Weighted Least Square</i> (DWLS).....	13
2.9 Indeks Kecocokan Model.....	15
2.10 Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total.....	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Data Penelitian	19
3.3 Metode Penelitian.....	21

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Uji Validitas Data Kuisisioner	24
4.2 Uji Reliabilitas Data Kuisisioner	25
4.3 Spesifikasi Model.....	25
4.3.1 Model Struktural	26
4.3.2 Model Pengukuran	27
4.4 Konstruksi Diagram Jalur.....	28
4.5 Estimasi Parameter Metode <i>Diagonally Weighted Least Square</i> (DWLS).....	29
4.5.1 Mencari Rumus Estimasi Parameter	29
4.5.2 Estimasi Nilai Parameter	35
4.6 Uji Kecocokan Keseluruhan Model	38
4.7 Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total.....	40
4.7.1 Pengaruh Langsung	40
4.7.2 Pengaruh Tidak Langsung.....	41
4.7.3 Pengaruh Total	42
V. KESIMPULAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Variabel Penelitian	20
2. Uji Validitas.....	24
3. Uji Reliabilitas	25
4. Nilai Muatan-muatan Faktor atau <i>Loading Factor</i>	36
5. Nilai Galat Pengukuran	36
6. Uji Kecocokan Keseluruhan Model	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Variabel Laten Eksogen dan Endogen.....	7
2. Simbol Variabel Indikator	7
3. Model Konseptual Penelitian.....	21
4. Diagram Alur Metode Penelitian.....	23
5. Diagram Jalur Model Struktural	26
6. Diagram Jalur Model Pengukuran	27
7. Diagram Jalur Model Struktural dan Model Pengukuran.....	29
8. Diagram Jalur Hasil Estimasi Model dengan n=500	35
9. Pengaruh Langsung	40
10. Pengaruh Tidak Langsung	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Penelitian merupakan suatu proses dalam penyelidikan sistematis yang bertujuan untuk memberikan informasi dalam memecahkan masalah. Penelitian dilakukan dalam semua bidang. Dalam suatu penelitian, peneliti sering kali dihadapkan pada suatu masalah pengukuran data. Jenis data tersebut merupakan data kualitatif berupa kategori yang tidak dapat dihitung secara langsung sehingga dalam pengukurannya menggunakan beberapa indikator. Untuk melihat pola hubungan kausal antara variabel-variabel yang tidak dapat diukur secara langsung dan menduga hubungan lebih dari satu persamaan maka digunakan model persamaan struktural (*structural equation modelling*).

Structural Equation Modelling (SEM) pertama dikenalkan oleh seorang ilmuwan bernama Joreskog pada tahun 1970. SEM merupakan sebuah metode statistika yang mampu menganalisis pola hubungan antara variabel laten dan indikatornya, variabel laten yang satu dengan yang lainnya serta kesalahan pengukuran secara langsung. SEM memiliki dua komponen model utama, yaitu model pengukuran dan model struktural (Skronal dan Hesketh, 2004). Dalam SEM peneliti akan melakukan beberapa tahapan pendekatan standar antara lain spesifikasi model, identifikasi model, estimasi parameter model, uji kecocokan model dan modifikasi model (Hair, *et al.*, 1998).

Terdapat beberapa metode estimasi yang digunakan dalam SEM, salah satunya yaitu metode *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS). DWLS merupakan penduga konsisten. Keunggulan metode ini yaitu tidak bergantung pada asumsi normalitas data dan mempunyai sifat penduga yang tak bias.

Pendidikan mempunyai peranan yang sangat menentukan bagi pembangunan bangsa dan kebudayaan. Kemajuan suatu kebudayaan bergantung pada kualitas pendidikan yang diberikan. Dalam perguruan tinggi, untuk memberikan mutu perkuliahan yang baik harus melakukan perbaikan yang berkelanjutan yaitu dengan mengetahui kualitas yang dirasakan oleh mahasiswa. Kepuasan mahasiswa terkait erat dengan kesesuaian antara harapan dan kenyataan dari kualitas perkuliahan yang didapatkan. Salah satu pintu masuk untuk pengukuran kepuasan mahasiswa adalah kinerja dosen dalam proses perkuliahan. Evaluasi kepuasan mahasiswa ini dapat digunakan untuk mengetahui mutu pelaksanaan kegiatan perkuliahan yang dapat dievaluasi secara periodik.

Pada penelitian sebelumnya terkait penerapan SEM dengan metode DWLS telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya yaitu Setiawan, *et al.* (2018) yang membahas tentang pemodelan persamaan struktural untuk berbagai ukuran sampel pada studi kasus kualitas pelayanan perpustakaan unila yang melibatkan 12 variabel indikator dengan ukuran sampel 78 dan 171, penelitian selanjutnya dilakukan oleh Isnayanti, *et al.* (2019) yang membahas tentang pemodelan persamaan struktural dengan metode DWLS untuk data ordinal pada studi kasus pengguna jasa kereta api majapahit malang-pasar senen yang melibatkan 15 variabel indikator dengan ukuran sampel 200.

Dalam penelitian ini, peneliti akan mengkaji tentang model persamaan struktural menggunakan metode DWLS pada data hasil survei kuisisioner mengenai kepuasan mahasiswa terhadap kinerja dosen dalam proses perkuliahan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang melibatkan 3 variabel laten dan 16 variabel indikator.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan estimasi menggunakan metode *Diagonally Weighted Least Square* pada model persamaan struktural serta menganalisis pengaruh total antar variabel laten dari data kepuasan mahasiswa FMIPA Universitas Lampung terhadap kinerja dosen dalam proses perkuliahan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan bagi penulis maupun pembaca mengenai penerapan metode DWLS dalam model persamaan struktural.
2. Mengetahui estimasi parameter menggunakan metode DWLS pada model persamaan struktural.
3. Mengetahui besarnya pengaruh total antar variabel laten dalam model persamaan struktural dari data kepuasan mahasiswa FMIPA Universitas Lampung terhadap kinerja dosen dalam proses perkuliahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Validitas

Menurut Arikunto (2010), validitas merupakan suatu ukuran yang menunjukkan tingkatan-tingkatan kevalidan atau kesahihan suatu instrumen dalam hal ini kuesioner. Uji validitas digunakan untuk mengukur ketepatan suatu instrumen. Instrumen yang valid adalah instrumen yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak diukur (Janti, 2014).

Suatu instrumen yang valid atau sah memiliki validitas yang tinggi, sedangkan instrumen yang kurang valid berarti memiliki validitas yang rendah. Pengujian validitas dilakukan dengan menggunakan rumus korelasi Pearson yang dikemukakan oleh Pearson, yaitu sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (2.1)$$

dengan:

r_{xy} = koefisien korelasi pearson

N = jumlah subjek uji coba

$\sum X$ = jumlah skor butir

$\sum Y$ = skor total

Selanjutnya angka korelasi yang diperoleh dibandingkan dengan angka kritik tabel korelasi nilai r_{tabel} . Apabila nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ maka pertanyaan tersebut valid, dan sebaliknya apabila nilai $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka pertanyaan tersebut tidak valid.

2.2 Uji Reliabilitas

Menurut Arikunto (2010), reliabilitas merujuk pada satu pengertian bahwa suatu instrumen cukup dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data karena instrumen tersebut sudah baik. Dalam pengujian untuk mencari reliabilitas instrumen yang skornya bukan 0 dan 1, rumus yang digunakan adalah rumus *Cronbach Alpha* sebagai berikut:

$$r_{11} = \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (2.2)$$

dengan:

- r_{11} = koefisien reliabilitas instrumen (*Cronbach Alpha*)
- k = jumlah butir pertanyaan
- $\sum \sigma_b^2$ = jumlah varians butir
- σ_t = varians total

Selanjutnya, angka koefisien reliabilitas atau *Cronbach Alpha* yang diperoleh dibandingkan dengan kriteria koefisien reliabilitas yang reliabel. Suatu instrumen dikatakan reliabel apabila nilai koefisien reliabilitas (r_{11}) berada di antara 0,70-0,90 (Yusup, 2018).

2.3 Model Persamaan Struktural

Menurut Widagdo dan Widayat (2011), model persamaan struktural merupakan suatu teknik statistika yang digunakan untuk membangun dan menguji model statistika yang biasanya berbentuk model sebab-akibat yaitu perubahan pada satu variabel berdampak pada variabel lainnya. SEM memungkinkan dilakukannya analisis di antara beberapa variabel dependen dan independen secara langsung. Dari segi metodologi, SEM memainkan berbagai peran, salah satunya dapat menguji hubungan kausal antara variabel dengan sistem persamaan linear. Hubungan kausal tersebut umumnya dinyatakan dalam suatu diagram yaitu diagram jalur (Setiawan, *et al.*, 2016).

Menurut Ramadiani (2010), SEM mengandung dua jenis variabel, dua jenis model, serta dua jenis kesalahan. Secara umum, model persamaan struktural didefinisikan sebagai berikut: Misalkan vektor acak $\boldsymbol{\eta}^T = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m)$ dan $\boldsymbol{\xi}^T = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ berturut-turut adalah variabel laten endogen dan eksogen yang membentuk persamaan simultan dengan sistem hubungan persamaan linear (Bollen, *et al.*, 1989).

$$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{B}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \quad (2.3)$$

dengan:

\mathbf{B} = matriks koefisien $\boldsymbol{\eta}$ berukuran $m \times m$

$\boldsymbol{\Gamma}$ = matriks koefisien $\boldsymbol{\xi}$ berukuran $m \times n$

$\boldsymbol{\eta}$ = vektor peubah laten endogen berukuran $m \times 1$

$\boldsymbol{\xi}$ = vektor peubah laten eksogen berukuran $n \times 1$

$\boldsymbol{\zeta}$ = vektor galat pada persamaan struktural berukuran $m \times 1$

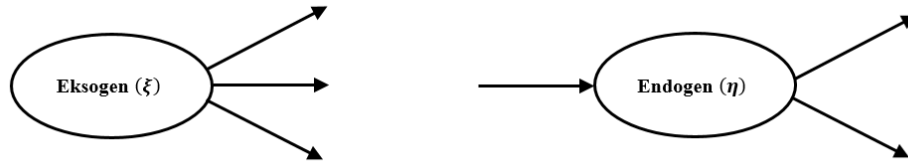
dengan asumsi $E(\boldsymbol{\eta}) = 0$, $E(\boldsymbol{\xi}) = 0$, $E(\boldsymbol{\zeta}) = 0$; $\boldsymbol{\zeta}$ tidak berkorelasi dengan $\boldsymbol{\xi}$

2.4 Variabel dalam Model Persamaan Struktural

2.4.1 Variabel Laten

Variabel laten merupakan variabel yang hanya dapat diamati secara tidak langsung dan tidak sempurna melalui efeknya pada variabel teramati. Sebagai contoh: perilaku, sikap, perasaan, dan motivasi. Dalam SEM, terdapat dua jenis variabel laten, yaitu variabel laten endogen dan variabel laten eksogen. Variabel laten eksogen muncul sebagai variabel bebas dalam model, sedangkan variabel laten endogen merupakan variabel terikat pada paling sedikit satu persamaan dalam model. Simbol diagram lintasan dari variabel laten adalah lingkaran atau elips. Sedangkan simbol untuk menunjukkan hubungan kausal adalah anak panah. Variabel laten eksogen digambarkan sebagai lingkaran dengan semua anak panah menuju keluar, sedangkan variabel laten endogen digambarkan sebagai lingkaran yang paling sedikit ada satu anak panah masuk ke lingkaran tersebut.

Notasi matematika dari variabel laten eksogen adalah huruf Yunani ξ (ksi) dan variabel laten endogen ditandai dengan huruf Yunan η (eta) (Wijanto, 2008).



Gambar 1. Variabel Laten Eksogen dan Endogen

2.4.2 Variabel Indikator

Menurut Wijanto (2008), variabel teramati atau variabel terukur merupakan variabel yang dapat diamati atau dapat diamati secara empiris dan sering disebut variabel indikator. Variabel teramati merupakan efek atau ukuran dari variabel laten. Variabel teramati yang berkaitan atau merupakan efek dari variabel laten eksogen (ξ) diberi notasi dengan label X, sedangkan yang berkaitan dengan variabel laten endogen (η) diberi notasi dengan label Y.



Gambar 2. Simbol Variabel Indikator

2.5 Model dalam Model Persamaan Struktural

2.5.1 Model Struktural

Menurut Wijanto (2008), model struktural menggambarkan hubungan-hubungan yang ada di antara variabel-variabel laten. Sebuah hubungan di antara variabel-variabel laten serupa dengan sebuah persamaan regresi linear di antara variabel-variabel laten tersebut. Beberapa persamaan regresi linear tersebut membentuk sebuah persamaan simultan variabel-variabel laten.

Parameter yang menunjukkan regresi variabel laten endogen eksogen diberi label dengan huruf Yunani γ (gamma), sedangkan untuk regresi variabel laten endogen diberi label dengan huruf Yunani β (beta).

Misalkan vektor acak $\boldsymbol{\eta}^T = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m)$ dan $\boldsymbol{\xi}^T = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ berturut-turut adalah variabel laten endogen dan eksogen membentuk persamaan simultan dengan sistem hubungan linear maka:

$$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{B}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \quad (2.4)$$

dengan:

\mathbf{B} = matriks koefisien $\boldsymbol{\eta}$ berukuran $m \times m$

$\boldsymbol{\Gamma}$ = matriks koefisien $\boldsymbol{\xi}$ berukuran $m \times n$

$\boldsymbol{\eta}$ = vektor peubah laten endogen berukuran $m \times 1$

$\boldsymbol{\xi}$ = vektor peubah laten eksogen berukuran $n \times 1$

$\boldsymbol{\zeta}$ = vektor galat pada persamaan struktural berukuran $m \times 1$

dengan asumsi $E(\boldsymbol{\eta}) = 0$, $E(\boldsymbol{\xi}) = 0$, $E(\boldsymbol{\zeta}) = 0$; $\boldsymbol{\zeta}$ tidak berkorelasi dengan

$\boldsymbol{\xi}$; $(\mathbf{I} - \mathbf{B})$ nonsingular

Menurut Bollen (1989), bentuk model persamaan struktural didapatkan dengan uraian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\eta} &= \mathbf{B}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \\ \boldsymbol{\eta} - \mathbf{B}\boldsymbol{\eta} &= \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \\ (\mathbf{I} - \mathbf{B})\boldsymbol{\eta} &= \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \\ \boldsymbol{\eta} &= (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta}) \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.5.2 Model Pengukuran

Model pengukuran digunakan untuk menduga hubungan antar variabel dengan variabel-variabel teramatinya. Wijanto (2008) mengatakan bahwa dalam model ini, variabel laten dimodelkan sebagai sebuah faktor yang mendasari variabel-variabel teramati yang terkait. Muatan-muatan faktor yang menghubungkan variabel laten dengan variabel-variabel teramati diberi label dengan huruf Yunani

λ (lambda). SEM mempunyai dua matriks Yunani λ (lambda) yang berbeda yaitu matriks sisi X dan matriks lainnya pada sisi Y. Notasi λ pada sisi X adalah λ_x (lambda X) dan pada sisi Y yang dinotasikan dengan λ_y (lambda Y).

Model pengukuran yang paling umum dalam aplikasi SEM ialah model pengukuran *kon-generik* (*congeneric measurement model*), dimana setiap ukuran atau variabel teramati hanya berhubungan dengan satu variabel laten, dan semua kovariansi diantara variabel-variabel teramati adalah sebagai akibat dari hubungan antar variabel teramati dan variabel laten.

Menurut Bollen (1998), vektor acak ξ dan η tidak dapat diukur secara langsung melainkan melalui variabel indikatornya yaitu variabel $\mathbf{Y}' = (y_1, y_2, \dots, y_p)$ dan $\mathbf{X}' = (x_1, x_2, \dots, x_q)$ yang diukur dengan model pengukuran, dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{X} = \Lambda_X \xi + \delta \quad (2.6)$$

$$\mathbf{Y} = \Lambda_Y \eta + \varepsilon \quad (2.7)$$

dengan:

\mathbf{X} = vektor variabel indikator dari variabel eksogen berukuran $q \times 1$

Λ_X = matriks koefisien \mathbf{X} terhadap ξ berukuran $q \times n$

δ = vektor galat pengukuran \mathbf{X} berukuran $q \times 1$

\mathbf{Y} = vektor variabel indikator dari variabel endogen berukuran $p \times 1$

Λ_Y = matriks koefisien \mathbf{Y} terhadap η berukuran $p \times n$

ε = vektor galat pengukuran \mathbf{Y} berukuran $p \times 1$

dengan asumsi $E(\eta) = 0, E(\xi) = 0, E(\varepsilon) = 0, E(\delta) = 0$; ε tidak

berkorelasi dengan η, ξ dan δ ; δ tidak berkorelasi dengan η, ξ dan ε .

2.6 Matriks Kovarian Model Persamaan Struktural

Matriks merupakan kumpulan bilangan-bilangan yang disusun secara khusus dalam bentuk baris dan kolom sehingga membentuk persegi (Anton & Rorres, 2004). Jika Φ adalah matriks kovarian bagi ξ , Ψ adalah matriks kovarian bagi ζ ,

Θ_ε adalah matriks kovarian bagi ε , dan Θ_δ adalah matriks kovarian bagi δ . Maka matriks kovarian dari η adalah sebagai berikut (Timm, 2002):

$$\begin{aligned}
\Sigma \eta \eta &= \text{Cov}(\eta, \eta) \\
&= E[\eta \eta'] \\
&= E\left[\left((\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi + \zeta)\right)\left(\left((\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi + \zeta)\right)'\right)\right] \\
&= E\left[(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi + \zeta)(\Gamma \xi + \zeta)'(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\right] \\
&= E\left[(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi + \zeta)(\Gamma' \xi' + \zeta)'(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\right] \\
&= E\left[(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi \zeta' + \Gamma \xi \xi' \Gamma + \zeta \zeta' + \zeta \xi' \Gamma)'(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\right] \\
&= (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}[E(\Gamma \xi \zeta') + E(\Gamma \xi \xi' \Gamma) + E(\zeta \zeta') + E(\zeta \xi' \Gamma)](\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}' \\
&= (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \Phi \Gamma' + \Psi)(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}' \tag{2.8}
\end{aligned}$$

Matriks kovarian bagi η dan ξ

$$\begin{aligned}
\Sigma \eta \xi &= \text{Cov}(\eta, \xi) \\
&= E[\eta \xi'] \\
&= E\left[(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi + \zeta) \xi'\right] \\
&= (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}E(\Gamma \xi \xi' + \zeta \xi') \\
&= (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \Gamma \Phi \tag{2.9}
\end{aligned}$$

Matriks kovarian bagi ξ dan η

$$\begin{aligned}
\Sigma \xi \eta &= \text{Cov}(\xi, \eta) \\
&= E[\xi \eta'] \\
&= E\left[\xi \left((\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma \xi + \zeta)\right)'\right] \\
&= E\left[\xi \left((\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \Gamma \xi + (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \zeta\right)'\right] \\
&= E\left[\xi \xi' \Gamma' (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}' + \xi \zeta' (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}'\right] \\
&= \Phi \Gamma' (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}' \tag{2.10}
\end{aligned}$$

Matriks kovarian bagi X dan Y ke dalam 4 bagian dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_{YY} & \Sigma_{YX} \\ \Sigma_{XY} & \Sigma_{XX} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma_{YY} &= \text{Cov}(Y, Y) \\
&= E[YY'] \\
&= E[(\Lambda_Y \eta + \varepsilon)(\Lambda_Y \eta + \varepsilon)'] \\
&= E[(\Lambda_Y \eta + \varepsilon)(\eta' \Lambda_Y' + \varepsilon')] \\
&= E[\Lambda_Y \eta \eta' \Lambda_Y' + \Lambda_Y \eta \varepsilon' + \varepsilon \eta' \Lambda_Y' + \varepsilon \varepsilon'] \\
&= \Lambda_Y E(\eta \eta') \Lambda_Y' + \Lambda_Y E(\eta \varepsilon') + \Lambda_Y' E(\varepsilon \eta') + E(\varepsilon \varepsilon') \\
&= \Lambda_Y (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} (\mathbf{\Gamma} \mathbf{\Phi} \mathbf{\Gamma}' + \mathbf{\Psi}) ((\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1})' \Lambda_Y' + \mathbf{\Theta}_\varepsilon
\end{aligned} \tag{2.11}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma_{YX} &= \text{Cov}(Y, X) \\
&= E[YX'] \\
&= E[(\Lambda_Y \eta + \varepsilon)(\Lambda_X \xi + \delta)'] \\
&= E[(\Lambda_Y \eta + \varepsilon)(\xi' \Lambda_X' + \delta')] \\
&= E[\Lambda_Y \eta \xi' \Lambda_X' + \Lambda_Y \eta \delta' + \varepsilon \xi' \Lambda_X' + \varepsilon \delta'] \\
&= \Lambda_Y E(\eta \xi') \Lambda_X' + \Lambda_Y E(\eta \delta') + \Lambda_X' E(\varepsilon \xi') + E(\varepsilon \delta') \\
&= \Lambda_Y (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \mathbf{\Gamma} \mathbf{\Phi} \Lambda_X'
\end{aligned} \tag{2.12}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma_{XY} &= \text{Cov}(X, Y) \\
&= E[XY'] \\
&= E[(\Lambda_X \xi + \delta)(\Lambda_Y \eta + \varepsilon)'] \\
&= E[(\Lambda_X \xi + \delta)(\eta' \Lambda_Y' + \varepsilon')] \\
&= E[\Lambda_X \xi \eta' \Lambda_Y' + \Lambda_X \xi \varepsilon' + \delta \eta' \Lambda_Y' + \delta \varepsilon'] \\
&= \Lambda_X E(\eta \eta') \Lambda_Y' + \Lambda_X E(\eta \varepsilon') + \Lambda_Y' E(\delta \eta') + E(\delta \varepsilon') \\
&= \Lambda_X \mathbf{\Phi} \mathbf{\Gamma}' ((\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1})' \Lambda_Y'
\end{aligned} \tag{2.13}$$

$$\begin{aligned}
\Sigma_{XX} &= \text{Cov}(X, X) \\
&= E[XX'] \\
&= E[(\Lambda_X \xi + \delta)(\Lambda_X \xi + \delta)'] \\
&= E[(\Lambda_X \xi + \delta)(\xi' \Lambda_X' + \delta')] \\
&= E[\Lambda_X \xi \xi' \Lambda_X' + \Lambda_X \xi \delta' + \delta \xi' \Lambda_X' + \delta \delta'] \\
&= \Lambda_X E(\xi \xi') \Lambda_X' + \Lambda_X E(\xi \delta') + \Lambda_X' E(\delta \xi') + E(\delta \delta') \\
&= \Lambda_X \mathbf{\Phi} \Lambda_X' + \mathbf{\Theta}_\delta
\end{aligned} \tag{2.14}$$

Matriks kovarian Σ dapat dinyatakan dalam parameter model θ , yaitu:

$$\Sigma = \Sigma_{\theta}$$

$$\Sigma_{\theta} = \begin{bmatrix} \Lambda_Y(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}(\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi)(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1})'\Lambda'_Y + \Theta_{\varepsilon} & \Lambda_Y(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\Gamma\Phi\Lambda'_X \\ \Lambda_X\Phi\Gamma'(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1})'\Lambda'_Y & \Lambda_X\Phi\Lambda'_X + \Theta_{\delta} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

2.7 Estimasi Parameter

Estimasi terhadap model digunakan untuk memperoleh nilai dari parameter-parameter yang ada di dalam model. Dalam model persamaan struktural estimasi parameter digunakan untuk memperoleh dugaan dari setiap parameter yang dispesifikasikan dalam model yang membentuk matriks $\Sigma(\theta)$ sedemikian sehingga nilai parameter sedekat mungkin dengan nilai yang ada dalam matriks \mathbf{S} (matriks kovarian sampel dari peubah teramati). Matriks kovarian sampel (\mathbf{S}) digunakan untuk mewakili matriks kovarian populasi (Σ) karena matriks kovarian populasi tidak diketahui. Berdasarkan hipotesis nol diusahakan agar selisih \mathbf{S} dengan $\Sigma(\theta)$ mendekati atau sama dengan nol. Hal ini dapat dilakukan dengan meminimumkan fungsi $\mathbf{F}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta))$ melalui iterasi (Wijanto, 2008).

Menurut Bollen (1998), beberapa karakteristik dari $\mathbf{F}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta))$ sebagai berikut:

1. $\mathbf{F}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta))$ adalah skalar
2. $\mathbf{F}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta)) \geq 0$
3. $\mathbf{F}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta)) = 0$ jika dan hanya jika $\Sigma(\theta) = \mathbf{S}$
4. $\mathbf{F}(\mathbf{S}, \Sigma(\theta))$ adalah kontinu dalam \mathbf{S} dan $\Sigma(\theta)$

Estimasi terhadap model dapat dilakukan menggunakan salah satu metode estimasi yang tersedia. Metode-metode pendugaan yang dapat digunakan dalam model persamaan struktural adalah *Instrumental Variable* (IV), metode kuadrat terkecil umum (*Generalized Least Square*, GLS), *Maximum Likelihood* (ML), metode kuadrat terkecil terboboti (*Weighted Least Square*, WLS) dan metode kuadrat terkecil terboboti diagonal (*Diagonally Weighted Least Square*, DWLS).

2.8 Metode *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS)

Metode *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS) atau metode kuadrat terkecil terboboti diagonal diperoleh dengan mengimplementasikan atau menggunakan diagonal bobot matrik \mathbf{W} dari penduga WLS dengan meminimumkan fungsi:

$$\mathbf{F}_{\text{DWLS}}(\boldsymbol{\theta}) = (\mathbf{s} - \boldsymbol{\sigma})' \text{diag}(\mathbf{W})^{-1}(\mathbf{s} - \boldsymbol{\sigma}) \quad (2.16)$$

dengan \mathbf{s}' adalah vektor yang memuat unsur-unsur segitiga bawah serta diagonal matriks kovarian sampel \mathbf{S} sebagai penduga parameter. Sedangkan $\boldsymbol{\sigma}'$ adalah vektor yang memuat unsur-unsur segitiga bawah serta diagonal matriks kovarian $\Sigma(\boldsymbol{\theta})$ pada model. Matriks \mathbf{S} dan $\boldsymbol{\sigma}$ merupakan matriks simetris dan definit positif. \mathbf{W}^{-1} adalah invers dari matriks pembobot \mathbf{W} bagi matriks galat yang merupakan matriks varian asimtotik yang elemennya dituliskan $\mathbf{W}_{i,i,k,k}$ (Joreskog, 1996).

Metode DWLS merupakan suatu metode yang tidak terpengaruh oleh dilanggarnya normalitas multivariat. DWLS dapat menjadi kurang stabil apabila dipakai untuk model yang besar dan sampel yang kecil (Joreskog & Sorbom, 1998). Kelemahan metode ini adalah jumlah variabel dalam model harus sedikit yaitu kurang dari 20 variabel (Mindrila, 2010).

Untuk memperoleh penduga kuadrat terkecil terboboti diagonal, mula-mula dari model persamaan struktural, yaitu:

$$\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\beta}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \quad (2.17)$$

Dari persamaan (2.17) diperoleh galat yaitu:

$$\boldsymbol{\zeta} = \boldsymbol{\eta} - \boldsymbol{\beta}\boldsymbol{\xi}$$

Kemudian substitusikan galat pada persamaan (2.17) ke dalam persamaan (2.16), sehingga diperoleh jumlah kuadrat sisaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
F_{DWLS} &= \boldsymbol{\zeta}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\zeta} \\
&= (\boldsymbol{\eta} - \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi})' \text{diag} (W^{-1}) (\boldsymbol{\eta} - \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi}) \\
&= (\boldsymbol{\eta} - \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi})' (\text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} - \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi}) \\
&= \boldsymbol{\eta}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} - \boldsymbol{\eta}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} - \boldsymbol{\xi}' \widehat{\boldsymbol{\beta}}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} + \\
&\quad \boldsymbol{\xi}' \widehat{\boldsymbol{\beta}}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} \\
&= \boldsymbol{\eta}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} - 2 \boldsymbol{\xi}' \widehat{\boldsymbol{\beta}}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\xi}' \widehat{\boldsymbol{\beta}}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} \quad (2.18)
\end{aligned}$$

Karena $\boldsymbol{\eta}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi}$ merupakan suatu skalar, bentuk itu sama dengan transposenya yaitu, $\widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta}$.

Untuk memperoleh penduga sehingga jumlah kuadrat sisa sekecil mungkin, maka diferensialkan persamaan (2.18) terhadap $\widehat{\boldsymbol{\beta}}$, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial F_{DWLS}}{\partial \widehat{\boldsymbol{\beta}}} = -2 \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} + 2 \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} \quad (2.19)$$

dengan meminimumkan $\frac{\partial F_{DWLS}}{\partial \widehat{\boldsymbol{\beta}}} = \mathbf{0}$ maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
-2 \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} + 2 \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} &= \mathbf{0} \\
\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} &= \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} \\
(\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \widehat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\xi} &= (\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} \\
\widehat{\boldsymbol{\beta}} &= (\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta} \quad (2.20)
\end{aligned}$$

$\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ adalah penduga tak bias dari $\boldsymbol{\beta}$, dengan $\mathbf{E}(\boldsymbol{\zeta}) = \mathbf{0}$

Bukti:

$$\begin{aligned}
\mathbf{E}(\widehat{\boldsymbol{\beta}}) &= \mathbf{E}((\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\eta}) \\
&= (\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \mathbf{E}(\boldsymbol{\eta}) \\
&= (\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \mathbf{E}(\boldsymbol{\beta} \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta}) \\
&= (\boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\xi})^{-1} \boldsymbol{\xi}' \text{diag} (W^{-1}) \boldsymbol{\beta} \boldsymbol{\xi} \\
&= \boldsymbol{\beta}
\end{aligned}$$

2.9 Indeks Kecocokan Model

Uji kecocokan keseluruhan model ditunjukkan untuk mengevaluasi secara umum derajat kecocokan atau *Goodness Of Fit* (GOF) antara data dengan model. Secara keseluruhan GOF terdapat 3 bagian, yaitu uji kecocokan absolut, uji kecocokan inkremental dan uji kecocokan parsimoni.

1. Uji Kecocokan Absolut

Menurut Wijanto (2008), uji kecocokan absolut menentukan derajat prediksi model keseluruhan terhadap matriks korelasi dan kovarian. Dari berbagai uji kecocokan absolut, uji-uji yang biasanya digunakan untuk mengevaluasi model persamaan struktural adalah sebagai berikut:

a. *Chi-square* (χ^2)

Chi-square digunakan untuk menguji seberapa dekat kecocokan antara matrik kovarian sampel \mathbf{S} dengan matrik kovarian model $\Sigma(\boldsymbol{\theta})$ untuk model terbaik.

Uji statistik derajat kecocokan χ^2 dirumuskan sebagai berikut:

$$\chi^2 = (n - 1)F[S, \Sigma(\hat{\boldsymbol{\theta}})] \quad (2.21)$$

dengan $F[S, \Sigma(\hat{\boldsymbol{\theta}})]$ adalah nilai minimum dari fungsi F untuk model yang dihipotesiskan. Nilai χ^2 yang diharapkan adalah nilai yang relatif kecil, yang menghasilkan *significance level* lebih besar atau sama dengan 0,05 ($p \geq 0,05$). Hal tersebut menandakan hipotesis nol diterima dan matriks input yang diprediksi sama dengan yang sebenarnya. Meskipun demikian, jika nilai χ^2 relatif besar dan *significance level* lebih kecil atau dari 0,05 ($p \leq 0,05$) yang berarti menandakan hipotesis nol ditolak, tidak serta merta menandakan bahwa matriks input yang diprediksi tidak sama dengan matriks input yang sebenarnya.

b. *Non-Centrality Parameter* (NCP)

NCP merupakan ukuran perbedaan antara Σ dengan $\Sigma(\theta)$ yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$NCP = \chi^2 - df \quad (2.22)$$

Semakin besar perbedaan antara Σ dengan $\Sigma(\theta)$ maka semakin besar nilai NCP. Jadi, NCP diharapkan adalah nilai yang kecil atau rendah.

c. *Goodness of Fit Index* (GFI)

GFI dapat diklasifikasikan sebagai ukuran kecocokan absolut, karena pada dasarnya GFI membandingkan model yang dihipotesiskan dengan tidak ada model sama sekali ($\Sigma(0)$). Rumus dari GFI adalah sebagai berikut:

$$GFI = 1 - \frac{\hat{F}}{F_0} \quad (2.23)$$

dengan:

\hat{F} : Nilai minimum dari F untuk model yang dihipotesiskan

F_0 : Nilai minimum dari F, ketika tidak ada model yang dihipotesiskan

Nilai GFI berkisar antara 0 sampai 1, dengan nilai $GFI \geq 0,90$

menunjukkan *good fit* dan nilai $0,80 \leq GFI < 0,9$ menunjukkan *marginal fit*. Semakin tinggi nilai GFI maka kecocokan model semakin baik.

d. *RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)*

RMSEA adalah derajat kecocokan yang mengukur kedekatan model dengan populasinya. RMSEA merupakan salah satu indeks yang informatif dalam SEM. Rumus perhitungan RMSEA adalah sebagai berikut:

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\hat{F}_0}{df}} \quad (2.24)$$

dengan:

$$\hat{F}_0 = \text{Max} \left\{ \hat{F} - \frac{df}{(n-)}, 0 \right\}$$

Nilai $RMSEA \leq 0,05$ menunjukkan *close fit*, $0,05 < RMSEA \leq 0,08$

menunjukkan *good fit*, $0,08 < RMSEA \leq 0,1$ menunjukkan *marginal fit*

dan $RMSEA > 0,1$ menunjukkan *poor fit*.

2. Uji Kecocokan Inkremental

Uji Kecocokan Inkremental digunakan untuk membandingkan model yang diusulkan dengan model dasar yang sering disebut dengan *null model* secara teoritis dan realistis. Byrne (2001) mengatakan bahwa model dasar merupakan suatu model di mana semua variabel di dalam model bebas satu sama lain (atau semua korelasi di antara variabelnya adalah nol) dan paling dibatasi.

Dari berbagai ukuran kecocokan inkremental, ukuran yang biasanya digunakan untuk mengevaluasi model persamaan struktural adalah *Adjusted Goodness of Fit* (AGFI). AGFI merupakan perluasan dari GFI yang disesuaikan dengan rasio antara *degree of freedom* dari *null/independence/baseline model* dengan *degree of freedom* untuk dari model yang diestimasi (Joreskog & Sorbom, 1989). AGFI dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} AGFI &= 1 - \frac{df_0}{df_h} (1 - GFI) \\ &= 1 - \frac{P}{df_h} (1 - GFI) \end{aligned} \quad (2.25)$$

dengan:

df_0 : derajat bebas dari *null model* = p

P : jumlah varian dan kovarian dari variabel teramati

df_h : derajat bebas dari model yang diestimasi

Nilai $AGFI \geq 0,90$ menunjukkan *good fit* sedangkan $0,80 \leq AGFI < 0,90$ menunjukkan *marginal fit*.

3. Uji Kecocokan Parsimoni

Model dengan parameter relatif sedikit sering dikenal sebagai model yang mempunyai parsimoni atau kehematan tinggi. Sedangkan model dengan banyak parameter dikatakan model yang kompleks dan kurang parsimoni. Parsimoni dapat didefinisikan sebagai memperoleh derajat kecocokan.

setinggi-tingginya untuk setiap derajat kebebasan, dengan demikian parsimoni yang tinggi yang lebih baik (Wijanto, 2008).

Penelitian ini menggunakan indeks kecocokan yaitu *Parsimonious Goodness of Fit Index* (PGFI). PGFI didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{PGFI} = \frac{df_h}{df_i} \times \text{GFI} \quad (2.26)$$

dengan:

df_h : derajat bebas dari model yang diestimasi

df_i : derajat bebas dari null model

Nilai PGFI berkisar antara 0 sampai dengan 1, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan model parsimoni yang lebih baik.

2.10 Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total

Menurut Irianto (2004), pengaruh langsung adalah pengaruh yang dapat dilihat dari koefisien jalur dari satu variabel ke variabel lainnya. Pengaruh tidak langsung merupakan urutan jalur melalui satu atau lebih variabel-variabel perantara. Dalam menguji pengaruh tidak langsung dikenal dengan tiga variabel, yaitu prediktor, mediator dan kriteria. Untuk menguji pengaruh tidak langsung dapat dilakukan melalui empat tahapan, antara lain yaitu:

1. Tahap pertama menguji pengaruh langsung dari prediktor pada kriteria.
2. Tahap kedua melihat apakah prediktor memiliki pengaruh terhadap mediator.
3. Tahap ketiga melihat apakah mediator memiliki pengaruh terhadap kriteria.
4. Tahap ketiga melihat apakah pengaruh prediktor terhadap kriteria dengan tetap memasukkan pengaruh mediator.

Mendefinisikan pengaruh total diantara 2 variabel laten adalah sebagai hasil penjumlahan dari pengaruh langsung dan semua pengaruh tidak langsung yang ada pada sebuah struktur.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2021/2022 bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

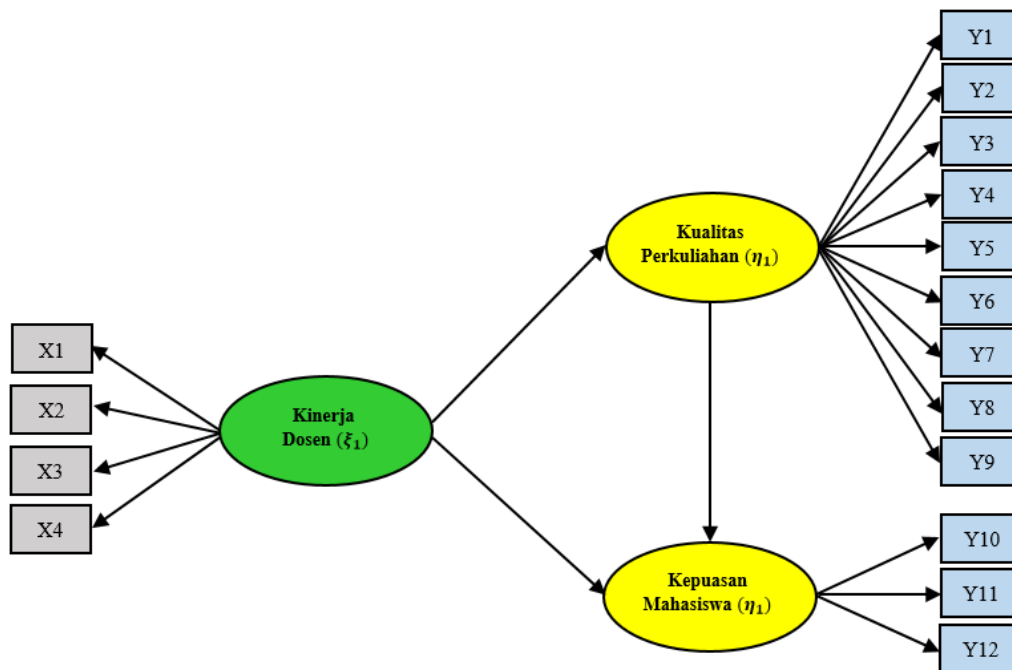
3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil survei kuisisioner pada Unit Pelaksana Teknis Teknologi Informasi Komunikasi (UPT TIK) Universitas Lampung mengenai kepuasan mahasiswa terhadap kinerja dosen dalam proses perkuliahan di FMIPA Universitas Lampung yaitu sebanyak 45.380 responden. Dari banyak populasi tersebut akan diambil sampel observasi berjumlah 500 responden dengan teknik pengambilan yaitu *simple random sampling* pada masing-masing jurusan yaitu, jurusan matematika, ilmu komputer, kimia, fisika dan biologi. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terdapat 3 variabel laten dan 16 variabel indikator, seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel Laten	Variabel Indikator		No. Butir
Kinerja Dosen	Kemampuan dosen pengampu/tim memfasilitasi, memediasi, dan atau menjelaskan materi perkuliahan	X1	1
	Kemampuan dosen pengampu/tim memotivasi mahasiswa untuk lebih giat belajar	X2	2
	Kemampuan dosen pengampu/tim menciptakan pembelajaran aktif, inovatif, kreatif, efektif, dan menyenangkan	X3	3
	Kemampuan dosen pengampu/tim dalam memberi teladan karakter yang baik (jujur, disiplin, beretika)	X4	4
Kualitas Perkuliahan	Kelengkapan dan kejelasan isi kontrak perkuliahan (tujuan/kompetensi, bahan ajar, jadwal, dan sistem evaluasi)	Y1	5
	Ketepatan dosen terhadap jadwal kuliah serta waktu memulai dan mengakhiri kuliah	Y2	6
	Kesesuaian pokok bahasan yang disampaikan dengan RPS &/ kontrak perkuliahan	Y3	7
	Ketersediaan materi/bahan ajar yang dapat diakses mahasiswa dengan mudah	Y4	8
	Kesesuaian soal (tugas/kuis/ujian) dengan materi kuliah	Y5	9
	Objektivitas dan transparansi dosen dalam menilai tugas/kuis/ujian	Y6	10
	Kualitas tugas kuliah yang berbasis pemecahan masalah nyata/case study	Y7	11
	Kualitas tugas kelompok yang berbasis proyek/project team based	Y8	12
	Pemanfaatan Vclass dalam perkuliahan	Y9	13
Kepuasan Mahasiswa	Kepuasan terhadap ketepatan waktu pengembalian berkas hasil tugas/kuis/ujian dengan umpan baliknya	Y10	14
	Kemudahan dalam mengakses alat-alat bantu dan atau media pembelajaran di dalam kelas online	Y11	15
	Kepuasan secara umum terhadap proses perkuliahan	Y12	16

Merujuk pada teori dan hasil penelitian yang relevan, terdapat hubungan langsung dan tidak langsung antar sesama variabel laten sehingga dapat dirancang kerangka pemikiran seperti yang terlihat dalam diagram jalur berikut:



Gambar 3. Model Konseptual Penelitian

3.3 Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah:

1. Menginput data kuesioner sebanyak 500 responden.
2. Pengujian validitas dan reliabilitas pada data kuisisioner
 Pengujian validitas dilakukan dengan melihat nilai *Pearson Correlations* (r -hitung) sedangkan pengujian reliabilitas dilakukan dengan melihat nilai *Cronbach's-alpha*.
3. Spesifikasi model dengan merancang model struktural dan model pengukuran.
 Dalam penelitian ini terdiri dari 3 variabel laten yaitu kinerja dosen (ξ_1), kualitas perkuliahan (η_1) dan kepuasan mahasiswa (η_2) dengan 16 variabel indikator yaitu $X_1, X_2, X_3, X_4, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_{11}$, dan Y_{12} .

a. Model struktural

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \zeta_1$$

$$\eta_2 = \beta_{21}\eta_1 + \gamma_{21}\xi_1 + \zeta_2$$

b. Model pengukuran

$$X_1 = \lambda_{X_{11}}\xi_1 + \delta_1$$

$$X_2 = \lambda_{X_{21}}\xi_1 + \delta_2$$

$$X_3 = \lambda_{X_{31}}\xi_1 + \delta_3$$

$$X_4 = \lambda_{X_{41}}\xi_1 + \delta_4$$

$$Y_1 = \lambda_{Y_{11}}\eta_1 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = \lambda_{Y_{21}}\eta_1 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = \lambda_{Y_{31}}\eta_1 + \varepsilon_3$$

$$Y_4 = \lambda_{Y_{41}}\eta_1 + \varepsilon_4$$

$$Y_5 = \lambda_{Y_{51}}\eta_1 + \varepsilon_5$$

$$Y_6 = \lambda_{Y_{61}}\eta_1 + \varepsilon_6$$

$$Y_7 = \lambda_{Y_{71}}\eta_1 + \varepsilon_7$$

$$Y_8 = \lambda_{Y_{81}}\eta_1 + \varepsilon_8$$

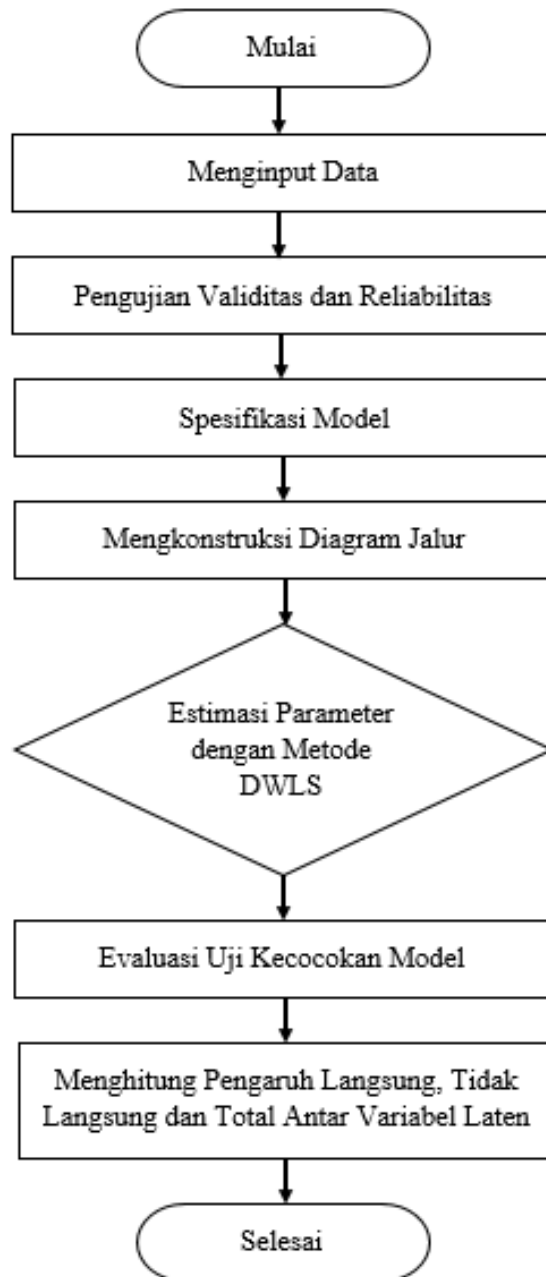
$$Y_9 = \lambda_{Y_{91}}\eta_1 + \varepsilon_9$$

$$Y_{10} = \lambda_{Y_{12}}\eta_2 + \varepsilon_{10}$$

$$Y_{11} = \lambda_{Y_{22}}\eta_2 + \varepsilon_{11}$$

$$Y_{12} = \lambda_{Y_{32}}\eta_2 + \varepsilon_{12}$$

4. Membuat diagram jalur dengan membangun hubungan-hubungan antara variabel laten yaitu ξ_1 , η_1 , dan η_2 .
5. Estimasi parameter menggunakan metode *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS)
6. Mengevaluasi uji kecocokan keseluruhan model untuk melihat kelayakan model pada metode estimasi yang digunakan. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan uji kecocokan absolut, uji kecocokan inkremental dan uji kecocokan parsimoni.
7. Menghitung pengaruh langsung, tidak langsung dan total antar variabel laten..



Gambar 4. Diagram Alur Metode Penelitian

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan analisis data kepuasan mahasiswa FMIPA Universitas Lampung terhadap kinerja dosen dalam proses perkuliahan diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Hasil estimasi parameter dengan metode *Diagonally Weighted Least Square* (DWLS) yaitu:

- Model Struktural

$$\eta_1 = 0,82 \xi_1$$

$$\eta_2 = 0,52 \eta_1 + 0,43 \xi_1$$

- Model Pengukuran

$$\hat{X}_1 = 0,40\xi_1$$

$$\hat{X}_2 = 0,43\xi_1$$

$$\hat{X}_3 = 0,40\xi_1$$

$$\hat{X}_4 = 0,44\xi_1$$

$$\hat{Y}_1 = 0,39\eta_1$$

$$\hat{Y}_2 = 0,04\eta_1$$

$$\hat{Y}_3 = 0,42\eta_1$$

$$\hat{Y}_4 = 0,13\eta_1$$

$$\hat{Y}_5 = 0,39\eta_1$$

$$\hat{Y}_6 = 0,37\eta_1$$

$$\hat{Y}_7 = 0,37\eta_1$$

$$\hat{Y}_8 = 0,38\eta_1$$

$$\hat{Y}_9 = 0,41\eta_1$$

$$\hat{Y}_{10} = 0,47\eta_2$$

$$\hat{Y}_{11} = 0,42\eta_2$$

$$\hat{Y}_{12} = 0,43\eta_2$$

2. Kinerja dosen mempengaruhi secara signifikan terhadap kepuasan mahasiswa FMIPA Universitas Lampung melalui variabel perantara kualitas perkuliahan yaitu sebesar 0,4264 dengan pengaruh total sebesar 0,8564. Maka, variabilitas pada kepuasan mahasiswa FMIPA Universitas Lampung dapat dijelaskan oleh variabilitas kinerja dosen dan kualitas perkuliahan sebesar 85,64%, sedangkan sisanya yaitu sebesar 14,36% dijelaskan oleh faktor lain diluar yang diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., & Rorres, C. 2004. *Aljabar Linear Elementer*. Erlangga, Jakarta.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Citra, Jakarta.
- Bollen, K.A., & Long, J.S. 1993. *Testing Structural Equation Model*. Sage Publication Inc, California.
- Byrne, B.M. 2001. *Structural Equation Modelling with Amos: Basic Concepts, Application, and Programming*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, London.
- Hair, J.F., Anderson, R.F., Tatham, R.L., & Black, W.C. 1998. *Multivariate Data Analysis*. 5th Edition. Prentice Hall International Inc., New Jersey.
- Irianto, A. 2004. *Statistik Konsep Dasar & Aplikasinya*. Kencana, Jakarta.
- Isnayanti., & Abdurakhman. 2019. Metode Diagonally Weighted Least Square (DWLS) pada Struktural Equation Modelling untuk Data Ordinal: Studi Kasus dari Pengguna Jasa Kereta Api Majapahit Malang-Pasar Senen. *Media Statistika*. **12**(1): 100-116.
- Janti, S. 2014. Analisis validitas dan reliabilitas dengan skala likert terhadap pengembangan si/it dalam penentuan pengambilan keputusan penerapan strategic planning pada industri garmen, hlm. 155-160. Prosoding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi, Yogyakarta.
- Joreskog, K.G. 1996. *Structural Equation Modelling with Ordinal Variables Using LISREL*. Scientifict Software International, Chicago.
- Joreskog, K.G., & Sorbom, D. 1989. *Lisrel 7: User's Reference Guide*. Scientifict Software International, Chicago.

- Mindrila, D. 2010. Maximum Likelihood (ML) and Diagonally Weighted Least Square (DWLS) Estimation Procedures: A Comparison of Estimation Bias with Ordinal and Multivariate Non-normal Data. *International Journal of Digital Society*. 1(1): 93-102.
- Ramadiani. 2010. SEM dan LISREL untuk Analisis Multivariate. *Jurnal Sistem Informasi (JSI)*, 2(1): 179-188.
- Setiawan, E., & Herawati, N. 2016. Model persamaan struktural untuk analisis data: studi kasus survey kepuasan konsumen, hlm. 684-690. Prosiding SEMIRATA 2016 Bidang MIPA BKS Wilayah Barat, Palembang.
- Setiawan, E., Sholihat., N., & Herawati, N. 2018. Metode *estimasi diagonal weighted least square* (DWLS) untuk berbagai ukuran sampel: studi kasus kualitas pelayanan perpustakaan unila, hlm. 53-61. Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif, Bandar Lampung.
- Skrondal., & Hesketh, S.R. 2004. *Generalized Latent Variable Modelling: Multilevel, Longitudinal, and Structural Equation Models*. FL: Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.
- Timm, N.H. 2002. *Applied Multivariate Analysis*. Springer, New York.
- Widagdo, B., & Widayat. 2011. *Pemodelan Persamaan Struktural*. UMM Press, Malang.
- Wijanto, S.H. 2008. *Structural Equation Modelling*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Yusup, F. 2018. Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Kuantitatif. *Jurnal Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Pendidikan*. 7(1): 17-23.