

**PENERAPAN *STRUCTURAL EQUATION MODELING* DENGAN
MATRIKS KORELASI *TETRACHORIC* PADA DATA POLA
HIDUP BERSIH DAN SEHAT MAHASISWA DENGAN
ESTIMASI PARAMETER *UNWEIGHTED*
*LEAST SQUARE***

(Skripsi)

Oleh

DEA AYU SETIAWATI

NPM 2117031055



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

APPLICATION OF STRUCTURAL EQUATION MODELING WITH TETRACHORIC CORRELATION MATRIX ON DATA OF CLEAN AND HEALTHY LIFESTYLE OF STUDENTS WITH UNWEIGHTED LEAST SQUARE PARAMETER ESTIMATION

By

DEA AYU SETIAWATI

Structural Equation Modeling (SEM) is a multivariate statistical analysis technique that plays an important role in identifying and analyzing structural relationships between variables in a model. This technique enables researchers to systematically and comprehensively test models. This study aims to apply SEM based on tetrachoric correlation using the Unweighted Least Squares (ULS) parameter estimation method to understand students' clean and healthy living behaviors and their impact on student health. The results of the study indicate that water quality, personal hygiene, toilet cleanliness, and lifestyle significantly influence student health. Among these latent variables, toilet cleanliness has the highest estimated influence value, at 0.29. This means that every one-unit increase in toilet cleanliness quality can improve student health by 29%.

Keywords: Structural Equation Modeling, Unweighted Least Square, tetrachoric correlation, student health

ABSTRAK

PENERAPAN *STRUCTURAL EQUATION MODELING* DENGAN MATRIKS KORELASI *TETRACHORIC* PADA DATA POLA HIDUP BERSIH DAN SEHAT MAHASISWA DENGAN ESTIMASI PARAMETER *UNWEIGHTED* *LEAST SQUARE*

Oleh

DEA AYU SETIAWATI

Structural Equation Modeling (SEM) merupakan teknik analisis statistik multivariat yang memiliki peran penting dalam mengidentifikasi dan menganalisis hubungan struktural antar variabel dalam suatu model. Teknik ini memungkinkan peneliti untuk menguji model secara sistematis dan komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan SEM berbasis korelasi *tetrachoric* dengan metode estimasi parameter *Unweighted Least Square* (ULS) guna memahami perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa serta pengaruhnya terhadap kesehatan mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air, *hygiene personal*, kebersihan jamban, dan gaya hidup berpengaruh signifikan terhadap kesehatan mahasiswa. Di antara variabel laten tersebut, kebersihan jamban memiliki nilai estimasi pengaruh tertinggi, yaitu sebesar 0,29. Artinya, setiap peningkatan satu satuan dalam kualitas kebersihan jamban dapat meningkatkan kesehatan mahasiswa sebesar 29%.

Kata Kunci: *Structural Equation Modeling*, *Unweighted Least Square*, korelasi *tetrachoric*, kesehatan mahasiswa

**PENERAPAN *STRUCTURAL EQUATION MODELING* DENGAN
MATRIKS KORELASI *TETRACHORIC* PADA DATA POLA
HIDUP BERSIH DAN SEHAT MAHASISWA DENGAN
ESTIMASI PARAMETER *UNWEIGHTED*
*LEAST SQUARE***

Oleh

DEA AYU SETIAWATI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **PENERAPAN *STRUCTURAL EQUATION MODELING* DENGAN MATRIKS KORELASI *TETRACHORIC* PADA DATA POLA HIDUP BERSIH DAN SEHAT MAHASISWA DENGAN ESTIMASI PARAMETER *UNWEIGHTED LEAST SQUARE***

Nama Mahasiswa : **Dea Ayu Setiawati**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2117031055**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Dr. Sublan Saidi, S.Si., M.Si.
NIP 198008212008121001

Misgiyati, S.Pd., M.Si.
NIP 198509282023212032

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nurjaman, S.Si., M.Si.
NIP 197403162005011001

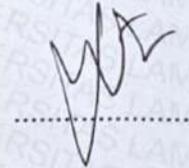
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

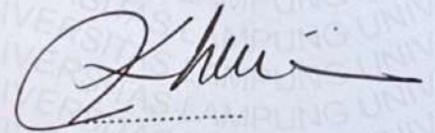
Ketua : **Dr. Subian Saidi, S.Si., M.Si.**



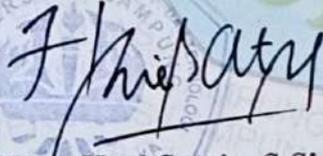
Sekretaris : **Misgiyati, S.Pd., M.Si.**



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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **27 Maret 2025**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Dea Ayu Setiawati**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2117031055**
Jurusan : **Matematika**
Judul : **Penerapan *Structural Equation Modeling* dengan Matriks Korelasi *Tetrachoric* pada Data Pola Hidup Bersih dan Sehat Mahasiswa dengan Estimasi Parameter *Unweighted Least Square***

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 4 Juni 2025

Penulis,




Dea Ayu Setiawati

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sekampung Udik, Lampung Timur pada tanggal 05 Juli 2003, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari Bapak Suparno dan Ibu Siti Mariyam.

Penulis mengawali pendidikan di Raudhatul Athfal (RA) Babussalam Bauh Gunung Sari pada tahun 2009-2010. Kemudian menempuh pendidikan Madrasah Ibtidaiyah (MI) di MI Babussalam Bauh Gunung Sari pada tahun 2009-2015. Melanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah (MTs) di MTs Muhammadiyah 1 Sekampung Udik dan lulus pada tahun 2018. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Sekampung Udik dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota dan aktif pada Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Unila. Pada awal tahun 2024, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandar Lampung. Kemudian pada pertengahan tahun 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Mulyo Asri, Kecamatan Bumi Agung, Kabupaten Lampung Timur.

KATA INSPIRASI

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat pahala dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan dia mendapat siksa dari (kejahatan) yang diperbuatnya.”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.
Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Hatiku tenang mengetahui apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Semua jatuh bangunmu hal yang biasa. Angan dan pertanyaan, waktu yang menjawabnya. Berikan tenggat waktu, bersedihlah secukupnya. Rayakan perasaanmu sebagai manusia.”

(Baskara Putra — Hindia)

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang memberikan kekuatan dan kesabaran juga memberikan penerangan dalam ilmu pengetahuan. Hanya karena-Nya lah akhirnya skripsi ini bisa penulis selesaikan dengan rasa syukur dan bahagia. Penulis persembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Bapak Suparno dan Ibu Siti Mariyam

Bapak dan ibu tersayang yang selalu mendoakan untuk kebaikan anak-anaknya, selalu memberikan kasih sayang, cinta, dukungan, dan motivasi. Menjadi suatu kebanggaan memiliki orang tua yang mendukung anaknya untuk mencapai cita-cita. Terima kasih Bapak dan Ibu telah membuktikan kepada dunia bahwa anak seorang petani bisa menjadi sarjana.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terima kasih telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dukungan, serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

Seluruh Keluarga dan Sahabat-sahabatku

Terima kasih kepada semua orang-orang baik yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasi, serta doa-doanya dan senantiasa memberikan dukungan dalam hal apapun.

Almamater Kebanggaan

Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan *Structural Equation Modeling* dengan Matriks Korelasi *Tetrachoric* pada Data Pola Hidup Bersih dan Sehat Mahasiswa dengan Estimasi Parameter *Unweighted Least Square*”.

Penyusunan skripsi ini merupakan perjalanan yang penuh tantangan sekaligus pembelajaran berharga. Tanpa adanya bantuan, dukungan, serta dorongan dari berbagai pihak, penyelesaian tugas ini tidak akan mungkin terlaksana dengan baik. Oleh karena itu, penulis dengan sepenuh hati menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Subian Saidi, S.Si., M.Si., selaku pembimbing utama yang telah memberikan waktu, arahan, tenaga dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Misgiyati, S.Pd., M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan waktu, arahan, tenaga dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si., selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan evaluasi yang sangat membantu penulis untuk memperbaiki skripsi ini.
4. Bapak Prof. La Zakaria S.Si. M.Sc., selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan dan nasihat kepada penulis selama proses perkuliahan.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Ibu dan Bapak tercinta terima kasih telah memberikan dukungan secara moril maupun materil, terima kasih atas do'a dan motivasi yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
8. Ita Wulandari dan Soim Azzuhri, kakak dan kakak ipar penulis, terima kasih atas segala motivasi dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
9. Iqbal Febrian Adha, yang telah kebersamai penulis sejak masa sekolah hingga menyelesaikan studi di perguruan tinggi, serta selalu hadir memberikan dukungan dan kebersamaan.
10. Cantika Merita, sahabat seperjuangan, terima kasih atas dukungan, kebersamaan, dan semangat yang selalu diberikan.
11. Dinda Meilani Aditya Wati dan Lisa Andriyani yang telah mengibur dan memberikan dukungan kepada penulis.
12. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan hingga saat ini dan tidak memutuskan untuk menyerah meskipun perjalanannya terasa sulit.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta pihak-pihak yang berkepentingan. Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki berbagai kekurangan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan pengembangan di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, 4 Juni 2025
Penulis,

Dea Ayu Setiawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Review</i> Matriks	5
2.2 Korelasi <i>Tetrachoric</i>	7
2.3 <i>Structural Equation Modeling</i> (SEM).....	8
2.3.1 Variabel dalam <i>Structural Equation Modeling</i>	9
2.3.2 Model Struktural dan Model Pengukuran.....	10
2.3.3 Kesalahan dalam <i>Structural Equation Modeling</i>	13
2.3.4 Estimasi Parameter	13
2.3.5 Uji Kecocokan Keseluruhan Model.....	16
2.4 Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS).....	20
III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Data Penelitian.....	21
3.3 Metode Penelitian	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Statistik Deskriptif	25
4.1.1 Profil Responden	25
4.1.2 Deskripsi Data	28
4.2 Analisis Korelasi <i>Tetrachoric</i>	29
4.3 Identifikasi Model	32
4.4 Estimasi Parameter <i>Unweighted Least Square</i>	36
4.4.1 Estimasi Parameter	36
4.4.2 Estimasi Nilai Parameter dalam Model	40
4.5 Uji Kecocokan Keseluruhan Model	42
4.6 Evaluasi Model	43
V. KESIMPULAN	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Distribusi Frekuensi Kategori Variabel X dan Y	7
2. Variabel Penelitian.....	22
3. Persentase Sebaran Data	28
4. Tabel Kontingensi Frekuensi Kategori Variabel X_1 dan Y_1	30
5. Matriks Korelasi <i>Tetrachoric</i>	31
6. Uji Kecocokan Keseluruhan Model.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Jalur Model Pengukuran.	24
2. Profil Responden Berdasarkan Umur	25
3. Profil Responden Berdasarkan Jenis Kelamin	26
4. Profil Responden Berdasarkan Wilayah Tempat Tinggal.....	27
5. Profil Responden Berdasarkan Sumber Air Bersih yang Digunakan	27
6. Analisis Jalur Variabel ξ_1	32
7. Analisis Jalur Variabel ξ_2	33
8. Analisis Jalur Variabel ξ_3	33
9. Analisis Jalur Variabel ξ_4	34
10. Analisis Jalur Variabel η_1	35
11. Diagram Jalur Estimasi Model.....	40

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Structural Equation Modeling (SEM) merupakan pendekatan analitis yang memungkinkan peneliti untuk menguji model yang lebih sistematis dan komprehensif (Haryono, 2014). SEM menggabungkan analisis regresi, analisis faktor, dan analisis jalur, memungkinkan perhitungan simultan antara variabel laten, pengukuran nilai *loading* dari indikator-indikator variabel laten, serta penentuan model jalur dari variabel-variabel tersebut. Secara umum, SEM merupakan teknik multivariat yang memperlihatkan cara untuk menggambarkan serangkaian hubungan kausal dalam bentuk diagram jalur (*path diagram*).

SEM tradisional sering kali menggunakan matriks korelasi *Pearson* untuk data interval atau rasio. Namun, data Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) mahasiswa seringkali dalam bentuk variabel biner atau dikotomis. Penggunaan korelasi *Pearson* pada data dikotomis dapat menyebabkan bias dalam estimasi parameter. Oleh sebab itu, dalam penelitian yang menggunakan data biner, korelasi *tetrachoric* dianggap lebih sesuai. Korelasi *tetrachoric* adalah ukuran statistik yang digunakan untuk memperkirakan hubungan antara dua variabel biner, dengan asumsi distribusi kontinu yang mendasarinya. Korelasi ini sangat berguna ketika data bersifat kategorikal dengan hanya dua kemungkinan hasil (misalnya, “ya” atau “tidak”). Korelasi ini sering diterapkan dalam ilmu sosial dan bidang lain di mana data dikotomis adalah hal yang umum, seperti studi terkait pendidikan dan kesehatan (Juras & Pasaric, 2006).

Estimasi parameter dalam SEM biasanya dilakukan dengan metode *Maximum Likelihood* (ML), yang sangat bergantung pada asumsi distribusi normal multivariat. Namun, ketika data tidak memenuhi asumsi normalitas, metode estimasi seperti *Unweighted Least Square* (ULS) dapat digunakan sebagai alternatif. Metode ULS memiliki keunggulan dalam mengestimasi parameter model ketika data yang diperoleh tidak terdistribusi normal, yang sering terjadi dalam konteks studi kesehatan di mana variabel-variabel yang terlibat sangat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor eksternal (Bollen, 1989).

PHBS merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas hidup dan performa akademik mahasiswa. Mahasiswa sering kali menghadapi perubahan gaya hidup yang signifikan saat beralih ke lingkungan pendidikan tinggi, seperti perubahan pola makan, tingkat stres yang meningkat, serta paparan lingkungan yang berbeda. PHBS meliputi kebersihan air, *hygiene personal*, dan kebersihan lingkungan diketahui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kesehatan seseorang. Paparan kondisi lingkungan yang tidak optimal, seperti sanitasi yang buruk, akses air bersih yang tidak memadai, dan polusi udara, dapat meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan dan saluran cerna (Tanjung, *et.al.*, 2023).

Sebagian besar mahasiswa tinggal jauh dari keluarga dan mengelola kebiasaan hidup secara mandiri. Dalam situasi ini, pola hidup yang tidak sehat, seperti kurangnya aktivitas fisik dan kurangnya kebersihan makanan yang dikonsumsi, dapat memperburuk keadaan. Hal ini diperparah oleh kurangnya perhatian pada aspek kebersihan jamban, yang memainkan peran penting dalam mencegah infeksi saluran pencernaan dan penyakit lainnya (Iman, 2024). Mengingat pentingnya faktor-faktor ini, pendekatan yang komprehensif diperlukan untuk memahami bagaimana berbagai aspek ini memengaruhi kesehatan mahasiswa.

Beberapa penelitian tentang SEM telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Andriani, *et.al.* (2022), penelitian tersebut dilakukan untuk mengamati perubahan gaya hidup, khususnya aktivitas fisik dan pola makan, yang

terjadi selama pandemi dan dampaknya terhadap kualitas hidup, terutama kesehatan fisik dan mental. Analisis SEM memperlihatkan bahwa beberapa faktor, seperti usia, tingkat pendidikan, dan gangguan makan, memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan fisik. Sedangkan faktor area tempat tinggal dan gangguan makan berpengaruh terhadap kesehatan mental. Di sisi lain, aktivitas fisik tidak terbukti berdampak signifikan terhadap kesehatan fisik maupun mental.

Penelitian lain tentang SEM juga dilakukan oleh Setiadi & Ruswanti (2024), penelitian tersebut mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi sikap dan niat dalam membeli makanan sehat serta dampaknya pada gaya hidup sehat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesadaran kesehatan, kepedulian lingkungan, dan citra merek memiliki pengaruh positif terhadap sikap membeli makanan sehat. Sikap positif terhadap makanan sehat ini kemudian berpengaruh pada peningkatan niat untuk membeli makanan sehat, yang pada akhirnya mendukung gaya hidup sehat. Namun, inovasi konsumen justru memiliki pengaruh negatif terhadap sikap membeli makanan sehat, mungkin karena inovasi yang diinginkan konsumen belum selaras dengan persepsi mereka tentang makanan sehat.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu, penerapan SEM dengan matriks korelasi *tetrachoric* pada data perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa memiliki nilai tambah dalam memberikan analisis yang lebih tepat dan akurat terhadap data biner. Penggunaan estimasi parameter ULS memberikan keunggulan tambahan dalam mengatasi kendala data non-normal, sehingga penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam memahami perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat model hubungan antara variabel laten dan variabel teramati dengan SEM pada data perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa.
2. Membangun model berdasarkan korelasi *tetrachoric* dengan metode estimasi parameter ULS.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan mengenai metode SEM berbasis korelasi *tetrachoric* menggunakan estimasi parameter ULS.
2. Memperoleh nilai estimasi parameter pada model dengan menggunakan ULS.
3. Dapat lebih memahami perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa yang dapat mempengaruhi kesehatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Review Matriks*

Rayate (2018), menyatakan matriks adalah susunan bilangan atau elemen lain yang diatur dalam bentuk baris dan kolom dalam suatu persegi panjang. Elemen-elemen matriks biasanya disusun secara sistematis dalam tanda kurung siku dan dinotasikan dengan huruf kapital. Misalnya, elemen pada baris ke- i dan kolom ke- j dapat dinyatakan sebagai a_{ij} . Ordo atau ukuran matriks ditentukan oleh jumlah baris dan kolom yang dimilikinya, ditulis dalam format $m \times n$, di mana m adalah jumlah baris dan n adalah jumlah kolom.

Contoh matriks:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Jenis-jenis matriks antara lain sebagai berikut:

A. Matriks identitas

Matriks identitas adalah matriks persegi yang memiliki elemen diagonal utama bernilai 1, dan elemen lainnya bernilai 0. Matriks identitas sering dilambangkan dengan \mathbf{I} . Contoh matriks identitas 3×3 :

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

B. Matriks diagonal

Matriks diagonal adalah matriks persegi di mana semua elemen selain diagonal utama bernilai 0. Contoh matriks diagonal 3×3 :

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 7 \end{bmatrix}$$

C. Matriks simetrik

Matriks simetrik adalah matriks persegi di mana elemen-elemen di atas diagonal utama adalah cerminan dari elemen-elemen di bawah diagonal utama, yaitu

$\mathbf{A} = \mathbf{A}^T$. Contoh matriks simetrik 3×3 :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 4 & 5 & 7 \\ 6 & 7 & 9 \end{bmatrix}$$

D. Matriks vektor

Matriks vektor adalah matriks dengan hanya satu baris (vektor baris) atau satu kolom (vektor kolom). Contoh vektor kolom:

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \end{bmatrix}$$

Contoh vektor baris:

$$\mathbf{w} = [1 \quad 3 \quad 5]$$

E. Matriks singular

Matriks singular adalah matriks persegi yang tidak memiliki invers, yaitu determinannya bernilai 0. Contoh matriks singular:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$\det(\mathbf{A}) = (2 \times 2) - (4 \times 1) = 4 - 4 = 0$, sehingga matriks ini singular.

F. Matriks korelasi

Matriks korelasi adalah matriks yang menunjukkan hubungan linear antara pasangan variabel. Elemen-elemen pada diagonal utama bernilai 1, karena

variabel memiliki korelasi sempurna dengan dirinya sendiri. Contoh matriks korelasi 3×3 :

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & 0.8 & 0.5 \\ 0.8 & 1 & 0.6 \\ 0.5 & 0.6 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2 Korelasi *Tetrachoric*

Korelasi *tetrachoric* adalah metode untuk mengukur hubungan antara dua variabel yang sebenarnya bersifat kuantitatif, tetapi data yang tersedia hanya berupa kategori biner (misalnya, “ya” atau “tidak”). Korelasi *tetrachoric* digunakan untuk menghitung korelasi antara dua variabel kuantitatif tidak teramati yang masing-masing diukur pada skala dikotomis atau biner, sehingga korelasi *Pearson* yang biasanya digunakan untuk data kuantitatif tidak dapat menggambarkan hubungan secara tepat (Bonett, 2005).

Keunggulan utama korelasi *tetrachoric* dibandingkan dengan korelasi *Pearson* adalah kemampuannya untuk memperkirakan korelasi variabel laten kuantitatif dibalik data kategorik. Hal ini membuatnya lebih akurat untuk mengidentifikasi hubungan dalam data yang bersifat biner, sementara korelasi *Pearson* cenderung menghasilkan bias pada data non-linear atau kategorik. Misalkan suatu hasil penelitian dengan variabel Y dan X disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Kategori Variabel X dan Y

Variabel X	Variabel Y	
	0	1
0	A	B
1	C	D

Berdasarkan ilustrasi pada tabel di atas, koefisien korelasi *tetrachoric* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$r_r = \cos \frac{180^\circ \sqrt{BC}}{\sqrt{AD} + \sqrt{BC}} \quad (2.1)$$

dengan AD dan BC menunjukkan nilai frekuensi pengamatan aktual untuk dua variabel dikotomis pada tabel 2×2 .

Nilai untuk korelasi *tetrachoric* dapat berkisar dari -1 hingga 1 , di mana -1 menunjukkan korelasi negatif yang kuat, 0 menunjukkan tidak ada korelasi, dan 1 menunjukkan korelasi positif yang kuat.

2.3 *Structural Equation Modeling (SEM)*

Setiawan, *et al.* (2021), menyatakan bahwa *Structural Equation Modeling* merupakan teknik analisis statistik multivariat yang memiliki peran penting dalam mengidentifikasi dan menganalisis hubungan struktural antara variabel-variabel dalam sebuah model. SEM secara khusus menggabungkan dua pendekatan statistik, yaitu analisis faktor dan regresi berganda, untuk menganalisis hubungan struktural antar variabel laten dan indikatornya (Hair, *et al.*, 2021).

SEM memungkinkan peneliti untuk menguji hubungan antara indikator-indikator yang merepresentasikan variabel laten dengan indikatornya, serta mengkaji bagaimana berbagai variabel saling berinteraksi dalam sistem yang lebih luas. Dengan demikian, SEM menjadi alat yang sangat bermanfaat untuk menguji hipotesis yang melibatkan hubungan langsung maupun tidak langsung antar variabel dalam berbagai bidang penelitian.

2.3.1 Variabel dalam *Structural Equation Modeling*

Interaksi antara variabel-variabel SEM membentuk hubungan kausal yang kompleks, di mana SEM digunakan untuk menguji dan memvalidasi model teoritis yang dibangun berdasarkan data. Variabel-variabel yang terdapat dalam SEM terdiri dari dua jenis utama, yaitu variabel laten dan variabel teramati (Robi, *et al.*, 2017).

A. Variabel Laten

Variabel laten adalah variabel yang tidak dapat diukur secara langsung, tetapi diturunkan dari variabel-variabel teramati yang mengindikasinya. Terdapat dua jenis variabel laten, yaitu:

1. Variabel laten eksogen

Variabel laten eksogen disimbolkan dengan ξ (*ksi*), merupakan variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain dalam model, namun memiliki pengaruh terhadap variabel lain atau disebut juga variabel bebas.

2. Variabel laten endogen

Variabel laten endogen atau disebut juga variabel terikat disimbolkan dengan η (*eta*), merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain dalam model, baik itu variabel laten eksogen maupun variabel laten lainnya.

B. Variabel Teramati (*Manifest Variable*)

Variabel teramati adalah variabel yang dapat diukur secara langsung melalui pengamatan atau pengumpulan data empiris, dan biasanya disebut sebagai indikator. Variabel ini merupakan representasi dari variabel laten yang tidak dapat diamati secara langsung, tetapi efeknya dapat terukur melalui variabel teramati. Dalam konteks model struktural, variabel teramati yang berhubungan dengan variabel laten eksogen dilambangkan dengan notasi X, sedangkan variabel teramati yang terkait dengan variabel laten endogen menggunakan notasi Y.

2.3.2 Model Struktural dan Model Pengukuran

Dalam SEM, terdapat beberapa model utama yang digunakan untuk menganalisis data dan hubungan antar variabel. Model-model tersebut meliputi model pengukuran dan model struktural (Bollen, 1989).

A. Model Struktural

Model struktural bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi hubungan yang mendasari variabel laten dalam sebuah model, termasuk interaksi antara variabel laten dengan variabel pengukuran dengan indikator yang digunakan untuk mengukurnya yang didasarkan pada kerangka teori yang relevan. Model ini digunakan untuk menggambarkan bagaimana variabel-variabel tersebut saling memengaruhi satu sama lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam model ini, parameter yang menggambarkan regresi antara variabel laten eksogen diberi notasi huruf Yunani γ (*gamma*), sementara regresi variabel laten endogen dilambangkan dengan huruf Yunani β (*beta*). Selain itu, kovarians antara variabel-variabel laten eksogen diwakili oleh matriks yang diberi simbol huruf Yunani ϕ (*phi*).

Model variabel laten adalah (Bollen, 1989):

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \zeta_1 \quad (2.2)$$

$$\eta_2 = \beta_{21}\eta_1 + \gamma_{21}\xi_1 + \zeta_2 \quad (2.3)$$

Dari persamaan (2.2) dan (2.3), dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} \\ \gamma_{21} \end{bmatrix} [\xi_1] + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \end{bmatrix} \quad (2.4).$$

Persamaan di atas dapat ditulis:

$$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{B}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta} \quad (2.5)$$

dengan:

- $\boldsymbol{\eta}$: vektor ($m \times 1$) dari variabel laten endogen
- $\boldsymbol{\xi}$: vektor ($n \times 1$) dari variabel laten eksogen
- $\boldsymbol{\zeta}$: vektor ($m \times 1$) dari kesalahan laten dalam persamaan (galat struktural)
- \mathbf{B} : matriks ($m \times m$) koefisien untuk variabel laten endogen
- $\boldsymbol{\Gamma}$: matriks ($m \times n$) koefisien untuk variabel laten eksogen

dengan asumsi:

- $E(\boldsymbol{\eta}) = \mathbf{0}$, $E(\boldsymbol{\xi}) = \mathbf{0}$, $E(\boldsymbol{\zeta}) = \mathbf{0}$. Ini merupakan asumsi umum dalam SEM yang memastikan bahwa variabel-variabel tersebut tidak memiliki bias sistematis dan rata-ratanya terpusat pada nol.
- $\boldsymbol{\zeta}$ tidak berkorelasi dengan $\boldsymbol{\xi}$, atau dengan kata lain, gangguan dalam model tidak memiliki varians yang sama dengan variabel eksogen.
- $(\mathbf{I} - \mathbf{B})$ nonsingular di mana \mathbf{I} adalah matriks identitas dan \mathbf{B} mewakili koefisien regresi antar variabel endogen, diasumsikan tidak singular. Ini berarti bahwa matriks $(\mathbf{I} - \mathbf{B})$ dapat di-invers, sehingga memastikan stabilitas dan keterpecahan SEM.

B. Model Pengukuran

Bollen (1989), menyatakan model pengukuran berfungsi untuk memperkirakan hubungan antara variabel laten dan variabel-variabel yang dapat diamati.

Hubungan antara variabel laten dan variabel teramati ini diwakili oleh muatan faktor atau *factor loadings*, yang biasanya disimbolkan dengan huruf Yunani λ (*lambda*). Muatan-muatan faktor ini mencerminkan seberapa kuat setiap variabel teramati berhubungan dengan variabel laten yang mendasarinya.

Misalkan $\mathbf{y}^T = (y_1, y_2, \dots, y_p)$ dan $\mathbf{x}^T = (x_1, x_2, \dots, x_q)$ adalah vektor-vektor dari variabel-variabel yang diamati atau diukur. Model pengukuran dari SEM didefinisikan sebagai berikut (Bollen, 1989):

$$\mathbf{x} = \boldsymbol{\Lambda}_x \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\delta} \quad (2.6)$$

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\Lambda}_y \boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.7)$$

di mana:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{\Lambda}_x = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\xi} = [\xi_1], \quad \boldsymbol{\delta} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \\ y_8 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{\Lambda}_y = \begin{bmatrix} \lambda_4 & 0 \\ \lambda_5 & 0 \\ \lambda_6 & 0 \\ \lambda_7 & 0 \\ 0 & \lambda_8 \\ 0 & \lambda_9 \\ 0 & \lambda_{10} \\ 0 & \lambda_{11} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\eta} = \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \\ \varepsilon_7 \\ \varepsilon_8 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

dengan:

- $\boldsymbol{\varepsilon}$: vektor ($p \times 1$) kesalahan pengukuran untuk y
- $\boldsymbol{\delta}$: vektor ($q \times 1$) kesalahan pengukuran untuk x
- $\mathbf{\Lambda}_y$: matriks ($p \times m$) dari muatan faktor atau koefisien yang menghubungkan y dengan $\boldsymbol{\eta}$, dan m adalah jumlah elemen $\boldsymbol{\eta}$
- $\mathbf{\Lambda}_x$: matriks ($q \times n$) dari muatan faktor atau koefisien yang menghubungkan x dengan $\boldsymbol{\xi}$, dan n adalah jumlah elemen $\boldsymbol{\xi}$
- $\boldsymbol{\eta}$: vektor ($m \times 1$) dari variabel laten endogen
- $\boldsymbol{\xi}$: vektor ($n \times 1$) dari variabel laten eksogen

dengan asumsi:

- $E(\boldsymbol{\eta}) = \mathbf{0}, E(\boldsymbol{\xi}) = \mathbf{0}, E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{0}, E(\boldsymbol{\delta}) = \mathbf{0}$
- $\boldsymbol{\varepsilon}$ tidak berkorelasi dengan $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\xi}$, dan $\boldsymbol{\delta}$, menunjukkan bahwa variabel-variabel ini independen satu sama lain
- $\boldsymbol{\delta}$ tidak berkorelasi dengan $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\xi}$, dan $\boldsymbol{\varepsilon}$, yang berarti tidak ada hubungan linier antara $\boldsymbol{\delta}$ dengan $\boldsymbol{\eta}$, $\boldsymbol{\xi}$, dan $\boldsymbol{\varepsilon}$.

2.3.3 Kesalahan dalam *Structural Equation Modeling*

Dalam SEM, beberapa jenis kesalahan atau galat sering muncul selama proses analisis data. Kesalahan ini dapat memengaruhi hasil estimasi dan interpretasi model. Kesalahan yang terdapat dalam SEM meliputi:

A. Kesalahan Struktural (*Structural Error*)

Kesalahan struktural, yang dilambangkan dengan ζ (*zeta*), diasumsikan tidak memiliki korelasi dengan variabel eksogen dalam model untuk memperoleh estimasi parameter yang konsisten. Pada dasarnya, kesalahan ini merepresentasikan perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual dari variabel endogen atau variabel yang diprediksi dalam model (Berran & Violato, 2010).

B. Kesalahan Pengukuran (*Measurement Error*)

Kesalahan pengukuran mengukur perbedaan antara nilai yang diobservasi dengan nilai sebenarnya dari variabel laten yang mendasarinya. Simbol yang sering digunakan untuk kesalahan pengukuran adalah ε (*epsilon*) untuk variabel teramati \mathbf{Y} dan δ (*delta*) untuk variabel teramati \mathbf{X} . Matriks kovarians dari δ dilambangkan dengan huruf Yunani Θ_δ (*theta delta*), sedangkan matriks kovarians dari ε dilambangkan dengan Θ_ε (*theta epsilon*). Kesalahan pengukuran memengaruhi pendugaan parameter serta variansnya. SEM dapat mengatasi masalah ini melalui persamaan-persamaan dalam model pengukuran (Bollen, 1989).

2.3.4 Estimasi Parameter

Estimasi model digunakan untuk memperoleh nilai parameter-parameter dalam model. Dalam pemodelan persamaan struktural, estimasi parameter digunakan untuk memperoleh taksiran dari setiap parameter yang dispesifikasikan dalam model dengan membentuk matriks $\Sigma(\Theta)$ sehingga nilai parameter sedekat mungkin dengan nilai matriks \mathbf{S} (matriks kovarian sampel dari peubah teramati).

Matriks kovarians sampel (\mathbf{S}) digunakan untuk merepresentasikan matriks kovarian populasi ($\mathbf{\Sigma}$), karena matriks kovarian populasi tidak diketahui (Wijayanto, 2008).

Untuk mengetahui kapan estimasi kita sudah cukup mendekati nilai yang diharapkan, kita memerlukan fungsi yang diminimalisasikan. Fungsi tersebut merupakan fungsi dari \mathbf{S} dan $\mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})$ yaitu $F((\mathbf{S} - \mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})))$.

Menurut Bollen (1989), beberapa karakteristik dari $F((\mathbf{S} - \mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})))$ adalah sebagai berikut:

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

Salah satu metode estimasi yang dapat digunakan dalam model persamaan struktural adalah metode *Unweighted Least Square* (ULS). Bollen (1989), menyatakan metode kuadrat terkecil atau ULS mempunyai fungsi kesesuaian sebagai berikut:

$$F_{ULS} = \frac{1}{2} tr(\mathbf{S} - \mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta}))^2 \quad (2.10)$$

di mana fungsi F_{ULS} meminimalkan setengah dari jumlah kuadrat setiap elemen pada matriks sisaan ($\mathbf{S} - \mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})$). \mathbf{S} dan $\mathbf{\Sigma}$ adalah matriks simetris yang bersifat definit positif. Matriks sisa dalam hal ini merupakan perbedaan antara varians dan kovarians sampel dan yang sesuai dengan yang diprediksi oleh model.

Metode ULS tidak membutuhkan asumsi khusus mengenai distribusi variabel yang diamati, selama parameternya dapat diidentifikasi. Metode ULS merupakan penduga yang tak bias dan konsisten, sehingga pada ukuran sampel yang

bertambah besar, maka $\hat{\theta}$ akan konvergen ke θ . Bollen (1989), menyatakan penduga ULS merupakan penduga yang efisien untuk data yang relatif kecil.

Untuk memperoleh penduga ULS, mula-mula dari model persamaan struktural yaitu sebagai berikut:

$$\eta = \Gamma\xi + \zeta \quad (2.11).$$

Kemudian dari persamaan (2.10) dan (2.11) , diperoleh jumlah kuadrat sisaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f'f &= \frac{1}{2}\zeta'\zeta \\ &= \frac{1}{2}(\eta - \hat{\gamma}\xi)'(\eta - \hat{\gamma}\xi) \\ &= \frac{1}{2}(\eta' - \hat{\gamma}'\xi')(\eta - \hat{\gamma}\xi) \\ &= \frac{1}{2}(\eta'\eta - \eta'\hat{\gamma}\xi - \eta\hat{\gamma}'\xi' + \xi'\hat{\gamma}'\hat{\gamma}\xi) \\ &= \frac{1}{2}(\eta'\eta - 2\eta'\hat{\gamma}\xi + \xi'\hat{\gamma}'\hat{\gamma}\xi) \\ &= \frac{1}{2}\eta'\eta - \eta'\hat{\gamma}\xi + \frac{1}{2}\xi'\hat{\gamma}'\hat{\gamma}\xi \end{aligned} \quad (2.12).$$

Karena $\eta'\hat{\gamma}\xi$ adalah suatu skalar dan matriks simetris, bentuk tersebut identik dengan transposnya. Untuk memperoleh penduga sehingga jumlah kuadrat sisa sekecil mungkin, diferensialkan $f'f$ terhadap $\hat{\gamma}$ sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial f'f}{\partial \hat{\gamma}} = -\eta\xi' + \xi'\xi\hat{\gamma} \quad (2.13)$$

dengan mengambil $\frac{\partial f'f}{\partial \hat{\gamma}} = 0$, maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \xi'\xi\hat{\gamma} &= \eta\xi' \\ \hat{\gamma} &= (\xi'\xi)^{-1}\eta\xi' \\ \hat{\gamma} &= (\xi)^{-1}\eta \end{aligned} \quad (2.14)$$

dengan solusi penduga $\hat{\gamma} = (\xi)^{-1}\eta$.

$\hat{\boldsymbol{\gamma}}$ adalah penduga tak bias dari $\boldsymbol{\gamma}$ dan $E(\boldsymbol{\zeta}) = 0$.

Bukti:

$$\begin{aligned}
 E(\hat{\boldsymbol{\gamma}}) &= (\boldsymbol{\xi})^{-1}E(\boldsymbol{\eta}) \\
 &= (\boldsymbol{\xi})^{-1}E(\boldsymbol{\gamma}\boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\zeta}) \\
 &= (\boldsymbol{\xi})^{-1}E(\boldsymbol{\gamma}\boldsymbol{\xi}) + E(\boldsymbol{\zeta}) \\
 &= (\boldsymbol{\xi})^{-1}(\boldsymbol{\gamma}\boldsymbol{\xi}) \\
 &= \boldsymbol{\gamma}
 \end{aligned} \tag{2.15}.$$

2.3.5 Uji Kecocokan Keseluruhan Model

Menurut Wijayanto (2008), ukuran kesesuaian model adalah tahap untuk menentukan apakah tingkat kecocokan suatu model dapat diterima atau ditolak. Untuk menguji keseluruhan model (*overall model fit*) dapat dilihat melalui derajat kesesuaian atau *Goodness of Fit* (GOF), serta signifikansi koefisien pada model pengukuran dan model struktural.

Overall model fit terdiri dari 3 bagian, yaitu uji kecocokan absolut (*absolute fit measures*), uji kecocokan inkremental (*incremental fit measures*), dan uji kecocokan parsimoni (*parsimonious fit measures*).

A. Uji Kecocokan Absolut (*Absolute Fit Measures*)

Menurut Wijanto (2008), uji kecocokan absolut digunakan untuk menilai sejauh mana matriks korelasi dan matriks kovarian mampu memprediksi model secara keseluruhan. Uji kecocokan absolut yang biasa digunakan dalam mengevaluasi model persamaan struktural adalah sebagai berikut:

1. *Chi-Square* (χ^2)

Chi-Square (χ^2) digunakan untuk menguji seberapa baik kecocokan antara matriks kovarian sampel \mathbf{S} dan matriks kovarian model $\boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})$ dalam menentukan model yang paling sesuai.

Uji statistik χ^2 adalah:

$$\chi^2 = (n - 1)F(\mathbf{S}, \mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})) \quad (2.16).$$

Nilai $F(\mathbf{S}, \mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta}))$ merupakan nilai minimum dari fungsi F dalam model yang diduga. Nilai χ^2 yang diharapkan adalah yang relatif kecil, yaitu memiliki tingkat signifikansi sama dengan atau lebih besar dari 0,05 ($p \geq 0,05$).

2. *Non-Centrality Parameter* (NCP)

Non-Centrality Parameter adalah salah satu uji kecocokan absolut yang digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai $\mathbf{\Sigma}$ dan nilai $\mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})$. Uji NCP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NCP = \chi^2 - df \quad (2.17)$$

dengan:

- χ^2 = nilai minimum F dalam model yang diduga
- df = *degree of freedom* atau derajat bebas model.

Nilai yang diharapkan dari *NCP* adalah selisih antara $\mathbf{\Sigma}$ dan $\mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})$ yang semakin kecil atau rendah, sehingga memenuhi asumsi GOF (*Goodness of Fit*) untuk tingkat kecocokan absolut.

3. *Goodness of Fit Index* (GFI)

Goodness of Fit Index (GFI) adalah ukuran kecocokan absolut karena GFI membandingkan model yang diduga dengan model yang tidak ada ($\mathbf{\Sigma}(0)$). Uji GFI dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$GFI = 1 - \frac{\hat{F}}{F_0} \quad (2.18)$$

dengan:

- \hat{F} = nilai minimum F dalam model yang diduga
- F_0 = nilai minimum F ketika tidak ada model yang diduga.

Nilai dari GFI berada pada interval 0 (*poor fit*) $\leq GFI \leq 1$ (*perfect fit*). Jika nilai $GFI \geq 0,90$, maka GFI dapat dikatakan sebagai *good fit* (kecocokan yang baik). Namun, jika nilai GFI berada dalam rentang $0,80 \leq GFI < 0,90$, maka GFI dapat dikatakan sebagai *marginal fit* (Wijanto, 2008).

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

RMSEA adalah ukuran kecocokan yang menunjukkan seberapa dekat suatu model dengan populasi (Wijanto, 2008). Nilai RMSEA menunjukkan seberapa baik model yang dihasilkan sesuai dengan model yang tidak diketahui, tetapi dengan estimasi parameter terbaik yang cocok dengan matriks kovarian populasi (Hooper *et al.*, 2008). Uji RMSEA dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\hat{F}_0}{df}} \quad (2.19)$$

dengan $\hat{F}_0 = \max\left\{\hat{F} - \frac{df}{n-1}, 0\right\}$.

Nilai RMSEA yang diharapkan berada dalam interval $0,05 < RMSEA \leq 0,08$, yang menunjukkan bahwa model memiliki *good fit* (kecocokan yang baik). Sedangkan, jika nilai $RMSEA \leq 0,05$, itu menunjukkan *close fit*, yang berarti kecocokan model kurang baik (Ghozali & Fuad, 2008).

B. Uji Kecocokan Inkremental (*Incremental Fit Measures*)

Uji kecocokan inkremental dilakukan untuk membandingkan model yang diusulkan dengan model dasar (*baseline model*), yang secara teoritis dan realistik sering disebut sebagai *null model*. Model dasar atau *null model* adalah model di mana semua variabel dianggap bebas satu sama lain (semua korelasi di antara variabel adalah nol) dengan batasan yang minimal (Byrne, 2001). Salah satu uji yang sering digunakan untuk mengevaluasi model persamaan struktural adalah *Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)*. AGFI merupakan pengembangan dari GFI yang digunakan untuk membandingkan model yang diusulkan dengan model dasar.

AGFI dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$AGFI = 1 - \frac{df_0}{df_h} (1 - GFI)$$

$$AGFI = 1 - \frac{p}{df_h} (1 - GFI) \quad (2.20)$$

dengan:

df_0 = derajat bebas ketika tidak ada model yang dihipotesiskan

df_h = derajat bebas untuk model yang dihipotesiskan

p = jumlah varian dan kovarian dari variabel teramati.

Nilai AGFI yang diharapkan adalah $AGFI \geq 0,90$, yang menunjukkan kecocokan yang baik (*good fit*). Namun, jika berada dalam rentang $0,80 \leq AGFI < 0,90$, maka dianggap sebagai *marginal fit* atau kecocokan yang kurang baik (Wijanto, 2008).

C. Uji Kecocokan Parsimoni (*Parsimonious Fit Measures*)

Model dengan sedikit parameter sering disebut memiliki parsimoni atau efisiensi yang tinggi. Sebaliknya, model dengan banyak parameter dianggap lebih kompleks dan kurang parsimoni. Parsimoni dapat diartikan sebagai kemampuan untuk mencapai tingkat kecocokan yang maksimal dengan jumlah derajat kebebasan yang tersedia. Oleh karena itu, semakin tinggi parsimoni, semakin baik model tersebut (Wijanto, 2008).

Uji kecocokan parsimoni yang sering digunakan dalam SEM yaitu *Parsimonious Goodness of Fit Index* (PGFI). PGFI merupakan perluasan dari GFI, namun berbeda dengan AGFI. Jika AGFI memodifikasi GFI didasarkan dari derajat bebas (*degree of freedom*), PGFI memodifikasi GFI didasarkan dari parsimoni model yang diestimasi.

PGFI menyesuaikan GFI dengan cara sebagai berikut:

$$PGFI = \frac{df_h}{df_0} \times GFI \quad (2.21)$$

dengan:

df_0 = derajat bebas ketika tidak ada model yang dihipotesiskan

df_h = derajat bebas untuk model yang dihipotesiskan

$$GFI = \text{Goodness of Fit Index} \left(1 - \frac{\hat{F}}{F_0} \right).$$

Nilai PGFI berada pada interval $0 \leq PGFI \leq 1$. Semakin tinggi nilai PGFI, semakin baik sehingga menunjukkan bahwa model memiliki parsimoni yang lebih baik. Tetapi, ketika nilai PGFI berada pada interval 0,5 sampai 1, model tersebut sudah dapat dikatakan sebagai *good fit* (kecocokan yang baik).

2.4 Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS)

Karuniawati & Putrianti (2020), menyatakan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan dengan kesadaran penuh untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan diri serta orang di sekitarnya. PHBS bertujuan untuk mencegah risiko penyakit, melindungi diri dari ancaman kesehatan, dan menciptakan lingkungan yang mendukung kesejahteraan. Dengan PHBS, individu tidak hanya mampu melindungi kesehatannya sendiri tetapi juga turut serta dalam upaya kolektif untuk mewujudkan masyarakat yang sehat dan produktif.

PHBS melibatkan partisipasi aktif dalam berbagai program kesehatan, seperti mencuci tangan dengan benar, menggunakan air bersih, menjaga kebersihan lingkungan, penggunaan jamban sehat, mengonsumsi makanan bergizi, dan melakukan aktivitas fisik secara rutin (Lestyoningsih & Ula, 2024). Implementasi perilaku ini juga mendukung pencapaian derajat kesehatan yang optimal, baik pada tingkat individu maupun komunitas, melalui pemberdayaan, edukasi, dan promosi kesehatan secara berkelanjutan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 bertempat di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari penelitian mengenai perilaku hidup bersih dan sehat serta penyakit berbasis lingkungan (Saidi, 2024). Sampel yang digunakan berjumlah 300 data. Terdapat 5 variabel laten yang terdiri dari 4 variabel laten eksogen (kebersihan air, *hygiene personal*, kebersihan jamban, dan gaya hidup), dan 1 variabel laten endogen (kesehatan), serta terdapat 22 variabel indikator.

Adapun dalam penelitian ini ilustrasi yang digunakan adalah perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa dengan variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel Penelitian

Variabel Laten	Variabel Indikator	
Kebersihan Air (ξ_1)	Sumber air terbebas dari sumber pencemar dan faktor pengganggu	X ₁
	Menggunakan air bersih untuk mencuci sayur dan buah serta untuk mengolah makanan siap santap	X ₂
	Memasak air untuk minum sampai mendidih	X ₃
	Air bersih disimpan dalam tempat yang bersih dan selalu ditutup	X ₄
<i>Hygiene Personal</i> (ξ_2)	Mencuci peralatan makan dan minum dengan sabun dan air bersih sebelum digunakan	X ₅
	Mencuci tangan dengan air bersih dan mengalir	X ₆
	Mencuci tangan pakai sabun setelah buang air besar (BAB)	X ₇
	Mencuci tangan pakai sabun setelah bersin, batuk, membuang ingus dan setelah pulang dari bepergian	X ₈
	Mencuci tangan pakai sabun setelah bermain/beraktifitas dan memegang hewan	X ₉
	Mencuci tangan pakai sabun sebelum dan setelah makan	X ₁₀
Kebersihan Jamban (ξ_3)	Menggunakan jamban untuk buang air besar (BAB)	X ₁₁
	Menggunakan jamban untuk buang air besar (BAK)	X ₁₂
	Jamban dibersihkan setiap hari	X ₁₃
	Tersedia air bersih dan alat pembersih di jamban	X ₁₄
	Tidak ada kotoran yang terlihat, tidak ada serangga dan tikus yang berkeliaran di dalam jamban	X ₁₅
Gaya Hidup (ξ_4)	Tidak mengkonsumsi rokok	X ₁₆
	Berlatih olahraga secara teratur di luar ruangan	X ₁₇

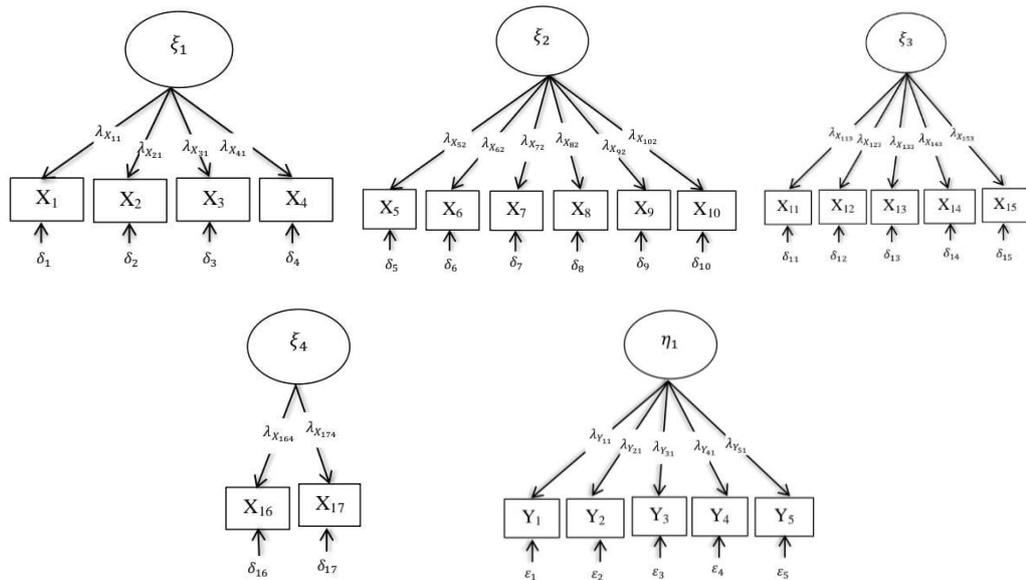
Tabel 2. Lanjutan

Variabel Laten	Variabel Indikator	
Kesehatan (η_1)	Dalam 6 bulan terakhir pernah mengalami batuk dan pilek yang berlangsung selama kurang lebih 14 hari	Y ₁
	Dalam 6 bulan terakhir pernah mengalami frekuensi BAB meningkat dan konsistensi tinja yang lembek atau encer selama kurang dari 14 hari	Y ₂
	Dalam 6 bulan terakhir pernah menderita cacingan	Y ₃
	Dalam 6 bulan terakhir pernah mengalami batuk berdahak lebih dari 2-3 minggu	Y ₄
	Dalam 6 bulan terakhir anda pernah mengalami penyakit kulit (ruam, kemerahan, gatal pada kulit)	Y ₅

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode SEM dengan matriks korelasi *tetrachoric* dan estimasi parameter melalui pendekatan ULS. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis statistik deskriptif.
2. Melakukan perhitungan matriks korelasi *tetrachoric*.
3. Identifikasi model dengan menentukan nilai *loading factor* hubungan antar variabel laten (eksogen dan endogen), yaitu kebersihan air (ξ_1), *hygiene personal* (ξ_2), kebersihan jamban (ξ_3), gaya hidup (ξ_4) dan kesehatan (η_1), dengan variabel indikatornya yaitu, X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈, X₉, X₁₀, X₁₁, X₁₂, X₁₃, X₁₄, X₁₅, X₁₆, X₁₇, Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, dan Y₅. Model hubungan tersebut dapat dirancang dalam bentuk diagram jalur sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Jalur Model Pengukuran.

4. Estimasi parameter SEM menggunakan metode ULS.
5. Mengevaluasi uji kecocokan keseluruhan model untuk melihat kelayakan model pada metode estimasi ULS dengan menggunakan uji kecocokan absolut, uji kecocokan inkremental, dan uji kecocokan parsimoni.
6. Interpretasi dan evaluasi model.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil membangun model hubungan antara variabel laten dan variabel teramati pada data perilaku hidup bersih dan sehat mahasiswa menggunakan pendekatan *Structural Equation Modeling* berbasis korelasi *tetrachoric* dengan metode estimasi parameter *Unweighted Least Square*. Model yang berhasil dibangun yaitu:

$$\eta_1 = 0,02\xi_1 + 0,04\xi_2 + 0,29\xi_3 - 0,09\xi_4 + \zeta_1$$

2. Nilai *loading factor* dari indikator air bersih disimpan dalam tempat yang bersih dan selalu ditutup kurang dari 0,4. Hal ini menunjukkan bahwa indikator tersebut tidak dapat merepresentasikan variabel laten kebersihan air.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki tingkat kecocokan yang baik, berdasarkan uji kecocokan absolut, inkremental, dan parsimoni. Dengan demikian, model yang dihasilkan dapat dikatakan layak dan mampu merepresentasikan hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian secara valid.
4. Estimasi parameter yang diperoleh menunjukkan bahwa variabel laten kualitas air, *hygiene personal*, kebersihan jamban, dan gaya hidup berpengaruh signifikan terhadap variabel laten kesehatan. Kebersihan jamban memiliki nilai estimasi yang paling tinggi diantara variabel laten lainnya yaitu sebesar 0,29. Hal ini berarti untuk setiap peningkatan kualitas jamban sebesar 1 satuan dapat meningkatkan kesehatan sebesar 29%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, D., Novita, S., & Lipowski, M. 2022. Aktivitas Fisik, Gangguan Perilaku Makan, dan Kualitas Hidup: Benarkah Pandemi Mengubah Kesadaran Hidup Sehat?. *Jurnal Muara Ilmu Sosial, Humaniora, dan Seni*. **6**(2): 486-496.
- Berran, T.N. & Violato, C. Structural Equation Modeling in Medical Research: a Primer. *BMC Research Notes*. **3**(267): 1-10.
- Bollen, K.A. 1989. *Structural Equations with Latent Variables*. John Wiley and Sons, New York.
- Bonett, D.G. 2005. Inferential Methods for the Tetrachoric Correlation Coefficient. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*. **30**(2): 213-225.
- Byrne, B.M. 2001. *Structural Equation Modelling with Amos: Basic Concepts, Application, and Programming*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, London.
- Ghozali, I. & Fuad. 2008. *Structural Equation Modeling: Teori, Konsep, dan Aplikasi dengan Program Lisrel 8.8*. Edisi ke-2. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M., Sarstedt, M., Danks, N.P., & Ray, S. 2021. *An Introduction to Structural Equation Modeling. In: Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*. Springer, Switzerland.
- Haryono, S. 2014. Mengenal Metode Structural Equation Modeling (SEM) untuk Penelitian Manajemen Menggunakan AMOS. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*. **7**(1): 23-34.
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M.R. 2008. Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. *The Electronic Journal of Business Research Methods*. **6**(1): 53-60.

- Iman, D.P. 2024. Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) di TKIT Harapan Bunda Manado. *Indonesian Journal of Early Childhood Education (IJECE)*. **4**(1): 23-37.
- Juras, J., Pasaric, Z. 2006. Application of Tetrachoric and Polychoric Correlation Coefficients to Forecast Verification. *GEOFIZIKA*. **23**(1): 59-82.
- Karuniawati, B. & Putrianti, B. 2020. Gambaran Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) dalam Pencegahan Penularan Covid-19. *Jurnal Kesehatan Karya Husada*. **8**(2): 112-131.
- Lestyoningsih, I.H. & Ula, W.S.D. 2024. Partisipasi Masyarakat dalam Pengabdian Masyarakat untuk Menerapkan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) Sebagai Upaya Peningkatan Kesehatan Lingkungan. *Tekso: Jurnal Pengabdian Teknik, Ekonomi dan Sosial*. **1**(1): 27-43.
- Rayate, S.J. 2018. Application of Matrices in Engineering. *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)*. **4**(6): 320-322.
- Robi, M., Kusnandar, D., & Sulistianingsih, E. 2017. Penerapan Structural Equation Modeling (SEM) untuk Analisis Kompetensi Alumni. *Jurnal Bimaster*. **6**(2): 113-120.
- Saidi, S. 2024. Klasterisasi Metode ROCK dan Pemodelan SEM Dua Tahap pada Data Survei Perilaku Hidup Bersih dan Sehat, Penyakit Berbasis Lingkungan dan Kesadaran Pelestarian Lingkungan (Disertasi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unila, Bandar Lampung.
- Setiadi, I., Ruswanti, E. 2024. Analisa Kesadaran Masyarakat terhadap Polahidup Sehat dengan Makanan Organik. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*. **5**(1): 20-25.
- Setiawan, E., Pratiwi, A., Herawati, N., Nisa, K., & Faisol, A. 2021. A Structural Equation Modeling of Factors Affecting Student Motivation in Thesis Preparation. *Journal of Physics: Conference Series*. **1751**(2021): 1-7.
- Tanjung, N., Auliani, R., Rusli, M., Siregar, I.R., & Taher, M. 2023. Peran Kesehatan Lingkungan dalam Pencegahan Penyakit Menular pada Remaja di Jakarta: Integrasi Ilmu Lingkungan, Epidemiologi, dan Kebijakan Kesehatan. *Jurnal Multidisiplin West Science*. **2**(9): 790-798.
- Wijanto, S.H. 2008. *Structural Equation Modelling*. Graha Ilmu, Yogyakarta.