

SKRIPSI

**PEMODELAN DATA LONGITUDINAL MULTIKOLINEARITAS
DENGAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS***

Disusun dan diajukan oleh

SAKINAH OKTONI

H051171503



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**PEMODELAN DATA LONGITUDINAL MULTIKOLINEARITAS
DENGAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

SAKINAH OKTONI

H051171503

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sakinah Oktoni

NIM : H051171503

Program Studi : Statistika

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

PEMODELAN DATA LONGITUDINAL MULTIKOLINEARITAS DENGAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 6 Mei 2021



SAKINAH OKTONI

NIM. H051171503

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN DATA LONGITUDINAL MULTIKOLINEARITAS
DENGAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*

Disusun dan diajukan oleh

SAKINAH OKTONI

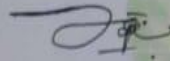
H051171503

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 6 Mei 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,



Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.

Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.

NIP. 19770808 200501 2002

NIP. 19881018 201504 2002

Ketua Departemen Statistika



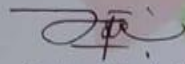
Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2002

PEMODELAN DATA LONGITUDINAL MULTIKOLINEARITAS
DENGAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,



Dr. Anna Islamivati, S.Si., M.Si.

NIP. 19770808 200501 2002

Pembimbing Pertama,



Sitti Sahriman, S.Si., M.Si.

NIP. 19881018 201504 2002

Ketua Departemen Statistika



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2002

Pada Tanggal : 6 Mei 2021

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillah robbil'alamin, Puji syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **“Pemodelan Data Longitudinal dengan *Principal Component Analysis*”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Salam dan sholawat *Insyallah* senantiasa tercurah kepada **Nabi Muhammad *Shallallahu'alaihi Wasallam***, sang kekasih tercinta yang telah memberikan petunjuk cinta dan kebenaran dalam kehidupan.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis telah melewati perjuangan panjang dan pengorbanan yang tidak sedikit. Namun berkat rahmat dan izin-Nya serta dukungan dari berbagai pihak yang turut membantu baik moril maupun material sehingga akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya dan penghargaan yang tak terhingga kepada Ayahanda **H. Nurdin** dan Ibunda tercinta **Hj. Suarni** yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kesabaran dan dengan limpahan cinta, kasih sayang, dan doa kepada penulis yang tak pernah habis, serta adik penulis **Muh. Rezki Mulya** yang selalu membantu jika ada kendala selama penulisan dan menjadi penyemangat untuk segera menyelesaikan masa studi penulis.

Ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

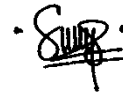
1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika yang telah seperti orang tua sendiri. Segenap dosen pengajar dan staf **Departemen Statistika** yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.

4. **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama penulis yang telah ikhlas meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan, pengetahuan, motivasi dan bimbingan ditengah kesibukan beliau serta menjadi tempat berkeluh kesah untuk penulis.
5. **Ibu Sitti Sahrinan, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Pertama sekaligus penasehat akademik penulis yang telah meluangkan waktunya ditengah kesibukan untuk memberikan arahan bagi penulis.
6. **Bapak Dr. Nirwan Ilyas, M.Si.** dan **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.** selaku tim penguji yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini.
7. Spesial untuk sahabat tercinta penulis, **Nurul Wahyuni, Riska Rasyid, Fakhriyyah Dj Junus, Nurul Annisa, Miftahul Jannah, Nurhidayatullah, Fitri, Nur Aprilia Dzulhijjah, Munadiah Apriliani** dan **Risnawati Azali** yang telah menjadi sahabat terbaik sejak awal perkuliahan dan senantiasa mendengarkan curhatan, memberikan dorongan, semangat, dan motivasi dalam setiap keadaan sehingga penulis bisa mendapatkan lebih banyak pelajaran hidup.
8. Sahabat terbaik sejak di bangku SMA, **Nurfilzah, Sri Wahyuni Mansur, Ratna Nengsih,** dan **Ade Nurkhotimah** yang sampai saat ini masih setia mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Teman-teman **Statistika 2017**, terima kasih atas kebersamaan, suka, dan duka selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika.
10. Keluarga besar **DISKRIT 2017**, terima kasih telah memberikan pelajaran yang berharga dan arti kebersamaan selama ini kepada penulis. Pengalaman yang berharga telah penulis dapatkan dari teman-teman selama berproses.
11. **Keluarga Mahasiswa FMIPA Unhas** terkhusus anggota keluarga **Himatika FMIPA Unhas** dan **Himastat FMIPA Unhas**, terima kasih atas ilmu yang mungkin tidak bisa didapatkan di proses perkuliahan dan telah menjadi keluarga selama penulis kuliah di Universitas Hasanuddin.
12. Teman-teman **KKN Wajo 3 Gelombang 104** yaitu **Wisnu, Lulu, Aliefka, Besse, Dila, Ita, Leli, Alfian, Apriliyani, Achdar, Ridha, Yus,** dan **Achmad** terima kasih untuk hiburan, dukungan, dan doanya.

13. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis semoga bernilai ibadah di sisi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan baru bagi para pembelajar statistika. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan. *Aamiin Yaa Rabbal Alamin*.

Makassar, 6 Mei 2021



Sakinah Oktoni

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Sakinah Oktoni
NIM : H051171503
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

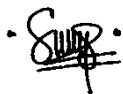
**“Pemodelan Data Longitudinal Multikolinearitas
dengan *Principal Component Analysis*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 6 Mei 2021

Yang menyatakan



Sakinah Oktoni

ABSTRAK

Data longitudinal merupakan gabungan dari data *cross section* dan data *time series*. Multikolinieritas juga dapat terjadi pada data longitudinal yaitu terdapat korelasi antar variabel prediktor. Dampak dari terjadinya multikolinieritas menyebabkan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon menjadi tidak signifikan, estimator kuadrat terkecil dan galat baku menjadi sensitif terhadap perubahan kecil dalam data. Oleh karena itu, prosedur untuk mengatasi multikolinieritas, yaitu menggunakan metode *principal component analysis*. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan regresi data longitudinal PCA dengan model efek tetap menggunakan estimasi parameter *least square* yang diterapkan pada data gula darah pasien diabetes melitus tahun 2019 dengan rentang waktu Januari 2019 hingga Juli 2019 di Rumah Sakit Ibnu Sina Kota Makassar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada 2 komponen utama yang terbentuk dari pemodelan regresi data longitudinal PCA dengan model efek tetap. Diperoleh nilai variabel yaitu tekanan darah sistolik (X_1) sebesar -0,007, tekanan darah diastolik (X_2) sebesar -0,016, suhu tubuh (X_3) sebesar -0,098, dan trombosit (X_4) sebesar 0,005 yang mempengaruhi gula darah pasien diabetes melitus.

Kata kunci: Data Longitudinal, Multikolinieritas, *Principal Component Analysis* (PCA), Model Efek Tetap, *Least Square*, Diabetes Melitus.

ABSTRACT

Longitudinal data is a combination of cross section data and time series data. Multicollinearity can also occur in longitudinal data, where there is a correlation between predictor variables. The impact of multicollinearity causes the effect of the predictor variables on the response variable to be insignificant, the least squares estimator and the standard error are sensitive to small changes in the data. Therefore, the procedure to overcome multicollinearity is to use the principal component analysis method. This study aims to model longitudinal PCA data regression with a fixed effect model using the least square parameter estimation applied to blood sugar data for diabetes mellitus patients in 2019 with a time span from January 2019 to July 2019 at Ibnu Sina Hospital Makassar City. The results of this study indicate that there are 2 main components formed from PCA longitudinal data regression modeling with fixed effects models. Obtained variable values are systolic blood pressure (X_1) of -0,007, diastolic blood pressure (X_2) of -0,016, body temperature (X_3) of -0,098, and platelets (X_4) of 0,005 which affect blood sugar in patients with diabetes mellitus.

Keywords: Longitudinal Data, Multicollinearity, *Principal Component Analysis* (PCA), Fixed Effects Model, Least Square, Diabetes Mellitus.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Data Longitudinal.....	6
2.2 Multikolinearitas.....	7
2.3 Matriks Varians-Kovarians dan Matriks Korelasi.....	7
2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen.....	9
2.5 <i>Principal Component Analysis</i>	9

2.6	Regresi Data Longitudinal Model Efek Tetap	11
2.7	Metode <i>Least Square</i>	13
2.8	Diabetes Melitus	14
2.8.1	Definisi Diabetes Melitus	14
2.8.2	Gejala Diabetes Melitus	16
2.8.3	Komplikasi Diabetes Melitus	17
2.8.4	Pengobatan Diabetes Melitus	18
2.9	Gambaran Umum Rumah Sakit Ibnu Sina Kota Makassar	19
2.9.1	Sejarah Singkat Rumah Sakit Ibnu Sina Kota Makassar	19
2.9.2	Motto, Visi, dan Misi serta Nilai	20
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1	Sumber Data	23
3.2	Variabel Penelitian	23
3.3	Definisi Operasional Variabel	23
3.4	Metode Analisis	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1	Estimasi Parameter Model dengan Metode <i>Principal Component Analysis</i>	26
4.2	Memodelkan Gula Darah Pada Pasien Diabetes Melitus Menggunakan Metode <i>Principal Component Analysis</i>	29
4.2.1	Analisis Deskriptif	29
4.2.1.1	Analisis Deskriptif Variabel Gula Darah	29
4.2.1.2	Analisis Deskriptif Variabel Tekanan Darah Systolik	30
4.2.1.3	Analisis Deskriptif Variabel Tekanan Darah Diastolik	30
4.2.1.4	Analisis Deskriptif Variabel Suhu Tubuh	31
4.2.1.5	Analisis Deskriptif Variabel Trombosit	32
4.2.2	Uji Multikolinearitas	32
4.2.3	<i>Principal Component Analysis</i>	33
4.2.4	Regresi Data Longitudinal PCA dengan Model Efek Tetap	34

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Boxplot Variabel Gula Darah	29
Gambar 4.2. Boxplot Variabel Tekanan Darah Sistolik.....	30
Gambar 4.3. Boxplot Variabel Tekanan Darah Diastolik	30
Gambar 4.4. Boxplot Variabel Tekanan Suhu Tubuh	31
Gambar 4.5. Boxplot Variabel Trombosit.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Struktur Data Longitudinal.....	6
Tabel 2.2. Interpretasi Koefisien Korelasi.....	7
Tabel 3.1. Variabel Penelitian	23
Tabel 3.2. Struktur Data Penelitian	24
Tabel 4.1. Korelasi antar Variabel Prediktor.....	32
Tabel 4.2. Proporsi Variansi dan Proporsi Variansi Kumulatif	34
Tabel 4.3. Intersep Antar Individu	35
Tabel 4.4. Intersep Hasil Transformasi ke Variabel Asal	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Gula Darah dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Rs. Ibnu Sina Kota Makassar periode Januari 2019- Juli 2019.....	45
Lampiran 2. Pasangan Nilai Eigen dan Vektor Eigen.....	48
Lampiran 3. Nilai atau Score Komponen Utama	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes melitus adalah penyakit metabolik akibat pankreas tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif. Insulin adalah hormon yang mengatur keseimbangan kadar gula darah, akibatnya terjadi peningkatan konsentrasi gula di dalam darah (hiperglikemia). Diabetes melitus merupakan penyakit kronis yang saat ini semakin bertambah jumlah penderitanya sehingga memerlukan upaya penanganan yang tepat dan serius. *Internasional Diabetes Federation* (IDF) telah mengidentifikasi 10 negara dengan jumlah penderita tertinggi. Cina, India, dan Amerika Serikat menempati urutan tiga teratas dengan jumlah penderita 116,4 juta, 77 juta, dan 31 juta. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki angka kejadian diabetes melitus yang cukup tinggi berada di peringkat ke-7 diantara 10 negara dengan jumlah penderita terbanyak yaitu sebesar 10,7 juta (Kemenkes, 2020).

Diabetes melitus merupakan penyebab kematian terbesar nomor 3 di Indonesia dengan persentase sebesar 6,7%, setelah stroke sebesar 21,1% dan penyakit jantung koroner sebesar 12,9%. Bila tidak ditanggulangi, kondisi ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas, disabilitas, dan kematian dini. Prevalensi diabetes melitus berdasarkan diagnosis dokter di Sulawesi Selatan pada tahun 2018 sebanyak 50.127 kasus, tertinggi di Kabupaten Wajo sebesar 2,19%, Kota Makassar sebesar 1,73%, Kota Parepare sebesar 1,59%, dan Kabupaten Bone sebesar 1,58%. Kota Makassar merupakan salah satu daerah tertinggi dengan angka kejadian penderita diabetes melitus di wilayah Sulawesi Selatan yang terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2018 ditemukan sebanyak 8.611 kasus (RISKESDAS, 2019). Penderita diabetes melitus yang terus meningkat disebabkan karena kematian akibat penyakit infeksi, pola makan yang salah, kurangnya aktivitas fisik, dan faktor-faktor lain yang diduga mempengaruhi. Oleh karena itu, untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi meningkatnya penderita diabetes melitus, maka dilakukan pemodelan dengan menggunakan analisis regresi.

Analisis regresi merupakan sebuah teknik statistika yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon dengan satu atau lebih variabel prediktor. Pengaruh antara satu variabel respon dengan satu variabel prediktor adalah regresi linier sederhana sedangkan pengaruh yang didapatkan dari dua atau lebih variabel prediktor dengan satu variabel respon adalah regresi linier berganda. Salah satu asumsi dalam analisis regresi linier adalah tidak terdapat multikolinearitas (Ifadah, 2011).

Multikolinearitas terjadi apabila terdapat hubungan atau korelasi diantara beberapa atau seluruh variabel prediktor (Soemartini, 2008). Dampak dari terjadinya multikolinearitas adalah sulit dalam melakukan interpretasi karena variabel-variabel prediktor dalam model regresi linier mengakibatkan variansi estimator kuadrat terkecil menjadi besar sehingga menghasilkan galat baku yang lebih besar. Hal tersebut menyebabkan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon menjadi tidak signifikan, estimator kuadrat terkecil dan galat baku menjadi sensitif terhadap perubahan kecil dalam data, yakni cenderung tidak stabil (Bilfarsah, 2010). Ada beberapa prosedur yang dapat digunakan untuk mengatasi multikolinearitas, seperti menambahkan data yang baru, menghilangkan satu atau beberapa variabel prediktor yang dianggap memiliki korelasi tinggi, menggunakan *partial least square* dan metode *principal component analysis* (Soemartini, 2008).

Principal Component Analysis (PCA) diperkenalkan oleh Karl Pearson pada tahun 1901. Selanjutnya PCA dikembangkan oleh Harold Hotelling dan bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara mereduksi dimensinya (Chatfield & Collins, 1980). Secara umum, PCA pada dasarnya dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel prediktor melalui transformasi variabel prediktor asal yang berkorelasi ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali tetapi tetap mempertahankan keragaman data asal. Setelah komponen – komponen baru yang diperoleh dari hasil PCA selanjutnya diregresikan dengan variabel respon (Ifadah, 2011).

Beberapa penelitian yang telah menggunakan PCA diantaranya Marcus *et al.* (2012) menggunakan PCA untuk mengatasi multikolinearitas dalam analisis regresi linier berganda. Ismunarti (2013) menerapkan PCA pada hubungan distribusi spasial komunitas fitoplankton dan faktor lingkungan. Ulqodry *et al.* (2014)

menggunakan PCA untuk mengetahui karakteristik habitat mangrove berdasarkan parameter kualitas perairan. Delsen *et al.* (2017) menggunakan PCA untuk mereduksi faktor-faktor inflasi di Kota Ambon. Selanjutnya, Yulianto & Putriana (2019) menggunakan PCA untuk pengelompokan area pelayanan dan jaringan daerah Jawa Tengah dan Yogyakarta. Akan tetapi, semua penelitian tersebut menggunakan data *cross section*. Namun pada kenyataannya masalah multikolinearitas juga dapat terjadi pada data longitudinal.

Data longitudinal merupakan gabungan dari data *cross section* dan data *time series*. Data *cross section* adalah data yang dikumpulkan pada satu waktu tertentu pada beberapa objek amatan. Adapun data *time series* adalah data yang terdiri dari beberapa waktu periode. Kelebihan menggunakan data longitudinal adalah dapat mengetahui perubahan intersep yang terjadi pada individu (unit *cross section*), tidak membutuhkan subyek yang banyak karena pengamatannya berulang dan juga estimasinya lebih efisien karena dilakukan setiap pengamatan (Wu & Zhang, 2006). Model regresi data longitudinal digunakan untuk memperoleh model yang sesuai. Pada model regresi data longitudinal yang umumnya digunakan terdapat tiga macam yaitu model efek umum, model efek tetap, dan model efek acak.

Pemodelan data longitudinal yang dilakukan melalui model efek tetap mengasumsikan bahwa intersep berbeda-beda untuk setiap individu (unit *cross section*) tetapi koefisien regresi masing-masing variabel adalah konstan (Ghazali & Otok, 2016). Fernandes & Wardhani (2013) menggunakan pemodelan *fixed effect* pada analisis data longitudinal pada studi kasus penderita *debucitus wound*. Ghazali & Otok (2016) menggunakan pemodelan *fixed effect* pada regresi data longitudinal dengan estimasi *generalized method of moments*. Pada penelitian tersebut, peneliti belum mempertimbangkan masalah multikolinearitas yang dapat terjadi pada data longitudinal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini masalah multikolinearitas akan diperhatikan dengan menggunakan metode PCA. Selanjutnya, metode diaplikasikan pada data diabetes melitus yaitu data pasien yang diukur berulang kali pada setiap waktu perawatan. Berdasarkan uraian tersebut, penulis akan melakukan penelitian dengan judul **“Pemodelan Data Longitudinal Multikolinearitas dengan *Principal Component Analysis*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana estimasi parameter model data longitudinal yang mengandung multikolinearitas dengan metode *principal component analysis*?
2. Bagaimana model dugaan data gula darah pasien diabetes melitus sebagai data longitudinal yang mengandung multikolinearitas dengan metode *principal component analysis*?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan data longitudinal yang diaplikasikan pada data gula darah, tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, suhu tubuh, dan trombosit pasien diabetes melitus di Rumah Sakit Ibnu Sina Kota Makassar selama periode Januari 2019 hingga Juli 2019.
2. Persentase yang digunakan dalam pemilihan komponen utama sebesar 80%.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh estimasi parameter model data longitudinal yang mengandung multikolinearitas dengan metode *principal component analysis*.
2. Memperoleh model dugaan data gula darah pasien diabetes melitus sebagai data longitudinal yang mengandung multikolinearitas dengan metode *principal component analysis*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan mengenai model gula darah pada pasien diabetes melitus melalui data longitudinal yang mengandung multikolinearitas dengan metode *principal component analysis*

2. Memberikan informasi akurat dan lebih terperinci mengenai model gula darah pasien diabetes melitus melalui data longitudinal yang mengandung multikolinearitas dengan metode *principal component analysis* sehingga dapat menjadi acuan bagi petugas medis dalam penanganan pasien penderita diabetes melitus.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Longitudinal

Data longitudinal sangat berperan penting dan kehidupan sehari-hari khususnya dalam ilmu kedokteran, sosial, dan sains. Data longitudinal merupakan gabungan dari data *cross section* dan *time series*. Data *cross section* adalah data yang terdiri dari satu subyek namun memerlukan sub objek-objek lainnya yang berkaitan pada satu waktu. Adapun data *time series* adalah data yang terdiri dari beberapa waktu periode seperti harian, bulanan, dan tahunan sehingga dapat dikatakan data longitudinal merupakan data yang menggambarkan hubungan antara subyek penelitian terhadap waktu (Diggle *et al.*, 2006).

Struktur data longitudinal dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1. Struktur Data Longitudinal

Subyek (<i>i</i>)	Waktu (<i>j</i>)	Variabel Respon (Y_{ij})	Variabel Prediktor (X_{ij1})	Variabel Prediktor (X_{ij2})	...	Variabel Prediktor (X_{ijp})
Subyek 1	1	Y_{11}	X_{111}	X_{112}	...	X_{11p}
	2	Y_{12}	X_{121}	X_{122}	...	X_{12p}
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	m_1	Y_{1m_1}	X_{1m_11}	X_{1m_12}	...	X_{1m_1p}
Subyek 2	1	Y_{21}	X_{211}	X_{212}	...	X_{21p}
	2	Y_{22}	X_{221}	X_{222}	...	X_{22p}
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	m_2	Y_{2m_2}	X_{2m_21}	X_{2m_22}	...	X_{2m_2p}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Subyek n	1	Y_{n1}	X_{n11}	X_{n12}	...	X_{n1p}
	2	Y_{n2}	X_{n21}	X_{n22}	...	X_{n2p}
	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	m_n	Y_{nm_n}	X_{nm_n1}	X_{nm_n2}	...	X_{nm_np}

Misalkan Y_{ij} menyatakan variabel respon yang diamati untuk subyek ke- i pada waktu ke- j , dan X_{ijk} menyatakan variabel prediktor yang diamati subyek ke- i pada waktu j dan prediktor ke- k dengan $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m_i; k =$

1, 2, ..., p maka data longitudinal dapat dinyatakan pada Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$(Y_{ij}, X_{ijk}), i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m_i \quad (2.1)$$

Dengan n menyatakan banyaknya subyek dan m_i menyatakan banyaknya waktu pengamatan pada subyek ke- i (Wu & Zhang, 2006).

2.2 Multikolinearitas

Multikolinertitas terjadi apabila terdapat hubungan atau korelasi diantara beberapa atau seluruh variabel prediktor (Soemartini, 2008). Mendeteksi adanya multikolinearitas pada variabel prediktor adalah dengan menghitung nilai koefisien korelasi sederhana (korelasi *pearson*) antar variabel prediktor. Terdapat beberapa kriteria nilai interpretasi koefisien korelasi positif dan koefisien korelasi negatif dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut (Fitriani *et al.*, 2017):

Tabel 2.2. Interpretasi Koefisien Korelasi

Nilai	Interpretasi
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

Arah hubungan korelasi:

- a. Korelasi positif (+), yaitu menunjukkan arah korelasi yang sama.
- b. Korelasi negatif (-), yaitu menunjukkan arah korelasi yang berlawanan.

2.3 Matriks Varians-Kovarians dan Matriks Korelasi

Matriks varians-kovarians disimbolkan dengan Σ atau S . Matriks varians-kovarians dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut (Astuti, 2014):

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \begin{pmatrix} [X_{ij1} - \bar{X}_1] \\ [X_{ij2} - \bar{X}_2] \\ \vdots \\ [X_{ijp} - \bar{X}_p] \end{pmatrix} [X_{ij1} - \bar{X}_1 \quad X_{ij2} - \bar{X}_2 \quad \dots \quad X_{ijp} - \bar{X}_p]'$$

$$\Sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} (X_{ij1} - \bar{X}_1)^2 & (X_{ij1} - \bar{X}_1)(X_{ij2} - \bar{X}_2) & \cdots & (X_{ij1} - \bar{X}_1)(X_{ijp} - \bar{X}_p) \\ (X_{ij2} - \bar{X}_2)(X_{ij1} - \bar{X}_1) & (X_{ij2} - \bar{X}_2)^2 & \cdots & (X_{ij2} - \bar{X}_2)(X_{ijp} - \bar{X}_p) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (X_{ijp} - \bar{X}_p)(X_{ij1} - \bar{X}_1) & (X_{ijp} - \bar{X}_p)(X_{ij2} - \bar{X}_2) & \cdots & (X_{ijp} - \bar{X}_p)^2 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij1} - \bar{X}_1)^2 & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij1} - \bar{X}_1)(X_{ij2} - \bar{X}_2) & \cdots & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij1} - \bar{X}_1)(X_{ijp} - \bar{X}_p) \\ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij2} - \bar{X}_2)(X_{ij1} - \bar{X}_1) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij2} - \bar{X}_2)^2 & \cdots & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij2} - \bar{X}_2)(X_{ijp} - \bar{X}_p) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ijp} - \bar{X}_p)(X_{ij1} - \bar{X}_1) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ijp} - \bar{X}_p)(X_{ij2} - \bar{X}_2) & \cdots & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ijp} - \bar{X}_p)^2 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1p} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{p1} & S_{p2} & \cdots & S_{pp} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Ukuran keeratan hubungan linier antara dua variabel random X_k dan X_h adalah koefisien korelasi sampel ρ_{kh} yang dinyatakan dalam varians S_{kk} dan kovarians S_{kh} pada Persamaan (2.3) berikut ini:

$$\rho_{kh} = \frac{S_{kh}}{\sqrt{S_{kk}\sqrt{S_{hh}}}} \quad (2.3)$$

Matriks koefisien korelasi adalah matriks simetri berukuran $p \times p$ yang dapat dinyatakan dalam Persamaan (2.4) berikut ini:

$$\rho = \begin{bmatrix} \frac{S_{11}}{\sqrt{S_{11}\sqrt{S_{11}}} & \frac{S_{12}}{\sqrt{S_{11}\sqrt{S_{22}}} & \cdots & \frac{S_{1p}}{\sqrt{S_{11}\sqrt{S_{pp}}} \\ \frac{S_{12}}{\sqrt{S_{11}\sqrt{S_{22}}} & \frac{S_{22}}{\sqrt{S_{22}\sqrt{S_{22}}} & \cdots & \frac{S_{2p}}{\sqrt{S_{22}\sqrt{S_{pp}}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{S_{1p}}{\sqrt{S_{11}\sqrt{S_{pp}}} & \frac{S_{2p}}{\sqrt{S_{22}\sqrt{S_{pp}}} & \cdots & \frac{S_{pp}}{\sqrt{S_{pp}\sqrt{S_{pp}}} \end{bmatrix}$$

$$\rho = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{21} & \cdots & \rho_{1p} \\ \rho_{12} & 1 & \cdots & \rho_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1p} & \rho_{2p} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Misalkan matriks A adalah matriks berukuran $n \times n$, terdapat suatu skalar λ vektor tak nol \mathbf{v} sehingga memenuhi persamaan berikut (Ruminta, 2009):

$$A\mathbf{v} = \lambda\mathbf{v} \quad (2.5)$$

Skalar λ disebut nilai eigen dari A dan \mathbf{v} disebut vektor eigen dari A yang bersesuaian dengan λ . Untuk memperoleh nilai eigen pada Persamaan (2.5) dapat dituliskan menjadi:

$$A\mathbf{v} = \lambda\mathbf{v}; \text{ dengan } \mathbf{v} \neq \mathbf{0}$$

$$A\mathbf{v} - \lambda\mathbf{v} = \mathbf{0},$$

$$A\mathbf{v} - \lambda I \mathbf{v} = \mathbf{0},$$

$$(A - \lambda I)\mathbf{v} = \mathbf{0}.$$

Agar λ menjadi nilai eigen, maka harus terdapat solusi tak nol dari Persamaan (2.5). Persamaan tersebut akan memiliki penyelesaian tak nol jika dan hanya jika:

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = 0 \text{ atau } |\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}| = 0 \quad (2.6)$$

2.5 Principal Component Analysis

Principal Component Analysis (PCA) adalah kombinasi linier dari p variabel $X_{ij1}, X_{ij2}, \dots, X_{ijp}$. Prosedur PCA pada dasarnya adalah bertujuan untuk mereduksi dimensi data asal yang semula terdapat p variabel prediktor menjadi m komponen utama (dengan $m < p$). Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel prediktor melalui transformasi variabel prediktor asal ke variabel prediktor baru yang tidak berkorelasi (Jolliffe, 2002).

Setelah beberapa komponen hasil PCA yang bebas multikolinearitas diperoleh, maka komponen-komponen tersebut menjadi variabel prediktor baru yang dapat diregresikan atau dianalisis pengaruhnya terhadap variabel respon (y). Reduksi data pengamatan menggunakan PCA dapat dilakukan tanpa mengurangi informasi dari semua data. Oleh karena itu, PCA dipandang sebagai transformasi dari $X_{ij1}, X_{ij2}, \dots, X_{ijp}$ (Soemartini, 2008).

Matriks varians-kovarians (Σ) digunakan bila semua variabel-variabel prediktor $\mathbf{X} = [X_{ij1}, X_{ij2}, \dots, X_{ijp}]$ yang diamati menggunakan satuan pengukuran yang sama dengan pasangan nilai eigen dan vektor eigen yaitu $(\lambda_1, \boldsymbol{\alpha}_1), (\lambda_2, \boldsymbol{\alpha}_2), \dots, (\lambda_p, \boldsymbol{\alpha}_p)$ dengan $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$. Komponen utama

yang dibentuk sebagai kombinasi linier dapat didefinisikan pada Persamaan (2.7) sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2007):

$$\begin{aligned} W_{ij1} &= \alpha'_1 X = \alpha_{11}X_{ij1} + \alpha_{12}X_{ij2} + \dots + \alpha_{1p}X_{ijp} \\ W_{ij2} &= \alpha'_2 X = \alpha_{21}X_{ij1} + \alpha_{22}X_{ij2} + \dots + \alpha_{2p}X_{ijp} \\ &\vdots \\ W_{ijp} &= \alpha'_p X = \alpha_{p1}X_{ij1} + \alpha_{p2}X_{ij2} + \dots + \alpha_{pp}X_{ijp} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Apabila komponen utama yang dibentuk sebagai kombinasi linier pada Persamaan (2.7) disajikan dalam bentuk matriks, diperoleh:

$$\alpha'_p X = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1p} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{p1} & \alpha_{p2} & \dots & \alpha_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{ij1} \\ X_{ij2} \\ \vdots \\ X_{ijp} \end{bmatrix}$$

Selain berdasarkan matriks varians-kovarians, komponen utama juga dapat dibentuk berdasarkan matriks korelasi (ρ) bila semua variabel-variabel prediktor $X = [X_{ij1}, X_{ij2}, \dots, X_{ijp}]$ yang diamati tidak menggunakan satuan pengukuran yang sama, sehingga perlu disamakan dengan cara mentransformasi ke variabel baku Z (Widiharih, 2001).

Variabel baku Z diperoleh dari transformasi terhadap variabel asal X yang dirumuskan pada Persamaan (2.8) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{ij1} &= \frac{(X_{ij1} - \bar{X}_1)}{\sqrt{S_{11}}} \\ Z_{ij2} &= \frac{(X_{ij2} - \bar{X}_2)}{\sqrt{S_{22}}} \\ &\vdots \\ Z_{ijp} &= \frac{(X_{ijp} - \bar{X}_p)}{\sqrt{S_{pp}}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Menurut Johnson & Wichern (2007), Komponen utama yang dibentuk sebagai kombinasi linier dari variabel yang dibakukan yaitu $Z = [Z_{ij1}, Z_{ij2}, \dots, Z_{ijp}]$ dapat didefinisikan pada Persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_{ij1} &= \alpha'_1 Z = \alpha_{11}Z_{ij1} + \alpha_{12}Z_{ij2} + \dots + \alpha_{1p}Z_{ijp} \\ W_{ij2} &= \alpha'_2 Z = \alpha_{21}Z_{ij1} + \alpha_{22}Z_{ij2} + \dots + \alpha_{2p}Z_{ijp} \\ &\vdots \\ W_{ijp} &= \alpha'_p Z = \alpha_{p1}Z_{ij1} + \alpha_{p2}Z_{ij2} + \dots + \alpha_{pp}Z_{ijp} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Apabila komponen utama yang dibentuk sebagai kombinasi linier pada Persamaan (2.9) disajikan dalam bentuk matriks, diperoleh:

$$\alpha'_p \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1p} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{p1} & \alpha_{p2} & \dots & \alpha_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{ij1} \\ Z_{ij2} \\ \vdots \\ Z_{ijp} \end{bmatrix}$$

Komponen utama dibentuk berdasarkan urutan varians dari yang terbesar hingga yang terkecil, dalam arti sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2007):

1. Komponen utama pertama (W_1) merupakan kombinasi linier dari seluruh variabel yang diamati dan memiliki varians pertama terbesar.
2. Komponen utama pertama (W_2) merupakan kombinasi linier dari seluruh variabel yang diamati yang bersifat saling bebas terhadap (W_1) dan memiliki varians kedua terbesar.
3. Komponen utama pertama (W_3) merupakan kombinasi linier dari seluruh variabel yang diamati yang bersifat saling bebas terhadap (W_1) maupun (W_2), dan memiliki varians ketiga terbesar.
4. Komponen utama ke p (W_p) merupakan kombinasi linier dari seluruh variabel yang diamati yang bersifat saling bebas terhadap W_1, W_2, \dots, W_{p-1} , dan memiliki varians yang terkecil.

Kriteria pemilihan m komponen utama yaitu (Johnson & Wichern, 2007):

1. Proporsi variansi kumulatif yang mampu dijelaskan oleh komponen - komponen utama yang dipilih minimal 80%.
2. Komponen utama yang dipilih adalah komponen utama yang mempunyai nilai eigen lebih besar satu atau $\lambda_k > 1$.

2.6 Regresi Data Longitudinal Model Efek Tetap

Model efek tetap adalah salah satu cara untuk mengetahui adanya perbedaan pada data longitudinal dengan mengasumsikan bahwa intersep β_{0i} berbeda-beda antar individu (unit *cross section*) tetapi koefisien regresi β_k masing-masing variabel adalah konstan. Secara umum bentuk model efek tetap dapat dituliskan sebagai berikut (Ghazali & Otok 2016):

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_1 X_{ij1} + \beta_2 X_{ij2} + \dots + \beta_p X_{ijp} + \varepsilon_{ij} \quad (2.10)$$

dengan:

Y_{ij} : nilai variabel respon untuk individu ke- i dan waktu- j , $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, 3, \dots, m_i$, dan $k = 1, 2, \dots, p$

X_{ijk} : nilai variabel untuk individu ke- i , waktu ke- j , dan prediktor ke- k

β_{0i} : intersep untuk setiap individu ke- i

β_k : koefisien-koefisien regresi

ε_{ij} : eror untuk individu ke- i waktu ke- j

Dengan menggunakan metode *within group* maka akan dihitung rata-rata untuk setiap subyek ke $-i$ terhadap waktu ke $-j$, maka dapat dituliskan sebagai berikut (Hsiao, 2003):

$$\bar{Y}_i = \beta_{0i} + \beta_1 \bar{X}_{i1} + \beta_2 \bar{X}_{i2} + \dots + \beta_p \bar{X}_{ip} + \bar{\varepsilon}_i \quad (2.11)$$

dengan:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij}, i = 1, 2, \dots, n$$

$$\bar{X}_{ik} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} X_{ijk}, k = 1, 2, \dots, p$$

$$\bar{\varepsilon}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \varepsilon_{ij}, i = 1, 2, \dots, n$$

Selanjutnya Persamaan (2.10) dikurangi dengan Persamaan (2.11) sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$Y_{ij} - \bar{Y}_i = 0 + \beta_1(X_{ij1} - \bar{X}_{i1}) + \beta_2(X_{ij2} - \bar{X}_{i2}) + \dots + \beta_p(X_{ijp} - \bar{X}_{ip}) + (\varepsilon_{ij} - \bar{\varepsilon}_i) \quad (2.12)$$

Persamaan (2.12) dapat pula dinyatakan sebagai berikut:

$$\dot{Y}_{ij} = \beta_1 \dot{X}_{ij1} + \beta_2 \dot{X}_{ij2} + \dots + \beta_p \dot{X}_{ijp} + \dot{\varepsilon}_{ij} \quad (2.13)$$

dengan $\dot{Y}_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i$, $\dot{X}_{ij1} = X_{ij1} - \bar{X}_{i1}$, $\dot{X}_{ij2} = X_{ij2} - \bar{X}_{i2}$, $\dot{X}_{ijp} = X_{ijp} - \bar{X}_{ip}$,

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \varepsilon_{ij} - \bar{\varepsilon}_i$$

Model efek tetap pada Persamaan (2.13) dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\dot{Y} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} \\ \dot{Y}_{21} \\ \vdots \\ \dot{Y}_{nm_i} \end{bmatrix}, \dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{X}_{111} & \dot{X}_{112} & \cdots & \dot{X}_{1m_i p} \\ \dot{X}_{211} & \dot{X}_{212} & \cdots & \dot{X}_{2m_i p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dot{X}_{nm_i 1} & \dot{X}_{nm_i 2} & \cdots & \dot{X}_{nm_i p} \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, \dot{\epsilon} = \begin{bmatrix} \dot{\epsilon}_{11} \\ \dot{\epsilon}_{21} \\ \vdots \\ \dot{\epsilon}_{nm_i} \end{bmatrix}$$

Model efek tetap dalam notasi matriks, menjadi:

$$\dot{Y} = \dot{X} \beta + \dot{\epsilon} \quad (2.14)$$

dengan \dot{Y} adalah vektor transformasi variabel respon berukuran $(nm_i \times 1)$, \dot{X} adalah vektor transformasi variabel prediktor berukuran $(nm_i \times (p))$, β adalah vektor parameter berukuran $((p) \times 1)$, dan $\dot{\epsilon}$ adalah vektor transformasi error berukuran $(nm_i \times 1)$.

Menghitung perbedaan intersep antar individu β_{0i} model efek tetap berdasarkan Persamaan (2.10), dengan cara mencari turunan pertama terhadap β_{0i} kemudian hasil turunan disamakan dengan nol sehingga diperoleh (Zivot, 2012):

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial \sum_{j=1}^{m_i} (\epsilon_{ij})^2}{\partial \beta_{0i}} \right|_{\beta_{0i} = \hat{\beta}_{0i}} &= \frac{\partial \sum_{j=1}^{m_i} (Y_{ij} - \beta_{0i} - \beta_1 X_{ij1} - \beta_2 X_{ij2} - \cdots - \beta_p X_{ijp})^2}{\partial \beta_{0i}} \\ &2 \sum_{j=1}^{m_i} (Y_{ij} - \hat{\beta}_{0i} - \hat{\beta}_1 X_{ij1} - \hat{\beta}_2 X_{ij2} - \cdots - \hat{\beta}_p X_{ijp}) (-1) = 0 \\ &2 \left(-\sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij} + \sum_{j=1}^{m_i} \hat{\beta}_{0i} + \hat{\beta}_1 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij1} + \hat{\beta}_2 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij2} + \cdots + \hat{\beta}_p \sum_{j=1}^{m_i} X_{ijp} \right) = 0 \\ &m_i \hat{\beta}_{0i} + \hat{\beta}_1 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij1} + \hat{\beta}_2 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij2} + \cdots + \hat{\beta}_p \sum_{j=1}^{m_i} X_{ijp} = \sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij} \\ &m_i \hat{\beta}_{0i} = \sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij} - \hat{\beta}_1 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij1} - \hat{\beta}_2 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij2} - \cdots - \hat{\beta}_p \sum_{j=1}^{m_i} X_{ijp} \\ &\hat{\beta}_{0i} = \frac{1}{m_i} \left(\sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij} - \hat{\beta}_1 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij1} - \hat{\beta}_2 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij2} - \cdots - \hat{\beta}_p \sum_{j=1}^{m_i} X_{ijp} \right) \\ &\hat{\beta}_{0i} = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij}}{m_i} - \frac{\hat{\beta}_1 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij1}}{m_i} - \frac{\hat{\beta}_2 \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij2}}{m_i} - \cdots - \frac{\hat{\beta}_p \sum_{j=1}^{m_i} X_{ijp}}{m_i} \\ &\hat{\beta}_{0i} = \bar{Y}_i - \hat{\beta}_1 (\bar{X}_{i1}) - \hat{\beta}_2 (\bar{X}_{i2}) - \cdots - \hat{\beta}_p (\bar{X}_{ip}) \quad (2.15) \end{aligned}$$

2.7 Metode Least Square

Metode *least square* merupakan salah satu metode penduga bagi parameter dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat error sehingga nilai regresi yang didapatkan akan mendekati nilai yang sesungguhnya (Astuti, 2014).

Penduga parameter koefisien β pada Persamaan (2.14) tidak diketahui sehingga parameter tersebut diestimasi menggunakan metode *least square* yaitu:

$$\begin{aligned}
 \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon} &= (\dot{Y} - \dot{X}\boldsymbol{\beta})^T (\dot{Y} - \dot{X}\boldsymbol{\beta}) \\
 &= (\dot{Y}^T - \boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T) (\dot{Y} - \dot{X}\boldsymbol{\beta}) \\
 &= \dot{Y}^T \dot{Y} - \dot{Y}^T \dot{X}\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T \dot{Y} + \boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T \dot{X}\boldsymbol{\beta} \\
 &= \dot{Y}^T \dot{Y} - 2\boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T \dot{Y} + \boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T \dot{X}\boldsymbol{\beta}
 \end{aligned} \tag{2.16}$$

Selanjutnya, untuk mendapatkan turunan dari parameter koefisien $\boldsymbol{\beta}$ pada Persamaan (2.16), terlebih dahulu meminimumkan fungsi $\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon}$ dengan cara mencari turunan pertamanya terhadap $\boldsymbol{\beta}$ dan kemudian hasil turunan disamakan dengan nol sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \left. \frac{\partial(\boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon})}{\partial \boldsymbol{\beta}} \right|_{\boldsymbol{\beta}=\hat{\boldsymbol{\beta}}} &= \frac{\partial(\dot{Y}^T \dot{Y} - 2\boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T \dot{Y} + \boldsymbol{\beta}^T \dot{X}^T \dot{X}\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} \\
 &= -2\dot{X}^T \dot{Y} + 2\dot{X}^T \dot{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{0} \\
 &= 2\dot{X}^T \dot{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} = 2\dot{X}^T \dot{Y} \\
 &= \hat{\boldsymbol{\beta}} = (\dot{X}^T \dot{X})^{-1} \dot{X}^T \dot{Y}
 \end{aligned} \tag{2.17}$$

2.8 Diabetes Melitus

2.8.1 Definisi Diabetes Melitus

Diabetes melitus merupakan penyakit kronis yang saat ini semakin bertambah jumlah penderitanya yang sehingga memerlukan upaya penanganan yang tepat dan serius. Apabila tidak dilakukan penanganan secara cermat, dampak dari penyakit tersebut dapat menyebabkan berbagai komplikasi penyakit serius lainnya, diantaranya, jantung koroner, stroke, gagal ginjal, dan kerusakan sistem syaraf (Suyono, 2013). *World Health Organization* (WHO) menunjukkan pada tahun 2013 terdapat 382 juta orang yang menderita diabetes melitus, kemudian pada tahun 2014 meningkat menjadi 422 juta orang yang menderita diabetes melitus, dan pada tahun 2017 menjadi 425 juta penderita diabetes melitus.

Organisasi *Internasional Diabetes Federation* (IDF) memperkirakan penderita diabetes melitus yang paling tinggi prevalensinya berada pada negara bagian *Western Pasific* yang menyumbang 159 juta penderita, dan diperkirakan akan menjadi 183 juta pada tahun 2045, diikuti oleh *South-East Asia* pada urutan kedua sebagai negara yang memiliki prevalensi diabetes terbesar yaitu sebanyak 82 juta penderita dan diperkirakan 183 juta di tahun 2045, dan Benua Eropa menempati

peringkat ketiga sebagai negara dengan prevalensi diabetes tertinggi yaitu sebesar 58 juta dan diperkirakan akan menjadi 67 juta pada tahun 2045.

Negara di wilayah Arab-Afrika Utara, dan Pasifik Barat menempati peringkat pertama dan ke-2 dengan prevalensi diabetes pada penduduk umur 20-79 tahun tertinggi di antara 7 regional dunia, yaitu sebesar 12,2% dan 11,4%. Wilayah Asia Tenggara dimana Indonesia menempati peringkat ke-3 dengan prevalensi sebesar 11,3%. *Internasioanl Diabetes Federation (IDF)* juga memproyeksikan jumlah penderita diabetes pada penduduk umur 20-79 tahun pada beberapa negara di dunia yang telah mengidentifikasi 10 negara dengan jumlah penderita tertinggi. Cina, India, dan Amerika Serikat menempati urutan tiga teratas dengan jumlah penderita 116,4 juta, 77 juta, dan 31 juta. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki angka kejadian diabetes melitus yang cukup tinggi berada di peringkat ke-7 diantara 10 negara dengan jumlah penderita terbanyak yaitu sebesar 10,7 juta. Indonesia satu-satunya negara di Asia Tenggara pada daftar tersebut sehingga dapat diperkirakan besarnya kontribusi Indonesia terhadap prevalensi kasus diabetes di Asia Tenggara (Kemenkes, 2020).

Diabetes melitus merupakan penyebab kematian terbesar nomor 3 di Indonesia dengan persentase sebesar 6,7%, setelah stroke sebesar 21,1% dan penyakit jantung koroner sebesar 12,9%. Bila tidak ditanggulangi, kondisi ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas, disabilitas, dan kematian dini. Prevalensi diabetes melitus berdasarkan diagnosis dokter di Sulawesi Selatan pada tahun 2018 sebanyak 50.127 kasus, tertinggi di Kabupaten Wajo sebesar 2,19%, Kota Makassar sebesar 1,73%, Kota Parepare sebesar 1,59%, dan Kabupaten Bone sebesar 1,58%. Kota Makassar merupakan salah satu daerah tertinggi dengan angka kejadian penderita diabetes melitus di wilayah Sulawesi Selatan yang terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2018 sebanyak 8.611 kasus (RISKESDAS, 2019).

Diabetes melitus adalah penyakit yang erat kaitannya dengan asupan makanan. Asupan makanan seperti karbohidrat atau gula, protein, lemak, dan energi yang berlebihan dapat menjadi faktor risiko awal kejadian diabetes. Semakin berlebihan asupan makanan maka semakin besar pula kemungkinan akan menyebabkan diabetes melitus. Penyerapan gula menyebabkan peningkatan kadar

gula darah dan mendorong peningkatan sekresi hormon insulin untuk mengontrol kenaikan kadar gula darah diatas batas normal (Putra & Wirawati, 2019)

Hiperglikemi atau peningkatan kadar gula dalam darah merupakan efek yang biasa terjadi pada diabetes yang tidak terkontrol. Diabetes melitus ini salah satu penyakit berbahaya di dunia, penyakit ini tidak dapat disembuhkan tetapi hanya bisa di kontrol dengan cara menurunkan kadar gula dalam darah (Putra & Wirawati, 2019).

Tekanan darah merupakan faktor risiko utama terjadinya penyakit diabetes melitus. Tekanan darah dapat membuat sel tidak sensitif terhadap insulin (resisten insulin). Insulin berperan meningkatkan ambilan glukosa di banyak sel dan juga mengatur metabolisme karbohidrat, sehingga jika terjadi resistensi insulin oleh sel, maka kadar gula di dalam darah juga dapat mengalami gangguan yaitu tidak terkontrol (Gyton & Hall, 2008).

Demam adalah kenaikan suhu tubuh berpengaruh terhadap penderita diabetes melitus disebabkan oleh adanya infeksi, peradangan, dehidrasi, dan juga efek samping dari beberapa jenis pengobatan. Beberapa jenis pengobatan yang dapat menimbulkan efek samping yaitu: antibiotik, obat anti tuberculosis, obat anti kejang misalnya fenitoin, obat anti aritmia, beberapa jenis obat jantung, dan metildopa.

Pada penderita diabetes melitus terjadi trombotis arteri dimana terdapat kerusakan endotel yang akan diikuti dengan aktivasi trombotis dan sistem pembekuan. Trombotis arteri sering terjadi di daerah percabangan, karena terjadi perubahan aliran darah yang mengakibatkan terjadinya sifat non trombogenik sehingga terjadi aktivasi trombotis dan sistem pembekuan darah yang akhirnya menjadi thrombus (Puspita *et al.*, 2015).

2.8.2 Gejala Diabetes Melitus

Rudijianto *et al.* (2015) Beberapa gejala umum yang dapat ditimbulkan oleh penyakit diabetes melitus adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan pengeluaran urin (*poliuria*) merupakan gejala umum pada penderita diabetes melitus, keadaan dimana volume air kemih dalam 24 jam meningkat melebihi batas normal. *Poliuria* timbul sebagai gejala DM dikarenakan kadar gula dalam tubuh relatif tinggi sehingga tubuh tidak sanggup untuk mengurainya sehingga merangsang tubuh untuk berusaha

mengeluarkannya melalui urin. Gejala pengeluaran urin sering terjadi pada malam hari dan urin yang dikeluarkan mengandung glukosa.

2. Peningkatan rasa haus (*polidipsia*) akibat volume urin yang sangat besar dan keluarnya air menyebabkan dehidrasi ekstrasel. Dehidrasi intrasel mengikuti dehidrasi ekstrasel karena air intrasel akan berdifusi keluar sel mengikuti penurunan gradien konsentrasi ke plasma yang hipotonik (sangat pekat). Dehidrasi intrasel merangsang pengeluaran *Anti Diuretic Hormone* (ADH) dan menimbulkan rasa haus.
3. Timbul rasa lapar (*polifagia*) terjadinya banyak makan ini disebabkan oleh berkurangnya cadangan glukosa dalam tubuh sedangkan kadar gula dalam darah tinggi. Sehingga dengan demikian, tubuh berusaha untuk memperoleh cadangan gula dari makanan yang diterima.
4. Peningkatan angka infeksi akibat penurunan protein sehingga bahan pembentukan antibodi, peningkatan konsentrasi glukosa disekresi mucus, gangguan fungsi imun, dan penurunan aliran darah pada penderita diabetes kronik.
5. Luka yang tidak sembuh-sembuh. Proses penyembuhan luka membutuhkan bahan dasar utama dari protein dan unsur makanan yang lain. Pada penderita diabetes melitus bahan protein banyak diformulasikan untuk kebutuhan energi sel sehingga bahan yang dipergunakan untuk penggantian jaringan yang rusak mengalami gangguan. Selain itu luka yang sulit sembuh juga dapat diakibatkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang cepat pada penderita diabetes melitus.
6. Mata kabur, disebabkan oleh katarak atau gangguan refraksi perubahan pada lensa oleh hiperglikemia.

2.8.3 Komplikasi Diabetes Melitus

1. Kadar glukosa darah yang tinggi dan berlangsung lama pada penderita diabetes melitus dapat menyebabkan komplikasi pada seluruh organ tubuh. Secara umum komplikasi kronis diabetes melitus dibagi dua kelompok, yaitu komplikasi yang mengenai pembuluh darah kecil (komplikasi mikrovaskular) seperti pada ginjal dan retina mata dan komplikasi yang mengenai pembuluh

darah besar (komplikasi makrovaskular) seperti pada jantung, pembuluh darah otak, dan pembuluh darah tungkai bagian bawah (Waspadji, 2007).

a) Masalah pada mata (retinopati)

Penyebab kebutaan yang paling sering pada usia dewasa 20 sampai 74 tahun disebabkan karena retinopati diabetik. Pasien diabetes melitus memiliki risiko dua puluh lima kali lebih mudah untuk mengalami retinopati pada pasien diabetes melitus dibanding dengan nondiabetes melitus.

b) Penyakit jantung koroner

Penyebab kematian utama pada pasien diabetes melitus adalah penyakit jantung koroner yang merupakan salah satu penyulit makrovaskular pada diabetes melitus. Penyulit makrovaskular ini bermanifestasi sebagai aterosklerosis dini yang dapat mengenai organ-organ vital seperti jantung dan otak.

c) Gangguan fungsi ginjal (nefropti)

Nefropati diabetik pada pasien diabetes melitus dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal sehingga memerlukan tindakan cuci ginjal atau transplantasi ginjal. Risiko untuk terjadinya gagal ginjal pada penderita diabetes melitus tujuh kali lebih besar daripada bukan penderita diabetes melitus.

d) Gangguan pada syaraf (neuropati)

Neuropati diabetik merupakan salah satu komplikasi kronis paling sering terjadi pada diabetes melitus. Risiko yang dihadapi pasien diabetes melitus dengan neuropati diabetik antara lain infeksi berulang, ulkus yang tidak sembuh-sembuh dan amputasi jari/kaki. Kondisi inilah yang menyebabkan bertambahnya angka kesakitan dan kematian pada pasien diabetes melitus.

2.8.4 Pengobatan Diabetes Melitus

1. Penyuluhan Kesehatan

Penyuluhan kesehatan harus sering diberikan oleh dokter atau perawat kepada para penderita diabetes melitus. Penyuluhan tersebut meliputi beberapa hal, antara lain pengetahuan perlunya diet secara ketat, latihan fisik, minum obat

dan juga pengetahuan tentang komplikasi, pencegahan maupun perawatannya.

2. Diet

Pada diet diabetes melitus penderita harus pantang gula dan makanan yang manis untuk selamanya dan harus memperhatikan tiga “J”, yaitu: jumlah makanan, jadwal makanan, dan jenis makanan.

- a) Jumlah makanan harus disesuaikan dengan jumlah kalori yang dibutuhkan setiap harinya. Kebutuhan ini ditentukan secara individual berdasarkan berat badan (obesitas, kurus atau ideal), Jenis kelamin, usia, gaya hidup dan aktifitas.
- b) Jadwal makan atau frekuensi makan, dengan tujuan untuk membagi secara merata pemasukan kalori setiap harinya, sehingga dapat menghindari kenaikan kadar gula darah yang terlalu tinggi.
- c) Jenis makanan atau komposisi diet yang dianjurkan bagi penderita diabetes melitus, hendaknya dari karbohidrat, protein dan lemak.

3. Obat Hipoglikemik

Obat hipoglikemik (penurun kadar darah) bisa berbentuk oral (tablet obat anti diabetes) atau injeksi/suntikan (insulin) mana cara yang baik tergantung situasi penderita diabetes melitus.

2.9 Gambaran Umum Rumah Sakit Ibnu Sina Kota Makassar

2.9.1 Sejarah Singkat Rumah Sakit Ibnu Sina Kota Makassar

Rumah Sakit “Ibnu Sina” UMI merupakan Rumah Sakit Umum Swasta, dahulu bernama Rumah Sakit “45” yang didirikan pada Tahun 1988 berdasarkan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Sulawesi Selatan No. 6783/DK-I/SK/TV.1/X/88, tanggal 05 Oktober 1988. Pada hari Senin 16 Juni 2003 telah dilakukan penyerahan kepemilikan berdasarkan Akta jual beli No. 751/PNK/JP/VII/2003 dari Yayasan Andi Sose kepada Yayasan Wakaf UMI, yang ditandatangani oleh Ketua Yayasan Andi Sose yaitu Bapak Dr.H. Andi Sose dan Ketua Yayasan Wakaf UMI Bapak Almarhum Prof. Dr. H. Abdurahman A. Basalamah, SE., M.Si. Berdasarkan hak atas kepemilikan baru ini, maka nama Rumah Sakit “45” oleh Yayasan Wakaf UMI diubah menjadi Rumah Sakit “Ibnu Sina” YWUMI.

Rumah Sakit "Ibnu Sina" YW-UMI dibangun diatas tanah 18.008 M2 dengan luas bangunan 12.025 M2, beralamat jalan Letnan Jenderal Urip Sumoharjo Km 5 No. 264 Makassar. Berdasarkan surat permohonan dari Yayasan Wakaf UMI kepada Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan, menerbitkan surat izin uji coba penyelenggaraan operasional Rumah Sakit "Ibnu Sina" YWUMI pada tanggal, 23 September 2003, No. 6703A/DK-VI/PTS-TK/2/X/2003, dan pada hari Senin, tanggal, 17 Mei 2004 Rumah Sakit "Ibnu Sina" YW-UMI diresmikan oleh Gubernur Sulawesi Selatan Bapak H.M. Amin Syam, serta Rumah Sakit "Ibnu Sina" UMI memperoleh Surat Izin penyelenggaraan Rumah Sakit dari Departemen Kesehatan Republik Indonesia, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. YM. 02.04.3.5.4187, tanggal 26 September 2005.

Sebagaimana diketahui bahwa Universitas Muslim Indonesia (UMI) sejak tahun 1991 telah memiliki Fakultas Kedokteran dan telah menghasilkan Dokter umum, maka keberadaan Rumah Sakit "Ibnu Sina" YW-UMI akan lebih menambah dan melengkapi sarana/fasilitas pendidikan kedokteran, terutama pendidikan klinik bagi calon dokter umum dan calon dokter ahli. Dengan demikian diharapkan bahwa luaran dokter Fakultas Kedokteran UMI pada masa mendatang akan lebih meningkatkan kualitas, keterampilan, dan akhlaq mulia serta memiliki integritas pengabdian yang tinggi bagi ummat islam dan masyarakat pada umumnya.

2.9.2 Motto, Visi, dan Misi serta Nilai

Motto yaitu "Melayani Anda Merupakan Ibadah dan Pengabdian Kami". Dan Visi adalah "Menjadi Rumah Sakit Pendidikan dengan Pelayanan yang Islami, Unggul dan Terkemuka di Indonesia (*To be a teaching hospital with Islamic, excellent and distinction medical services in Indonesia*)".

Adapun visi pada Rumah Sakit Ibnu Sina Makassar adalah sebagai berikut:

1. Rumah sakit pendidikan
 - a) Dalam rumah sakit berlangsung proses pendidikan, penelitian, dan pelayanan yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain.
 - b) Merupakan rumah sakit Pendidikan Fak. Kedokteran Universitas Muslim Indonesia dan institusi pendidikan lainnya yang bekerjasama dengan Rumah Sakit "Ibnu Sina" YW-UMI.

2. Pelayanan yang islami
 - a) Memelihara amanah dari Allah SWT, berarti memberikan pelayanan yang berbasis keikhlasan amaliah kepada seluruh ummat manusia sebagai pelaksanaan ibadah kepada Allah SWT.
 - b) Memelihara hubungan baik antar sesama manusia (dokter, perawat, karyawan, pasien/keluarga dan masyarakat).
 - c) Memelihara hubungan baik dengan lingkungan (kebersihan, ketertiban, keamanan dll).
3. Pelayanan yang unggul
 - a) Sesuai standar dan dapat dipertanggung jawabkan.
 - b) Bermutu tinggi profesional sesuai dengan etika kedokteran.
 - c) Teradministrasi dengan baik.
 - d) Terus bertumbuh dan dikembangkan.
4. Terkemuka di Indonesia
 - a) Keunggulan khusus.
 - b) Ciri pelayanan yang khas.
 - c) Rumah sakit rujukan.
 - d) Penelitian dan publikasi ilmiah.
 - e) Pengembangan teknologi kedokteran.

Adapun misi pada Rumah Sakit Ibnu Sina Makassar adalah sebagai berikut:

1. Melaksanakan dan mengembangkan pelayanan kesehatan unggul yang menjunjung tinggi moral dan etika (misi pelayanan kesehatan).
2. Melaksanakan dan mengembangkan pendidikan kedokteran dan professional kesehatan lainnya (misi pendidikan).
3. Melaksanakan pelayanan dakwah dan bimbingan spiritual kepada penderita dan pengelola rumah sakit (misi dakwah).
4. Mengupayakan perolehan finansial dari berbagai kegiatan rumah sakit (misi finansial).
5. Meningkatkan kesejahteraan pegawai (misi kesejahteraan).

Sedangkan nilai yang diterapkan pada Rumah Sakit Ibnu Sina adalah sebagai berikut:

- a) Amanah (kepedulian, jujur, berdedikasi, dan bertanggung jawab).
- b) Profesional (kompetensi dan etika).
- c) Akhlaqul qarimah (menjaga silaturahmi, saling membantu, menghargai, dan kebersamaan).