



ANALISIS KOMPONEN UTAMA TERAMPAT KEKAR DALAM REDUKSI DIMENSI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA IMPUTASI BERGANDA UNTUK ANALISIS PEMBANGUNAN MANUSIA

FAHREZAL ZUBEDI



**PROGRAM STUDI DOKTOR STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Analisis Komponen Utama Terampat Kekar dalam Reduksi Dimensi Menggunakan Algoritma Genetika Imputasi Berganda untuk Analisis Pembangunan Manusia” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan ChatGPT (*Open AI*) dan *Grammarly* sebagai alat bantu dalam penyusunan sintaks R untuk analisis simulasi dan empiris serta penerjemahan bahasa, penulis meninjau dan menyunting kontens sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Fahrezal Zubedi
G1601211002



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

FAHREZAL ZUBEDI. Analisis Komponen Utama Terampat Kekar dalam Reduksi Dimensi Menggunakan Algoritma Genetika Imputasi Berganda untuk Analisis Pembangunan Manusia. Dibimbing oleh I MADE SUMERTAJAYA, KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO, dan UTAMI DYAH SYAFITRI.

Analisis data indikator dimensi pembangunan manusia pada tingkat kabupaten/kota di Indonesia menghadapi berbagai permasalahan statistika, seperti dimensi data yang cukup besar, indikator-indikator saling berkorelasi dan kabupaten/kota yang memiliki capaian pembangunan manusia yang mirip. Kondisi tersebut menyebabkan analisis berdasarkan data asli menjadi kurang efektif dan sulit divisualisasikan. Salah satu metode reduksi dimensi yang mampu mereduksi dimensi kolom dan baris secara simultan adalah Analisis Komponen Utama Terampat (AKUT). Namun, AKUT tidak dapat diterapkan secara langsung pada data yang mengandung nilai hilang dan sensitif terhadap pencilan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan integrasi AKUT dengan Algoritma Genetika Imputasi Berganda (AGIB), AKUT kekar menggunakan transformasi Euler, serta integrasi AKUT kekar-AGIB untuk mereduksi dimensi data yang mengandung nilai hilang dan pencilan.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) membandingkan hasil reduksi dimensi menggunakan AKUT antara data seluruh kabupaten/kota di Indonesia dan data yang dikelompokkan berdasarkan wilayah, (2) mengembangkan metode integrasi AKUT-AGIB dalam mereduksi dimensi data yang mengandung nilai hilang, (3) mengembangkan metode AKUT kekar dalam mereduksi dimensi data yang mengandung pencilan, (4) mengembangkan metode integrasi AKUT kekar-AGIB untuk mereduksi dimensi data yang mengandung nilai hilang dan pencilan, (5) mengevaluasi kemampuan metode integrasi AKUT kekar-AGIB dalam mempertahankan kemiripan pola antarmatriks antara data asli dan hasil reduksi dimensi menggunakan pendekatan Procrustes terampat, dan (6) mengkaji perubahan pembangunan manusia antarkabupaten/kota di Indonesia periode 2019–2022 berdasarkan matriks hasil reduksi dimensi yang diperoleh dari metode integrasi AKUT kekar-AGIB.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data simulasi dan data empiris. Data simulasi berupa empat matriks berdimensi 500x100 yang saling berkorelasi, dengan struktur 25 kelompok amatan dan lima kelompok peubah. Data empiris berupa 20 indikator dimensi pembangunan manusia dari 514 kabupaten/kota di Indonesia selama periode 2019–2022 yang disusun menjadi empat matriks berdasarkan tahun pengamatan. Kinerja metode dievaluasi menggunakan jumlah komponen utama, RMSE, dan nilai R^2 . Signifikansi perbedaan kinerja dievaluasi menggunakan ANOVA dan uji lanjut Tukey..

Hasil analisis AKUT menunjukkan bahwa hasil reduksi dimensi yang diperoleh berbeda antarwilayah. Pada analisis agregat nasional, indikator dominan terutama berasal dari dimensi pengetahuan, sedangkan pada analisis berbasis wilayah indikator dominan berbeda sesuai dengan karakteristik masing-masing wilayah. Meskipun demikian, dua komponen utama hasil AKUT pada data agregat nasional masih mampu menjelaskan lebih dari 50% keragaman data indikator pembangunan

manusia kabupaten/kota di Indonesia sehingga tetap representatif dalam menggambarkan pola keragaman data indikator pembangunan manusia secara umum.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi AKUT-AGIB menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode pembandingan lainnya. Pada berbagai skenario persentase nilai hilang, integrasi AKUT-AGIB secara konsisten menghasilkan RMSE yang lebih rendah dan nilai R^2 yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pembandingan. Hasil ANOVA dan uji lanjut Tukey menunjukkan adanya perbedaan kinerja yang nyata antarmetode dan antarsentase nilai hilang. Hasil simulasi pada data yang mengandung pencilan menunjukkan bahwa AKUT kekar menghasilkan RMSE yang lebih rendah dan hasil reduksi dimensi yang lebih stabil dibandingkan dengan AKUT. Pendekatan transformasi Euler pada AKUT kekar mampu mengurangi pengaruh pencilan terhadap matriks ragam-koragam sehingga struktur utama data tetap dapat dipertahankan meskipun terdapat pencilan. Keunggulan AKUT kekar dibandingkan dengan AKUT semakin terlihat seiring dengan meningkatnya persentase pencilan.

Pada data simulasi yang mengandung nilai hilang dan pencilan, evaluasi menggunakan Procrustes terampat menunjukkan bahwa nilai R^2 himpunan matriks hasil reduksi mendekati nilai R^2 pada himpunan matriks data asli. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi AKUT kekar-AGIB mampu mempertahankan kemiripan pola antarmatriks meskipun data mengandung nilai hilang dan pencilan. Namun, semakin tinggi persentase nilai hilang dan pencilan, nilai R^2 cenderung menurun. Hasil empiris menunjukkan bahwa pola pembangunan manusia kabupaten/kota di Indonesia periode 2019–2022 relatif stabil, yang ditunjukkan oleh nilai R^2 Procrustes terampat yang tinggi antartahun. Konfigurasi matriks data indikator dimensi pembangunan manusia kabupaten/kota di Indonesia periode 2019–2022 relatif konsisten antara data asli dan data hasil reduksi. Kedekatan nilai R^2 Procrustes terampat pada kedua himpunan data tersebut menunjukkan bahwa integrasi AKUT kekar-AGIB mampu mempertahankan pola utama pembangunan manusia meskipun data telah direduksi ke dimensi yang lebih rendah. Analisis Procrustes antartahun menunjukkan bahwa tingkat kemiripan pola pembangunan manusia tertinggi terjadi pada periode pandemi COVID-19. Hasil ini mengindikasikan bahwa pada periode tersebut konfigurasi pembangunan manusia antarkabupaten/kota relatif lebih stabil dibandingkan dengan periode lainnya. Dengan kata lain, perubahan pola relatif antarwilayah berdasarkan indikator pembangunan manusia cenderung lebih kecil pada periode pandemi. Sementara itu, pada periode pascapandemi tingkat kemiripan pola pembangunan manusia kembali menurun, yang menunjukkan mulai terjadinya perubahan konfigurasi pembangunan manusia antarkabupaten/kota di Indonesia. Secara keseluruhan, integrasi AKUT kekar-AGIB mampu mereduksi dimensi kolom dan baris dari matriks data yang mengandung nilai hilang dan pencilan serta mempertahankan pola utama yang terdapat pada data asli.

Kata kunci: AKUT, integrasi AKUT-AGIB, integrasi AKUT kekar-AGIB, pembangunan manusia, procrustes, procrustes terampat, transformasi Euler

SUMMARY

FAHREZAL ZUBEDI. Robust Generalized Principal Component Analysis in Dimensionality Reduction Using a Multiple Imputation Genetic Algorithm for Human Development Analysis. Supervised by I MADE SUMERTAJAYA, KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO, dan UTAMI DYAH SYAFITRI.

The analysis of human development indicator data at the district/city level in Indonesia involves several statistical challenges, including high data dimensionality, correlations among indicators, and similarities in human development levels across districts/cities. These conditions make direct analysis of the original data less effective and difficult to visualize. One dimensionality reduction method capable of simultaneously reducing the column and row dimensions of a data matrix is Generalized Principal Component Analysis (GPCA). However, GPCA cannot be directly applied to data containing missing values and is sensitive to outliers. Therefore, this study develops an integrated GPCA–Multiple Imputation Genetic Algorithm (MIGA) method, robust GPCA using an Euler transformation, and an integrated robust GPCA–MIGA method for reducing the dimensions of data containing missing values and outliers.

This study aims to (1) compare the dimensionality reduction results obtained using GPCA for data from all districts/cities in Indonesia and for data grouped by region; (2) develop an integrated GPCA–MIGA method for reducing the dimensions of data containing missing values; (3) develop a robust GPCA method for reducing the dimensions of data containing outliers; (4) develop an integrated robust GPCA–MIGA method for reducing the dimensions of data containing both missing values and outliers; (5) evaluate the ability of the integrated robust GPCA–MIGA method to preserve pattern similarities among matrices between the original data and the dimensionality-reduced data using generalized Procrustes analysis; and (6) examine changes in human development across districts/cities in Indonesia during the 2019–2022 period based on the reduced matrices obtained using the integrated robust GPCA–MIGA method.

The data used in this study consist of simulated and empirical data. The simulated data comprise four correlated matrices of dimension 500×100 , with a structure consisting of 25 observation groups and five variable groups. The empirical data comprise 20 human development indicators from 514 districts/cities in Indonesia during the 2019–2022 period, arranged into four matrices according to the year of observation. Method performance was evaluated using the number of principal components, RMSE, and R^2 values. The significance of performance differences was assessed using ANOVA and Tukey's post hoc test.

The GPCA results show that the dimensionality reduction outcomes differ across regions. In the national aggregate analysis, the dominant indicators were primarily associated with the knowledge dimension, whereas in the region-based analysis, the dominant indicators varied according to the characteristics of each region. Nevertheless, the first two principal components obtained from GPCA for the national aggregate data explained more than 50% of the variation in human development indicator data across districts/cities in Indonesia and were therefore representative of the overall pattern of variation in human development indicators.



The simulation results show that the integrated GPCA–MIGA method performs better than the other comparison methods. Across various percentages of missing values, the integrated GPCA–MIGA method consistently produced lower RMSE values and higher R^2 values than the comparison methods. The ANOVA and Tukey’s post hoc test results indicated statistically significant differences in performance among methods and across percentages of missing values. For data containing outliers, robust GPCA produced lower RMSE values and more stable dimensionality reduction results than GPCA. The Euler transformation used in robust GPCA reduced the influence of outliers on the variance–covariance matrix, thereby preserving the main structure of the data despite the presence of outliers. The superiority of robust GPCA over GPCA became more pronounced as the percentage of outliers increased.

For the simulated data containing both missing values and outliers, evaluation using generalized Procrustes analysis showed that the R^2 value for the set of reduced matrices was close to that for the set of original data matrices. This finding indicates that the integrated robust GPCA–MIGA method was able to preserve pattern similarities among matrices even when the data contained missing values and outliers. However, the R^2 value tended to decrease as the percentages of missing values and outliers increased. The empirical results showed that human development patterns across districts/cities in Indonesia during the 2019–2022 period were relatively stable, as indicated by high generalized Procrustes R^2 values across years. The configurations of the human development indicator matrices were also relatively consistent between the original and reduced data. The closeness of the generalized Procrustes R^2 values for the two sets of matrices indicates that the integrated robust GPCA–MIGA method was able to preserve the main patterns of human development despite reducing the data to lower dimensions. Procrustes analysis across years showed that the highest similarity in human development patterns occurred during the COVID-19 pandemic. This finding indicates that the configuration of human development across districts/cities was relatively more stable during that period than during other periods. In other words, changes in relative patterns across regions based on human development indicators tended to be smaller during the pandemic. In the post-pandemic period, however, the similarity of human development patterns declined, indicating the emergence of changes in the configuration of human development across districts/cities in Indonesia. Overall, the integrated robust GPCA–MIGA method was able to reduce the column and row dimensions of data matrices containing missing values and outliers while preserving the main patterns of the original data.

Keywords: GPCA, integrated GPCA–MIGA, integrated Robust GPCA–MIGA, human development, Procrustes, Generalized Procrustes, Euler transformation.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ANALISIS KOMPONEN UTAMA TERAMPAT KEKAR DALAM REDUKSI DIMENSI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA IMPUTASI BERGANDA UNTUK ANALISIS PEMBANGUNAN MANUSIA

FAHREZAL ZUBEDI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI DOKTOR STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S.
- 2 Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom.
- 2 Dr. Tedy Machmud, M.Pd. 



Judul Disertasi : Analisis Komponen Utama Terampat Kekar dalam Reduksi Dimensi Menggunakan Algoritma Genetika Imputasi Berganda untuk Analisis Pembangunan Manusia
Nama : Fahrezal Zubedi
NIM : G1601211002

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. I Made Sumertajaya, M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.

Pembimbing 3:

Dr. Utami Dyah Syafitri, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si.

NIP. 196909121997021001

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika,
dan Informatika:

Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.

NIP. 196607021993021001

Tanggal Ujian: 10 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Alhamdulillah Robbil 'Alaamiin. Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2023 sampai bulan Juli 2026 ini adalah “Analisis Komponen Utama Terampat Kekar dalam Reduksi Dimensi Menggunakan Algoritma Genetika Imputasi Berganda untuk Analisis Pembangunan Manusia”. Penulisan karya ilmiah ini dapat diselesaikan oleh penulis tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak tentunya atas izin dan pertolongan dari Allah subhanaahu wa ta'ala. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Komisi pembimbing, yaitu Prof. Dr. Ir. I Made Sumertajaya, M.Si., Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S. dan Dr. Utami Dyah Syafitri, S.Si., M.Si. yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta ilmu pengetahuan kepada penulis selama proses penyusunan hingga penyelesaian disertasi ini.
2. Badan Pusat Statistik (BPS) yang menyediakan data indikator pembangunan manusia tingkat kabupaten/kota yang digunakan dalam penelitian.
3. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui hibah Penelitian Disertasi Doktor (PDD).
4. Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi (Kemdiktisaintek), Lembaga Pengelola Dana Keuangan Pendidikan (LPDP) atas Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) sebagai dukungan finansial studi.
5. Penguji luar komisi Ujian Tertutup, yaitu Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S. dan Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M. Kom serta Penguji luar komisi Ujian Terbuka yang telah memberikan masukan serta saran perbaikan disertasi.
6. Ketua Program Studi Doktor Statistika dan Sains Data, Sekolah Pascasarjana IPB University, Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu dan arahan selama masa pendidikan, serta sekretariat Program Studi.
7. Ayah dan Ibu tercinta, yaitu Faruk Zubedi dan Faizah Ubeid serta Adik-adik, yaitu Femeilia, Faradiba dan Jihan yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang dan motivasi yang tiada henti selama menempuh pendidikan.
8. Rektor Universitas Negeri Gorontalo (UNG), Prof. Dr. Ir. Eduart Wolok, S.T., M.T dan seluruh Dosen Jurusan Matematika yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam melaksanakan studi.
9. Teman-teman S3 Prodi Statistika dan Sains Data IPB, yaitu Mas Ari, Mas Asri, Mas Yunus, Mas Dani, Mas Ade, Mas Bayu, Mbak Dwi, dan lainnya yang telah memberikan motivasi, dan bantuan selama proses studi.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Disertasi ini masih memiliki banyak keterbatasan dan kekurangan, namun demikian penulis berharap disertasi ini dapat bermanfaat, baik dalam pengembangan ilmu pengetahuan bidang statistika maupun bidang terapan lainnya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor,
Fahrezal Zubedi



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
DAFTAR ISTILAH	v
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	7
1.5 Ruang Lingkup	7
1.6 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	8
1.7 Sistematika Disertasi	9
II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Akar Ciri dan Vektor Ciri	13
2.2 Penguraian Nilai Singular	13
2.3 Korelasi	13
2.4 Penciran dalam Data Bersebaran Peubah Ganda	14
2.5 Analisis Komponen Utama	14
2.6 Analisis Komponen Utama (AKU) Kekar	15
2.7 Analisis Komponen Utama Terampat	18
2.8 Mekanisme Nilai Hilang	21
2.9 Algoritma Genetika Imputasi Berganda	22
2.9.1 Fungsi Kecocokan (<i>Fitness</i>)	23
2.9.2 Populasi, Operasi dan Kriteria Berhenti	24
2.10 Analisis Procrustes	26
2.11 Procrustes Terampat	30
2.12 Pembangunan Manusia	32
III ANALISIS KOMPONEN UTAMA TERAMPAT PADA KASUS PEMBANGUNAN MANUSIA: PENDEKATAN AGREGAT NASIONAL DAN SEGMENTASI WILAYAH	35
3.1 Pendahuluan	35
3.2 Metode Analisis	36
3.3 Hasil dan Pembahasan	38
3.3.1 Hasil AKUT pada Data Agregat Nasional	39
3.3.2 Hasil Analisis AKUT Berdasarkan Segmentasi Wilayah	40
3.4 Simpulan	49
IV INTEGRASI ANALISIS KOMPONEN UTAMA TERAMPAT DAN ALGORITMA GENETIKA IMPUTASI BERGANDA UNTUK REDUKSI DIMENSI MATRIKS DATA	51
4.1 Pendahuluan	51
4.2 Tahapan Integrasi Analisis Komponen Utama Terampat (AKUT) - Algoritma Genetika Imputasi Berganda (AGIB)	53
4.3 Kajian Simulasi	55
4.3.1 Data Simulasi	55



4.3.2	Skema Evaluasi Metode	56
4.3.3	Prosedur Analisis Data Simulasi	57
4.3.4	Hasil Kajian Simulasi	58
4.4	Kajian Empiris	67
4.4.1	Prosedur Analisis Data Empiris	67
4.4.2	Hasil Kajian Empiris	68
4.5	Simpulan	73
	ANALISIS KOMPONEN UTAMA TERAMPAT KEKAR DENGAN PENDEKATAN TRANSFORMASI EULER UNTUK REDUKSI DIMENSI MATRIKS DATA	75
5.1	Pendahuluan	75
5.2	Tahapan Analisis Komponen Utama Terampat Kekar	76
5.3	Kajian Simulasi	79
5.3.1	Data Simulasi	79
5.3.2	Skema Evaluasi Metode	80
5.3.3	Prosedur Analisis Data Simulasi	81
5.3.4	Hasil Kajian Simulasi	83
5.4	Kajian Empiris	94
5.4.1	Prosedur Analisis Data Empiris	94
5.4.2	Hasil Kajian Empiris	95
5.5	Simpulan	101
VI	INTEGRASI ANALISIS KOMPONEN UTAMA TERAMPAT KEKAR DAN ALGORITMA GENETIKA IMPUTASI BERGANDA UNTUK REDUKSI DIMENSI MATRIKS DATA	103
6.1	Pendahuluan	103
6.2	Tahapan Integrasi AKUT Kekar dan AGIB	105
6.3	Kajian Simulasi	108
6.3.1	Data Simulasi	108
6.3.2	Skema Evaluasi Metode	109
6.3.3	Prosedur Analisis Data Simulasi	110
6.3.4	Hasil Kajian Simulasi	111
6.4	Kajian Empiris	120
6.4.1	Prosedur Analisis Data Empiris	120
6.4.2	Hasil Kajian Empiris	121
6.5	Simpulan	124
VII	PEMBAHASAN UMUM	127
VIII	SIMPULAN DAN SARAN	133
8.1	Simpulan	133
8.2	Saran	134
	DAFTAR PUSTAKA	135
	LAMPIRAN	139
	RIWAYAT HIDUP	149