

## Implementasi Analisa Komponen Utama untuk Mereduksi Variabel yang Mempengaruhi Perbaikan pada Fungsi Ginjal Tikus

(Implementation of Main Component Analysis to Reduce Variables Affecting Improvement in Rats Kidney Function)

Fitrianingsih<sup>1</sup>, Sugiyarto<sup>2\*</sup>

Matematika, Universitas Ahmad Dahlan, Jalan Ring Road Selatan, Tamanan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55191

E-mail: [sugiyarto@math.uad.ac.id](mailto:sugiyarto@math.uad.ac.id)

\* Corresponding Author

### ARTICLE INFO

#### Kata Kunci

Matriks Kovarian  
Nilai Eigen  
Vector Eigen  
PCA

#### Keywords

Covariant Matrix  
Eigen Value  
Eigen Vector  
PCA

### ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi variabel yang mempengaruhi fungsi ginjal pada tikus. Untuk memperoleh informasi yang diinginkan, maka diperlukan suatu metode yang tepat agar dapat digunakan dalam mengolah data yang sudah ada. Ada banyak metode yang digunakan untuk mereduksi variabel, di antaranya yaitu Principal Component Analysis (PCA) dan Factor Analysis (FA). Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode principal component analysis (PCA) atau analisa komponen utama. PCA merupakan salah satu metode dalam analisis multivariat yang secara khusus dikembangkan untuk mereduksi dimensi data yang ukurannya besar menjadi lebih sederhana tanpa harus kehilangan informasi data asli. Pada penelitian ini, metode PCA digunakan untuk mereduksi jumlah variabel, sehingga dari 8 variabel yang ada hanya akan diketahui 3 variabel yang benar-benar mempengaruhi perbaikan fungsi ginjal tikus, dimana 3 variabel yang dihasilkan tersebut dapat mewakili 8 variabel yang ada pada dataset. Variabel baru hasil reduksi akan dijadikan sebagai variabel input untuk membuat model persamaan regresinya untuk melihat sebagaimana pengaruh variabel tersebut terhadap perbaikan fungsi ginjal tikus. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah data dosis pemberian ekstrak tanaman obat.

The goal of this study is to reduce the variable that influences mouse's kidney function. To get the needed information, thus a correct method is necessary so that the existed data can be processed. There are a lot of methods that could be used to reduce the variable, one of them is Principal Component Analysis (PCA) and Factor Analysis (FA). The one that will be used in this study is PCA method or main component method. PCA is one of multivariate method that specially developed to reduce data dimension, from bigger size data to simpler one without worrying about the loss of its original data. In this study, PCA method is used to reduce the variables from 8 variables to 3 variables that really influence mouse's kidney function repairment, where those 3 variables can represent the 8 variables from the dataset. New variables which come from reduction process would later be used as input variable to make regression equation model. The model would be used to how big is the influence of the variables toward the mouse's kidney function repairment. Dataset that is used in this study is a data consisted of the herbal extract's dosage that was given.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



## PENDAHULUAN

Masalah pengurangan variabel dari suatu data multivariat yang besar sering menjadi topik yang menarik untuk dibahas. Beberapa masalah yang timbul dalam mereduksi variabel tersebut adalah bagaimana caranya mendapatkan jumlah variabel yang lebih kecil namun tetap mampu mempertahankan sebagian besar informasi yang terkandung pada data asal [1][2]. Pada analisis multivariat, terdapat dua prosedur atau metode statistik yang digunakan dalam mereduksi dimensi/variabel pada suatu data, yaitu *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Factor Analysis* (FA). Prosedur ini dirancang untuk mengurangi dimensi ruang data untuk menemukan, memvisualisasikan, dan menginterpretasikan ketergantungan di antara kumpulan variabel, atau untuk membantu menstabilkan pengukuran untuk analisis statistik tambahan seperti analisis regresi atau analisis cluster [3].

Ginjal memiliki peranan yang sangat vital sebagai organ tubuh manusia terutama dalam sistem urinaria. Pada manusia, ginjal berfungsi untuk mengatur keseimbangan cairan dalam tubuh, mengatur konsentrasi garam dalam darah dan keseimbangan asam-basa darah, serta sekresi bahan buangan dan kelebihan garam [4]. Fungsi ginjal bagi tubuh manusia sangat vital. Oleh karena itu, jika ginjal mengalami kerusakan maka akan menimbulkan masalah atau komplikasi penyakit yang lain. Salah satu yang perlu dihindari adalah penyakit gagal ginjal yang merupakan salah satu penyakit yang sangat berbahaya. Pada penelitian ini, dilakukan studi kasus pengaruh perlakuan pemberian ekstrak tanaman obat (*independent variable*) terhadap fungsi ginjal tikus (*dependent variable*). Dalam kasus ini, metode *Principal Component Analysis* (PCA) atau analisa komponen utama akan digunakan sebagai metode untuk mereduksi variabel-variabel perlakuannya (*independent variable*).

Analisa komponen utama adalah salah satu fitur ekstraksi (reduksi) variabel yang banyak digunakan. Bisa dikatakan analisa komponen utama merupakan analisa tertua dan paling terkenal dari teknik statistika multivariat [5]. Metode analisa komponen utama diperkenalkan oleh Karl Pearson pada tahun 1901 dan selanjutnya dikembangkan oleh Harold Hotelling pada tahun 1933 dan bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara menyusutkan dimensinya[6].

Analisa komponen utama merupakan salah satu analisis multivariat yang digunakan untuk mereduksi dimensi data dari yang berukuran besar dan saling berkorelasi menjadi dimensi yang lebih kecil dan tidak saling berkorelasi. Namun, walaupun dimensi data menjadi lebih kecil, kita tidak akan kehilangan banyak informasi karena variasi data tetap dipertahankan minimal 70-80% [7]. Pada beberapa penelitian terdahulu, analisa komponen banyak digunakan sebagai metode dalam mereduksi variabel, di antaranya digunakan dalam bidang ekonomi untuk mengatasi multikolinearitas dalam menentukan investasi, bidang kesehatan digunakan untuk mereduksi faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit jantung koroner [8][9] dan bidang pendidikan digunakan dalam penentuan faktor dominan yang mempengaruhi prestasi belajar siswa [10].

Metode analisa komponen utama telah banyak digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya untuk mereduksi dimensi/variabel dalam mengatasi permasalahan di berbagai bidang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini metode analisa komponen utama akan digunakan untuk mereduksi dimensi/variabel di bidang Farmakokinetika pada studi kasus perbaikan fungsi ginjal tikus yang kemudian dibuat model persamaan regresinya.

## METODE

Pada penelitian ini, metode yang digunakan yaitu metode analisa komponen utama. Metode ini digunakan untuk mereduksi variabel sehingga dari 8 variabel yang ada pada dataset akan diperoleh 3 variabel baru yang mewakili 8 variabel asal tersebut. Ketiga variabel hasil reduksi tersebut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi ginjal pada tikus.

Data yang akan digunakan berupa data primer yang terdiri dari 80 sampel tikus yang diberikan dosis ekstrak tanaman obat untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perbaikan fungsi ginjal tikus yang dilihat melalui besarnya kadar BUN. Variabel-variabel yang akan diteliti terdiri dari 1 variabel terikat (*dependent*) dan 8 variabel bebas (*independent*). Tahapan pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah membentuk matriks kovarian dari 8 variabel, kedua menghitung nilai dan vektor eigen dari matriks tersebut, kemudian terakhir membentuk komponen utama dari 8 variabel berdasarkan nilai dan vektor eigen yang diperoleh. Setelah

diperoleh hasil komponen utamanya, maka akan dibentuk model persamaan regresi akhir untuk melihat pengaruhnya terhadap perbaikan fungsi ginjal tikus. Adapun variabel-variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Kadar BUN
X <sub>1</sub>	Dosis pemberian serbuk ekstrak seledri
X <sub>2</sub>	Dosis pemberian serbuk ekstrak meniran
X <sub>3</sub>	Dosis pemberian serbuk ekstrak pegagan
X <sub>4</sub>	Dosis pemberian serbuk ekstrak kunir
X <sub>5</sub>	Dosis pemberian kombinasi serbuk ekstrak meniran-seledri
X <sub>6</sub>	Dosis pemberian kombinasi serbuk ekstrak meniran-kunir
X <sub>7</sub>	Dosis pemberian kombinasi serbuk ekstrak meniran-pegagan
X <sub>8</sub>	Dosis pemberian kombinasi serbuk ekstrak pegagan-kunir

Perhitungan dengan menggunakan metode analisa komponen utama didasarkan pada perhitungan nilai eigen dan vektor eigen dari matriks kovarian yang menyatakan penyebaran data dari suatu dataset.

Adapun langkah-langkah perhitungan analisa komponen utama secara umum sebagai berikut:

1. Menghitung matriks kovarian dengan persamaan berikut:

$$s_{mn} = Cov(X_m, X_n) = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (x_{jm} - \bar{x}_m)(x_{jn} - \bar{x}_n) \quad (1)$$

dimana  $m, n = 1, 2, \dots, p$ .

Sehingga diperoleh matriks kovarian sampel

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \dots & s_{pp} \end{bmatrix} \quad (2)$$

2. Menghitung nilai eigen dan vektor eigen dengan menyelesaikan persamaan berikut:

$$(A - \lambda I) = 0 \quad (3)$$

$$(A - \lambda I)X = 0 \quad (4)$$

3. Menentukan variabel baru (*principal component*) dengan mengalikan variabel asli dengan matriks vektor eigen. Adapun definisi yang digunakan dalam pembentukan komponen utama sebagai berikut:

Definisi 1. Misalkan diketahui vektor acak  $p$  yaitu  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Komponen utama dari variabel  $X_1, X_2, \dots, X_p$  adalah vektor dari  $PC_1, PC_2, \dots, PC_k$  yang diperoleh dengan syarat bahwa:

1.  $k < p$
2.  $Var(PC_1) > Var(PC_2) > \dots > Var(PC_k)$
3.  $Cov(PC_i, PC_j) = 0$ , dimana  $i \neq j$ .

Komponen utama bergantung hanya pada matriks kovarian  $S$  (atau korelasi  $R$ ) dari  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Secara umum komponen utama diperoleh dari bentuk kombinasi linear berikut:

$$PC_1 = \sum_{j=1}^p a_{j1}X_j = a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + \dots + a_{p1}X_p$$

$$PC_2 = \sum_{j=1}^p a_{j2}X_j = a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{p2}X_p$$

$$\vdots$$

$$(4)$$

$$PC_p = \sum_{j=1}^p a_{jp}X_j = a_{1p}X_1 + a_{2p}X_2 + \dots + a_{pp}X_p.$$

Persamaan (4) dapat dinyatakan sebagai bentuk matriks berikut:

$$\begin{bmatrix} PC_1 \\ PC_2 \\ \vdots \\ PC_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \dots & a_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix}$$

yang ditulis dalam bentuk umum persamaan matriks berikut:

$$PC_{p \times 1} = A_{p \times p} X_{p \times 1} \quad (5)$$

dimana A merupakan matriks konstanta, C dan X adalah matriks variabel baru dan matriks variabel asal.

4. Membentuk model regresi dari hasil komponen utama yang diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i \quad (6)$$

dengan:

$Y_i$  adalah variabel tidak bebas untuk pengamatan ke-i, untuk  $i=1,2,\dots,n$ .

$\beta_0$  adalah parameter.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  adalah koefisien.

$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}$  adalah variabel bebas.

$\varepsilon_i$  adalah sisa (error).

Ada dua cara yang digunakan untuk menentukan jumlah komponen utama. Pertama, dengan melihat total varian yang dapat dijelaskan lebih dari 70%. Cara kedua adalah dengan melihat nilai eigen terbesar. Pada penelitian ini untuk menentukan jumlah komponen utama yang dihasilkan pada analisa komponen utama adalah dengan melihat 3 nilai eigen terbesar dan besarnya total varian.

Sedangkan variansi yang dapat dijelaskan oleh variabel baru tergantung kontribusi  $\rho_i$ , dari masing-masing nilai eigen yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \times 100\% \quad (7)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

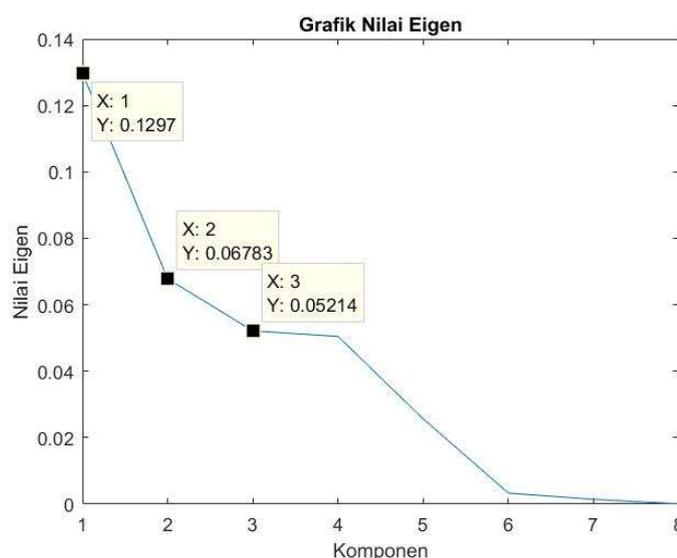
Analisa dengan menggunakan metode analisa komponen utama dilakukan apabila terdapat hubungan/keterkaitan antarvariabel, karena tujuan dari analisa komponen utama adalah membuat sejumlah variabel baru yang tidak memiliki hubungan antarvariabelnya (kovarian = 0) dan jumlah variabel yang ada lebih sedikit dari jumlah variabel awal. Pada penelitian ini, implementasi dari analisa komponen utama menggunakan MATLAB.

Langkah awal analisa komponen utama adalah menghitung nilai kovarian antarvariabel, karena pada dasarnya analisa komponen utama dapat dilakukan jika variabel yang diteliti memiliki hubungan/keterkaitan. Pada analisa ini dilakukan perhitungan nilai kovarian yang kemudian dibentuk dalam sebuah matriks kovarian. Dari matriks kovarian nantinya akan dilakukan analisa komponen utama dengan melihat nilai eigen dari masing-masing variabel. Variabel baru (*principal component*) yang terbentuk didasarkan pada 3 nilai eigen terbesar dengan total varian yang lebih besar dari 70%. Suatu nilai eigen menunjukkan besarnya sumbangan dari komponen terhadap variansi seluruh variabel asli.

Tabel 2. Nilai Eigen Analisa Komponen Utama

Komponen	Inisial Nilai Eigen		
	Nilai Eigen	Varian %	Kumulatif %
1	0,1296	39,27%	39,27%
2	0,0675	20,45%	59,72%
3	0,0521	15,79%	75,51%
4	0,0506	15,33%	90,84%
5	0,0255	7,73%	98,57%
6	0,0032	0,97%	99,54%
7	0,0014	0,44%	99,98%
8	0,0001	0,02%	100%

Pada tabel tersebut diperoleh 3 variabel baru yang memiliki nilai eigen terbesar yaitu masing-masing dengan nilai 0,1296; 0,0675 dan 0,0521. Komponen pertama dengan nilai eigen 0,1296 memiliki variansi sebesar 39,27%. Komponen kedua dengan nilai eigen 0,0675 memiliki variansi sebesar 20,45%. Komponen ketiga dengan nilai eigen 0,0521 memiliki variansi sebesar 15,79%. Ketiga variabel baru ini mampu menjelaskan variansi data sebesar 75,51% yang dilihat dari nilai kumulatifnya. Adapun grafik nilai eigen ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Grafik Nilai Eigen

Gambar 1 menunjukkan grafik nilai eigen secara terurut. Berdasarkan kriteria nilai eigen dalam penentuan jumlah komponen utama, dari grafik tersebut diperoleh 3 nilai eigen terbesar yaitu  $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > 0$ . Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat diketahui bahwa jumlah komponen utama yang terbentuk sebanyak 3 komponen.

Pemilihan komponen utama dapat pula dilakukan dengan melihat Proporsi Kumulatif Varian (PKV) yang dipilih mampu menerangkan total varian data sekitar 70-80%. PKV digunakan untuk mewakili data dengan mempertahankan informasi sebanyak varian PC tersebut. PKV dapat dihitung dengan varian-varian yang tersusun pada matriks *eigenvalue* atau menjumlahkan proporsi varian dari setiap komponen utama. Berdasarkan Tabel 2 diperoleh nilai PKV dari 3 komponen yang terbentuk sebesar 75,51% dimana nilainya lebih besar dari 70%, sehingga dapat diketahui pula bahwa jumlah komponen utama yang terbentuk sebanyak 3 komponen.

Langkah selanjutnya yaitu mencari vektor eigen dari nilai eigen yang diperoleh sebelumnya. Berdasarkan vektor eigen yang diperoleh tersebut, akan diketahui variabel apa saja yang termasuk dalam ketiga komponen utama yang dihasilkan, dan variabel manakah yang benar-benar mempengaruhi perbaikan pada fungsi ginjal tikus. Elemen-elemen yang terdapat pada matriks vektor eigen merupakan nilai *loading*/koefisien pada komponen utama yang terbentuk.

*Loading*/koefisien menyatakan besarnya variansi suatu variabel yang mampu dijelaskan oleh suatu komponen utama. Variansi yang besar berarti bahwa variabel mempunyai hubungan/pengaruh yang besar terhadap komponen utama yang mewakili data variabel-variabel yang mempengaruhi perbaikan pada fungsi ginjal tikus. Adapun tabel *Loading*/koefisien dari ketiga komponen utama yang ditunjukkan pada Tabel III berikut.

Tabel 3. *Loading*/Koefisien Principal Component

Variabel	Komponen		
	1	2	3
1	0,4226	-0,1849	-0,4127
2	-0,3362	0,1073	0,0121
3	0,5587	0,2807	-0,0192
4	-0,4911	0,3541	-0,4048
5	0,3149	0,2953	0,0194
6	-0,0311	0,7664	0,0323
7	-0,2342	-0,2645	0,0730
8	0,0029	0,0739	0,8115

Tabel 3 menjelaskan hubungan antar variabel asli dengan variabel baru (*principal component*) yang dibentuk dengan analisa komponen utama. Nilai *loading*/koefisien yang dipilih yaitu nilai terbesar di antara ketiga *component* yang dianggap mampu menjelaskan variabel yang mempengaruhi perbaikan fungsi ginjal pada tikus (dicetak tebal). Sedangkan untuk variabel lain yang memiliki nilai *loading*/koefisien yang lebih kecil dianggap kurang berpengaruh terhadap pembentukan komponen utama, dan dengan menggunakan 3 variabel baru yang terbentuk telah mewakili 8 variabel pada data asli. Selanjutnya akan dijelaskan lebih rinci hasil dari komponen utama sebagai variabel baru yang terbentuk beserta besar variannya pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Ringkasan Analisa Komponen Utama (PCA)

Principal Component (PC)	Variabel	Faktor Loading	Varian
PC <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	0,4226	39,27%
	X <sub>2</sub>	-0,3362	
	X <sub>3</sub>	0,5587	
	X <sub>4</sub>	-0,4911	
	X <sub>5</sub>	0,3149	
PC <sub>2</sub>	X <sub>6</sub>	0,7664	20,04%
	X <sub>7</sub>	-0,2645	
PC <sub>3</sub>	X <sub>8</sub>	0,8115	15,79%

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 3, diperoleh hasil akhir berupa nilai dari variabel baru yang merupakan komponen utamanya. Hasil komponen utama merupakan hasil kombinasi linear data asal yang telah distandarisasi dengan transpose dari vektor eigennya, yaitu sebagai berikut:

$$PC_1 = 0,4226X_1 - 0,3362X_2 + 0,5587X_3 - 0,4911X_4 + 0,3149X_5 - 0,0311X_6 - 0,2342X_7 + 0,0029X_8$$

$$PC_2 = -0,1849X_1 + 0,1073X_2 + 0,2807X_3 + 0,3541X_4 + 0,2953X_5 + 0,7664X_6 - 0,2645X_7 + 0,0739X_8$$

$$PC_3 = -0,4127X_1 + 0,0121X_2 - 0,0192X_3 - 0,4048X_4 + 0,0194X_5 + 0,0323X_6 + 0,0730X_7 + 0,8115X_8$$

Hasil perhitungan di atas dapat dituliskan pada Tabel V berikut.

Tabel 5. Hasil Komponen Utama (PC)

PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>
-0,0486	0,0967	0,0813
-0,2870	-0,1119	0,3816
0,7766	-0,0188	0,1763
-0,6461	0,1373	-0,0628
-0,0508	-0,4739	-0,2803
0,0763	0,2775	0,1159
-0,0418	0,3426	-0,0476
0,2142	0,2062	-0,4290
-0,0473	-0,2516	0,0067
0,0546	-0,2039	0,0578

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh varian dan kovarian dari masing-masing komponen utama, sebagai berikut:

$$\text{Var}(PC_1) = 0,1296 = \lambda_1$$

$$\text{Var}(PC_2) = 0,0675 = \lambda_2$$

$$\text{Var}(PC_3) = 0,0521 = \lambda_3$$

$$\text{Cov}(PC_1, PC_2) = 0$$

$$\text{Cov}(PC_1, PC_3) = 0$$

$$\text{Cov}(PC_2, PC_3) = 0$$

Pada perhitungan tersebut diperoleh bahwa besarnya varian masing-masing komponen yang terbentuk setara dengan nilai eigen yang diperoleh, serta nilai kovarian antar komponen utama sebesar 0 dimana hal tersebut menunjukkan bahwa antar komponen utama (PC) bersifat saling bebas (tidak ada hubungan). Oleh karena itu, berdasarkan perhitungan di atas diperoleh bahwa pembentukan komponen utama memenuhi kriteria yang ada. Selanjutnya, berdasarkan persamaan (6), maka dapat dibuat model regresi dari 3 komponen yang terbentuk, sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 PC_1 + \beta_2 PC_2 + \beta_3 PC_3$$

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisa komponen utama menghasilkan 3 variabel baru (*principal component*) dari 8 variabel yang diteliti, yang merupakan komponen utama yang mempengaruhi perbaikan pada fungsi ginjal tikus. Komponen utama yang terbentuk adalah  $PC_1$ ,  $PC_2$  dan  $PC_3$ . Komponen utama pertama ( $PC_1$ ) terdiri dari variabel  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  dan  $X_5$  dengan total variansi sebesar 39,27%. Komponen utama kedua ( $PC_2$ ) terdiri dari variabel  $X_6$  dan  $X_7$  dengan total variansi sebesar 20,45%. Komponen utama ketiga ( $PC_3$ ) terdiri dari variabel  $X_5$  dengan total variansi sebesar 15,79%. Ketiga variabel baru (*principal component*) yang terbentuk mampu menjelaskan proporsi varian kumulatif sebesar 75,51% artinya perbaikan fungsi ginjal tikus mampu dijelaskan hanya dengan tiga variabel yang terbentuk. Dari hasil reduksi komponen utama diperoleh model persamaan regresi berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 PC_1 + \beta_2 PC_2 + \beta_3 PC_3$$

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Matjijk and I. M. Sumertajaya, "Sidik Peubah Ganda," *Bogor IPB PR*, 2011.
- [2] A. A. Matjijk, I. Sumertajaya, G. N. A. Wibawa, and A. F. Hadi, "Sidik peubah ganda dengan menggunakan SAS." 2011.
- [3] D. E. Booth, "Applied multivariate analysis." Taylor & Francis, 2003.
- [4] E. C. Pearce, *Anatomi dan fisiologi untuk paramedis*. PT Gramedia Pustaka Utama, 2016.
- [5] F. B. Bryant and P. R. Yarnold, "Principal-components analysis and exploratory and confirmatory factor analysis.," 1995.
- [6] C. Chatfield and A. Collins, *Introduction to multivariate analysis*, vol. 1. CRC Press, 1981.
- [7] R. A. Johnson and D. W. Wichern, *Applied multivariate statistical analysis*, vol. 5, no. 8. Prentice hall Upper Saddle River, NJ, 2002.
- [8] P. Sri, "PEMILIHAN MODEL REGRESI LINEAR BERGANDA TERBAIK PADA KASUS MULTIKOLINEARITAS BERDASARKAN METODE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) DAN METODE STEPWISE." Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [9] G. H. Martono, T. B. Adji, and N. A. Setiawan, "Penggunaan Metode Analisa Komponen Utama (PCA) untuk Mereduksi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Jantung Koroner," 2012.
- [10] J. Hardika, D. Sebayang, and P. Sembiring, "Penerapan analisis komponen utama dalam penentuan faktor dominan yang mempengaruhi prestasi belajar siswa (Studi kasus: SMAN 1 Medan)," 2013.