

Penggunaan *Principal Component Analysis* untuk Membuat Indeks Lingkungan dalam Mengukur Tingkat Kesejahteraan

Use of *Principal Component Analysis* to Create an Environment Index in Measuring Welfare Levels

¹Nana Oktapiana, ²Suwanda, ³Anneke Iswani Achmad

^{1,2,3}*Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116*
email: ¹noktapiana@gmail.com, ²wanda_100358@yahoo.co.id

Abstract. Human welfare in a region is very important to know. It is a matter of whether a region has progress or setback in building a region. Human welfare has been measured based on the Human Development Index (HDI), which is calculated based on three aspects, namely education, health and income. So far environmental aspects are not considered in calculating the welfare. Whereas in the process of human life, always side by side with the environment. It is possible that the environment also plays an important role in human welfare. Therefore, in this study we will create an environment index using Principal Component Analysis (PCA) and will be made a combination index between environmental index and IPM then will be correlated between index combination with HDI and Gross Domestic Product (GDP). The data used in this thesis is secondary data of environment and HDI obtained from West Java Provincial Environment Agency and Central Bureau of Statistics (BPS) West Java Province. The results of the Principal Component Analysis (PCA) show that the environmental index can provide other information and should be included in the measurement of wellbeing.

Keywords : Human Welfare, Human Development Index, Composite Index, Principal Component Analysis.

Abstrak. Kesejahteraan manusia disuatu wilayah merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui. Hal tersebut menjadi bahan pertimbangan apakah suatu wilayah mengalami kemajuan atau kemunduran dalam membangun suatu wilayah. Kesejahteraan manusia selama ini diukur berdasarkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang dihitung berdasarkan dari tiga aspek yaitu pendidikan, kesehatan dan pendapatan. Selama ini aspek lingkungan tidak dipertimbangkan dalam menghitung kesejahteraan. Padahal dalam proses kehidupan manusia, selalu berdampingan dengan lingkungan. Hal tersebut memungkinkan bahwa lingkungan juga berperan penting dalam kesejahteraan manusia. Untuk itu dalam penelitian ini akan dibuat indeks lingkungan dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dan akan dibuat indeks kombinasi antara indeks lingkungan dengan IPM lalu akan dikorelasikan antara indeks kombinasi dengan IPM dan Produk Domestik Bruto (PDB). Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data sekunder lingkungan dan IPM yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat dan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Barat. Hasil dari *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan bahwa indeks lingkungan dapat memberikan informasi lain dan perlu dimasukkan dalam pengukuran kesejahteraan.

Kata Kunci : Kesejahteraan Manusia, Indeks Pembangunan Manusia, Indeks gabungan, *Principal Component Analysis*.

A. Pendahuluan

Kesejahteraan manusia disuatu wilayah merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui. Hal tersebut menjadi bahan pertimbangan apakah suatu wilayah mengalami kemajuan atau kemunduran dalam membangun suatu wilayah. Kesejahteraan manusia selama ini diukur berdasarkan Indeks Pembangunan Manusia (UNDP).

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) atau *Human Development Index* (HDI) adalah pengukuran perbandingan dari harapan hidup, melek huruf, pendidikan dan standar hidup untuk semua negara seluruh dunia (Biro Pusat Statistik dan UNDP, 1997).

Lingkungan merupakan ekosistem yang terdiri atas komponen biotik dan

abiotik. Komponen abiotik pada umumnya merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi makhluk-makhluk hidup diantaranya, yaitu tanah merupakan tempat hidup bagi tumbuh-tumbuhan, dimana tumbuh-tumbuhan memperoleh bahan makanan atau mineral untuk kebutuhan hidupnya, udara atau gas-gas yang membentuk atmosfer, oksigennya diperlukan untuk bernafas sedangkan gas karbon dioksida diperlukan tumbuhan untuk proses fotosintesis, air digunakan sebagai tempat tinggal makhluk hidup yang hidup di air serta dimanfaatkan untuk minum makhluk hidup dan cahaya, terutama cahaya matahari banyak mempengaruhi keadaan makhluk-makhluk hidup (Hassan I, 2012).

Dalam makalah ini, *Principal Component Analysis* (PCA) dilakukan pada sejumlah variabel lingkungan untuk membuat indeks lingkungan yang bisa dimasukkan ke dalam ukuran kesejahteraan. *Principal Component Analysis* (PCA) yang merupakan teknik analisis statistika untuk mereduksi banyak dimensi dari suatu kumpulan data sambil menjaga informasi sebanyak mungkin. Sehingga diperoleh set variabel baru atau *Principal Component* yang akan dibuat menjadi indeks lingkungan. IPM dan indeks lingkungan kemudian akan dihitung korelasinya. Korelasi rank *spearman* akan digunakan untuk mengevaluasi keeratan antara indeks lingkungan dengan IPM dan Indeks Lingkungan dengan PDB per kapita untuk menyelidiki apakah menggabungkan Indeks Lingkungan menurunkan korelasi yang tinggi (Lindman C dan Sellin J, 2011). IPM dan indeks lingkungan yang akan diamati dalam makalah ini yaitu IPM dan keadaan lingkungan Provinsi Jawa Barat.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, adapun masalah yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Bagaimana cara membuat indeks lingkungan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA)?
2. Seberapa besar keeratan hubungan diantara indeks lingkungan dengan IPM dan Produk Domestik Bruto (PDB)?
3. Bagaimana membuat indeks gabungan, yaitu yang mengkombinasikan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan indeks lingkungan?
4. Seberapa besar keeratan hubungan diantara indeks gabungan dengan IPM dan PDB?

Selanjutnya, berdasarkan identifikasi masalah maka tujuan yang ingin dicapai dari penulisan makalah ini adalah:

1. Mengetahui cara membuat Indeks lingkungan yang diperoleh dari perhitungan *Principal Component Analysis* (PCA)
2. Mengetahui keeratan hubungan diantara indeks lingkungan dengan IPM dan PDB
3. Mendapatkan gabungan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan Indeks Lingkungan
4. Mengetahui korelasi antara indeks gabungan dengan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan Produk Domestik Bruto (PDB).

B. Landasan Teori

Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mendapatkan satu set variabel baru yang berisi jumlah maksimum variasi dalam mendasari kumpulan data multivariat. Variabel-variabel baru itu disebut dengan komponen utama atau *principal component* (PC) (Jolliffe, 2002).

Misalkan vektor random $\mathbf{X}' = (\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p)$ yang terdiri atas sejumlah

observasi sebanyak p variabel, maka PC adalah kombinasi linear dari p variabel tersebut yang merupakan sistem koordinat baru yang didapat dari hasil rotasi sistem asal (X_1, X_2, \dots, X_p) sebagai sumbu koordinat. Sumbu baru (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) merupakan arah dengan variabilitas maksimum yang memberikan struktur kovarians yang lebih sederhana dan (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) adalah PC yang tidak berkorelasi (Johnson dan Winchern, 2002).

$$Y_i = \mathbf{a}_i^t \mathbf{X} = \mathbf{a}_{i1} \mathbf{X}_1 + \mathbf{a}_{i2} \mathbf{X}_2 + \dots + \mathbf{a}_{ip} \mathbf{X}_p \quad i = 1, 2, \dots, p \quad \dots(1)$$

Y_1 adalah PC pertama dengan $E(Y_1) = \mu \mathbf{a}_1 \mu_1$ dan $\text{var}(Y_1) = \mathbf{a}_1 \Sigma \mathbf{a}_1^t = \lambda_1$. Y_2 adalah PC kedua yang memenuhi sisa keragaman selain PC pertama dengan $E(Y_2) = \mathbf{a}_2 \mu_2$ dan $\text{var}(Y_2) = \mathbf{a}_2 \Sigma \mathbf{a}_2^t = \lambda_2$. Y_p adalah PC ke- i yang memenuhi sisa keragaman selain Y_1, Y_2, \dots, Y_{p-1} dengan $E(Y_i) = \mathbf{a}_i \mu_i$ dan $\text{var}(Y_i) = \mathbf{a}_i \Sigma \mathbf{a}_i^t = \lambda_i$. Sementara itu, proporsi total variansi yang dijelaskan PC ke- i adalah:

$$= \frac{\lambda_i}{\text{tr}(\Sigma)} = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad \dots(2)$$

Salah satu tujuan dari *principal component analysis* (PCA) adalah mereduksi dimensi data asal yang semula terdapat p variabel bebas menjadi q PC (dimana $q < p$). Kriteria pemilihan q , yaitu proporsi kumulatif keragaman data asal yang dijelaskan oleh q PC minimal 80%, ambil komponen yang *eigenvalue* lebih besar dari rata-rata

eigenvalues, $\sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{p}$ untuk matrik korelasi, rata-rata ini adalah 1, dengan menggunakan scree plot yaitu plot antara i dengan λ_i ; dan uji signifikansi beberapa komponen “besar”, yaitu komponen-komponen yang memiliki *eigenvalue* yang lebih besar dibawah asumsi vektor random $\mathbf{X} \sim \mathbf{N}(\boldsymbol{\mu}, \Sigma)$, dengan mean vektor $\boldsymbol{\mu}$ dan varians Σ . Jika asumsi normal multivariat tidak terpenuhi maka lakukan transformasi variabel asak \mathbf{X} .

Indeks Pembangunan Manusia

Tujuan dari IPM adalah untuk mengukur tiga komponen dari kesejahteraan manusia, atau pengembangan:

5. Umur panjang dan sehat, yang diukur dengan harapan hidup;
6. Pengetahuan, yang diukur dengan tahun rata-rata sekolah untuk orang dewasa berusia 25, dan diharapkan tahun sekolah untuk anak-anak usia sekolah
7. Sebuah standar hidup yang layak, yang diukur dengan GDP / kapita.

Indeks tersebut dibangun sebagai rata-rata geometris dari tiga komponen yang dinyatakan dalam Persamaan (3) sebagai berikut :

$$IPM = I_{\text{kesehatan}}^{1/3} \times I_{\text{pendidikan}}^{1/3} \times I_{\text{standarhidup}}^{1/3} \quad \dots(3)$$

dimana

Indeks kesehatan

$$I_{\text{kesehatan}} = I_{(HI)} = \frac{\text{nilai aktual}_{(HI)} - \text{nilai minimum}_{(HI)}}{\text{nilai maksimum}_{(HI)} - \text{nilai minimum}_{(HI)}} \quad \dots(4)$$

Dan $I_{\text{standarhidup}}$ dan $I_{\text{pendidikan}}$ dihitung seperti Persamaan (4) dimana $I_{\text{pendidikan}}$ terdiri dari dua komponen yaitu $I_{\text{melekhuruf}}$ dan $I_{\text{rata-ratalamasekolah}}$. Nilai maksimum adalah maksimum sebenarnya yang diamati untuk semua negara dari waktu ke waktu (1980 sampai sekarang). Nilai minimum dipilih sebagai nilai nol alami atau nilai subsisten

minimum oleh pencipta indeks, dan dapat berubah dari tahun ke tahun.

Indeks lingkungan dengan IPM kemudian digabungkan untuk menyempurnakan peringkat baru suatu wilayah berdasarkan indikator pembangunan klasik dan indeks lingkungan. Dimana indeks lingkungan diperoleh dari skor komponen-komponen PCA dan selanjutnya dihitung seperti Persamaan (4).

Indeks Gabungan

Kombinasi dari indeks dilakukan dengan menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu :

1. Pertama menggabungkan indeks lingkungan sebagai indikator keempat dalam IPM dan dengan demikian diberi bobot $\frac{1}{4}$ sebagai berikut :

$$I_{\text{kombinasi}} = 0.25I_{\text{Lingkungan}} + 0.75I_{\text{IPM}} \quad \dots(5)$$

2. Kedua melakukan PCA pada indeks lingkungan bersama dengan empat variabel IPM (angka harapan hidup, harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah dan pengeluaran per kapita) untuk mendapatkan bobot masing-masing saat menghitung nilai indeks gabungan.

Koefisien Korelasi Rank Spearman

Koefisien korelasi r_s dihitung untuk melihat apakah lingkungan sudah berkontribusi dalam perhitungan IPM. Jika korelasinya rendah berarti lingkungan harus diikutkan dalam perhitungan IPM Korelasi antara dua peringkat yang berbeda untuk satu individu atau pengamatan saat berada di peringkat dua kali, menurut dua kriteria yang berbeda dan dihitung oleh:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad \dots (6)$$

dimana d_i adalah perbedaan antara ranking masing-masing individu dalam sampel n pengamatan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder keadaan lingkungan yang diperoleh dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Jawa dan data IPM yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat.

Tabel 1. Rincian Data Set yang digunakan

No	Sumber Data	Tipe Data	Keterangan
1	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat	Data lingkungan	Variabel Lingkungan
2	Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Barat	Data IPM	Variabel IPM

Variabel yang akan digunakan dalam penulisan makalah ini sebagai berikut :

- | | |
|--|--|
| X1: Emisi Gas Nitrogen Dioksida (NO ₂) dalam satuan µg/Nm ³ | X6: Sulfur Dioksida (SO ₂) dalam satuan µg/Nm ³ |
| X2: Karbon Monoksida (CO) dalam satuan µg/Nm ³ | X7: Angka harapan hidup (tahun) |
| X3: Oksidan (O ₃) dalam satuan µg/Nm ³ | X8: Harapan lama sekolah (tahun) |
| X4: Hidrokarbon (HC) dalam satuan µg/Nm ³ | X9: Rata-rata lama sekolah (tahun) |
| | X10: Pengeluaran per kapita (ribuan rupiah per orang per tahun) |

X5: Partikel < 10 µm (PM10) dalam satuan µg/Nm³

Hasil Principal Component Analysis (PCA)

Pada bagian ini akan dilakukan *Principal Component Analysis* (PCA) pada variabel lingkungan untuk membuat indkes lingkungan.

Hasil *Principal Component* (PC) yang dipilih sebanyak tiga *Principal Component* (PC) yang dapat menjelaskan data sebesar 0,868 atau 86,8% . Hal tersebut diperoleh berdasarkan kriteria pemilihan minimal proporsi kumulatif keragaman data asal yang dijelaskan oleh *q* PC minimal 80%. Hingga diperoleh model PC sebagai berikut:

$$Y_1 = 0,509X_1 + 0,446X_2 + 0,44X_3 + 0,496X_4 + 0,256X_5 + 0,194X_6$$

$$Y_2 = -0,296 X_1 + 0,067X_2 + 0,065X_3 + 0,221X_4 - 0,638X_5 + 0,681X_6$$

$$Y_3 = 0,106X_1 + 0,493X_2 - 0,65X_3 + 0,323X_4 - 0,316X_5 + 0,194X_6$$

Membuat Indeks Lingkungan

Diperoleh nilai minimum untuk Kota Bandung sebesar 0 dan nilai maksimum untuk Kabupaten Bekasi sebesar 1. Sehingga diperoleh indeks lingkungan untuk masing-masing kabupaten/kota sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Indeks Lingkungan Kabupaten/Kota

Kabupaten/Kota	Indeks lingkungan
Kab. Bandung Barat	0,425305988
Kab. Subang	0,277120937
Kab. Purwakarta	0,41844047
Kab. Karawang	0,419580319
Kab. Bekasi	1
Kab. Bogor	0,697290821
Kab. Indramayu	0,614825195
Kota Cirebon	0,747483004
Kota Bogor	0,511724991
Kota Bandung	0
Kota Depok	0,286425449
Kota Bekasi	0,668850817

Selanjutnya hasil korelasi antara Indeks Lingkungan dengan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan Produk Domestik Bruto (PDB) disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Korelasi antara Indeks Lingkungan dengan IPM dan PDB

		Indeks lingkungan	IPM	PDB
Indeks Lingkungan	Correlation Coefficient	1	-0,049 0,880	-0,182 0,572
	P-Value			
IPM	Correlation Coefficient	-0,049 0,88	1	0,965 0,000
	P-Value			
PDB	Correlation Coefficient	-0,182 0,572	0,965 0,000	1
	P-Value			

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa indeks lingkungan dengan IPM dan PDB tidak signifikan artinya tidak ada hubungan antara Indeks lingkungan dengan IPM dan PDB. Hal ini memberikan informasi bahwa indeks lingkungan perlu diikutsertakan dalam pengukuhan kesejahteraan.

Indeks Gabungan (Indeks Lingkungan dan IPM)

Membuat indeks gabungan dilakukan karena ada informasi lain yang bisa dijelaskan oleh indeks lingkungan dan tidak bisa dijelaskan oleh IPM dalam mengukur kesejahteraan.

Dengan menggabungkan indeks lingkungan menjadi indikator keempat dalam IPM dan dengan diberi bobot $\frac{1}{4}$. Diperoleh hasil indeks gabungan dan rangking baru yang disajikan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Indeks Gabungan dan Rangking Kabupaten/Kota

Kabupaten/Kota	Indkes Gabungan	Ranking
Kab. Bandung Barat	49,0288265	11
Kab. Subang	49,9592802	10
Kab. Purwakarta	50,9846101	8
Kab. Karawang	50,8498951	9
Kab. Bekasi	53,6425	6
Kab. Bogor	51,0018227	7
Kab. Indramayu	48,4237063	12
Kota Cirebon	55,1918708	4
Kota Bogor	54,9904312	5
Kota Bandung	59,7525	2
Kota Depok	59,4041064	3
Kota Bekasi	59,8897127	1

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa Kota Bekasi menjadi yang paling tinggi kesejahteraannya dengan nilai 59,8897127 dan Kabupaten Indramayu menjadi paling rendah dengan nilai 48,4237063.

Selanjutnya, membuat indeks gabungan dengan melakukan PCA pada variabel lingkungan dan IPM secara bersama-sama. Hasil perhitungan *eigenvalue* dan proporsi total varians disajikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil Eigenvalue dan Proporsi Total Varians

Eigenvalue	Proportion	Cumulative
3,5104	0,702	0,702
0,999	0,200	0,902
0,2338	0,047	0,949
0,1672	0,033	0,982
0,0896	0,018	1

Berdasarkan Tabel 5 menunjukan bahwa *Principal Component* (PC) yang dipilih sebanyak satu *Principal Component* (PC) yang dapat menjelaskan data sebesar 0,702 atau 70,2% keadaan data. Selanjutnya, *eigenvektor* yang diperoleh berdasarkan *Principal Component* (PC) yang dipilih disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 6. Hasil *Eigenvektor*

Variabel	PC1
X7	0,484
X8	0,502
X9	0,488
X10	0,502
Indeks lingkungan	-0,16

Principal Component (PC) yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$I_{gabungan} = 0,484I_{Harapanhidup} + 0,502I_{Melekhuruf} + 0,488I_{Rata-ratalamasekolah} + 0,502I_{konsumsiPerkapita} - 0,16I_{lingkungan}$$

Dari *principal Component* (PC) diperoleh nilai ukuran kesejahteraan baru yang disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Nilai Kesejahteraan Kabupaten/Kota

Kabupaten/Kota	Indeks Kesejahteraan	Ranking
Kab. Bandung Barat	-1,59096321	11
Kab. Subang	-1,373956847	8
Kab. Purwakarta	-1,518862659	10
Kab. Karawang	-1,143947879	7
Kab. Bekasi	-0,296056128	6
Kab. Bogor	-1,472249983	9
Kab. Indramayu	-2,014266487	12
Kota Cirebon	0,357599407	5
Kota Bogor	0,611949348	4
Kota Bandung	3,062661022	1
Kota Depok	2,706977532	2
Kota Bekasi	2,671115885	3

Selanjutnya, hasil dari keeratan hubungan antara Indeks Gabungan dengan IPM dan PDB disajikan pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Hasil korelasi antara Indeks Gabungan dengan IPM dan PDB

		Indeks Gabungan	IPM	PDB
Indeks Gabungan	<i>Correlation Coefficient</i>	1	0,923	0,909
	<i>P-Value</i>		0,000	0,000
IPM	<i>Correlation Coefficient</i>	0,923	1	0,9650
	<i>P-Value</i>	0,000		
PDB	<i>Correlation Coefficient</i>	0,909	0,965	1
	<i>P-Value</i>	0,000	0,000	

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa indeks gabungan signifikan terhadap IPM dan PDB. Dimana kuat hubungan antara indeks lingkungan dengan IPM sebesar

0,923 atau 92,3% dan kuat hubungan antara indeks lingkungan dengan PDB sebesar 0,909 atau 90,9%. Hal tersebut menunjukkan bahwa indeks gabungan sudah bisa mewakili perhitungan IPM dan PDB.

D. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penulisan makalah ini, yaitu:

1. Indeks lingkungan yang diperoleh dari PCA menunjukkan bahwa indeks lingkungan mempunyai keeratan hubungan yang sangat rendah dengan IPM dan PDB, yaitu sebesar -0,049 dan -0,182. Hal tersebut menunjukkan bahwa indeks lingkungan dengan IPM dan PDB mempunyai hubungan yang negatif.
2. Kuat hubungan antara indeks gabungan dengan IPM dan PDB menunjukkan mempunyai hubungan yang sangat signifikan dan mempunyai hubungan yang sangat kuat yaitu sebesar 0,923 atau 93,3% dan 0,909 atau 90,9%. Hal tersebut menjelaskan bahwa memasukan indeks lingkungan pada perhitungan dalam mengukur kesejahteraan dapat memberikan informasi lain yang tidak bisa dijelaskan oleh IPM.

Daftar Pustaka

- Baxter, M. J. (1995), *Standardization and Transformation in Principal Component Analysis, with Applications to Archaeometry*. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), Vol. 44, Issue 4, pp. 513-527.
- Cacilia Lindman, Jenny Sellin. (2011), *Measuring Human Development The Use of Principal Component Analysis an Environmental Index*. Thesis, Uppsala University.
- Ilyas hasan. (2012). Manusia dan Lingkungan (online). (<http://ilyashasan.blogspot.co.id/2012/01/manusia-dan-lingkungan.html>, diakses pada tanggal 18 Januari 2017).
- Johnson, R.A. & Wichern, D.W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 5th edition. Pearson Education International.
- Jolliffe, I. T. (2002), *Principal Component Analysis*. Second edition, New York: Springer-Verlag, New York, Inc.
- Kamanou, G. (2002), *Combining development indicators using an Iterative-Principal Component Analysis*. United Nations Statistics Division, Joint statistical meetings - Section on Government Statistics. (online). (<http://www.amstat.org/sections/srms/Proceedings/y2002/files/JSM2002001154.pdf> pada tanggal 5 Mei 2017)
- McGillivray, M. (1991), *The Human Development Index: Yet Another Redundant Composite Development Indicator?* World Development, Vol. 19, Issue 10, pp. 1461– 1468.
- Hajarisman, Nusar. (2008). *Statistika Multivariat*. Seri Buku Ajar Universitas Islam Bandung. Bandung.
- Osborne, J. (2002), *Notes on the use of data transformations*. Practical Assessment, Research & Evaluation, Vol. 8, Issue 6. (online)(<http://PAREonline.net/getvn.asp?v=8&n=6> pada tanggal 14 Mei 2017).
- Rencher, A.C. (1998). *Multivariate Statistical Inference and Application*. Wiley-Interscience Publication, Brigham.
- UNDP (1997), *Human Development Report: Human Development to Eradicate Poverty*.