



PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS BILOT GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX ASEAN COUNTRIES

Lisna Sari¹, Pardomuan Robinson Sihombing^{2*}

¹ Universitas Lampung, Indonesia

² Badan Pusat Statistik, Indonesia

* Correspondence E-mail: robinson@bps.go.id

ABSTRACT

ASEAN's global competitiveness requires institutional and ASEAN countries appear to be a formidable economic actors in protecting the economic interests and at the same time having an open economic system that indicates the readiness of ASEAN to compete with the economic strength of the entire region in the world. In this case the measurement of global competitiveness factors become important aspects of state enterprises in the face of global competition. This study was conducted to determine how competitive the ASEAN countries with Biplot method of Principal Component Analysis. Results obtained from this study is the ASEAN countries have different advantages in each of the variables related to the global competitiveness index. In addition, the diversity of which can be explained more than 70% which is 90.69% which means that Principal Component Analysis Biplot describes well the overall total.

Keyword: ASEAN, Biplot, GCI, PCA.

ABSTRAK

Daya saing global menuntut ASEAN secara kelembagaan beserta negara-negara yang tergabung di dalamnya untuk tampil menjadi aktor ekonomi yang tangguh dalam melindungi kepentingan ekonomi dan pada saat yang bersamaan memiliki sistem ekonomi terbuka yang menunjukkan kesiapan ASEAN bersaing dengan kekuatan ekonomi dari seluruh kawasan di dunia. Dalam hal ini pengukuran faktor daya saing global menjadi aspek penting dalam usaha suatu negara menghadapi persaingan global. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa mampu negara-negara ASEAN berkompetisi secara ekonomi melalui analisis yang dilakukan dengan metode Principal Component Analysis Biplot. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah negara-negara ASEAN memiliki keunggulan yang berbeda pada setiap variabel-variabel yang berhubungan dengan indeks daya saing global. Selain itu, keragaman yang dapat diterangkan mencapai lebih dari 70% yaitu 90.69% yang berarti bahwa Prinsipal Component Biplot Analysis ini menjelaskan total keseluruhan dengan baik.

Kata Kunci : ASEAN, Biplot, GCI, PCA.

1. PENDAHULUAN

ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*) merupakan organisasi kawasan (*region*) yang mewadahi kerjasama antar negara-negara Asia Tenggara sejak tahun 1967. Tujuan didirikannya ASEAN salah satunya adalah sebagai wadah untuk mempererat integrasi dan menyesuaikan cara pandang masyarakat

ASEAN dalam menghadapi globalisasi. Organisasi ini memiliki tiga pilar yaitu politik dan keamanan, ekonomi serta sosial budaya. Melalui pilar ekonomi, ASEAN kemudian membentuk AEC (*ASEAN Economic Community*) dengan tujuan memperdalam dan memperluas ekonomi terpadu dalam kawasan ASEAN dengan kawasan luar ASEAN. Dengan demikian, ASEAN dapat membentuk pasar tunggal berbasis produksi, dinamis, berdaya saing, serta dalam pembangunan, dan mempercepat integrasi dengan ekonomi global. AEC pada prinsipnya dibentuk untuk membangun daya saing negara-negara anggota ASEAN sehingga mampu terampil sebagai sosok negara yang "perkasa" dalam menghadapi perkembangan ekonomi global. Adanya daya saing ini penting dianalisis untuk memberikan pemahaman mengenai posisi, performa dan kapabilitas sebuah negara (Reis & Thomas, 2012).

Ciri daya saing itu adalah masing-masing negara ASEAN memiliki produk unggulan yang dapat saling mengisi kebutuhan ekonomi negara-negara anggota, pertumbuhan industri yang mendukung hadirnya produk unggulan, tingginya tingkat perdagangan dan investasi di antara sesama negara ASEAN, ketergantungan dengan kawasan lain semakin kecil atau berkurang dan diganti dengan saling ketergantungan dengan negara sekawasan. Menurut Porter (1990), keunggulan daya saing suatu produk dapat dikelompokkan menjadi keunggulan alamiah/keunggulan absolut dan keunggulan yang dikembangkan. Keunggulan alamiah yang dimaksud adalah produk-produk yang menjadi sumber daya yang tersedia di negara tersebut. Sedangkan keunggulan yang dikembangkan adalah keunggulan yang diperoleh dengan meningkatkan keunggulan alamiah yang dimiliki misalnya melalui IPTEK. Daya saing global menuntut ASEAN secara kelembagaan dan negara-negara ASEAN tampil menjadi aktor ekonomi yang tangguh dalam melindungi kepentingan ekonomi dan pada saat yang sama memiliki sistem ekonomi terbuka yang menunjukkan kesiapan ASEAN bersaing dengan kekuatan ekonomi dari seluruh kawasan di dunia. Dalam hal ini pengukuran faktor daya saing global menjadi aspek penting dalam usaha negara untuk menghadapi persaingan global.

Menurut Mattjik dan Sumanjaya (2011), dalam ilmu statistik banyak metode yang dapat digunakan untuk mendeskripsikan posisi relatif beberapa objek dengan beberapa variabel secara serempak. Salah satu metodenya adalah dengan menggunakan Principal Component Biplot analysis. Analisis biplot ini dapat menyajikan plot pengamatan n dan variabel p secara bersamaan sehingga memberikan tambahan informasi yang lebih baik tentang hubungan antara variabel dan pengamatan (Jolliffe, 2002). Selain itu analisis biplot dapat memetakan data-data yang ada pada tabel ringkasan dalam grafik berdimensi dua sehingga informasi yang diberikan mencakup objek dan variabel dalam satu gambar (Fitria, Diyah, & Yasin, 2013). Berdasarkan tampilan biplot yang disajikan secara visual dan simultan sejumlah objek pengamatan dan variabel dalam suatu grafik, maka ada empat hal penting yang bisa diperoleh, yakni kedekatan antar objek yang diamati, keragaman variabel, korelasi antar variabel dan nilai variabel pada suatu objek (Matjik, Sumertajaya, & Sidik, 2011). Analisis ini diterapkan untuk mengetahui informasi mengenai posisi relatif, kemiripan karakteristik antar objek maupun keragaman variabel pada negara-negara ASEAN menurut beberapa variabel yang berhubungan dengan indeks daya saing global.

Indeks daya saing ini akan menilai produktivitas sebagai penentu utama pertumbuhan ekonomi jangka panjang dan faktor pendukung kesejahteraan suatu negara. Variabel indeks daya saing global yang menjadi fokus penelitian adalah institusi, infrastruktur, lingkungan, kesehatan, pendidikan, pasar, tenaga kerja, keuangan, dan bisnis.

2. DATA DAN METODE

2.1 Sumber Data dan Struktur Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari The Global Competitiveness Report 2017 (World Economic Forum, 2017). Objek pengamatan dalam penelitian ini adalah 7 negara ASEAN yang mempunyai skor indeks daya saing global lebih dari 4 pada skala 1-7 yang meliputi Filipina, Indonesia, Brunei Darussalam, Singapura, Malaysia, Thailand dan Vietnam. Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah indikator penting yang membentuk indeks daya saing global menurut *World Economic Forum*.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Simbol
<i>Institutions</i>	X1
<i>Infrastructure</i>	X2
<i>Macroeconomic Environment</i>	X3
<i>Health and Primary Education</i>	X4
<i>Higher Education and Training</i>	X5
<i>Good Market Efficiency</i>	X6
<i>Labor Market Efficincy</i>	X7
<i>Financial Market Development</i>	X8
<i>Technological Readiness</i>	X9
<i>Market Size</i>	X10
<i>Business Shopistication</i>	X11
<i>Innovation</i>	X12

2.2 Langkah Penelitian

Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan *principal component biplots (PCA Biplot) analysis* salah satu teknik statistika deskriptif berupa representasi grafik yang dapat menyajikan secara simultan n buah objek pengamatan dan p buah variabel dalam satu grafik berdimensi dua. Menurut Jolliffe (2002), analisis ini didasarkan pada *Singular Value Decomposition (SVD)*. SVD bertujuan menguraikan suatu matriks X berukuran $n \times p$ yang merupakan matriks peubah ganda yang terkoreksi terhadap rataannya dimana n adalah banyaknya objek pengamatan dan p adalah banyaknya variabel menjadi 3 buah matriks.

1. Penguraian Nilai Singular (*Singular Value Decomposition*)

Pendekatan langsung untuk mendapatkan nilai singularnya, dengan persamaan yang digunakan adalah matriks \mathbf{X} berukuran $n \times p$ yang berisikan n objek dan p variabel yang dikoreksi terhadap rata-ratanya dan mempunyai rank r , dapat dituliskan menjadi.

$$\mathbf{X} = \mathbf{U}\mathbf{L}\mathbf{A}' \quad (1)$$

\mathbf{U} dan \mathbf{A} adalah matriks dengan kolom ortonormal ($\mathbf{U}'\mathbf{U} = \mathbf{A}'\mathbf{A} = \mathbf{I}_r$) dan \mathbf{L} adalah matriks diagonal berukuran $r \times r$ dengan unsur-unsur diagonalnya adalah akar dari nilai eigen $\mathbf{X}'\mathbf{X}$. Unsur-unsur diagonal matriks \mathbf{L} ini disebut nilai singular matriks \mathbf{X} dan kolom-kolom matriks \mathbf{A} adalah vektor eigen dari $\mathbf{X}'\mathbf{X}$. Kolom-kolom untuk matrik \mathbf{U} diperoleh dari

$$\mathbf{u}_i = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} \mathbf{X}\mathbf{a}_i, i = 1, 2, \dots, r$$

dengan \mathbf{u}_i adalah vektor yang merupakan kolom ke- i dari matriks \mathbf{U} , \mathbf{a}_i adalah vektor yang merupakan kolom ke- i dari matriks \mathbf{A} dan λ_i adalah nilai eigen ke- i . Unsur-unsur diagonal matriks \mathbf{L} didefinisikan \mathbf{L}^α dengan $0 \leq \alpha \leq 1$ adalah matriks diagonal berukuran $r \times r$ dengan unsur-unsur diagonalnya $\sqrt{\lambda_1}^\alpha \geq \sqrt{\lambda_2}^\alpha \dots \geq \sqrt{\lambda_r}^\alpha$ dan definisi ini berlaku pula untuk $\mathbf{L}^{1-\alpha}$ dengan unsur-unsur diagonalnya adalah $\sqrt{\lambda_1}^{1-\alpha} \geq \sqrt{\lambda_2}^{1-\alpha} \dots \geq \sqrt{\lambda_r}^{1-\alpha}$ (Mattjik & Sumertajaya, 2011)

Menurut Jolliffe (2010), misalkan $\mathbf{G} = \mathbf{U}\mathbf{L}^\alpha$ dan $\mathbf{H}' = \mathbf{L}^{1-\alpha}\mathbf{A}'$ dengan α besarnya $0 \leq \alpha \leq 1$. Persamaan (1) menjadi,

$$\mathbf{X} = \mathbf{U}\mathbf{L}^\alpha \mathbf{L}^{1-\alpha} \mathbf{A}' = \mathbf{G}\mathbf{H}' \quad (2)$$

Hal ini berarti unsur ke- (ij) matriks \mathbf{X} dapat ditulis sebagai:

$$x_{ij} = \mathbf{g}'\mathbf{h}_j \quad (3)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, p$ serta \mathbf{g}' dan \mathbf{h}_j masing-masing merupakan baris matriks \mathbf{G} dan kolom matriks \mathbf{H} . Pada \mathbf{g}' dan \mathbf{h}_j mempunyai r dimensi. Jika \mathbf{X} mempunyai rank dua, vektor baris \mathbf{g}' dan vektor \mathbf{h}_j dapat digambarkan dalam ruang berdimensi dua. Jika \mathbf{X} mempunyai rank lebih dua maka persamaan (1) menjadi,

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^r \mathbf{u}_{ik} \lambda k^{\frac{1}{2}} \mathbf{a}_{jk} \quad (4)$$

dengan \mathbf{u}_{ik} adalah elemen ke- (i,k) dari matriks \mathbf{U} , \mathbf{a}_{jk} adalah elemen ke- (j,k) dari matriks \mathbf{A} dan $\lambda k^{\frac{1}{2}}$ adalah elemen diagonal ke- k dari matriks \mathbf{L} .

Jika ada sebanyak m elemen unsur yang dipertahankan, persamaan di atas dapat didekati dengan,

$$\begin{aligned} m\tilde{x}_{ij} &= \sum_{k=1}^m \mathbf{u}_{ik} \lambda k^{\frac{1}{2}} \mathbf{a}_{jk}, m < r \\ &= \sum_{k=1}^m \mathbf{u}_{ik} \lambda k^{a_2} \lambda k^{1-a_2} \mathbf{a}_{jk} \\ &= \sum_{k=1}^m g_{ik} h_{jk} \\ &= \mathbf{g}_i^* \mathbf{h}_j^* \end{aligned} \quad (5)$$

Dengan \mathbf{g}_i^* dan \mathbf{h}_j^* masing-masing berisi elemen unsur vektor \mathbf{g}_i dan \mathbf{h}_j . Gabriel (1973) menyatakan $m = 2$ disebut biplot, sehingga persamaan yang terakhir dapat dinyatakan sebagai,

$$2x_{ij} = \mathbf{g}_i^* \mathbf{h}_j^* \quad (6)$$

Dengan $2x_{ij}$ merupakan unsur pendekatan matriks \mathbf{X} pada dimensi dua, sedangkan \mathbf{g}_i dan \mathbf{h}_j masing-masing mengandung dua unsur pertama vektor \mathbf{g}_i dan \mathbf{h}_j . Dari pendekatan matriks \mathbf{X} pada dimensi dua diperoleh matriks \mathbf{G} dan \mathbf{H} sebagai berikut.

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ \vdots & \vdots \\ g_{i1} & g_{i2} \\ \vdots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ \vdots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} \\ \vdots & \vdots \\ h_{n1} & h_{n2} \end{bmatrix}$$

2. Pengkontruksian *Principal Component Biplot Analysis*

Matriks \mathbf{G} adalah titik-titik koordinat dari n objek dan matriks \mathbf{H} adalah titik-titik koordinat dari p variabel. Gabriel (1973) mengemukakan ukuran pendekatan matriks \mathbf{X} dengan biplot dalam bentuk:

$$\rho^2 = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\sum_{k=1}^r \lambda_k} \quad (7)$$

dengan λ_1 dan nilai eigen terbesar ke-1, λ_2 adalah nilai eigen terbesar ke-2 dan $\lambda_k, k = 1, 2, \dots, r$ adalah nilai eigen ke- k . Apabila ρ^2 mendekati nilai satu, maka biplot memberikan penyajian yang semakin baik mengenai informasi data yang sebenarnya.

Menurut Jolliffe (2010) untuk mendeskripsikan biplot perlu mengambil nilai α dalam mendefinisikan \mathbf{G} dan \mathbf{H} . Pemilihan nilai α pada $\mathbf{G} = \mathbf{U}\mathbf{L}^\alpha$ dan $\mathbf{H}' = \mathbf{L}^{1-\alpha}\mathbf{A}'$ bersifat sembarang dengan syarat $0 \leq \alpha \leq 1$. Pengambilan dua nilai α yaitu $\alpha = 0$ dan $\alpha = 1$ berguna dalam interpretasi biplot.

Jika $\alpha = 0$ didapat $\mathbf{G} = \mathbf{U}\mathbf{L}^0 = \mathbf{U}$ dan $\mathbf{H}' = \mathbf{L}^{1-\alpha}\mathbf{A}' = \mathbf{L}\mathbf{A}'$ sehingga

$$\mathbf{X}'\mathbf{X} = (\mathbf{G}\mathbf{H}')'(\mathbf{G}\mathbf{H}')' = \mathbf{H}\mathbf{U}'\mathbf{U}\mathbf{H} = \mathbf{H}\mathbf{H}' \quad (8)$$

Matriks \mathbf{U} ortonormal dan $\mathbf{X}'\mathbf{X} = (\mathbf{n} - \mathbf{1})\mathbf{S}$ dengan n adalah banyaknya objek pengamatan dan \mathbf{S} adalah matriks kovarian dari matriks \mathbf{X} maka $\mathbf{H}\mathbf{H}' = (\mathbf{n} - \mathbf{1})\mathbf{S}$. Hasil kali $\mathbf{h}_j' \mathbf{h}_k$ adalah akan sama dengan $(n-1)$ kali kovarian s_{jk} antara variabel ke- j dan variabel ke- k .

Nilai cosinus sudut antara dua vektor peubah menggambarkan korelasi kedua peubah. Semakin sempit sudut yang dibuat antara dua variabel maka semakin tinggi korelasinya. Korelasi peubah ke- j dan ke- k sama dengan cosinus sudut vektor \mathbf{h}_j dan \mathbf{h}_k

$$\mathbf{h}_j \cdot \mathbf{h}_k = \|\mathbf{h}_j\| \|\mathbf{h}_k\| \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{\mathbf{h}_j \cdot \mathbf{h}_k}{\|\mathbf{h}_j\| \|\mathbf{h}_k\|} = \frac{\mathbf{h}_j' \cdot \mathbf{h}_k}{\|\mathbf{h}_j\| \|\mathbf{h}_k\|} = \frac{s_{jk}}{\sqrt{s_{jj}} \sqrt{s_{kk}}} = \frac{s_{jk}}{s_j \cdot s_k} = r_{jk}$$

kedekatan antar objek pada gambar biplot dapat dilihat dengan menggunakan jarak Euclid antara \mathbf{g}_i dan \mathbf{g}_j sebanding dengan jarak Mahalanobis antar objek pengamatan \mathbf{x}_i dan \mathbf{x}_j data pengamatan sesungguhnya. Jarak Mahalanobis antara dua pengamatan \mathbf{x}_i dan \mathbf{x}_j didefinisikan sebagai:

$$\delta^2(\mathbf{x}_i \mathbf{x}_j) = (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) \quad (9)$$

Jarak Mahalanobis antara dua pengamatan \mathbf{g}_i dan \mathbf{g}_j didefinisikan sebagai:

$$d^2(\mathbf{g}_i \mathbf{g}_j) = (\mathbf{g}_i - \mathbf{g}_j)' (\mathbf{g}_i - \mathbf{g}_j) \quad (10)$$

Menurut Jolliffe (2010), $\delta^2(x_i x_j) = (n - 1)^2 d^2(g_i g_j)$. Hal ini dapat dibuktikan dengan menuliskan kembali Persamaan (3) sebagai:

$$x_i' = g_i' H' \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, n$$

dan disubsitusikan ke dalam persamaan (9) sehingga menghasilkan:

$$\delta^2(x_i x_j) = (H g_i - H g_j)' S^{-1} (H g_i - H g_j) \quad (11)$$

$$\delta^2(x_i x_j) = (n - 1)(g_i - g_j)' (LA)'(X'X)^{-1}(LA)(g_i - g_j)$$

$$\text{dengan } H' = (LA)'(\alpha = 0) \text{ dan } S^{-1} = (n - 1)(X'X)^{-1}$$

$$\text{sedangkan,} \quad X'X = (ULA)'(ULA) = (ALU')(ULA) = AL^{-2}A' \quad (12)$$

$$\text{Dan } (X'X)^{-1} = AL^{-2}A' \quad (13)$$

Subsitusikan ke dalam persamaan (11) menghasilkan:

$$\delta^2(x_i x_j) = (n - 1)(g_i - g_j)' (LA'A)L - 2(A'A)L(g_i - g_j)$$

$$\delta^2(x_i x_j) = (n - 1)(g_i - g_j)' LL - 2L(g_i - g_j),$$

(A adalah ortonormal)

$$\delta^2(x_i x_j) = (n - 1)(g_i - g_j)'(g_i - g_j) \quad (14)$$

Berarti dapat diketahui bahwa Mahalanobis sebanding dengan jarak Eclud. Hal ini menunjukkan bahwa jarak Euclid mampu menggambarkan posisi pada objek pengamatan dalam data pengamatan sesungguhnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dalam penelitian ini dilakukan untuk melihat karakteristik indeks daya saing global pada negara-negara ASEAN.

Tabel 2. Deskriptif Nilai GCI

Keterangan	Var	Maks.	Min	Mean	Median	St. Deviasi
<i>Institutions</i>	X1	6.10	3.46	4.25	3.76	0.95
<i>Infrastructure</i>	X2	6.50	3.17	4.42	4.24	1.18
<i>Macroeconomic Environment</i>	X3	6.15	4.55	5.52	5.51	0.59
<i>Health and Primary Education</i>	X4	6.75	5.20	5.75	5.57	0.54
<i>Higher Education and Training</i>	X5	6.29	2.88	4.55	4.54	0.02
<i>Good Market Efficiency</i>	X6	5.78	4.07	4.66	4.40	0.63
<i>Labor Market Efficincy</i>	X7	5.80	3.80	4.48	4.33	0.65
<i>Financial Market Development</i>	X8	5.69	3.88	4.50	4.33	0.62
<i>Technological Readiness</i>	X9	6.14	3.28	4.17	3.61	1.02
<i>Market Size</i>	X10	5.71	3.28	4.81	4.88	0.75
<i>Business Shopistication</i>	X11	5.18	4.47	4.31	4.27	0.66
<i>Innovation</i>	X12	5.33	2.83	3.85	3.43	0.88

Indeks daya saing global adalah suatu indek yang menilai produktivitas suatu negara yang akan digunakan sebagai penentu utama pertumbuhan ekonomi jangka panjang dan faktor pendukung kesejahteraan suatu negara. Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa besarnya rata-rata indeks daya saing global berdasarkan faktor *Institutions* sebesar 4.25 dengan standar deviasi 0.95; *Infrastructure* sebesar 4.42 dengan standar deviasi 1.18; *Macroeconomic Environment* sebesar 5.51 dengan standar deviasi 0.59; *Health and Primary*

Education sebesar 5.75 dengan standar deviasi 0.54; *Higher Education and Training* sebesar 4.55 dengan standar deviasi 0.02; *Good Market Efficiency* sebesar 4.66 dengan standar deviasi 0.63; *Labor Market Efficiency* sebesar 4.48 dengan standar deviasi 0.65; *Financial Market Development* sebesar 4.50 dengan standar deviasi 0.62; *Technological Readiness* sebesar 4.17 dengan standar deviasi 1.02; *Market Size* sebesar 4.81 dengan standar deviasi 0.75; *Business Shopistication* sebesar 4.31 dengan standar deviasi 0.66; *Innovation* sebesar 3.85 dengan standar deviasi 0.88.

3.2 Uji Asumsi Normal Multivariat

Sebelum melakukan analisis data dilakukan pengujian asumsi normal multivariat dengan menggunakan uji *Royston*. Hasil yang didapat dari uji tersebut diketahui $p\text{-value} = 0.1972 > \alpha = 0.05$, sehingga dapat dikatakan bahwa data yang digunakan berdistribusi normal multivariat.

3.3 Principal Component Biplot Analysis

a. Matrix Data

Berdasarkan data variabel indeks daya saing yang distandarisasikan diperoleh matriks sebagai berikut.

$$\mathbf{X}_{(7 \times 12)} = \begin{bmatrix} -0.6568 & \dots & -0.5332 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -0.1552 & \dots & -0.6347 \end{bmatrix}$$

b. Singular Value Decomposition (SVD)

Penguraian nilai singular matriks \mathbf{X} yang berukuran $n \times p$ menjadi matriks \mathbf{U} yang berukuran $n \times r$, matriks \mathbf{L} berukuran $r \times r$ dan matriks \mathbf{A} berukuran $r \times p$, yang dapat ditulis menjadi.

$\mathbf{X}_{12} = \mathbf{U}_{12} \mathbf{L}_{12} \mathbf{A}'_{12}$ diperoleh matriks sebagai berikut.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.3181 & \dots & 0.1484 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.3151 & \dots & -0.1019 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 7.4966 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3.0164 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.0327 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.2400 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7944 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6373 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0003 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} 0.2008 & \dots & 0.3779 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -0.2734 & \dots & 0.3799 \end{bmatrix}$$

c. Titik-titik Koordinat Objek dan Variabel

Setelah penguraian nilai singular pada matriks \mathbf{X} , pengkontruksian Biplot dilakukan dengan membuat matriks \mathbf{G} dan \mathbf{H} dengan mengambil nilai $\alpha = 0$.

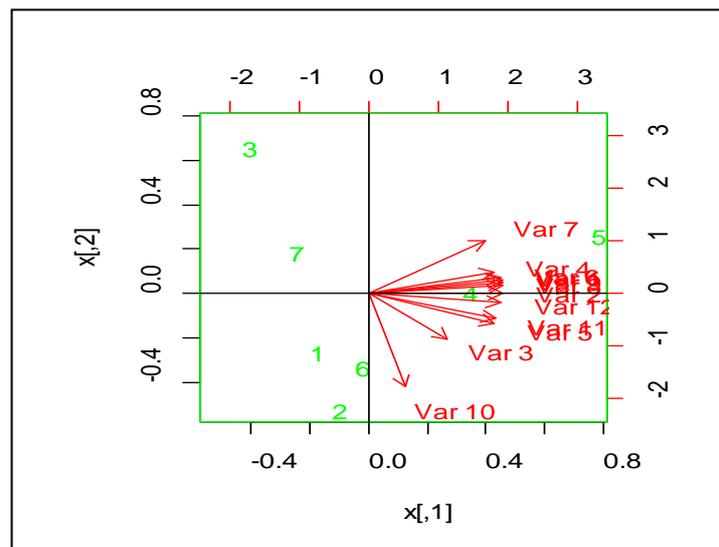
Selanjutnya, diambil dua kolom pertama dari matriks G (G_2) dan dua kolom pertama matriks H (H_2)

$$G_2 = \begin{bmatrix} -0.2008 & -0.2653 \\ -0.1233 & -0.5260 \\ -0.4331 & 0.6629 \\ 0.3191 & 0.0082 \\ 0.7601 & 0.2645 \\ -0.0485 & -0.3299 \\ -2734 & 0.1856 \end{bmatrix} \text{ dan}$$

$$H_2 = \begin{bmatrix} 2.3851 & 0.3117 \\ 2.3986 & 0.0108 \\ \vdots & \vdots \\ 2.3627 & -0.2163 \end{bmatrix}$$

d. Principal Component Biplot Dua Dimensi

Setelah melakukan perhitungan untuk mengelompokkan titik-titik koordinat untuk setiap objek pengamatan dan variabel-variabelnya maka dapat dibuat peta pengelompokkannya. Titik koordinat berdasarkan unsur-unsur yang diambil adalah dua, dengan menggunakan *software* R maka terbentuklah Biplot sebagai berikut.



Gambar 1. Biplot Negara ASEAN Berdasarkan Indeks Daya Saing Global

e. Menghitung Keragaman yang Ditetapkan oleh Biplot

Keragaman yang diterangkan oleh *principal component* dua dimensi dihitung dengan menggunakan *software* R dengan output sebesar 90.69%. Dengan demikian dapat diketahui bahwa Gambar 1 mampu menerangkan 90.69% dari total keragaman yang sebenarnya.

f. Interpretasi Output

Metode biplot akan dapat diinterpretasikan lebih baik dengan nilai ($\geq 70\%$) sehingga pendekatan Biplot dapat digunakan untuk memberikan penyajian visual

data dengan plot yang dapat memberikan informasi mengenai kedekatan antar objek, keeratan hubungan antar variabel, keragaman variabel, dan nilai variabel pada suatu objek. Penelitian dengan menggunakan analisis ini pernah dilakukan oleh Anuraga (2015) yang memetakan karakteristik kemiskinan pada kabupaten/kota di Jawa Timur. Dengan hasil penelitian diketahui bahwa terbentuk tiga faktor utama yang mewakili variabel asal, yaitu dengan total keragaman yang dapat dijelaskan adalah sebesar 71.4 persen. Selain itu penelitian biplot juga dilakukan oleh Leleury dan Wokanubun (2015) dengan judul Analisis Biplot Pada Pemetaan Karakteristik Kemiskinan di Provinsi Maluku dan mendapat keragaman di atas 70 persen

i. Kedekatan Antar objek penelitian

Tabel 3. Kedekatan Antar Objek

Kelompok	Negara
I	Brunei Darussalam dan Vietnam saling berdekatan maka dapat dikatakan memiliki karakteristik yang sama.
II	Malaysia
III	Filipina, Thailand dan Indonesia saling berdekatan maka dapat dikatakan memiliki karakteristik yang sama.
IV	Singapura

ii. Keragaman Variabel

Pada Gambar 1 diketahui panjang vektor variabel terpanjang adalah variabel Labor Market Efficiency yang merupakan faktor penting dalam indeks daya saing global. Hal ini berarti nilai Labor Market Efficiency pada negara-negara ASEAN-7 mempunyai keragaman yang paling besar. Sedangkan vektor variabel yang terpendek adalah Macroeconomic Environment yang berarti nilai variabel ini pada negara-negara ASEAN-7 mempunyai keragaman yang paling kecil.

iii. Korelasi antar variabel

- (1) Good Market Efficiency dan Financial Market Development membentuk sudut yang mendekati 0^0 dan 360^0 , maka korelasi positif yang sangat erat.
- (2) Higher Education dan Business Shopistication membentuk sudut yang mendekati 0^0 dan 360^0 , maka korelasi positif yang sangat erat.
- (3) Labor Market Efficiency, Health and Primary Education, Infrastructure, Technological Readiness, dan Innovation membentuk sudut yang mendekati 45^0 maka memiliki korelasi positif yang erat.
- (4) Higher Education and Training, Macroeconomic Environment, dan Market Size membentuk sudut yang mendekati 45^0 maka memiliki korelasi positif yang erat.

iv. Nilai Variabel pada Suatu Objek

- (1) Singapura terletak searah dengan arah Infrastructure, Health and Primary Education, Technological Readiness, Financial Market Development, dan

Innovation . Maka dapat diketahui bahwa Singapura memiliki keunggulan dalam faktor indeks daya saing global tersebut.

- (2) Malaysia terletak searah dengan arah Health and Primary Education, dan Labor Market Efficiency. Maka dapat diketahui bahwa Malaysia memiliki keunggulan dalam faktor indeks daya saing global tersebut.
- (3) Filipina, Indonesia dan Thailand terletak searah dengan Innovation. Maka dapat diketahui bahwa Filipina, Indonesia dan Thailand memiliki keunggulan dalam faktor indeks daya saing global tersebut.
- (4) Brunei Darussalam terletak berlawanan arah dengan Macroeconomic Environment dan Market Size. Maka dapat diketahui bahwa Brunei Darussalam memiliki kekurangan dalam faktor indeks daya saing global tersebut.
- (5) Vietnam terletak berlawanan arah dengan Macroeconomic Environment, Higher Education and Training, dan Market Size. Maka dapat diketahui bahwa Brunei Darussalam memiliki kekurangan dalam faktor indeks daya saing global.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis PCA Biplot pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Variabel *Labor Market Efficiency* memiliki keragaman yang paling besar. Sedangkan variabel *Macroecocomic Environment* mempunyai keragaman yang paling kecil. Dari semua variabel yang merupakan faktor yang membentuk indeks daya saing global, Singapura memiliki keunggulan dalam hal *Infrastructure, Health and Primary Education, Technological Readiness, Financial Market Development, dan Innovation* . Sedangkan Malaysia memiliki keunggulan dalam hal *Health and Primary Education, dan Labor Market Efficiency*. Dan Filipina, Indonesia dan Thailand memiliki keunggulan dalam hal *Innovation*. Keragaman yang diterangkan adalah sebesar 90.69% yang berarti analisis PCA Biplot mampu menerangkan 90.69% dari total keragaman data yang sebenarnya.

REFERENSI

- [1]. Anuraga, G. (2015). Analisis Biplot Untuk Pemetaan Karakteristik Kemiskinan Pada Kabupaten/Kota di Jawa Timur. *Jurnal Statistika*, 7, 25-34.
- [2]. Fitria, E., Diyah, H., & Yasin, A. (2013). Analisis Principal Component Biplot pada Bank Umum Persero yang Beroperasi di Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Statistika*.
- [3]. Gabriel, K. (1973). The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component. *Biometrics*, 58(3), 453.
- [4]. Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis* . New York: Springer-Verlag.
- [5]. Jolliffe. (2010). *Principal Component Analysis, Second Edition*. New York: Springer.

- [6]. Leleury, Z. A., & Wokanubun, A. E. (2015). Analisis Biplot Pada Pemetaan Karakteristik Kemiskinan di Provinsi Maluku. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 9(1), 21 – 31.
- [7]. Matjik, A. A., Sumertajaya, I., & Sidik, M. (2011). *Peubah Ganda dengan Menggunakan SAS*. Bogor: IPB Press.
- [8]. Mattjik, A., & Sumertajaya, I. (2011). *Sidik Variabel Ganda*. Bogor: IPB Press.
- [9]. Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nation*. New Yorl: The Free Press.
- [10]. Reis, J., & Thomas, F. (2012). *Trade Competitiveness Diagnostic Toolkit*. Washington D.C: World Bank.
- [11]. World Economic Forum. (2017). *The Global Competitiveness Report*.