



## ANALISIS BILOT KOMPONEN UTAMA UNTUK PEMETAAN DAYA SAING GLOBAL NEGARA ANGGOTA APEC

Vinny Fadyoga Harmantyas<sup>a\*</sup>, Rosita Kusumawati<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Statistika, Universitas Negeri Yogyakarta

\*e-mail: [vinnyfadyoga.2019@student.uny.ac.id](mailto:vinnyfadyoga.2019@student.uny.ac.id), [rosita\\_kusumawati@uny.ac.id](mailto:rosita_kusumawati@uny.ac.id)

**Abstrak.** Indeks daya saing global negara anggota *Asia Pacific Economic Cooperation* (APEC) terdiri dari 12 pilar dengan skala skor 1-7 dan 1-100. Untuk mengoptimalkan potensi integrasi ekonomi di kawasan Asia Pasifik, pemetaan karakteristik dari 20 negara anggota APEC berdasarkan 12 pilar pembentuk indeks daya saing global dapat dilakukan dengan metode analisis biplot komponen utama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran pemetaan dan perkembangan karakteristik berdasarkan indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2017-2019 dengan metode biplot komponen utama. Langkah penelitian yaitu menyusun matriks data, menghitung standar deviasi, standardisasi matriks, menghitung koefisien korelasi, melakukan pengecekan asumsi yaitu deteksi kecukupan *sampling* dan uji Bartlett, menghitung nilai eigen dan vektor eigen, menghitung bobot komponen utama, menghitung skor komponen utama, menguraikan matriks  $X$  dengan metode *Singular Value Decomposition* (SVD), membentuk grafik biplot, menghitung nilai keragaman biplot, dan menginterpretasi hasil pemetaan biplot komponen utama. Hasil analisis data dengan metode biplot komponen utama menunjukkan 2 kelompok negara. Pada tahun 2017, kelompok 1 dan 2 memiliki karakteristik pilar kesehatan yang tinggi dan pilar kemampuan inovasi yang rendah. Pada tahun 2018 dan 2019, kelompok 1 memiliki karakteristik pilar stabilitas makroekonomi yang tinggi dan pilar pasar barang dan jasa yang rendah. Sedangkan kelompok 2, memiliki karakteristik pilar stabilitas makroekonomi yang tinggi dan pilar kemampuan inovasi yang rendah. Pada tahun 2019 tidak terjadi perubahan peta karakteristik sehingga peta karakteristik sama dengan tahun 2018. Persentase keragaman biplot pada tahun 2017, 2018, dan 2019 secara berturut-turut sebesar 80,8%, 77,6%, dan 76,6%.

**Kata kunci:** analisis biplot komponen utama, pemetaan, indeks daya saing global, APEC.

**Abstract.** The global competitiveness index of Asia Pacific Economic Cooperation (APEC) member countries consists of 12 pillars with a score scale of 1-7 and 1-100. To optimize the potential for economic integration in the Asia Pacific region, mapping the characteristics of APEC member countries based on the 12 pillars forming the global competitiveness index can be carried out using the principal component analysis biplot method. This study aims to describe the mapping and development of characteristics based on the global competitiveness index of APEC member countries in 2017-2019 using the principal component biplot method. The research steps are preparing matrix data, calculating the standard deviation, standardizing the matrix, calculating the correlation coefficient, checking assumptions, namely detecting sampling adequacy and Bartlett's test, calculating eigenvalues and eigenvectors, calculating principal component weights, calculating principal component scores, decomposing the  $X$  matrix using the Singular Value Decomposition (SVD) method, forming biplot graphs, calculating biplot diversity values, and interpreting the results of the principal component biplot mapping. The results of data analysis using the principal

*component biplot method show 2 groups of countries. In 2017, groups 1 and 2 had the characteristics of a high pillar of health and a low pillar of innovation capability. In 2018 and 2019, group 1 has the characteristics of a high pillar of macroeconomic stability and a low pillar of the goods and services market. Meanwhile, group 2 has the characteristics of a high pillar of macroeconomic stability and a low pillar of innovation capability. In 2019 there was no change in the characteristic map so that the characteristic map was the same as in 2018. The percentage of biplot diversity in 2017, 2018, and 2019 was 80,8%, 77,6% and 76,6% respectively.*

**Keywords:** *principal component analysis biplot, mapping, global competitiveness index, APEC.*

## PENDAHULUAN

Negara-negara di kawasan bersaing satu sama lain untuk membentuk integrasi ekonomi. Hal ini dilakukan sebagai upaya menghadapi tantangan globalisasi dan peningkatan kompetensi daya saing negara-negara di kawasan. *Asia Pasific Economic Cooperation* (APEC) sebagai forum kerjasama ekonomi di Asia Pasifik juga berupaya mencapai integrasi kawasan. Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan di kawasan Asia Pasifik dilakukan dengan memfasilitasi perdagangan dan investasi yang lebih bebas dan lebih terbuka di kawasan serta meningkatkan kerja sama untuk mengembangkan kapasitas ekonomi negara anggota APEC.

Daya saing perlu dianalisis agar dapat mengetahui penilaian terhadap posisi, kinerja, dan kemampuan masing-masing negara (Reis & Farole, 2012). Potensi pertumbuhan suatu negara dicerminkan oleh indeks daya saing global. Indeks daya saing global negara anggota APEC dibentuk oleh 12 pilar dengan skala skor 1-7 untuk data tahun 2017 dan 1-100 untuk data tahun 2018 dan 2019. Keduabelas pilar tersebut kemudian dilakukan pemetaan karakteristik untuk mengetahui informasi gambaran pemetaan dan perkembangan karakteristik di kawasan Asia Pasifik.

Beberapa penelitian tentang pemetaan telah banyak dilakukan dengan metode biplot komponen utama. Sari dan Sihombing melakukan penelitian untuk memetakan karakteristik negara ASEAN-7 berdasarkan variabel pilar pembentuk indeks daya saing global dengan metode biplot komponen utama. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terbentuk 4 kelompok negara ASEAN-7 dengan karakteristik variabel yang memiliki kemiripan. Persentase keragaman data yang dihasilkan oleh biplot komponen utama adalah sebesar 90,69% (Sari & Sihombing, 2022).

Selanjutnya, analisis biplot komponen utama pernah digunakan oleh Kristina dkk untuk memetakan provinsi di Indonesia berdasarkan variabel penggunaan obat tradisional. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terbentuk 4 kelompok 10 besar provinsi di Indonesia dengan karakteristik variabel yang memiliki kemiripan. Persentase keragaman data yang dihasilkan oleh biplot komponen utama adalah sebesar 83,29% untuk masyarakat yang memanfaatkan pelayanan kesehatan tradisional dan 73,19% untuk masyarakat yang melakukan upaya kesehatan tradisional sendiri (Kristiana dkk., 2020).

Kemudian, analisis biplot komponen utama pernah digunakan oleh Maia dkk untuk menganalisis hubungan antara variabel fisik dan kimia populasi buah *cajuzeiro* pada setiap genotip. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui kontribusi variabel pada setiap genotip guna peningkatan populasi buah *cajuzeiro*. Persentase keragaman data yang dihasilkan oleh biplot komponen utama adalah sebesar 82,94% untuk variabel fisik dan 87,19% untuk variabel kimia (Maia dkk., 2019).

Mengingat pentingnya pemetaan dan kebaikan metode biplot komponen utama maka

penulis melakukan analisis dengan metode tersebut untuk memetakan karakteristik indeks daya saing global negara anggota APEC pada tahun 2017-2019 untuk mengetahui informasi gambaran pemetaan dan perkembangan karakteristik yang dapat dijadikan referensi untuk mengoptimalkan potensi integrasi ekonomi di kawasan Asia Pasifik.

## METODE

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dari publikasi yang diterbitkan oleh *World Economic Forum*, yaitu data *Global Competitiveness Index Report* dari 20 negara anggota APEC tahun 2017-2019 yang didasarkan pada 12 pilar pembentuk indeks daya saing global antara lain institusi, infrastruktur, adopsi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), stabilitas makroekonomi, kesehatan, keterampilan, pasar barang dan jasa, pasar tenaga kerja, sistem keuangan, ukuran pasar, dinamika bisnis, dan kemampuan inovasi pada skala skor 1-7 untuk data tahun 2017 dan 1-100 untuk data tahun 2018 dan 2019 (World Economic Forum, 2017-2019). Dua puluh negara tersebut yaitu Filipina, Indonesia, Meksiko, Rusia, Thailand, Vietnam, Brunei Darussalam, Chili, Peru, Amerika Serikat, Cina, Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Australia, Hong Kong, Kanada, Malaysia, Selandia Baru, dan Singapura. Alasan pemilihan 20 negara tersebut adalah karena ketersediaan data di *Global Competitiveness Index Report 2017-2019*.

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode biplot komponen utama dimana metode ini merupakan pemetaan dua dimensi yang merepresentasikan hubungan antara objek penelitian dan variabel dalam satu plot yang diubah dengan bantuan komponen utama (John dkk., 2019). Analisis biplot komponen utama dapat digunakan untuk memetakan karakteristik indeks daya saing global negara anggota APEC karena metode ini dapat memberikan hasil yang kuat dan solusi yang mengarah langsung ke tampilan biplot (Greenacre, 2010). Metode biplot komponen utama bekerja dalam langkah- langkah sebagai berikut:

1. Menyusun matriks data **Y**

Data yang digunakan berupa objek penelitian yaitu 20 negara anggota APEC dengan variabel penelitian yaitu 12 pilar pembentuk daya saing global yang disajikan dalam matriks  $n \times p$  ( $20 \times 12$ ).

2. Menghitung standar deviasi pada masing-masing variabel

3. Menghitung matriks **A** yang merupakan standardisasi dari matriks **Y**

Standardisasi matriks data pada penelitian ini dilakukan agar setiap variabel menerima bobot yang sama dalam proses analisis biplot komponen utama. Standardisasi dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_j = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} ; i = 1, 2, \dots, 20, j = 1, 2, \dots, 12 \quad (1)$$

dengan  $x_{ij}$  = yaitu objek ke- $i$  pada variabel ke- $j$ ,  $\bar{x}_j$  = yaitu nilai rata-rata dari  $x_{ij}$ , dan  $s_j$  = yaitu nilai standar deviasi pada variabel ke- $j$ .

4. Menghitung koefisien korelasi pada matriks korelasi

Pada perhitungan koefisien korelasi, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$r_{ij} = \frac{s_{ij}}{\sqrt{s_i^2 s_j^2}} \quad (2)$$

dengan  $r_{ij}$  = yaitu koefisien korelasi antara variabel ke- $i$  dan ke- $j$  dan  $s_{ij}$  = yaitu kovarian antara variabel ke- $i$  dan ke- $j$  dengan  $i = 1, 2, \dots, 12$  dan  $j = 1, 2, \dots, 12$ .

5. Mengecek asumsi untuk analisis biplot komponen utama  
 Pengecekan asumsi pada penelitian ini diperlukan untuk memastikan bahwa data dapat dianalisis menggunakan analisis biplot komponen utama.

a. Deteksi Kecukupan *Sampling*

Nilai *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) digunakan untuk mendeteksi kecukupan pengambilan sampel data (Kaiser, 1970). Tujuan pengecekan asumsi ini adalah agar analisis biplot komponen utama menghasilkan hasil yang andal Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai KMO adalah sebagai berikut (Kaiser & Rice, 1974):

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} a_{ij}^2} \quad (3)$$

dengan  $r_{ij}$  = yaitu koefisien korelasi antara variabel ke- $i$  dan ke- $j$  dan  $a_{ij}$  = yaitu koefisien korelasi parsial antara variabel ke- $i$  dan ke- $j$  dengan  $i = 1,2, \dots, 12$  dan  $j = 1,2, \dots, 12$ . Kaiser & Rice (1974) menetapkan kriteria keputusan dalam mendeteksi kecukupan *sampling* berdasarkan nilai KMO yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Kriteria Keputusan Nilai KMO**

Nilai KMO	Interpretasi
$0,90 < KMO \leq 1,00$	Data penelitian sangat baik
$0,80 < KMO \leq 0,90$	Data penelitian baik
$0,70 < KMO \leq 0,80$	Data penelitian agak baik
$0,60 < KMO \leq 0,70$	Data penelitian lebih dari cukup
$0,50 < KMO \leq 0,60$	Data penelitian cukup
$KMO \leq 0,50$	Data penelitian tidak layak

b. Uji *Bartlett*

Uji *Bartlett* digunakan untuk menguji korelasi antar variabel dimana matriks korelasi menyimpang secara signifikan dari matriks identitas atau tidak.

Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

1) Hipotesis :

$H_0$ :  $R = I$  (tidak terdapat korelasi antar variabel)

$H_1$ :  $R \neq I$  (terdapat korelasi antar variabel)

2) Statistik Uji (Bartlett, 1950) :

$$\chi^2 = - \left( n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right) \times \log_e |\mathbf{R}| \quad \text{dimana } \log_e |\mathbf{R}| = \ln |\mathbf{R}| \quad (4)$$

dengan

$\chi^2$  = uji *Bartlett*

$n$  = jumlah observasi

$p$  = jumlah variabel

$|\mathbf{R}|$  = determinan matriks korelasi

3) Kriteria Keputusan:

$H_0$  ditolak jika  $\chi^2 > \chi_{\alpha}^2 \left( \frac{p(p-1)}{2} \right)$  dengan  $\chi_{\alpha}^2 \left( \frac{p(p-1)}{2} \right)$  merupakan nilai *chi-square* tabel

dengan derajat bebas sebesar  $\frac{p(p-1)}{2}$  pada tingkat signifikansi  $\alpha$  tertentu atau  $p\text{-value} < \alpha$ .

6. Menghitung nilai eigen dan vektor eigen  
 Berdasarkan matriks korelasi atau matriks  $\mathbf{R}$ , dapat diperoleh nilai eigen yaitu  $\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \dots, \hat{\lambda}_p$  dimana  $\hat{\lambda}_1 \geq \hat{\lambda}_2 \geq \dots \geq \hat{\lambda}_p \geq 0$  dengan menyelesaikan persamaan karakteristik sebagai berikut (Vehkalahti & Everitt, 2019):

$$|\mathbf{R} - \lambda \mathbf{I}| = 0 \quad (5)$$

7. Menentukan banyaknya komponen utama  
 Kriteria yang paling umum untuk memutuskan jumlah komponen utama yang harus dipertahankan adalah sebagai berikut:
- a. Proporsi keragaman kumulatif variabel asli yang dijelaskan oleh  $q$  komponen utama antara 70% – 90% (Vehkalahti & Everitt, 2019)
  - b. Nilai eigen dari komponen utama lebih besar dari satu (Kaiser, 1960)
  - c. *Scree plot* dari nilai eigen yaitu titik pertama pada garis lurus yang membentuk siku (Vehkalahti & Everitt, 2019)
8. Menghitung bobot komponen utama  
 Vektor koefisien pembobot komponen utama merupakan vektor eigen yang disesuaikan dengan jumlah komponen utama.
9. Menghitung skor komponen  
 Skor komponen utama objek ke- $i$  terhadap komponen utama ke- $j$  adalah sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2007):

$$\widehat{SKU}_{ij} = \hat{\alpha}'_j z_i ; i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, c \quad (6)$$

10. Menyusun matriks  $\mathbf{X}$  dari skor komponen utama sebagai inputan analisis biplot
11. Menguraikan matriks  $\mathbf{X}$  dengan metode *Singular Value Decomposition*  
 Tujuan dari SVD yaitu menguraikan suatu matriks  $\mathbf{X}$  yang merupakan matriks inputan analisis biplot dimana  $n$  adalah banyaknya pengamatan dan  $p$  adalah banyaknya variabel peubah, sehingga dapat dituliskan menjadi (Jolliffe, 2002):

$$\mathbf{X} = \mathbf{U} \mathbf{L} \mathbf{A}' \quad (7)$$

dengan:

$\mathbf{X}$  = matriks inputan analisis biplot berukuran  $n \times p$

$\mathbf{U}$  = matriks berukuran  $n \times r$  yang kolomnya disebut vektor eigen dari matriks  $\mathbf{X}\mathbf{X}'$

$\mathbf{L}$  = matriks diagonal berukuran  $r \times r$  dengan unsur diagonal berupa nilai singular matriks, yaitu akar kuadrat dari nilai eigen matriks  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$

$\mathbf{A}$  = matriks berukuran  $p \times r$  yang kolomnya disebut vektor eigen dari matriks  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$ .

12. Menghitung matriks  $\mathbf{G}$  dan  $\mathbf{H}$  dengan  $a = 0,5$   
 Pengambilan nilai  $a = 0,5$  maka  $\mathbf{G} = \mathbf{U} \mathbf{L}^{\frac{1}{2}}$  dan  $\mathbf{H}' = \mathbf{L}^{1-\frac{1}{2}} \mathbf{A}' = \mathbf{L}^{\frac{1}{2}} \mathbf{A}'$  yang dapat menunjukkan hubungan antara objek penelitian dan variabel peubah. Matriks  $\mathbf{G}$  merupakan titik-titik koordinat dari  $n$  objek penelitian sedangkan matriks  $\mathbf{H}$  merupakan titik-titik koordinat dari  $p$  variabel peubah (Purwandari & Hidayat, 2016).
13. Membentuk grafik biplot
14. Menghitung nilai keragaman yang dapat diterangkan oleh grafik biplot  
 Menurut Gabriel (1971), nilai keragaman yang dapat dijelaskan oleh grafik biplot dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho^2 = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{\sum_{k=1}^r \lambda_k} \times 100\% \quad (8)$$

dengan:

$\rho^2$  = ukuran pendekatan matriks  $\mathbf{X}$

- $r$  = rank dari matriks  $X$
- $k = 1, 2, \dots, r$
- $\lambda_1$  = nilai eigen terbesar ke-1
- $\lambda_2$  = nilai eigen terbesar ke-2
- $\lambda_k$  = nilai eigen terbesar ke- $k$

15. Interpretasi hasil pemetaan biplot komponen utama
- Informasi penting yang bisa didapatkan dari biplot adalah sebagai berikut (Mattjik & Sumertajaya, 2011):
- a. Kedekatan antar objek yang dapat menggambarkan objek yang memiliki kemiripan karakteristik dengan objek tertentu.
  - b. Keragaman variabel yang dapat menggambarkan variabel yang memiliki nilai keragaman yang hampir sama untuk setiap objek.
  - c. Korelasi antar variabel yang dapat menggambarkan bagaimana suatu variabel mempengaruhi atau dipengaruhi oleh variabel yang lain.
  - d. Nilai variabel pada suatu objek yang dapat menggambarkan keunggulan dari setiap objek.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengujian dengan analisis biplot komponen utama, terlebih dahulu dibahas tentang deskripsi data yang disajikan dalam statistik ringkasan Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

**Tabel 2. Statistika Deskriptif 12 Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global Negara Anggota APEC Tahun 2017**

Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Institusi	0,46	0,87	0,66	0,13
Infrastruktur	0,49	0,96	0,73	0,14
Adopsi TIK	0,53	0,89	0,72	0,13
Stabilitas makroekonomi	0,61	0,94	0,79	0,09
Kesehatan	0,77	0,97	0,88	0,06
Keterampilan	0,59	0,90	0,73	0,10
Pasar barang dan jasa	0,57	0,83	0,69	0,08
Pasar tenaga kerja	0,54	0,83	0,67	0,09
Sistem keuangan	0,49	0,83	0,68	0,10
Ukuran pasar	0,41	1,00	0,74	0,13
Dinamika bisnis	0,53	0,83	0,67	0,09
Kemampuan inovasi	0,40	0,83	0,60	0,12

Berdasarkan statistika deskriptif data penelitian pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa capaian skor pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2017 tertinggi yaitu pilar ukuran pasar. Sedangkan capaian skor terendah yaitu pilar kemampuan inovasi. Selain itu, terlihat bahwa rata-rata terbesar pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2017 adalah pilar kesehatan, sedangkan rata-rata terendah adalah pilar kemampuan inovasi.

**Tabel 3. Statistika Deskriptif 12 Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global Negara Anggota APEC Tahun 2018**

Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Institusi	0,48	0,82	0,64	0,11
Infrastruktur	0,59	0,96	0,78	0,11
Adopsi TIK	0,43	0,91	0,69	0,14
Stabilitas makroekonomi	0,74	1,00	0,95	0,08
Kesehatan	0,68	1,00	0,89	0,10
Keterampilan	0,54	0,86	0,71	0,09
Pasar barang dan jasa	0,52	0,81	0,64	0,09
Pasar tenaga kerja	0,54	0,82	0,67	0,08
Sistem keuangan	0,51	0,92	0,76	0,13
Ukuran pasar	0,37	1,00	0,74	0,14
Dinamika bisnis	0,54	0,87	0,70	0,08
Kemampuan inovasi	0,32	0,87	0,57	0,19

Berdasarkan statistika deskriptif data penelitian pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa capaian skor pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2018 tertinggi yaitu pilar stabilitas makroekonomi, kesehatan, dan ukuran pasar. Sedangkan capaian skor terendah yaitu pilar kemampuan inovasi. Selain itu, terlihat bahwa rata-rata terbesar pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2018 adalah pilar stabilitas makroekonomi, sedangkan rata-rata terendah adalah pilar kemampuan inovasi.

**Tabel 4. Statistika Deskriptif 12 Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global Negara Anggota APEC Tahun 2019**

Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Institusi	0,48	0,80	0,64	0,11
Infrastruktur	0,58	0,95	0,78	0,11
Adopsi TIK	0,46	0,93	0,72	0,13
Stabilitas makroekonomi	0,74	1,00	0,95	0,08
Kesehatan	0,66	1,00	0,88	0,10
Keterampilan	0,57	0,83	0,71	0,08
Pasar barang dan jasa	0,53	0,82	0,64	0,09
Pasar tenaga kerja	0,56	0,81	0,67	0,08
Sistem keuangan	0,55	0,91	0,77	0,13
Ukuran pasar	0,38	1,00	0,75	0,14
Dinamika bisnis	0,56	0,84	0,70	0,07
Kemampuan inovasi	0,33	0,84	0,58	0,17

Berdasarkan statistika deskriptif data penelitian pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa capaian skor pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2019 tertinggi yaitu pilar stabilitas makroekonomi, kesehatan, dan ukuran pasar. Sedangkan capaian skor terendah yaitu pilar kemampuan inovasi. Selain itu, terlihat bahwa rata-rata terbesar pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2018 adalah pilar stabilitas makroekonomi, sedangkan rata-rata terendah adalah pilar kemampuan inovasi.

Pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 terlihat pula bahwa standar deviasi berada di bawah rata-ratanya sehingga data kurang bervariasi. Namun, agar rentang data menjadi lebih proporsional dan setiap variabel menerima bobot yang sama, maka diperlukan standarisasi matriks data pada penelitian ini.

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan analisis biplot komponen utama dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyusun Matriks Data

Data penelitian yang digunakan dibuat dalam bentuk matriks yang didefinisikan sebagai matriks **Y**. Baris pada matriks **Y** menunjukkan objek penelitian yaitu 20 negara anggota APEC. Sedangkan kolom pada matriks **Y** menunjukkan variabel penelitian yaitu 12 pilar pembentuk indeks daya saing global. Matriks **Y** berukuran  $20 \times 12$  untuk data tahun 2017, 2018, dan 2019 adalah sebagai berikut:

$$Y_{2017} = \begin{bmatrix} 0,50 & 0,49 & \dots & 0,47 \\ 0,61 & 0,64 & \dots & 0,57 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0,87 & 0,93 & \dots & 0,76 \end{bmatrix} \quad Y_{2018} = \begin{bmatrix} 0,48 & 0,59 & \dots & 0,37 \\ 0,58 & 0,67 & \dots & 0,37 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0,81 & 0,96 & \dots & 0,75 \end{bmatrix} \quad Y_{2019} = \begin{bmatrix} 0,50 & 0,58 & \dots & 0,38 \\ 0,58 & 0,68 & \dots & 0,38 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0,80 & 0,95 & \dots & 0,75 \end{bmatrix} \quad (9)$$

2. Standardisasi Matriks

Standardisasi matriks **Y** didefinisikan sebagai matriks **Z**. Matriks **Z** untuk tahun 2017, 2018, dan 2019 adalah sebagai berikut:

$$Z_{2017} = \begin{bmatrix} -1,20 & -1,79 & \dots & -1,07 \\ -0,36 & -0,69 & \dots & -0,25 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1,63 & 1,46 & \dots & 1,29 \end{bmatrix} \quad Z_{2018} = \begin{bmatrix} -1,38 & -1,72 & \dots & -1,07 \\ -0,51 & -0,98 & \dots & -1,07 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1,49 & 1,71 & \dots & 0,97 \end{bmatrix} \quad Z_{2019} = \begin{bmatrix} -1,26 & -1,80 & \dots & -1,17 \\ -0,52 & -0,89 & \dots & -1,17 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1,51 & 1,57 & \dots & 1,01 \end{bmatrix} \quad (10)$$

3. Menghitung Koefisien Korelasi pada Matriks Korelasi

Matriks korelasi yang didefinisikan sebagai matriks **R** untuk tahun 2017, 2018, dan 2019 adalah sebagai berikut:

$$R_{2017} = \begin{bmatrix} 1 & 0,80 & \dots & 0,79 \\ 0,80 & 1 & \dots & 0,87 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0,79 & 0,87 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad R_{2018} = \begin{bmatrix} 1 & 0,77 & \dots & 0,75 \\ 0,77 & 1 & \dots & 0,86 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0,75 & 0,86 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad R_{2019} = \begin{bmatrix} 1 & 0,80 & \dots & 0,76 \\ 0,80 & 1 & \dots & 0,88 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0,76 & 0,88 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

4. Pengecekan Asumsi

a. Deteksi Kecukupan *Sampling*

Nilai KMO tahun 2017, 2018, dan 2019 adalah sebagai berikut:

$$KMO_{2017} = \frac{60,49}{60,49 + 28,94} = \frac{60,49}{89,43} = 0,68$$

$$KMO_{2018} = \frac{52,78}{52,78 + 12,90} = \frac{52,78}{65,68} = 0,80$$

$$KMO_{2019} = \frac{51,68}{51,68 + 15,00} = \frac{51,68}{66,68} = 0,78$$

Nilai KMO pada tahun 2017 yaitu 0,68. Hal ini berarti  $0,60 < KMO \leq 0,70$  sehingga data penelitian lebih dari cukup. Sedangkan pada tahun 2018 dan 2019 yaitu 0,80 dan 0,79. Hal ini berarti  $0,70 < KMO \leq 0,80$  sehingga data penelitian agak baik digunakan untuk analisis biplot komponen utama.

b. Uji *Bartlett*

Nilai  $\chi^2$  pada tahun 2017, 2018, dan 2019 adalah sebagai berikut:

$$\chi^2_{2017} = -\left(20 - 1 - \frac{2(12) + 5}{6}\right) \times (-21,88558) = 310,05$$

$$\chi^2_{2018} = -\left(20 - 1 - \frac{2(12) + 5}{6}\right) \times (-17,44098) = 247,08$$

$$\chi^2_{2019} = -\left(20 - 1 - \frac{2(12) + 5}{6}\right) \times (-18,23291) = 258,30$$



Nilai  $\chi^2$  pada tahun 2017, 2018, dan 2019 secara berturut-turut adalah  $\chi^2_{2017} = 310,05 > \chi^2_{0,05(66)} = 85,965$ ,  $\chi^2_{2018} = 247,08 > \chi^2_{0,05(66)} = 85,965$ , dan  $\chi^2_{2019} = 258,30 > \chi^2_{0,05(66)} = 85,965$ . Hal ini berarti  $H_0$  ditolak untuk ketiganya sehingga terdapat korelasi antar variabel pada data tahun 2017, 2018, dan 2019.

5. Menghitung Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Nilai eigen yang diperoleh disajikan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

**Tabel 5. Nilai Eigen Tahun 2017**

Peubah	Nilai Eigen	Proporsi (%)	Kumulatif (%)
$KU_1$	8,32	69,33	69,33
$KU_2$	1,38	11,53	80,86
⋮	⋮	⋮	⋮
$KU_{12}$	0,01	0,03	100

**Tabel 6. Nilai Eigen Tahun 2018**

Peubah	Nilai Eigen	Proporsi (%)	Kumulatif (%)
$KU_1$	7,81	65,06	65,06
$KU_2$	1,51	12,61	77,66
⋮	⋮	⋮	⋮
$KU_{12}$	0,02	0,20	100

**Tabel 7. Nilai Eigen Tahun 2019**

Peubah	Nilai Eigen	Proporsi (%)	Kumulatif (%)
$KU_1$	7,72	64,37	64,37
$KU_2$	1,47	12,22	76,58
⋮	⋮	⋮	⋮
$KU_{12}$	0,01	0,11	100

pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7, terdapat proporsi dari nilai eigen untuk melihat kontribusi setiap komponen utama. Jumlah komponen utama yang harus dipertahankan adalah  $KU_1$  dan  $KU_2$  dimana memiliki nilai eigen lebih besar dari satu. Komponen utama pada  $KU_1$  sampai  $KU_2$  mampu menjelaskan keragaman data sebesar 80,86% untuk data tahun 2017, 77,66% untuk data tahun 2018, dan 76,58% untuk data tahun 2019. Vektor eigen yang diperoleh disajikan pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

**Tabel 8. Vektor Eigen Tahun 2017**

Peubah	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$
$x_1$	0,32	-0,16	0,17	0,04	0,16	-0,34	-0,20	0,02	0,75	-0,04	0,30	0,02
$x_2$	0,32	0,06	-0,13	-0,25	-0,37	0,37	-0,14	-0,32	0,27	0,23	-0,25	-0,47
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$x_{12}$	0,32	0,25	-0,09	-0,12	-0,13	-0,37	0,03	0,55	-0,28	0,22	0,24	-0,42

**Tabel 9. Vektor Eigen Tahun 2018**

Peubah	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$
$x_1$	0,34	-0,21	0,01	-0,12	0,01	-0,01	0,08	-0,26	0,58	-0,30	-0,30	0,48
$x_2$	0,32	0,06	-0,29	0,35	-0,15	0,21	-0,13	-0,05	-0,22	-0,70	0,19	-0,16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$x_{12}$	0,32	0,23	-0,19	0,11	0,06	-0,25	0,47	0,25	-0,18	0,15	0,39	0,49

**Tabel 10. Vektor Eigen Tahun 2019**

Peubah	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$
$x_1$	0,34	-0,19	0,06	-0,07	0,04	-0,03	0,23	-0,22	0,41	-0,27	-0,29	-0,64
$x_2$	0,32	0,11	-0,33	0,07	0,02	-0,27	0,07	-0,20	-0,45	0,43	-0,51	-0,03
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$x_{12}$	0,32	0,22	-0,23	-0,11	0,19	0,30	-0,39	0,06	-0,06	0,29	0,47	-0,44

6. Menghitung Bobot Komponen Utama

Setelah vektor eigen pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10 didapatkan, diperoleh komponen baru berdasarkan jumlah komponen utama yang dipertahankan yaitu bobot komponen. Persamaan bobot komponen yang terbentuk untuk tahun 2017 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 KU_1 &= 0,32x_1 + 0,32x_2 + 0,33x_3 + 0,04x_4 + 0,29x_5 + 0,32x_6 + 0,33x_7 + 0,31x_8 \\
 &\quad + 0,28x_9 + 0,06x_{10} + 0,31x_{11} + 0,32x_{12} \\
 KU_2 &= -0,16x_1 + 0,06x_2 - 0,05x_3 - 0,43x_4 - 0,09x_5 - 0,07x_6 - 0,05x_7 - 0,14x_8 \\
 &\quad - 0,11x_9 + 0,77x_{10} + 0,27x_{11} + 0,25x_{12}
 \end{aligned} \tag{12}$$

Kemudian persamaan bobot komponen untuk tahun 2018 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 KU_1 &= 0,34x_1 + 0,32x_2 + 0,27x_3 + 0,22x_4 + 0,25x_5 + 0,33x_6 + 0,30x_7 + 0,31x_8 \\
 &\quad + 0,31x_9 + 0,08x_{10} + 0,32x_{11} + 0,32x_{12} \\
 KU_2 &= -0,21x_1 + 0,06x_2 - 0,07x_3 + 0,29x_4 - 0,25x_5 - 0,07x_6 - 0,28x_7 - 0,19x_8 \\
 &\quad + 0,13x_9 + 0,76x_{10} + 0,19x_{11} + 0,23x_{12}
 \end{aligned} \tag{13}$$

Selanjutnya persamaan bobot komponen untuk tahun 2019 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 KU_1 &= 0,34x_1 + 0,32x_2 + 0,27x_3 + 0,23x_4 + 0,25x_5 + 0,33x_6 + 0,29x_7 + 0,31x_8 \\
 &\quad + 0,32x_9 + 0,07x_{10} + 0,31x_{11} + 0,32x_{12} \\
 KU_2 &= -0,19x_1 + 0,11x_2 - 0,03x_3 + 0,28x_4 - 0,13x_5 - 0,12x_6 - 0,29x_7 - 0,26x_8 \\
 &\quad + 0,12x_9 + 0,78x_{10} + 0,14x_{11} + 0,22x_{12}
 \end{aligned} \tag{14}$$

7. Menghitung Skor Komponen Utama

Skor komponen utama dihitung berdasarkan matriks korelasi yang terbentuk. Skor komponen utama yang dihasilkan akan menjadi inputan analisis biplot yang didefinisikan sebagai matriks **X**.

**Tabel 11. Skor Komponen Tahun 2017**

Objek	$KU_1$	$KU_2$	$KU_3$	$KU_4$	$KU_5$	$KU_6$	$KU_7$	$KU_8$	$KU_9$	$KU_{10}$	$KU_{11}$	$KU_{12}$
1	-3,67	-0,26	-0,42	0,41	0,50	-0,35	0,37	0,34	-0,13	-0,39	-0,18	-0,02
2	-2,21	0,73	-0,83	0,93	-0,45	-0,42	-0,12	0,38	0,60	0,15	0,05	-0,03
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
20	4,58	-1,06	-0,09	-0,04	0,34	0,13	-0,41	0,23	-0,05	0,35	-0,14	-0,03

**Tabel 12. Skor Komponen Tahun 2018**

Objek	$KU_1$	$KU_2$	$KU_3$	$KU_4$	$KU_5$	$KU_6$	$KU_7$	$KU_8$	$KU_9$	$KU_{10}$	$KU_{11}$	$KU_{12}$
1	-3,19	0,30	0,10	-1,57	0,16	-0,01	-0,43	0,57	-0,31	0,30	0,01	0,04
2	-2,52	0,79	-0,37	-0,89	0,17	0,55	-0,39	-0,49	0,36	0,09	-0,08	0,21
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
20	3,70	-1,18	-0,65	0,23	-0,91	0,60	-0,02	0,27	-0,10	-0,16	-0,08	0,20

**Tabel 13. Skor Komponen Tahun 2019**

Objek	$KU_1$	$KU_2$	$KU_3$	$KU_4$	$KU_5$	$KU_6$	$KU_7$	$KU_8$	$KU_9$	$KU_{10}$	$KU_{11}$	$KU_{12}$
1	-3,43	-0,08	1,47	-1,09	-0,10	-0,05	-0,11	0,56	-0,16	0,05	0,20	-0,02
2	-2,82	0,68	0,82	-0,86	-0,08	-0,44	0,37	-0,67	0,21	0,04	-0,15	-0,16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20	4,16	-0,95	-0,18	0,17	-0,27	-0,75	-0,32	0,14	-0,21	-0,07	-0,07	-0,11

8. Menguraikan Matriks  $\mathbf{X}$  dengan Metode *Singular Value Decomposition*

Penguraian matriks  $\mathbf{X}$  berukuran  $n \times p$  yang berisi data skor komponen utama menjadi matriks  $\mathbf{U}$  berukuran  $n \times r$ , matriks  $\mathbf{L}$  berukuran  $r \times r$ , dan matriks  $\mathbf{A}$  berukuran  $p \times r$  dimana  $n$  adalah banyaknya pengamatan,  $p$  adalah banyaknya variabel peubah, dan  $r = 2$  sehingga dapat ditulis menjadi:

$$\mathbf{X}_{(20 \times 12)} = \mathbf{U}_{(20 \times 2)} \mathbf{L}_{(2 \times 2)} \mathbf{A}'_{(12 \times 2)} \quad (15)$$

Matriks  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{A}$  untuk tahun 2017 adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 12,17 & 0 \\ 0 & 5,36 \end{bmatrix} \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} 0,26 & 0,07 \\ 0,21 & 0,15 \\ 0,23 & 0,21 \\ \vdots & \vdots \\ -0,30 & -0,22 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 2,44 \times 10^{-15} \\ 2,44 \times 10^{-15} & -1 \\ 9,78 \times 10^{-17} & 1,67 \times 10^{-16} \\ \vdots & \vdots \\ -4,96 \times 10^{-17} & 1,67 \times 10^{-16} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Matriks  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{A}$  untuk tahun 2018 adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 12,12 & 0 \\ 0 & 5,29 \end{bmatrix} \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} 0,29 & 0,01 \\ 0,23 & -0,13 \\ 0,24 & -0,21 \\ \vdots & \vdots \\ -0,25 & 0,18 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 1,11 \times 10^{-14} \\ 1,11 \times 10^{-14} & -1 \\ -3,63 \times 10^{-17} & -7,55 \times 10^{-16} \\ \vdots & \vdots \\ -1,49 \times 10^{-16} & -2,08 \times 10^{-17} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Matriks  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{A}$  untuk tahun 2019 adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 12,12 & 0 \\ 0 & 5,29 \end{bmatrix} \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} 0,29 & 0,01 \\ 0,23 & -0,13 \\ 0,24 & -0,21 \\ \vdots & \vdots \\ -0,25 & 0,18 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 1,11 \times 10^{-14} \\ 1,11 \times 10^{-14} & -1 \\ -3,63 \times 10^{-17} & -7,55 \times 10^{-16} \\ \vdots & \vdots \\ -1,49 \times 10^{-16} & -2,08 \times 10^{-17} \end{bmatrix} \quad (18)$$

9. Matriks  $\mathbf{G}$  dan  $\mathbf{H}$

Dengan menggunakan nilai  $a = 0,5$  diperoleh matriks  $\mathbf{G} = \mathbf{U} \mathbf{L}^{\frac{1}{2}}$  dan matriks  $\mathbf{H}' = \mathbf{L}^{1-\frac{1}{2}} \mathbf{A}' = \mathbf{L}^{\frac{1}{2}} \mathbf{A}'$ . Hasil perhitungan matriks  $\mathbf{G}_{20 \times 2}$  dan  $\mathbf{H}'_{2 \times 12}$  untuk data 12 pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC pada tahun 2017 adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 0,92 & 0,15 \\ 0,73 & 0,34 \\ 0,80 & 0,49 \\ \vdots & \vdots \\ -1,06 & -0,51 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}' = \begin{bmatrix} 3,48 & 8,51 \times 10^{-15} & 3,41 \times 10^{-16} & \dots & -1,73 \times 10^{-16} \\ 5,65 \times 10^{-15} & -2,32 & 3,86 \times 10^{-16} & \dots & 3,86 \times 10^{-16} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Matriks  $\mathbf{G}_{20 \times 2}$  dan  $\mathbf{H}'_{2 \times 12}$  untuk tahun 2018 adalah sebagai berikut:

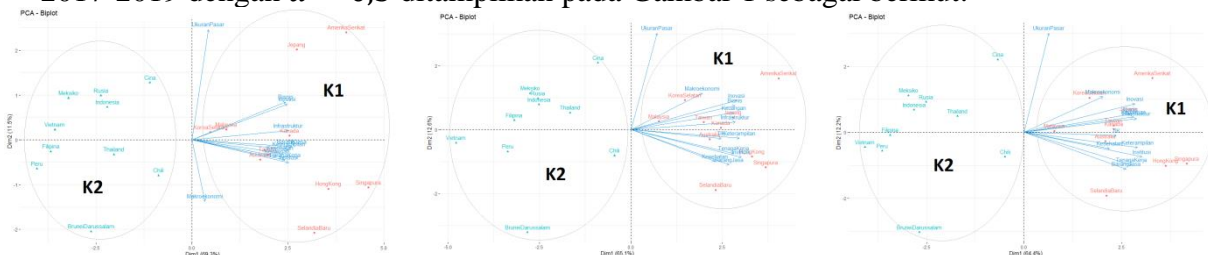
$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 0,996 & 0,03 \\ 0,81 & -0,30 \\ 0,85 & -0,48 \\ \vdots & \vdots \\ -1,20 & 0,44 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}' = \begin{bmatrix} 3,48 & 3,88 \times 10^{-14} & -1,26 \times 10^{-16} & \dots & -5,20 \times 10^{-16} \\ 2,56 \times 10^{-14} & -2,30 & -1,74 \times 10^{-15} & \dots & -4,79 \times 10^{-17} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Matriks  $\mathbf{G}_{20 \times 2}$  dan  $\mathbf{H}'_{2 \times 12}$  untuk tahun 2019 adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 0,996 & 0,03 \\ 0,81 & -0,30 \\ 0,85 & -0,48 \\ \vdots & \vdots \\ -1,20 & 0,44 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}' = \begin{bmatrix} 3,48 & 3,88 \times 10^{-14} & -1,26 \times 10^{-16} & \dots & -5,20 \times 10^{-16} \\ 2,56 \times 10^{-14} & -2,30 & -1,74 \times 10^{-15} & \dots & -4,79 \times 10^{-17} \end{bmatrix} \quad (21)$$

### 10. Grafik Biplot

Selanjutnya untuk membuat grafik biplot, digunakan matriks  $\mathbf{G}$  untuk menggambarkan posisi masing-masing negara dan matriks  $\mathbf{H}'$  untuk menggambarkan vektor variabel pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2017-2019 pada bidang dua dimensi. Grafik biplot pemetaan daya saing global negara anggota APEC tahun 2017-2019 dengan  $\alpha = 0,5$  ditampilkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



**Gambar 1. Pemetaan 12 Pilar Pembentuk Indeks Daya Saing Global Negara Anggota APEC Tahun 2017-2019**

Grafik biplot pada Gambar 1 untuk tahun 2017, 2018, dan 2019 menghasilkan persentase keragaman dari 2 komponen utama secara berturut-turut sebesar 80,8%, 77,65, dan 76,6%. Berdasarkan Gambar 1, didapatkan beberapa informasi sebagai berikut:

a. Kedekatan antar objek

Kedekatan posisi antar objek dan posisi objek terhadap arah vektor setiap variabel terlihat pada grafik biplot dimana terbagi menjadi 2 kelompok negara-negara anggota APEC tahun 2017, 2018 dan 2019, yaitu:

- 1) Kelompok 1 : Amerika Serikat, Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Australia, Hong Kong, Kanada, Malaysia, Selandia Baru, dan Singapura
- 2) Kelompok 2 : Filipina, Indonesia, Meksiko, Rusia, Thailand, Vietnam, Brunei Darussalam, Chili, Peru, dan Cina

Pada setiap kelompok terdapat masing-masing karakteristik berdasarkan variabel pembentuk daya saing global. Nilai karakteristik yang diperoleh untuk tahun 2017, 2018, dan 2019 disajikan dalam Tabel 14, Tabel 15, dan Tabel 16.

**Tabel 14. Karakteristik Setiap Kelompok Tahun 2017**

Variabel	Kelompok	
	1	2
Institusi	0,76	0,55
Infrastruktur	0,85	0,62
Adopsi TIK	0,83	0,61
Stabilitas makroekonomi	0,80	0,78
Kesehatan	0,93	0,83
Keterampilan	0,81	0,66
Pasar barang dan jasa	0,76	0,62
Pasar tenaga kerja	0,73	0,60
Sistem keuangan	0,75	0,60
Ukuran pasar	0,76	0,73
Dinamika bisnis	0,74	0,59
Kemampuan inovasi	0,71	0,50

**Tabel 15. Karakteristik Setiap Kelompok Tahun 2018**

Variabel	Kelompok	
	1	2
Institusi	0,74	0,54
Infrastruktur	0,86	0,69
Adopsi TIK	0,79	0,59
Stabilitas makroekonomi	0,99	0,90
Kesehatan	0,95	0,82
Keterampilan	0,78	0,63
Pasar barang dan jasa	0,70	0,58
Pasar tenaga kerja	0,73	0,60
Sistem keuangan	0,86	0,66
Ukuran pasar	0,76	0,73
Dinamika bisnis	0,76	0,63
Kemampuan inovasi	0,72	0,41

**Tabel 16. Karakteristik Setiap Kelompok Tahun 2019**

Variabel	Kelompok	
	1	2
Institusi	0,73	0,54
Infrastruktur	0,86	0,69
Adopsi TIK	0,81	0,63
Stabilitas makroekonomi	0,99	0,91
Kesehatan	0,94	0,81
Keterampilan	0,78	0,63
Pasar barang dan jasa	0,70	0,58
Pasar tenaga kerja	0,73	0,61
Sistem keuangan	0,87	0,67
Ukuran pasar	0,76	0,73
Dinamika bisnis	0,76	0,64
Kemampuan inovasi	0,72	0,44

Berdasarkan Tabel 14, Tabel 15, dan Tabel 16, terlihat bahwa negara-negara anggota APEC yang termasuk dalam kelompok 1 secara rata-rata memiliki nilai unggul di semua indeks pembentuk daya saing global. Hasil karakteristik tahun 2017 menunjukkan bahwa negara-negara yang termasuk pada kelompok 1 dan 2 sama-sama memiliki keunggulan pada pilar kesehatan dengan nilai karakteristik tertinggi dan memiliki kekurangan pada pilar kemampuan inovasi dengan nilai karakteristik terendah. Kemudian hasil karakteristik tahun 2018 dan 2019 menunjukkan bahwa negara-negara yang termasuk pada kelompok 1 dan 2 sama-sama memiliki keunggulan pada pilar stabilitas makroekonomi dengan nilai karakteristik tertinggi. Pada kelompok 1, pilar pasar barang jasa memiliki nilai karakteristik terendah. Sedangkan pada kelompok 2, nilai karakteristik terendah yaitu pilar kemampuan inovasi.

b. Kedekatan antar objek

Keragaman variabel pada data 12 pilar pembentuk indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2017-2019 tergambar dalam grafik biplot melalui panjang vektor yang disajikan pada Tabel 17.

**Tabel 17. Panjang Vektor Peubah Tahun 2017-2019**

Variabel Peubah	Panjang Vektor		
	2017	2018	2019
$x_1$ Institusi	0,948125	0,974593	0,977104
$x_2$ Infrastruktur	0,930121	0,884334	0,909447
$x_3$ Adopsi teknologi informasi dan komunikasi	0,959912	0,772571	0,742541
$x_4$ Stabilitas makroekonomi	0,51699	0,693071	0,716194
$x_5$ Kesehatan	0,85963	0,772207	0,712035
$x_6$ Keterampilan	0,935282	0,920396	0,922772
$x_7$ Pasar barang dan jasa	0,964085	0,900119	0,891973
$x_8$ Pasar tenaga kerja	0,902076	0,906309	0,916721
$x_9$ Sistem keuangan	0,823098	0,888322	0,889822
$x_{10}$ Ukuran pasar	0,927959	0,960477	0,965197
$x_{11}$ Dinamika bisnis	0,957543	0,911884	0,875929
$x_{12}$ Kemampuan inovasi	0,962642	0,93905	0,930776

Berdasarkan Tabel 17 untuk tahun 2017, variabel pasar barang dan jasa ( $x_7$ ) memiliki garis vektor yang paling panjang yang mana memiliki arti bahwa variabel pasar barang dan jasa merupakan faktor penting dalam pembentukan indeks daya saing global dimana memiliki keragaman yang paling besar. Sedangkan variabel stabilitas makroekonomi ( $x_4$ ) memiliki garis vektor yang paling pendek yang berarti memiliki keragaman yang paling kecil. Pada tahun 2018, variabel institusi ( $x_1$ ) memiliki garis vektor yang paling panjang yang mana memiliki arti bahwa variabel institusi merupakan faktor penting dalam pembentukan indeks daya saing global dimana memiliki keragaman yang paling besar. Sedangkan variabel stabilitas makroekonomi ( $x_4$ ) memiliki garis vektor yang paling pendek yang berarti memiliki keragaman yang paling kecil. Pada tahun 2019, variabel institusi ( $x_1$ ) memiliki garis vektor yang paling panjang yang mana memiliki arti bahwa variabel institusi merupakan faktor penting dalam pembentukan indeks daya saing global dimana memiliki keragaman yang paling besar. Sedangkan variabel kesehatan ( $x_5$ ) memiliki garis vektor yang paling pendek yang berarti memiliki keragaman yang paling kecil.

c. Korelasi antar variabel

Korelasi antar variabel tergambar dalam grafik biplot melalui besar sudut antara dua vektor variabel. Untuk tahun 2017, sudut antara variabel ukuran pasar dengan variabel institusi, stabilitas makroekonomi, dan pasar tenaga kerja memiliki korelasi negatif yang membentuk sudut  $> 90^\circ$ . Untuk tahun 2018 dan 2019, sudut antara variabel ukuran pasar dengan variabel institusi, kesehatan, pasar barang dan jasa, dan pasar tenaga kerja memiliki korelasi negatif yang membentuk sudut  $> 90^\circ$ . Sedangkan variabel lainnya memiliki sudut yang berhimpitan dan nilai korelasi positif yang membentuk sudut  $< 90^\circ$ .

d. Nilai variabel pada suatu objek

Objek-objek yang terletak pada kelompok 1 sebagian besar searah dengan vektor variabel sehingga mempunyai nilai di atas rata-rata. Sedangkan objek-objek yang terletak pada kelompok 2 sebagian besar berlawanan dengan vektor variabel sehingga mempunyai nilai di bawah rata-rata.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa negara Cina berdasarkan posisinya berada pada kelompok 2. Komponen daya saing global negara Cina yang paling terlihat adalah pilar ukuran pasarnya. Diukur dari segi daya beli, negara Cina menghasilkan barang dan jasa senilai sekitar \$21 triliun pada tahun 2018, hampir \$3 triliun lebih banyak dari negara Amerika Serikat dan \$16 triliun lebih banyak dari negara Jepang (World Economic Forum, 2018). Meskipun hubungan antara ukuran pasar dan produktivitas bersifat multifaset, permintaan akan barang-barang Cina telah menjadi inti kisah sukses ekonomi Cina. Disisi lain, menurut Center for Strategic and International Studies (2023), Cina masih menghadapi sejumlah masalah terkait kemiskinan. Puluhan juta orang Cina masih jatuh di bawah garis kemiskinan yang ditetapkan oleh pemerintah Cina, yang didefinisikan hidup dengan kurang dari 3000 yuan (\$453 pada 2018) per tahun. Insiden kemiskinan yang tinggi mengurangi prospek ekonomi suatu negara dengan mengurangi produktivitas tenaga kerja sehingga Cina masuk ke dalam kelompok 2 dalam pemetaan daya saing global negara anggota APEC tahun 2017-2019.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa negara Filipina, Indonesia, dan Thailand berada pada kelompok yang sama. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari & Sihombing (2022) yang membahas tentang pemetaan daya saing global negara kawasan ASEAN dimana negara-negara tersebut berada pada kelompok yang sama pula.

Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen utama pertama ( $KU_1$ )

didominasi oleh pilar institusi dan komponen utama kedua ( $KU_2$ ) didominasi oleh pilar ukuran pasar. Kedua pilar ini memiliki peran penting dalam pembentukan indeks daya saing global negara anggota APEC tahun 2018 dan 2019. Hasil penelitian ini sejalan oleh penelitian yang dilakukan oleh Adamkiewicz (2019) yang menyebutkan bahwa komponen utama pertama ( $KU_1$ ) didominasi oleh pilar institusi serta penelitian lain yang dilakukan oleh Hasan & Yan-chun (2020) yang menyebutkan bahwa komponen utama kedua ( $KU_2$ ) didominasi oleh pilar ukuran pasar.

Hasil penelitian menunjukkan pula bahwa pilar ukuran pasar dengan pilar institusi, stabilitas makroekonomi, dan pasar tenaga kerja memiliki korelasi negatif untuk tahun 2017. Kemudian pilar ukuran pasar dengan pilar institusi, kesehatan, pasar barang dan jasa, dan pasar tenaga kerja memiliki korelasi negatif untuk tahun 2018 dan 2019. Sedangkan pilar institusi dengan pilar pasar barang dan jasa, pilar dinamika bisnis dengan pilar kemampuan inovasi, serta pilar lainnya memiliki korelasi positif. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Doukovska dkk. (2019) yang menyebutkan bahwa pilar institusi dengan pilar pasar barang dan jasa memiliki korelasi positif serta pilar dinamika bisnis dengan pilar kemampuan inovasi memiliki korelasi positif pula. Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat hubungan yang searah antar variabel tersebut.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa terbentuk 2 kelompok negara-negara anggota APEC pada tahun 2017, 2018, dan 2019 dari pemetaan karakteristik berdasarkan indeks daya saing global. Kelompok 1 terdiri dari negara Amerika Serikat, Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Australia, Hong Kong, Kanada, Malaysia, Selandia Baru, dan Singapura. Sedangkan kelompok 2 terdiri dari negara Filipina, Indonesia, Meksiko, Rusia, Thailand, Vietnam, Brunei Darussalam, Chili, Peru, dan Cina. Negara-negara anggota APEC yang termasuk dalam kelompok 1 secara rata-rata memiliki nilai unggul di semua pilar pembentuk indeks daya saing global. Hasil karakteristik tahun 2017 menunjukkan bahwa negara-negara yang termasuk pada kelompok 1 dan 2 sama-sama memiliki keunggulan pada pilar kesehatan dengan nilai karakteristik tertinggi dan memiliki kekurangan pada pilar kemampuan inovasi dengan nilai karakteristik terendah. Kemudian hasil karakteristik tahun 2018 dan 2019 menunjukkan bahwa negara-negara yang termasuk pada kelompok 1 dan 2 sama-sama memiliki keunggulan pada pilar stabilitas makroekonomi dengan nilai karakteristik tertinggi. Pada kelompok 1, pilar pasar barang jasa memiliki nilai karakteristik terendah. Sedangkan pada kelompok 2, nilai karakteristik terendah yaitu pilar kemampuan inovasi. Pada tahun 2019 tidak terjadi perubahan peta karakteristik sehingga peta karakteristik sama dengan tahun 2018. Kemudian persentase keragaman biplot yang dihasilkan dari 2 komponen utama pada tahun 2017, 2018, dan 2019 secara berturut-turut sebesar 80,8%, 77,6%, dan 76,6%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamkiewicz, H. G. (2019). The dimensions of national competitiveness: The empirical analysis based on the world economic forum's data. *Economics and Business Review*, 5(3), 92–117. <https://doi.org/10.18559/ebr.2019.3.6>
- Bartlett, M. S. (1950). Tests of significance in factor analysis. *British Journal of Statistical Psychology*, 3(2), 77–85. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1950.tb00285.x>
- Center for Strategic and International Studies. (2023). *How competitive is China's economy on the global stage?* <https://chinapower.csis.org/>
- Doukovska, L., Atanassova, V., & Sotirova, E. (2019). European union member states' performance in the 2018 global competitiveness index 4.0 through the prism of

- intercriteria analysis. *Proceedings of the 4th International Conference on Numerical and Symbolic Computation Developments and Applications*.
- Gabriel, K. R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3), 453–467. <https://doi.org/10.1093/biomet/58.3.453>
- Greenacre, M. (2010). *Biplots in practice*. Bilbao: BBVA Foundation.
- Hasan, M. K. & Yan-chun, C. (2020). Empirical study on the comparison of regional competitiveness of asian countries in perspective of global competitiveness index. *North American Academic Research*. 3(07), 33–56. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3930242>
- John, C., Omekara, C. O., & Okwara, G. (2019). The principal component analysis biplot predictions versus the ordinary least squares regression predictions : The anthropometric case study. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 3(4), 1–10. <https://doi.org/10.9734/AJPAS/2019/v3i430098>
- Johnson, R. & Wichern, D. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (6th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal components analysis*. New York: Springer-Verlag.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Kaiser, H. F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika*, 35(4), 401–415. <https://doi.org/10.1007/BF02291817>
- Kaiser, H. F. & Rice, J. (1974). Little jiffy, mark iv. *Educational and Psychological Measurement*, 34(1), 111–117. <https://doi.org/10.1177/001316447403400115>
- Kristiana, L., Andarwati, P., Paramita, A., Maryani, H., & Izza, N. (2020). Posisi relatif provinsi di Indonesia berdasarkan penggunaan pengobatan tradisional: Analisis komponen utama biplot. *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, 23(3). <https://doi.org/10.22435/hsr.v23i3.3244>
- Maia, M. C. C., Almeida, A. S., Araujo, L. B., Dias, C. T. S., Oliveira, L. C., Yokomizo, G. K. I., Rosado, R. D. S., Cruz, C. D., Vasconcelos, L. F. L., Lima, P. S. C., & Macedo, L. M. (2019). Principal component and biplot analysis in the agro-industrial characteristics of anacardium spp. *European Scientific Journal ESJ*, 15(30), 21–31. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p21>
- Mattjik, A. A. & Sumertajaya, I. M. (2011). *Sidik peubah ganda dengan menggunakan SAS* (1st ed.). Bogor: IPB Press.
- Purwandari, T. & Hidayat, Y. (2016). Penerapan principal component analysis biplot untuk memetakan provinsi di Indonesia berdasarkan sarana pelayanan kesehatan. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016*, 1(1), 27–28.
- Reis, J. G. & Farole, T. (2012). *Trade competitiveness diagnostic toolkit*. Washington: The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8937-9>
- Sari, L. & Sihombing, P. R. (2022). Principal component analysis biplot global competitiveness index ASEAN countries. *Jurnal Litbang Edusaintech*, 3(1), 25–32.
- Vehkalahti, K. & Everitt, B. S. (2019). *Multivariate analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Florida: CRC Press.
- World Economic Forum. (2017). *The global competitiveness report 2017*.
- World Economic Forum. (2018). *The global competitiveness report 2018*.
- World Economic Forum. (2019). *The global competitiveness report 2019*.