

Variabilitas Multivariat dan Dependensi antar Variabel Penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia

Wilda Riani Hafsa Daulay*, Suliadi

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*wrhdaulay@gmail.com, suliadi@gmail.com

Abstract. The commonly used multivariate data description measures are Generalized Variance (GV) and correlation coefficient, of that describe the variability and strength of relationship among the variables. However, Generalized Variance is not able to detect changes in the covariance matrix, which shows an increase in variability in some aspects while showing a decrease in variability in other aspects, Meanwhile correlation coefficient can not be used to compare the dependency structure between data sets in data sets with different dimension. In this paper, we will discuss how to apply a good measure of multivariate variability and linear relationships between variables according to Pena & Rodriguez (2003), namely *Effective variance* and *effective dependence*. Data used is composing variables of Human Development Index in Indonesia in 2014, 2019 and 2021. It is found that the distribution of variables composing Human Development Index in Indonesia from 2014 to 2019 decreases, so does from 2019 to 2021. Meanwhile, the *effective dependence* among those variables are weak for all considered years.

Keywords: *Indeks Pembangunan Manusia, multivariat, Effective variance, Effective dependence.*

Abstrak. Ukuran deskripsi data multivariat yang biasa digunakan adalah Generalized Variance (GV) dan koefisien korelasi, yang masing-masing menggambarkan variabilitas dan kekuatan hubungan antar variabel. Akan tetapi Generalized Variance tidak mampu mendeteksi perubahan pada matriks kovarians, yang menunjukkan peningkatan variabilitas dalam beberapa aspek sementara menunjukkan penurunan variabilitas pada aspek lainnya. Sedangkan koefisien korelasi tidak tepat digunakan untuk membandingkan struktur ketergantungan antar kumpulan data pada data set dengan dimensi yang berbeda. Dalam sesi ini akan dibahas bagaimana penerapan ukuran variabilitas multivariat dan hubungan linier antar variabel yang baik menurut Pena & Rodriguez (2003), yaitu *Effective variance* dan *effective dependence*. Data yang digunakan adalah data variabel penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia tahun 2014, 2019 dan tahun 2021. Diperoleh bahwa sebaran variabel penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia dari tahun 2014 ke tahun 2019 menurun, demikian juga dari tahun 2019 ke tahun 2021. Sedangkan *effective dependence* di antara variabel-variabel untuk tahun-tahun tersebut adalah lemah.

Kata Kunci: *Indeks Pembangunan Manusia, multivariat, Effective variance, Effective dependence.*

A. Pendahuluan

Analisis deskriptif adalah statistik ringkasan yang secara kuantitatif menggambarkan atau meringkas karakteristik dari suatu sampel yang dianggap dapat mewakili populasi. Data multivariat merupakan data yang memiliki lebih dari dua variabel di dalam pemodelannya. Beberapa ukuran deskripsi data multivariat adalah Generalized Variance (GV) dan koefisien korelasi, yang masing-masing menggambarkan variabilitas dan kekuatan hubungan antar variabel. Akan tetapi Generalized Variance tidak mampu mendeteksi perubahan pada matriks kovarians, yang menunjukkan peningkatan variabilitas dalam beberapa aspek sementara menunjukkan penurunan variabilitas pada aspek lainnya, dan koefisien korelasi tidak tepat digunakan untuk membandingkan struktur ketergantungan antar kumpulan data pada data set dengan dimensi yang lebih tinggi. Oleh karena itu diperlukan alat ukur yang mampu menggambarkan variabilitas data multivariat dan hubungan antar variabel dengan lebih baik.

Pena & Rodriguez (2003) mengusulkan dua ukuran deskriptif multivariat yaitu: *Effective variance dan effective dependence*. Ukuran-ukuran ini dapat digunakan pada data set dengan variabel yang lebih banyak dan memenuhi sifat-sifat tertentu, sesuai dengan yang ditetapkan oleh Pena & Rodriguez pada tahun 2003 mengenai ukuran variabilitas multivariat dan hubungan linier antar variabel yang baik.

Indeks Pembangunan Manusia adalah ukuran pembangunan manusia. Ini menunjukkan bagaimana kualitas hidup orang yang tinggal di suatu tempat telah meningkat dari waktu ke waktu. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) juga digunakan untuk memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana kinerja pemerintah, dan status pembangunan. IPM pertama kali dibuat oleh UNDP pada tahun 1990 sebagai indikator pembangunan manusia. Kualitas hidup manusia biasanya digambarkan menggunakan tiga dimensi yang tidak berubah hingga saat ini. Dimensi tersebut adalah panjang umur dan kesehatan, pengetahuan, serta taraf hidup yang layak (Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik BPS, 2021).

Skripsi ini akan membahas bagaimana penerapan kedua ukuran tersebut pada variabel-variabel penyusun Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia, yaitu Umur Harapan Hidup saat lahir (UHH), Harapan Lama Sekolah (HLS), Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan pengeluaran riil perkapita setiap daerah pada tahun 2014, 2019, dan tahun 2021. Dengan pertimbangan bahwa tahun 2014 dan tahun 2019 adalah masa akhir jabatan presiden dan tahun 2021 adalah tahun terakhir ketersediaan data.

B. Metodologi Penelitian

Variabilitas Multivariat

Misalkan diberikan dua vektor \mathbf{X} dan \mathbf{Y} dengan matriks kovarians masing-masing Σ_X dan Σ_Y . Pena & Rodriguez (2003) mendefinisikan variabilitas linier tambahan ke dalam vektor $\mathbf{Z} = [\mathbf{X} \ \mathbf{Y}]$ dan $V(\mathbf{X})$ adalah suatu fungsi. Sehingga diperoleh persamaan berikut,

$$\Sigma_{Y|X} = \Sigma_Y - \Sigma_{YX} \Sigma_X^{-1} \Sigma_{XY} \quad (1)$$

Menurut Pena & Rodriguez (2003) ukuran skalar yang baik bagi variabilitas multivariat $V(\mathbf{X})$ harus memenuhi sifat-sifat berikut:

1. $V(\mathbf{X}) = g(\Sigma_X)$, artinya ukuran variabilitas hanya bergantung pada matriks kovarians.
2. Jika X adalah skalar maka $V(X) = var(X)$
3. Jika $\mathbf{Y} = \mathbf{QX}$ dimana \mathbf{Q} adalah sebuah matriks ortogonal, maka $V(\mathbf{Y}) = V(\mathbf{X})$
4. Jika $\mathbf{Y} = \mathbf{BX} + \mathbf{C}$ dimana \mathbf{B} adalah matriks diagonal nonsingular dan \mathbf{C} adalah vektor skalar, maka $V(\mathbf{Y}) = f(\mathbf{B})V(\mathbf{X})$.
5. $V(\mathbf{X}) = 0$ jika dan hanya jika $|\Sigma_X| = 0$.
6. Misalkan $\mathbf{Z} = [\mathbf{X} \ \mathbf{Y}]$ merupakan vektor acak berdimensi $p + q$ dimana \mathbf{X} dan \mathbf{Y} adalah variabel acak yang masing-masing berdimensi p dan q . Pena & Rodriguez (2003) mendefinisikan variabilitas tambahan yang diperkenalkan oleh \mathbf{Y} , berdasarkan variabel \mathbf{X} , diperoleh $V(\mathbf{Y} : \mathbf{X}) = g(\Sigma_{Y|X})$, dimana $\Sigma_{Y|X}$ diperoleh dari persamaan (1). Kemudian $V(\mathbf{Z}) \geq V(\mathbf{X})$ jika dan hanya jika $V(\mathbf{Y} : \mathbf{X}) \geq V(\mathbf{X})$ dan $V(\mathbf{Z}) \leq V(\mathbf{X})$ jika dan hanya jika $V(\mathbf{Y} : \mathbf{X}) \leq V(\mathbf{X})$.

Dua ukuran yang sering digunakan untuk mendeskripsikan variabilitas data multivariat adalah total variance, didefinisikan sebagai: $TV = tr(\Sigma_X)$ dan generalized variance didefinisikan sebagai: $GV = |\Sigma_X|$. Namun berdasarkan pernyataan Pena & Rodriguez pada tahun 2003 bahwa kedua ukuran ini tidak memenuhi sifat-sifat di atas, di mana total variance hanya dapat memenuhi sifat (a)-(c) dan generalized variance hanya dapat memenuhi sifat (a)-(e). Pena & Rodriguez (2003) mengatakan bahwa ukuran ini juga tidak dapat membandingkan variabilitas dalam himpunan dimensi yang berbeda karena berdasarkan $|\Sigma_p| = |\Sigma_{p-1}| \sigma_p^2 (1 - R_{p,1 \dots p-1}^2)$, ukuran ini tidak dapat meningkatkan determinan dengan menambahkan variabel baru. Oleh karena itu, Pena & Rodriguez (2003) mengusulkan alternatif lain yaitu dengan menggunakan variabilitas rata-rata yang disebut sebagai *Effective variance* didefinisikan sebagai berikut:

$$Ve(\mathbf{X}) = |\Sigma_X|^{1/p} \quad (2)$$

Sehingga standar deviasi efektif diperoleh sebagai berikut:

$$SDe(\mathbf{X}) = \{Ve(\mathbf{X})\}^{1/2} = |\Sigma_X|^{1/(2p)} \quad (3)$$

Effective variance (2) memenuhi sifat (a)-(f).

Multivariate Linier Dependence

Pena & Rodriguez (2003) menetapkan sifat-sifat yang harus dimiliki oleh linier dependence $D(\mathbf{X})$ dari variabel acak X ketika dimensi variabel berubah. Misalkan kita memperbesar dimensinya dengan menambahkan satu set variabel acak baru Y , dengan membentuk vektor baru $Z = [X \ Y]$. Maka perubahan linier dependence bergantung pada (i) matriks korelasi dari variabel Y dan (ii) korelasi antara X dan Y yang diukur dengan matriks korelasi silang R_{XY} . Korelasi tambahan oleh variabel Y dapat diukur sebagai berikut,

$$R_{Y|X} = R_Y (\mathbf{I} - R_Y^{-1} R_{YX} R_X^{-1} R_{XY}) \quad (4)$$

Pena & Rodriguez (2003) menetapkan bahwa ukuran linier dependence $D(X)$ yang baik harus memenuhi sifat-sifat berikut:

1. $D(\mathbf{X}) = g(R_X)$, artinya ukuran dependensi hanya bergantung pada matriks korelasi.
2. Jika X adalah skalar maka $D(\mathbf{X}) = 0$
3. Jika $\mathbf{Y} = \mathbf{QX}$, dimana \mathbf{Q} adalah sebuah matriks ortogonal, maka $D(\mathbf{Y}) = D(\mathbf{X})$
4. Jika $\mathbf{Y} = \mathbf{BX} + \mathbf{C}$, dimana \mathbf{B} adalah matriks diagonal nonsingular dan \mathbf{C} adalah vektor skalar, maka $D(\mathbf{Y}) = D(\mathbf{X})$
5. $0 < D(\mathbf{X}) < 1$, $D(\mathbf{X}) = 1$ jika dan hanya jika kita dapat menemukan vektor $\mathbf{a} \neq 0$ dan \mathbf{b} sedemikian sehingga $\mathbf{a}^t \mathbf{X} + \mathbf{b} = 0$, dan $D(\mathbf{X}) = 0$ jika dan hanya jika Σ_X adalah diagonal.
6. Misalkan $\mathbf{Z} = [\mathbf{X} \ \mathbf{Y}]$ merupakan vektor acak berdimensi $p + q$ dimana \mathbf{X} dan \mathbf{Y} masing-masing adalah variabel acak yang berdimensi p dan q . Pena & Rodriguez (2003) mendefinisikan linier dependence tambahan yang diperkenalkan oleh Y diberikan oleh $D(\mathbf{Y} : \mathbf{X}) = g(R_{Y|X})$, dimana $R_{Y|X}$ diperoleh dari (4). Sehingga $D(\mathbf{Z}) \geq D(\mathbf{X})$ jika dan hanya jika $D(\mathbf{Y} : \mathbf{X}) \geq D(\mathbf{X})$ dan $D(\mathbf{Z}) \leq D(\mathbf{X})$ jika dan hanya jika $D(\mathbf{Y} : \mathbf{X}) \leq D(\mathbf{X})$.

Ukuran hubungan linier yang umum digunakan adalah koefisien korelasi, seperti dalam kasus bivariat adalah ρ^2 , yang merupakan kuadrat dari koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah ukuran hubungan linier yang paling banyak digunakan untuk saat ini, ukuran ini merupakan indeks tak berdimensi yang invarian terhadap transformasi linier salah satu variabel (Nicewander & Rodgers, 1988). Akan tetapi ukuran ini tidak dapat digunakan untuk kasus pada data set dengan variabel yang lebih banyak karena tidak dapat memenuhi sifat (f).

Dalam kasus multivariat, ukuran yang mungkin dan lebih umum adalah $1 - |\mathbf{R}_x|$, dimana \mathbf{R}_x adalah matriks korelasi. Matriks korelasi memainkan peran penting dalam analisis multivariat karena dengan sendirinya ia menangkap derajat hubungan berpasangan antara komponen yang berbeda dari variabel acak (Choulakian & Pham-Gia, 2014). Ukuran ini memenuhi sifat (a)-(e), namun tetap saja tidak tepat jika digunakan untuk membandingkan struktur hubungan linier antara kumpulan data dengan jumlah variabel yang lebih banyak karena tidak dapat memenuhi sifat (f). Ukuran alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan menganalogikan *Effective variance*. Pena & Rodriguez (2003) mengusulkan ukuran alternatif lain yaitu dengan menganalogikan varians efektif yang disebut sebagai *effective dependence* yang didefinisikan sebagai:

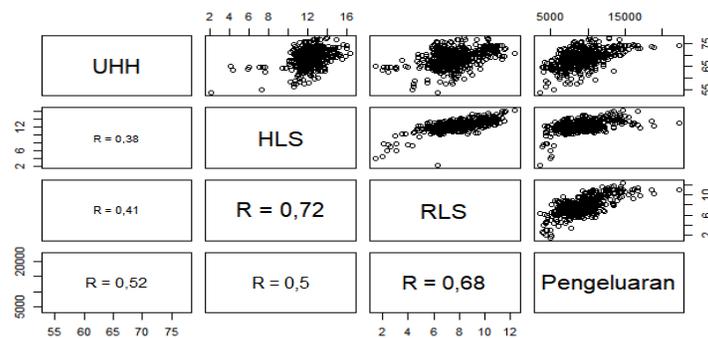
$$De(\mathbf{X}) = 1 - |\mathbf{R}_x|^{1/p} \quad (5)$$

Ukuran di atas (5) memenuhi sifat (a)-(f).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam pembahasan ini akan dipaparkan hasil pengukuran variabilitas *Effective variance* dan hubungan linier *effective dependence* yang diterapkan pada data Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia pada tahun 2014, 2019 dan tahun 2021. Dimana terlebih dahulu kita harus membuat matrik plot antar variabel penyusun Indeks Pembangunan Manusia, kemudian menghitung matriks kovarian dan matriks korelasi dari data, dilanjutkan dengan menghitung *Effective variance* dengan menggunakan persamaan (2) dan menghitung *effective dependence* dengan menggunakan persamaan (5).

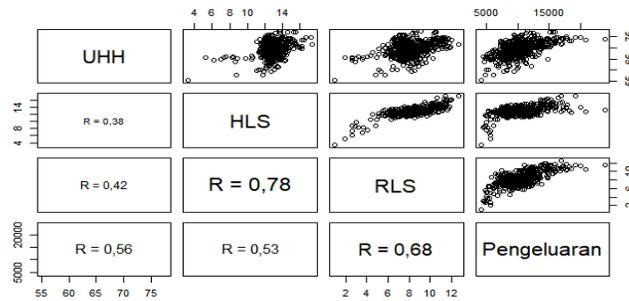
Berikut adalah matrik plot penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia tahun 2014.



Gambar 1. Hubungan Antar Variabel Penyusun IPM tahun 2014

Dari Gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa sebaran data antara variabel UHH dengan HLS cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,38 artinya hubungan keduanya cenderung melemah. Sebaran data antara variabel UHH dengan RLS cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,41 artinya hubungan keduanya cenderung melemah. Sebaran data antara variabel UHH dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,52 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel HLS dengan RLS hampir mengikuti garis lurus cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,72 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel HLS dengan Pengeluaran cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,5 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel RLS dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,68 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat.

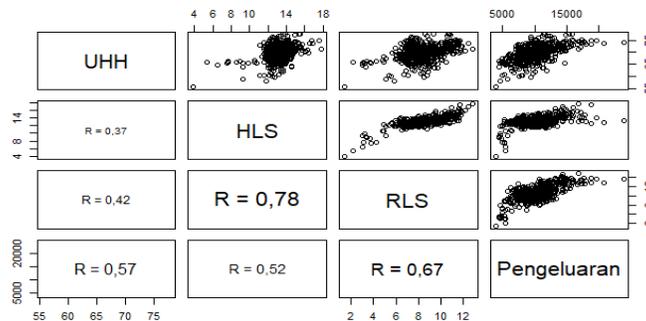
Berikut adalah matrik plot penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia tahun 2019.



Gambar 2. Hubungan Antar Variabel Penyusun IPM tahun 2019

Dari Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa sebaran data antara variabel UHH dengan HLS cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,38 artinya hubungan keduanya cenderung melemah. Sebaran data antara variabel UHH dengan RLS cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,42 artinya hubungan keduanya cenderung melemah. Sebaran data antara variabel UHH dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,56 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel HLS dengan RLS hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,78 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel HLS dengan Pengeluaran cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,53 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel RLS dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,68 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat.

Berikut adalah matrik plot penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia tahun 2021.



Gambar 3. Hubungan Antar Variabel Penyusun IPM tahun 2021

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa sebaran data antara variabel UHH dengan HLS cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,37 artinya hubungan keduanya cenderung melemah. Sebaran data antara variabel UHH dengan RLS cenderung berkumpul di suatu area dengan nilai r sebesar 0,42 artinya hubungan keduanya cenderung melemah. Sebaran data antara variabel UHH dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,57 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel HLS dengan RLS hampir mengikuti garis

lurus dan dapat dikatakan linier dengan nilai r sebesar 0,78 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel HLS dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,52 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat. Sebaran data antara variabel RLS dengan Pengeluaran hampir mengikuti garis lurus walaupun cenderung berkumpul di suatu area, dengan nilai r sebesar 0,67 artinya hubungan keduanya cenderung semakin kuat.

Menghitung Matriks Kovarian

Matriks kovarian dengan menggunakan data IPM tahun 2014

$$S = \begin{bmatrix} 14,004 & 2,029 & 2,733 & 4945,7 \\ 2,029 & 2,089 & 1,846 & 1827,1 \\ 2,733 & 1,846 & 2,867 & 2934,0 \\ 4945,741 & 1827,063 & 2934,018 & 6387077,2 \end{bmatrix}$$

Matriks kovarian dengan menggunakan data IPM tahun 2019

$$S = \begin{bmatrix} 12,172 & 1,796 & 2,407 & 5345,7 \\ 1,796 & 1,804 & 1,737 & 1945,9 \\ 2,407 & 1,737 & 2,725 & 3033,6 \\ 5345,732 & 1945,903 & 3033,566 & 7366479,4 \end{bmatrix}$$

Matriks kovarian dengan menggunakan data IPM tahun 2021

$$S = \begin{bmatrix} 11,885 & 1,690 & 2,340 & 5309,443 \\ 1,690 & 1,743 & 1,674 & 1880,919 \\ 2,340 & 1,674 & 2,660 & 2963,818 \\ 5309,443 & 1880,919 & 2963,818 & 7382872,526 \end{bmatrix}$$

Menghitung Matriks Korelasi

Matriks korelasi dengan menggunakan data IPM tahun 2014

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,375 & 0,431 & 0,523 \\ 0,375 & 1 & 0,754 & 0,500 \\ 0,431 & 0,754 & 1 & 0,686 \\ 0,523 & 0,500 & 0,686 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriks korelasi dengan menggunakan data IPM tahun 2019

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,383 & 0,418 & 0,565 \\ 0,383 & 1 & 0,784 & 0,534 \\ 0,418 & 0,784 & 1 & 0,677 \\ 0,565 & 0,534 & 0,677 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriks korelasi dengan menggunakan data IPM tahun 2021

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,371 & 0,416 & 0,567 \\ 0,371 & 1 & 0,777 & 0,524 \\ 0,416 & 0,777 & 1 & 0,669 \\ 0,567 & 0,524 & 0,669 & 1 \end{bmatrix}$$

Menghitung Nilai *Effective variance*

Setelah memperoleh matriks kovarian maka langkah selanjutnya menghitung nilai Average *Effective variance* $Ve(\mathbf{X})$ dengan menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut:

Effective variance dengan menggunakan data IPM tahun 2014

$$Ve(\mathbf{X}) = |\sum_{\mathbf{X}}|^{1/p} = 96,476$$

Effective variance dengan menggunakan data IPM tahun 2019

$$Ve(\mathbf{X}) = |\sum_{\mathbf{X}}|^{1/p} = 88,699$$

Effective variance dengan menggunakan data IPM tahun 2021

$$Ve(\mathbf{X}) = |\sum_{\mathbf{X}}|^{1/p} = 87,858$$

Menghitung Nilai *Effective dependence*

Setelah memperoleh matriks korelasi maka langkah selanjutnya menghitung nilai *effective dependence* $De(\mathbf{X})$ dengan menggunakan persamaan (2.17) sebagai berikut:

Effective dependence dengan menggunakan data IPM tahun 2014

$$De(\mathbf{X}) = 1 - |\mathbf{R}_{\mathbf{X}}|^{1/p} = 0,366$$

Effective dependence dengan menggunakan data IPM tahun 2019

$$De(\mathbf{X}) = 1 - |\mathbf{R}_{\mathbf{X}}|^{1/p} = 0,388$$

Effective dependence dengan menggunakan data IPM tahun 2021

$$De(\mathbf{X}) = 1 - |\mathbf{R}_x|^{1/p} = 0,381$$

Membuat Tabel Analisis Deskripsi Multivariat

Setelah memperoleh nilai dari perhitungan ukuran variabilitas dan ukuran dependensi multivariat dari masing-masing tahun maka langkah selanjutnya menghitung membuat tabel analisis dari ukuran-ukuran tersebut sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran Deskripsi Multivariat dalam Data IPM di Indonesia

Tahun	Measures	
	Ve(X)	De(X)
2014	96,476	0,366
2019	88,699	0,388
2021	87,858	0,381

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa nilai variabilitas effective variance variabel-variabel penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia mengalami penurunan dari tahun 2014 ke tahun 2019 begitu juga ke tahun 2021. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran variabel penyusun Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia lebih tinggi pada masa akhir pemerintahan Bapak Susilo Bambang Yudhoyono dibandingkan variabilitas variabel-variabel penyusun IPM di akhir masa pemerintahan Bapak Joko Widodo pada periode pertama, kemudian terjadi sedikit penurunan dari masa akhir periode pertama Bapak Joko Widodo ke masa pemerintahan saat ini yang mana masih dipimpin oleh Bapak Joko Widodo, artinya pembangunan di Indonesia lebih merata pada masa pemerintahan Bapak Joko Widodo. Dan untuk ukuran hubungan linier di antara variabel penyusun IPM yaitu *effective dependence* memiliki nilai yang hampir sama pada tahun 2014, 2019 dan tahun 2021, dengan kekuatan hubungan antar variabel adalah lemah atau tidak terlalu bersinggungan antara variabel yang satu dengan variabel lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. 2021. *Indeks Pembangunan Manusia*, Direktorat Analisis dan Pengembangan Statistik.
- [2] Choulakian, V., & Pham-Gia, Thu. (2014). Distribution of the Sample Correlation Matrix and Applications. *Open Journal of Statistics*, No. 4.330-344
- [3] Nicewander, W. A & Rodgers, J. L. 1988. Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient. *The American Statistician*, Vol. 42, No. 1. (Feb., 1988), pp. 59-66.
- [4] Pena, D., & Rodriguez, J. (2003). Descriptive Measures of Multivariate Scatter and Linear Dependence. *Journal of Multivariate Analysis*, 361-374.
- [5] Khoeriyah, Risti Yulianti. (2021). *Regresi Terboboti Geografis Semiparametrik (RTG-S) untuk Pemodelan Indeks Pembangunan Kesehatan Masyarakat Kabupaten/Kota di Sumatera Utara*, Jurnal Riset Statistika, 1(1), 43-50.