

Penggunaan Analisis Biplot dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Indikator Kesejahteraan Masyarakat

Irwan^{1, a)*}, Wahidah Sanusi^{1, b)}, dan Kahvi Nurani^{1, c)}

¹Jurusan Matematika, Universitas Negeri Makassar

^{a)*}irwanthaha@unm.ac.id

^{b)}wahidah.sanusi@unm.ac.id

^{c)}kahvinurani07@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2021 yang memiliki kemiripan variabel kesejahteraan masyarakat menggunakan analisis biplot. Analisis biplot adalah upaya membuat gambar di ruang berdimensi banyak menjadi gambar di ruang berdimensi dua, beberapa info penting yang bisa didapatkan yaitu: kedekatan antar objek yang diamati, keragaman variabel, korelasi antar variabel dan nilai variabel suatu objek. Penelitian ini menggunakan metode SVD (Singular Value Decomposition), dengan objek penelitian 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan dan terdiri dari 13 variabel. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kabupaten/kota yang memiliki kesamaan indikator kesejahteraan masyarakat terbagi menjadi 4 kelompok, kelompok 1 yaitu Kota Makassar, Kabupaten Pinrang dan Luwu, kelompok 2 yaitu Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Wajo, Takalar, Bulukumba, Soppeng, Bone, Jeneponto, Gowa, Maros, Sirenreng Rappang dan Barru, kelompok 3 yaitu Kabupaten Sinjai, Luwu Utara, Kepulauan Selayar dan Bantaeng dan kelompok 4 yaitu Kota Parepare, Kota Palopo, Kabupaten Tana Toraja, Toraja Utara, Luwu Timur dan Enrekang. Dengan keragaman indikator kesejahteraan masyarakat yang paling besar adalah harapan lama sekolah (X_4) dan rata-rata lama sekolah (X_5). Variabel yang saling mempengaruhi dan berkorelasi positif yaitu harapan lama sekolah (X_4) dan menggunakan telepon seluler (HP) (X_{12}).

Kata Kunci: Analisis biplot, kesejahteraan masyarakat, singular value decomposition

Abstract. This study aims to group districts / cities in South Sulawesi Province in 2021 that have similarities in community welfare variables using biplot analysis. Biplot analysis is an effort to make images in many-dimensional space into images in two-dimensional space, some important information that can be obtained are: proximity between observed objects, variable diversity, correlation between variables and variable values of an object. This research uses the SVD (Singular Value Decomposition) method, with a research object of 24 districts / cities in South Sulawesi Province and consists of 13 indicator variables. Based on the results of the study, the districts/cities that have similar indicators of community welfare are divided into 4 groups, group 1 is Makassar City, Pinrang and Luwu Regencies, group 2 is Pangkajene and Islands, Wajo, Takalar, Bulukumba, Soppeng, Bone, Jeneponto, Gowa, Maros, Sirenreng Rappang and Barru, group 3 namely Sinjai, North Luwu, Selayar Islands and Bantaeng and group 4 namely Parepare City, Palopo City, Tana Toraja, North Toraja, East Luwu and Enrekang. With the greatest diversity of community welfare indicators are expected years of schooling (X_4) and average years of schooling (X_5). The variables that influence each other and are positively correlated. Namely, expectation of years of schooling (X_4) and using a cellular phone (HP) (X_{12}).

Keywords: Biplot analysis, community welfare, singular value decomposition

PENDAHULUAN

Analisis Biplot diperkenalkan pertama kali oleh Gabriel tahun 1971 dan dikembangkan lebih lanjut oleh Gower dan Hand tahun 1996. Analisis ini bertujuan mempragakan suatu matriks

dengan menumpang tindihkan vektor-vektor yang merepresentasikan vektor-vektor baris dengan vektor-vektor yg merepresentasikan vektor-vektor kolom matriks tersebut. Biplot merupakan salah satu upaya menggambarkan data -data yang terdapat pada tabel ringkasan di grafik berdimensi dua. Menggunakan penyajian seperti ini, karakteristik–karakteristik variabel serta objek pengamatan dan posisi relatif antara objek pengamatan dengan variabel bisa dianalisis. Informasi yang diberikan oleh biplot meliputi objek serta variabel (Anuraga, 2015).

Analisis biplot merupakan salah satu teknik peubah ganda yang menyajikan plot pengamatan n dan variabel p secara bersamaan dalam bidang dua dimensi. Penyajian plot pengamatan n dan variabel p secara bersamaan dapat memberikan tambahan informasi yang lebih baik tentang hubungan antara variabel dan pengamatan (Jolliffe, dkk., 2016).

Menurut Sartono dkk. (2003), beberapa info penting yang bisa didapatkan dari analisis biplot yaitu: *Pertama*, kedekatan antar objek yang diamati, informasi ini digunakan untuk mengetahui objek yang memiliki kemiripan karakteristik dengan objek lain. *Kedua*, keragaman peubah, informasi ini digunakan untuk melihat apakah ada variabel yang mempunyai nilai keragaman yang hampir sama untuk setiap objek. *Ketiga*, korelasi antar peubah, informasi ini untuk mengetahui bagaimana suatu variabel mempengaruhi ataupun dipengaruhi variabel yang lain. *Keempat*, nilai peubah pada suatu objek, informasi ini digunakan untuk melihat keunggulan dari setiap objek (Mattjik & Sumertajaya, 2011). Salah satu masalah yang dapat diselesaikan dengan analisis biplot yaitu meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Menurut Basri dan Munandar (2009), kesejahteraan dapat diartikan sebagai suatu keadaan dimana setiap warga negara selalu berada dalam kondisi serba kecukupan segala kebutuhannya, baik material maupun spiritual (Dwitiyanti et al., 2019). Indikator Kesejahteraan Rakyat (INKERSRA) yang mencakup beberapa kelompok indikator sektoral, antara lain: kependudukan, kesehatan dan gizi, pendidikan, ketenagakerjaan, taraf dan pola konsumsi, perumahan dan lingkungan, kemiskinan, dan sosial lainnya (Badan Pusat Statistik, 2021).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sulawesi Selatan jumlah penduduk di Sulawesi Selatan mengalami peningkatan sejak tahun 2019 hingga 2022 mencapai angka 9.139.531 jiwa, walaupun tingkat pengangguran berkurang pada tahun 2021 dibandingkan tahun 2020 yaitu dari 6,31% menjadi 5,72%, akan tetapi jumlah penduduk miskin di Sulawesi Selatan meningkat pada tahun 2022 dibandingkan tahun 2019 yaitu dari 767,80 ribu jiwa menjadi 784,98 ribu jiwa (Badan Pusat Statistik, 2022).

Penggunaan metode analisis biplot telah dibahas oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Raden, A.L.N., dan Pramaputri, D.D. (2021) tentang penggunaan analisis biplot untuk mengklasifikasikan kinerja pemerintah dalam upaya penurunan prevalensi stunting di Indonesia. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Zeth A. Leleury dan Antonia E. Wokanubun (2015) tentang penggunaan analisis biplot dalam memetakan karakteristik kemiskinan di Provinsi Maluku

Penelitian ini menggunakan analisis biplot untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan berdasarkan indikator kesejahteraan masyarakat, dimana parameter α yang digunakan pada adalah $\alpha = 1$, sehingga baik digunakan untuk melihat kedekatan antar kabupaten/kota, sebagai upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Biplot

Menurut Everit dan Hothorn (2011), biplot merupakan grafik berdimensi rendah (2 atau 3 dimensi) yang merepresntasikan informasi dari dataset berukuran, di mana dan secara berturut-

turut adalah banyaknya objek pengamatan dan variabel yang diamati (Wijaya & Prasajo, 2020). Penggambaran ini meliputi keragaman dan korelasi antar peubah, serta kedekatan antar objek yang nantinya akan mampu mengidentifikasi pengelompokan objek. Analisis biplot mampu menampilkan secara langsung peubah pencari atau peubah yang paling dominan dari suatu kelompok objek yang terbentuk pada hasil tampilan analisis biplot (Ariawan et al., 2013).

Menurut Sartono dkk. (2003), beberapa info penting yang bisa didapatkan dari analisis biplot yaitu: *Pertama*, kedekatan antar objek yang diamati, informasi ini digunakan untuk mengetahui objek yang memiliki kemiripan karakteristik dengan objek lain. *Kedua*, keragaman peubah, informasi ini digunakan untuk melihat apakah ada variabel yang mempunyai nilai keragaman yang hampir sama untuk setiap objek. *Ketiga*, korelasi antar peubah, informasi ini untuk mengetahui bagaimana suatu variabel mempengaruhi ataupun dipengaruhi variabel yang lain. *Keempat*, nilai peubah pada suatu objek, informasi ini digunakan untuk melihat keunggulan dari setiap objek (Mattjik & Sumertajaya, 2011); (Pualalo et al., 2018).

Menurut Jolliffe dalam (A. Leleury & E. Wokanubun, 2015) dan (Pogalin et al., 2021), analisis ini didasarkan pada Singular Value Decomposition (SVD). SVD bertujuan menguraikan matriks X ukuran $n \times p$ dimana n artinya banyaknya objek pengamatan dan p adalah banyaknya variabel, menjadi 3 buah matriks. Persamaan yang digunakan adalah matriks X berukuran $n \times p$ yang berisi n objek serta p variabel dan telah dikoreksi dengan nilai tengahnya, dapat ditulis:

$$X = ULA'$$

Matriks L yaitu matriks dengan unsur diagonalnya utamanya adalah akar kuadrat dari nilai eigen matriks X^tX . Matriks A yaitu matriks yang kolom-kolomnya adalah vektor eigen dari matriks X^tX . Kolom-kolom untuk matriks U di peroleh dari persamaan:

$$u_i = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} Xa_i, i = 1, 2, \dots, r$$

Menurut (A. Leleury & E. Wokanubun, 2015); (Heriyanto & Kinansi, 2012); (Waluya & Achmad, 2021) ada dua nilai α yang digunakan untuk mendefenisikan $G = UL^\alpha$ dan $H^t = L^{1-\alpha}A^t$ yaitu $\alpha=0$ dan $\alpha = 1$.

Kesejahteraan Masyarakat

Istilah kesejahteraan masyarakat berasal dari Bahasa Inggris yaitu Welfare dan Community. Welfare berarti kesejahteraan dan Community berarti komunitas atau masyarakat. Dilihat dari pengertian menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (Tim Redaksi KBBI, 2005: 1011) kesejahteraan masyarakat terdiri dari dua kata, yaitu: kesejahteraan yang berarti hal atau keadaan sejahtera yang meliputi rasa aman, sentosa, makmur, dan selamat, dan masyarakat yang berarti sejumlah orang dalam kelompok tertentu yang membentuk perikehidupan berbudaya (Rohman, 2019)

Menurut Basri & Munandar (2009), kesejahteraan dapat diartikan sebagai suatu keadaan dimana setiap warga negara selalu berada dalam kondisi serba kecukupan segala kebutuhannya, baik material maupun spiritual (Dwitiyanti et al., 2019).

Indikator Kesejahteraan Rakyat (INKERSRA) yang mencakup beberapa kelompok indikator sektoral, antara lain: kependudukan, kesehatan dan gizi, pendidikan, ketenagakerjaan, taraf dan pola konsumsi, perumahan dan lingkungan, kemiskinan, dan sosial lainnya (Badan Pusat Statistik, 2021).

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian aplikasi/terapan (*applied research*) yaitu dengan mengambil atau mengumpulkan data yang diperlukan dan menganalisisnya dengan menggunakan analisis biplot untuk melakukan pengelompokan kesejahteraan masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2021, dengan objek penelitian sebanyak 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Penduduk (X_1)
2. Umur Harapan Hidup (X_2)
3. Berstatus Kawin dan Menggunakan KB (X_3)
4. Harapan Lama Sekolah (X_4)
5. Rata-rata Lama sekolah (X_5)
6. Tingkat Pengangguran Terbuka (X_6)
7. Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X_7)
8. Pengeluaran Perkapita Untuk Makanan (X_8)
9. Luas Lantai Rumah $< 50m^2$ (X_9)
10. Sumber Air Minum Layak (X_{10})
11. Jumlah Penduduk Miskin (X_{11})
12. Menggunakan Telepon Seluler (HP) (X_{12})
13. Jumlah Kejahatan (X_{13})

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data yang berkaitan tentang kriteria indikator kesejahteraan masyarakat yang menjadi variabel dalam penelitian.
2. Melakukan analisis biplot dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Memasukan data awal (matriks \mathbf{X}^*)
 - b. Transformasi Matriks \mathbf{X}^{**} menjadi matriks \mathbf{X}
 - c. Menentukan matriks $\mathbf{X}^t\mathbf{X}$
 - d. Menentukan nilai eigen dan vektor eigen matriks $\mathbf{X}^t\mathbf{X}$
 - e. Menguraikan matriks \mathbf{X} dengan menggunakan metode SVD (Singular Value Decomposition)
 - f. Perhitungan matriks \mathbf{H} dan \mathbf{G} , kemudian mengambil 2 kolom pertama menjadi \mathbf{G}_2 dan \mathbf{H}_2
 - g. Plot matriks \mathbf{G}_2 dan \mathbf{H}_2
3. Menyimpulkan hasil yang diperoleh yaitu melihat pengelompokan objek atau kabupaten/kota berdasarkan variabel indikator kesejahteraan masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Biplot

Menyusun matriks awal ($X^{**}_{(24 \times 10)}$)

Berikut adalah matriks awal ($X^{**}_{(24 \times 13)}$) untuk data tahun 2021 sebagai berikut:

$$X^{**}_{(24 \times 13)} = \begin{bmatrix} 138 & 68,52 & 39,56 & 12,66 & \cdots & 78,2 & 172 \\ 440,1 & 68,1 & 47,77 & 13,41 & \cdots & 89 & 779 \\ 197,9 & 70,6 & 65,4 & 12,05 & \cdots & 85,65 & 113 \\ 405,5 & 66,49 & 56,77 & 12,1 & \cdots & 80,27 & 647 \\ 302,7 & 67,3 & 50,35 & 12,42 & \cdots & 77,85 & 445 \\ 773,3 & 70,45 & 56,25 & 13,65 & \cdots & 84,95 & 1434 \\ 261,4 & 67,38 & 40,65 & 13,06 & \cdots & 86,42 & 320 \\ 396,9 & 69,04 & 47,52 & 13,16 & \cdots & 83,57 & 550 \\ 348,2 & 66,78 & 35,96 & 12,77 & \cdots & 91,39 & 171 \\ 185,5 & 69,07 & 34,51 & 13,59 & \cdots & 78,17 & 228 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 152,9 & 71,31 & 45,98 & 14,51 & \cdots & 94,34 & 484 \\ 187,3 & 70,92 & 42,67 & 15,09 & \cdots & 96,58 & 555 \end{bmatrix}$$

Transformasi matriks $X^{**}_{(24 \times 13)}$ menjadi matriks $X_{(24 \times 13)}$

Transformasi matriks $X^{**}_{(24 \times 13)}$ menjadi matriks $X_{(24 \times 13)}$ dengan cara standarisasi data. Karena satuan dari variabel indikator kesejahteraan masyarakat berbeda-beda, maka variabel tersebut akan distandardisasi terlebih dahulu sehingga diperoleh nilai standar atau nilai baku (z-score). Menurut (Waluya & Achmad, 2021), Z-score diukur dengan simpangan baku suatu observasi dari rata-rata kelompoknya, dengan persamaan $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$X_{(24 \times 13)} = \begin{bmatrix} -0,8782 & -0,5391 & -0,8936 & -0,7619 & \cdots & -1,6177 & -0,4961 \\ 0,2144 & -0,7533 & 0,1745 & 0,1321 & \cdots & 0,4124 & 0,1560 \\ -0,6616 & 0,5217 & 2,4682 & -1,4891 & \cdots & -0,2173 & -0,5594 \\ 0,0893 & -1,5743 & 1,3454 & -1,4295 & \cdots & -1,2286 & 0,0142 \\ -0,2825 & -1,1613 & 0,5102 & -1,0480 & \cdots & -1,6835 & -0,2028 \\ 1,4196 & 0,4452 & 1,2778 & 0,4182 & \cdots & -0,3489 & 0,8597 \\ -0,4319 & -1,1205 & -0,7518 & -0,2851 & \cdots & -0,0726 & -0,3371 \\ 0,0582 & -0,2739 & 0,1420 & -0,1659 & \cdots & -0,6083 & -0,0900 \\ -0,1180 & -1,4265 & -1,3620 & -0,6308 & \cdots & 0,8616 & -0,4971 \\ -0,7064 & -0,2586 & -1,5507 & 0,3467 & \cdots & -1,6234 & -0,4359 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -0,8244 & 0,8837 & -0,0584 & 1,4434 & \cdots & 1,4161 & -0,1609 \\ -0,6999 & 0,6849 & -0,4890 & 2,1348 & \cdots & 1,8372 & -0,0846 \end{bmatrix}$$

Setelah diperoleh matriks X maka selanjutnya menentukan matriks $X'X_{(13 \times 13)}$ sebagai berikut:

$$\mathbf{X}^t\mathbf{X}_{(13 \times 13)} = \begin{bmatrix} 23,0000 & 1,4073 & -2,5746 & 9,4289 & \cdots & 1,7060 & 21,4612 \\ 1,4073 & 23,0000 & 0,6610 & 13,1647 & \cdots & 7,2408 & 4,1986 \\ -2,5746 & 0,6610 & 23,0000 & -10,6168 & \cdots & -1,8382 & -4,7653 \\ 9,4289 & 13,1647 & -10,6168 & 23,0000 & \cdots & 9,4019 & 13,4818 \\ 6,3292 & 13,4387 & -8,8641 & 20,9034 & \cdots & 11,2116 & 11,5610 \\ 12,6697 & 5,9411 & -8,8518 & 16,5592 & \cdots & 8,4816 & 16,5375 \\ -5,0899 & 5,5928 & 9,3866 & -5,2271 & \cdots & -5,9203 & -6,5368 \\ -10,0783 & -4,6403 & 5,0925 & -11,0814 & \cdots & -9,3170 & -11,6539 \\ -1,2578 & 18,7784 & -3,9470 & 12,4593 & \cdots & 1,5812 & 1,6573 \\ 5,0394 & -7,7383 & 0,7917 & 1,2821 & \cdots & 1,4398 & 7,4285 \\ 19,154 & -3,8726 & -0,6757 & 2,1779 & \cdots & -1,4259 & 14,8348 \\ 1,7060 & 7,2408 & -1,8382 & 9,4019 & \cdots & 23,0000 & 3,3512 \\ 21,4612 & 4,1986 & -4,7653 & 13,4818 & \cdots & 3,3512 & 23,0000 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya menentukan nilai eigen dari matriks $\mathbf{X}^t\mathbf{X}$ menurut (Anton & Rorres, 2004), dengan persamaan $\det(\mathbf{X}^t\mathbf{X} - \lambda\mathbf{I}) = 0$ dan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 114,6287 \\ \lambda_2 &= 65,3499 \\ \lambda_3 &= 40,6267 \\ \lambda_4 &= 24,9033 \\ \lambda_5 &= 18,0222 \\ \lambda_6 &= 12,0800 \\ \lambda_7 &= 8,2183 \\ \lambda_8 &= 4,4684 \\ \lambda_9 &= 3,7982 \\ \lambda_{10} &= 3,3903 \\ \lambda_{11} &= 1,9855 \\ \lambda_{12} &= 1,2772 \\ \lambda_{13} &= 0,2514 \end{aligned}$$

Menguraikan matriks \mathbf{x} dengan metode SVD (singular value decomposition)

Selanjutnya menguraikan matriks \mathbf{X} dengan metode SVD menurut Jolliffe dalam (A. Leleury & E. Wokanubun, 2015); (Pogalin et al., 2021), yaitu penguraian nilai singular matriks \mathbf{X} yang berukuran $(n \times p)$ menjadi \mathbf{U} berukuran $(n \times r)$, matriks \mathbf{L} berukuran $(r \times r)$ dan matriks \mathbf{A} berukuran $(p \times r)$, yang dapat ditulis menjadi:

$$\mathbf{X}_{(24 \times 13)} = \mathbf{U}_{(24 \times 13)}\mathbf{L}_{(13 \times 13)}\mathbf{A}^t_{(13 \times 13)}$$

$$\mathbf{U}_{(24 \times 13)} = \begin{bmatrix} 0,1693 & -0,0732 & 0,0331 & 0,3068 & \cdots & 0,3881 & 0,0288 \\ 0,0753 & 0,0902 & -0,0087 & 0,0097 & \cdots & -0,1688 & 0,0666 \\ 0,2546 & -0,0079 & -0,0667 & -0,4794 & \cdots & -0,1533 & -0,0662 \\ 0,2359 & 0,3356 & -0,1393 & -0,1133 & \cdots & 0,1677 & -0,4278 \\ 0,1460 & 0,1323 & 0,0274 & 0,0323 & \cdots & 0,0757 & 0,0286 \\ -0,0642 & 0,1012 & -0,3182 & -0,1996 & \cdots & -0,0989 & 0,3867 \\ 0,1481 & 0,0723 & 0,0667 & 0,0999 & \cdots & 0,0079 & 0,0286 \\ -0,0135 & 0,0971 & 0,0450 & 0,0592 & \cdots & -0,0591 & -0,0381 \\ 0,0136 & 0,1428 & 0,1071 & 0,1993 & \cdots & -0,1279 & 0,0889 \\ -0,0069 & 0,0180 & 0,2612 & 0,4230 & \cdots & -0,1666 & 0,1020 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -0,2348 & -0,2304 & 0,3231 & -0,2861 & \cdots & 0,1273 & -0,1946 \\ -0,2835 & -0,2173 & 0,3604 & -0,054 & \cdots & -0,1897 & -0,0351 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{L}_{(13 \times 13)} = \begin{bmatrix} 10,7065 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 8,0839 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6,3739 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4,9903 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1,1301 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0,5014 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{(13 \times 13)} = \begin{bmatrix} -0,3011 & 0,2824 & -0,4099 & -0,0256 & \dots & -0,1685 & 0,7280 \\ -0,1943 & -0,4559 & -0,1581 & -0,1979 & \dots & 0,2064 & 0,0253 \\ 0,1948 & 0,0157 & -0,2186 & -0,7633 & \dots & -0,078 & -0,0397 \\ -0,3914 & -0,1939 & 0,0204 & 0,1194 & \dots & -0,5364 & -0,1454 \\ -0,3785 & -0,2407 & 0,1004 & -0,0070 & \dots & 0,6589 & 0,2612 \\ -0,4042 & 0,0749 & 0,1281 & -0,0079 & \dots & -0,2999 & -0,0047 \\ 0,1876 & -0,2895 & -0,4241 & -0,1777 & \dots & -0,1213 & -0,0008 \\ 0,3159 & -0,0583 & -0,1230 & 0,2525 & \dots & 0,0052 & 0,0835 \\ -0,1559 & -0,4859 & -0,1445 & 0,1208 & \dots & -0,1535 & -0,0357 \\ -0,1232 & 0,3530 & 0,3357 & -0,2681 & \dots & 0,0326 & 0,0421 \\ -0,1482 & 0,3291 & -0,5039 & 0,0855 & \dots & 0,1379 & -0,2157 \\ -0,2087 & -0,1064 & 0,2633 & -0,4165 & \dots & -0,0978 & -0,0290 \\ -0,3658 & 0,2085 & -0,2836 & -0,0233 & \dots & 0,2077 & -0,5666 \end{bmatrix}$$

Menghitung matriks G dan H

Selanjutnya parameter α yang digunakan pada penelitian ini untuk menghitung matriks G dan H adalah $\alpha = 1$, karena menurut (Leleury & Wokanubun, 2015; (Waluya & Achmad, 2021), dengan menggunakan $\alpha = 1$ tampilan biplot akan lebih memberikan gambaran jarak antara pasangan barisan sehingga baik digunakan untuk melihat kedekatan objek-objek. Jika $\alpha = 1$ yang digunakan, maka hasil pemfaktoran disebut RMP biplot (Row Metric Preserving). maka $G = UL^1 = UL$ dan $H^t = L^{1-1}A^t = A^t$, sebagai berikut :

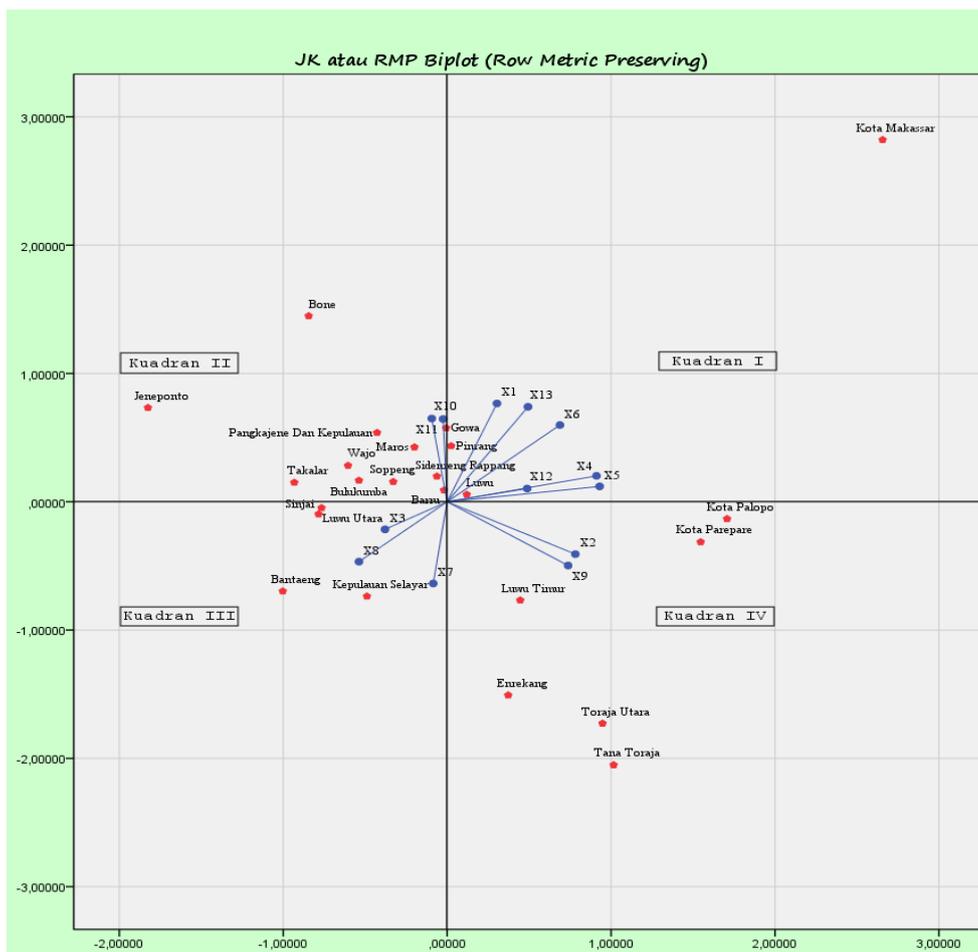
$$\mathbf{G}_{(24 \times 13)} = \begin{bmatrix} 1,8121 & -0,5919 & 0,2108 & 1,5312 & \dots & 0,4386 & 0,0145 \\ 0,8057 & 0,7294 & -0,0554 & 0,0482 & \dots & -0,1908 & 0,0334 \\ 2,7257 & -0,0638 & -0,4251 & -2,3923 & \dots & -0,1733 & -0,0332 \\ 2,5254 & 2,7126 & -0,8881 & -0,5654 & \dots & 0,1895 & -0,2145 \\ 1,5632 & 1,0692 & 0,1746 & 0,1611 & \dots & 0,0856 & 0,0144 \\ -0,6868 & 0,8183 & -2,0281 & -0,9963 & \dots & -0,1118 & 0,1939 \\ 1,5861 & 0,5846 & 0,4248 & 0,4985 & \dots & 0,0090 & 0,0143 \\ -0,1446 & 0,7852 & 0,2866 & 0,2953 & \dots & -0,0668 & -0,0191 \\ 0,1457 & 1,1542 & 0,6829 & 0,9946 & \dots & -0,1446 & 0,0446 \\ -0,0742 & 0,1453 & 1,6649 & 2,1110 & \dots & -0,1882 & 0,0512 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -2,5137 & -1,8628 & 2,0597 & -1,4277 & \dots & 0,1439 & -0,0976 \\ -3,035 & -1,7566 & 2,2969 & -0,2697 & \dots & -0,2144 & -0,0176 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_{(13 \times 13)} = \begin{bmatrix}
 -0,3011 & 0,2824 & -0,4099 & -0,0256 & \dots & -0,1685 & 0,7280 \\
 -0,1943 & -0,4559 & -0,1581 & -0,1979 & \dots & 0,2064 & 0,0253 \\
 0,1948 & 0,0157 & -0,2186 & -0,7633 & \dots & -0,0780 & -0,0397 \\
 -0,3914 & -0,1939 & 0,0204 & 0,1194 & \dots & -0,5364 & -0,1454 \\
 -0,3785 & -0,2407 & 0,1004 & -0,0070 & \dots & 0,6589 & 0,2612 \\
 -0,4042 & 0,0749 & 0,1281 & -0,0079 & \dots & -0,2999 & -0,0047 \\
 0,1876 & -0,2895 & -0,4241 & -0,1777 & \dots & -0,1213 & -0,0008 \\
 0,3159 & -0,0583 & -0,123 & 0,2525 & \dots & 0,0052 & 0,0835 \\
 -0,1559 & -0,4859 & -0,1445 & 0,1208 & \dots & -0,1535 & -0,0357 \\
 -0,1232 & 0,3530 & 0,3357 & -0,2681 & \dots & 0,0326 & 0,0421 \\
 -0,1482 & 0,3291 & -0,5039 & 0,0855 & \dots & 0,1379 & -0,2157 \\
 -0,2087 & -0,1064 & 0,2633 & -0,4165 & \dots & -0,0978 & -0,0290 \\
 -0,3658 & 0,2085 & -0,2836 & -0,0233 & \dots & 0,2077 & -0,5666
 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya mengambil 2 kolom pertama dari matriks \mathbf{G} dan \mathbf{H} sehingga menjadi \mathbf{G}_2^{**} (24x2) dan \mathbf{H}_2^{**} (13x2)

Membuat biplot \mathbf{G}_2^{**} (24x2) dan \mathbf{H}_2^{**} (13x2)

Gabriel menyatakan $m=2$ disebut biplot sehingga diperoleh matriks \mathbf{G}_2 dan \mathbf{H}_2 , dimana \mathbf{G}_2^{**} koordinat kabupaten/kota pada biplot yang menjadi objek penelitian dan \mathbf{H}_2^{**} adalah koordinat indikator kesejahteraan masyarakat pada biplot yang menjadi variabel penelitian (Gambar 2).



GAMBAR 2. Grafik Biplot pada Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Variabel Indikator Kesejahteraan Masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2021 Menggunakan $\alpha=1$

Dari tampilan grafik biplot pada Gambar 2 menurut Sartono dkk (2003), beberapa informasi penting yang bisa didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Kedekatan antar objek yang diamati

Kedekatan antar objek yaitu untuk mengetahui kabupaten/kota mana yang memiliki kemiripan indikator kesejahteraan masyarakat. Kabupaten/kota yang berada pada kuadran yang sama dikatakan memiliki kesamaan indikator kesejahteraan masyarakat yang cukup dekat jika dibandingkan dengan kabupaten/kota yang berada pada kuadran yang berbeda, sehingga diperoleh sebagai berikut:

- a. Kuadran I, diantaranya Kota Makassar, Kabupaten Pinrang dan Luwu. Jarak Euclidean antara Kota Makassar dan Kabupaten Pinrang sebesar 8,701, jarak Euclidean antara Kabupaten Pinrang dan Luwu sebesar 2,673. Sehingga dapat dikatakan ketiga kabupaten/kota tersebut memiliki kemiripan indikator kesejahteraan masyarakat pada jumlah penduduk (X_1), harapan lama sekolah (X_4), rata-rata lama sekolah (X_5), tingkat pengangguran terbuka (X_6), menggunakan telepon seluler (HP) (X_{12}) dan jumlah kejahatan (X_{13}).
- b. Kuadran II, diantaranya Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Wajo, Takalar, Bulukumba, Soppeng, Bone, Jeneponto, Gowa, Maros, Sirenreng Rappang dan Barru. Jarak Euclidean antara Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dan Wajo sebesar 2,160, jarak Euclidean antara Kabupaten Wajo dan Takalar sebesar 2,473, jarak Euclidean antara Kabupaten Bulukumba dan Soppeng sebesar 2,788 dan jarak Euclidean antara Kabupaten Bone dan Jeneponto sebesar 3,499, jarak Euclidean antara Kabupaten Gowa dan Maros sebesar 3,679, jarak Euclidean antara Kabupaten Sirenreng Rappang dan Barru sebesar 3,526. Sehingga dapat dikatakan kesebelas kabupaten/kota tersebut memiliki kemiripan indikator kesejahteraan masyarakat pada sumber air minum layak (X_{10}) dan jumlah penduduk miskin (X_{11}).
- c. Kuadran III, diantaranya Kabupaten Sinjai, Luwu Utara, Kepulauan Selayar dan Bantaeng. . Jarak Euclidean antara Kabupaten Sinjai dan Luwu Utara sebesar 3,394 dan jarak Euclidean antara Kabupaten Kepulauan Selayar dan Bantaeng sebesar 4,413. Sehingga dapat dikatakan keempat kabupaten/kota tersebut memiliki kemiripan indikator kesejahteraan masyarakat pada masyarakat berstatus kawin dan menggunakan KB (X_3), tingkat partisipasi angkatan kerja (X_7) dan pengeluaran perkapita untuk makanan (X_8).
- d. Kuadran IV, diantaranya Kota Parepare, Kota Palopo, Kabupaten Tana Toraja, Toraja Utara, Luwu Timur dan Enrekang. Jarak Euclidean antara Kota Parepare dan Kota Palopo sebesar 2,829, jarak Euclidean antara Kabupaten Tana Toraja dan Toraja Utara sebesar 2,641 dan jarak Euclidean antara Kabupaten Enrekang dan Luwu Timur sebesar 3,853. Sehingga dapat dikatakan keenam kabupaten/kota tersebut memiliki kemiripan indikator kesejahteraan masyarakat pada umur harapan hidup (X_2) dan luas lantai rumah <math> < 50 \text{ m}^2 </math> (X_9).

2. Keragaman variabel

Keragaman variabel digunakan untuk melihat keragaman indikator kesejahteraan masyarakat setiap kabupaten/kota. Vektor variabel yang paling panjang adalah variabel harapan lama sekolah (X_4) dan rata-rata lama sekolah (X_5), yang berarti harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah merupakan keragaman paling besar sedangkan vektor variabel yang paling pendek adalah variabel (X_3) yang berarti masyarakat yang bersatatus kawin dan menggunakan KB mempunyai keragaman yang kecil.

3. Korelasi Antar variabel

Korelasi antar variabel digunakan untuk melihat hubungan antar variabel indikator kesejahteraan masyarakat yang satu dengan yang lain. Variabel dalam penelitian ini mempunyai korelasi yang positif dan korelasi negatif. Korelasi positif jika sudut yang dibentuk oleh dua garis berarah dari variabel mempunyai sudut yang sempit (lancip), sedangkan korelasi yang tinggi akan digambarkan sebagai dua garis dengan arah yang berlawanan atau membentuk sudut lebar (tumpul) serta membentuk sudut 90° menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut tdk berkorelasi, dapat dilihat bahwa:

- a. Harapan lama sekolah (X_4) dan menggunakan telepon seluler (HP) (X_{12}) saling mempengaruhi dan berkorelasi positif. Hal tersebut ditentukan dari sudut yang terbentuk sebesar $0,5^\circ$. Karena meningkatnya harapan lama sekolah maka yang menggunakan telepon seluler (HP) semakin bertambah.
- b. Tingkat partisipasi angkatan kerja (X_7) berkorelasi negatif jumlah kejahatan (X_{13}) dengan sudut yang terbentuk sebesar 153° . Semakin banyak tingkat partisipasi angkatan kerja maka jumlah kejahatan semakin sedikit.
- c. Menggunakan telepon seluler (HP) (X_{12}) tidak berkorelasi dengan jumlah penduduk miskin (X_{11}) dengan sudut yang terbentuk sebesar 90° .

4. Nilai variabel suatu objek

Dalam informasi ini digunakan untuk melihat keunggulan indikator kesejahteraan masyarakat setiap kabupaten/kota. Kabupaten/kota yang terletak searah dengan arah vektor variabel indikator kesejahteraan masyarakat dikatakan bahwa kabupaten/kota tersebut mempunyai nilai di atas rata-rata. namun Jika kabupaten/kota terletak berlawanan menggunakan arah dari vektor variabel indikator kesejahteraan masyarakat, maka kabupaten/kota tersebut memiliki nilai di bawah rata-rata. Sedangkan kabupaten/kota yang hampir berada ditengah-tengah berarti kabupaten/kota tersebut memiliki nilai dekat dengan rata-rata, dapat dilihat bahwa:

- a. Kota Makassar searah dengan arah vektor variabel (X_6). Sesuai dengan data asli, dimana tingkat pengangguran terbuka di Kota Makassar sebesar 13,18% diatas rata-rata keseluruhan yakni 4,75%. Selain itu, kota Makassar berlawanan arah dengan arah vektor variabel (X_8), dimana pengeluaran perkapita untuk makanan di Kota Makassar dibawah rata-rata seluruh kabupaten/kota.
- b. Kabupaten Selayar berlawanan arah dengan arah vektor variabel (X_{13}) yang berarti jumlah kejahatan di Kabupaten Selayar berada dibawah rata-rata seluruh kabupaten/kota.
- c. Kabupaten Luwu berlawanan arah dengan arah vektor variabel (X_3) yang berarti yang berstatus kawin dan menggunakan KB di Kabupaten Luwu berada dibawah rata-rata seluruh kabupaten/kota.

Ukuran kelayakan biplot

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

$$p^2 = \frac{114,6287 + 65,3499}{114,6287 + 65,3499 + 40,6267 + 24,9033 + 18,0222 + 12,0800 + 8,2183 + 4,4684 + 3,7982 + 3,3903 + 1,9855 + 1,2772 + 0,2514}$$

$$p^2 = 0,601935 \approx 60\%$$

Nilai p^2 yang diperoleh yaitu 0,601935 maka informasi yang diberikan oleh biplot sebesar 60%. Biplot yang mampu memberikan informasi sebesar 70% dari seluruh informasi dianggap cukup

(Mattjik & Sumertajaya, 2011), sehingga biplot diperoleh memberikan penyajian yang kurang baik dari keseluruhan informasi yang terkandung dalam data yang sebenarnya.

KESIMPULAN

Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan indikator kesejahteraan masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2021 menggunakan analisis biplot terbagi menjadi 4 kelompok, yaitu: kelompok 1 terdiri dari Kota Makassar, Kabupaten Pinrang dan Luwu, kelompok 2 terdiri dari Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Wajo, Takalar, Bulukumba, Soppeng, Bone, Jeneponto, Gowa, Maros, Sirenreng Rappang dan Barru, kelompok 3 terdiri dari Kabupaten Sinjai, Luwu Utara, Kepulauan Selayar dan Bantaeng, dan kelompok 4 terdiri dari Kota Parepare, Kota Palopo, Kabupaten Tana Toraja, Toraja Utara, Luwu Timur dan Enrekang. Dengan keragaman indikator kesejahteraan masyarakat yang paling besar adalah harapan lama sekolah (X_4) dan rata-rata lama sekolah (X_5). Adapun variabel yang saling mempengaruhi dan berkorelasi positif yaitu harapan lama sekolah (X_4) dan menggunakan telepon seluler (HP) (X_{12}), dengan sudut yang terbentuk sebesar $0,5^\circ$. Semakin meningkatnya harapan lama sekolah maka yang menggunakan telepon seluler (HP) semakin bertambah. Adapun ukuran kelayakan biplot yang diperoleh adalah 60% dari keseluruhan informasi yang terkandung dalam data yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., & Rorres, C. (2004). *Aljabar linear elementer. Edisi Kedelapan*. Jakarta: Erlangga.
- Anuraga, G. (2015). Analisis biplot untuk pemetaan karakteristik kemiskinan pada kabupaten/kota di Jawa Timur. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, 7(1). 26-34.
- Ariawan, I. M. A., Kencana, I. P. E. N., & Suciptawati, N. L. P. (2013). Komparasi analisis gerombol (cluster) dan biplot dalam pengelompokan. *E-jurnal matematika*, 2(4), 17-22.
- Badan Pusat Statistik. (30 November 2021). Indikator kesejahteraan rakyat provinsi Sulawesi Selatan. <https://sulsel.bps.go.id/publication/indikator-kesejahteraan-rakyat-provinsi-sulawesi-selatan-2021.html>. diakses pada tanggal 30 Maret 2022.
- Badan Pusat Statistik. (25 Februari 2022). Badan pusat statistik provinsi Sulawesi Selatan. <https://sulsel.bps.go.id/publication/provinsi-sulawesi-selatan-dalam-angka-2022.html>. diakses pada tanggal 30 Maret 2022.
- Dwitiyanti, N., Selvia, N., & Andrari, F. R. (2019). Penerapan fuzzy c-means cluster dalam pengelompokan provinsi Indonesia menurut indikator kesejahteraan rakyat. *Faktor Exacta*, 12(3). 201-209.
- Heriyanto, B., & Kinansi, R. R. (2012). Analisis biplot pada data kasus penyakit di beberapa daerah di Indonesia tahun 2009. *Balai besar penelitian dan pengembangan vektor dan reservoir penyakit salitiga*. 41(2). 120-130.
- Jolliffe, I. T., Cadima, J., & Cadima, J. (2016). *Principal component analysis : a review and recent developments Subject Areas : Author for correspondence*.
- 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.
- Mattjik, A. A., & Sumertajaya, I. M. (2011). *Sidik Peubah Ganda dengan Menggunakan SAS*. Bogor: IPB PRESS
- Pogalin, R. O. M., Mongi, C. E., & Nainggolan, N. (2021). Analisis biplot untuk pemetaan kabupaten/kota di provinsi Sulawesi Utara berdasarkan beberapa variabel pendidikan. *Jurnal Mipa*, 10(1). 1-4.

- Pualalo, A. F., Rindengan, A., & Hatidja, D. (2018). Karakteristik mutu pelayanan proses pembelajaran di program studi biologi fmipa unsrat pada semester genap 2017/2018 menggunakan analisis biplot. *Fmipa Universitas Sam Ratulangi Manado*, 19(2), 74–80.
- Rohman, R. H. I. N. (2019). *Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Berbasis Kearifan Lokal di Pasar Kuna Lereng Desa Petir Kecamatan kalibagor Kabupaten Banyumas*. Universitas Islam Negeri Walisongo: Semarang.
- Waluya, R., & Achmad, A. I. (2021). Analisis biplot untuk pemetaan karakteristik kemiskinan kabupaten/kota di provinsi jawa barat tahun 2019. *Fmipa Universitas Islam Bandung*, 7(1). 295–307.
- Wijaya, S. B., & Prasajo, A. P. S. (2020). Analisis karakteristik potensi pesa dengan menggunakan analisis biplot. *Seminar nasional official statistics, 2019*(1), 407–415.