

PEMETAAN KABUPATEN/KOTA DI PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2023 BERDASARKAN KARAKTERISTIK INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM) DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS BIPLLOT DAN KLASTERISASI K-MEANS

Rhesinta Alya Rohali *, Nuramaliyah

Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Indonesia

**Penulis korespondensi: rhesintaalya19@gmail.com*

ABSTRAK

Kemiskinan, akses terbatas terhadap pendidikan, dan distribusi layanan kesehatan yang tidak merata menjadi tantangan utama dalam peningkatan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Jawa Timur, sebagai provinsi yang mengalami tren peningkatan IPM sejak 2020, menunjukkan variasi signifikan antar kabupaten/kota yang mencerminkan kesenjangan kesejahteraan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan dan mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan karakteristik IPM dengan menggunakan metode analisis biplot dan klusterisasi K-Means. Analisis biplot mengidentifikasi dua faktor utama penyusun keragaman data, yaitu faktor ekonomi (persentase penduduk miskin, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita) serta faktor sosial (usia harapan hidup dan harapan lama sekolah), yang menjelaskan 87,2% total keragaman. Analisis kluster K-Means menghasilkan tiga kelompok kabupaten/kota dengan karakteristik pembangunan yang serupa, terdiri dari 7 anggota di Cluster 1, 9 anggota di Cluster 2, dan 22 anggota di Cluster 3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan yang tepat untuk mengurangi kesenjangan pembangunan dan kemiskinan di Jawa Timur.

Kata kunci: indeks pembangunan manusia, pengelompokkan wilayah, analisis biplot, analisis cluster K-Means, klasifikasi

1 PENDAHULUAN

Kualitas sumber daya manusia dapat menjadi salah satu faktor utama penyebab kemiskinan (Huda, 2020). Menurut (Ristika et al., 2021) ada beberapa faktor yang menyebabkan kemiskinan, di antaranya: rendahnya kualitas sumber daya manusia (SDM), pengelolaan sumber daya alam (SDA) yang tidak terkontrol, rendahnya tingkat pendidikan, kurangnya pengetahuan dalam mengembangkan sektor-sektor ekonomi, tingginya tingkat pengangguran, penurunan terus-menerus dalam pertumbuhan ekonomi, serta berbagai faktor lain yang turut berperan dalam munculnya kemiskinan.

Kemiskinan, akses yang terbatas terhadap pendidikan, dan distribusi layanan kesehatan yang tidak merata menjadi faktor utama yang menghambat peningkatan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di suatu daerah. Situasi ini menunjukkan bahwa upaya pembangunan tidak hanya memerlukan pertumbuhan ekonomi, tetapi juga perhatian terhadap pemerataan kesejahteraan masyarakat. Pertumbuhan ekonomi seringkali terkait dengan peningkatan jumlah barang dan jasa yang dihasilkan oleh masyarakat. Oleh karena itu, pemerintah sebagai pelaksana pembangunan tentu

memerlukan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas sebagai modal utama dalam menjalankan proses pembangunan (Rosyadah, 2021).

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan indikator yang digunakan untuk menilai kemajuan dalam peningkatan kualitas hidup manusia (Ramadanisa et al., 2022). Pengembangan IPM oleh United Nations Development Program (UNDP) bertujuan memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas hidup manusia melalui indikator ekonomi. Pengukuran kemajuan pembangunan kualitas hidup manusia tersebut, dapat dilakukan dengan menggunakan indikator dampak sebagai komponen utama perhitungannya, seperti angka harapan hidup saat lahir, pencapaian yang diukur melalui angka melek huruf dan rata-rata lama sekolah, serta pengeluaran konsumsi (Ariani et al., 2021).

Di Indonesia, IPM digunakan sebagai salah satu indikator utama untuk mengevaluasi capaian pembangunan daerah, sekaligus sebagai panduan untuk merumuskan kebijakan pembangunan. Menurut data Badan Pusat Statistika (BPS, 2023) selama periode 2020 sampai 2023, IPM Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang positif. Pada tahun 2023, IPM tumbuh sebesar 0,84 persen, angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pertumbuhan IPM pada tahun 2021 yang hanya mencapai 0,48 persen. Pertumbuhan IPM di tahun 2023 terutama didorong oleh pemulihan pada dimensi standar hidup layak, yang diwakili oleh variabel pengeluaran riil per kapita yang telah disesuaikan. Meningkatnya IPM mengindikasikan perbaikan kualitas sumber daya manusia. Setiap provinsi di Indonesia juga memiliki Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang menjadi salah satu indikator untuk mengukur Tingkat pembangunan di wilayah tersebut (Ihyakulumudin et al., 2022). Namun, meskipun telah terjadi peningkatan IPM secara nasional, kesenjangan antar wilayah masih menjadi tantangan besar. Wilayah-wilayah tertentu, terutama yang terpencil dan kurang berkembang, sering kali memiliki nilai IPM yang jauh di bawah rata-rata nasional.

Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi terbesar di Pulau Jawa dan memiliki jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistika (BPS) Jawa Timur (2024), sejak 2020, IPM Jawa Timur menunjukkan tren yang meningkat. Pada tahun 2020, IPM Jawa Timur berada pada angka 73,04. Selama periode tiga tahun, yaitu pada tahun 2023 IPM Jawa Timur mampu mencapai angka 74,65 dan menempati posisi ke-13 setelah Aceh (74,70) dan Kalimantan Selatan (74,66). Kota Malang mencatatkan IPM tertinggi di Jawa Timur dengan nilai sebesar 84,00, sementara IPM terendah terdapat di Kabupaten Sampang dengan nilai 66,19. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui terdapat variasi yang signifikan dalam nilai IPM antar kabupaten/kota. Hal ini mencerminkan adanya perbedaan dalam tingkat kesejahteraan masyarakat di berbagai daerah. Beberapa daerah maju memiliki nilai IPM yang tinggi, sementara daerah lain yang masih tertinggal menunjukkan nilai yang lebih rendah.

Pemetaan kabupaten/kota berdasarkan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menjadi krusial untuk memahami pola dan kesenjangan pembangunan di Jawa Timur. Pemetaan ini dapat memberikan gambaran yang jelas di masing-masing wilayah, sehingga dapat menjadi dasar dalam merumuskan kebijakan dan program untuk mengatasi kemiskinan secara efektif dan tepat sasaran. Penggunaan metode analisis biplot telah dibahas pada penelitian sebelumnya oleh (Padang et al., 2019) tentang Analisis Biplot pada Pemetaan Karakteristik Kemiskinan di Provinsi Sulawesi Utara. Berikutnya, penelitian yang dilakukan oleh (Irwan et al., 2023) tentang Penggunaan

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

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah analisis biplot dan kluster K-Means. Kedua metode statistika tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan data berdasarkan variabel-variabel yang membedakan antara satu data dengan data lainnya. Analisis biplot digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara dimensi IPM dan karakteristik kabupaten/kota dalam satu ruang grafis yang sederhana namun informatif. Sedangkan cluster K-Means digunakan untuk mengelompokkan daerah berdasarkan kesamaan karakteristik IPM, sehingga setiap kelompok mencerminkan kondisi pembangunan yang serupa. Gabungan kedua metode ini memungkinkan visualisasi data yang lebih mudah dipahami dan analisis yang mendalam. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengklasifikasikan kabupaten/kota yang memiliki kemiripan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan kabupaten/kota yang lainnya di Provinsi Jawa Timur. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan untuk mengentaskan kemiskinan di Jawa Timur oleh instansi terkait.

2 METODE

2.1 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur tahun 2023 dengan variabel sebagai berikut.

Tabel 1. Data Karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Variabel	Keterangan
X ₁	Persentase Penduduk Miskin
X ₂	Usia Harapan Hidup (UHH)
X ₃	Harapan Lama Sekolah (HLS)
X ₄	Rata-Rata Lama Sekolah (RLS)
X ₅	Pengeluaran Riil per Kapita (PPK)

Sumber: Data BPS Jawa Timur 2023

2.2 Analisis Biplot

Analisis biplot merupakan metode multivariat yang memanfaatkan baris dan kolom pada sebuah grafik. Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan objek serta variabel secara bersamaan dalam konteks objek yang sedang diteliti. Biplot adalah teknik statistik deskriptif multidimensi yang mampu memvisualisasikan sekelompok objek pengamatan dan variabel secara bersamaan dalam grafik dua dimensi. Hal ini memungkinkan analisis karakteristik variabel, objek pengamatan, serta posisi relatif di antara keduanya (Zulhayana, 2024).

Analisis biplot mengintegrasikan informasi dari dua jenis plot yang sering digunakan dalam analisis multivariat, yaitu plot skor dan plot loading. Plot skor menggambarkan posisi objek dalam ruang multidimensi, sementara plot loading menunjukkan kontribusi setiap variabel terhadap dimensi-dimensi tersebut. Dengan menggabungkan kedua informasi ini dalam satu plot, analisis biplot memungkinkan visualisasi yang lebih jelas dan informatif mengenai pola-pola dalam data (Kuswardono, 2024).

2.2.1 Penguraian *Singular Value Decomposition* (SVD)

Singular Value Decomposition (SVD) bertujuan untuk mendekomposisi matriks X berukuran $n \times p$, di mana n merepresentasikan jumlah objek pengamatan dan p merepresentasikan jumlah variabel, menjadi tiga matriks. Misalkan terdapat sebuah matriks data dengan ukuran tertentu, di mana jumlah pengamatan dan jumlah variabel telah disesuaikan terhadap nilai rata-ratanya, maka matriks tersebut dapat diuraikan sebagai berikut (Sharma, 1996).

$$X_{n \times p} = U_{n \times r} L_{r \times r} A'_{r \times p} \quad (1)$$

Keterangan:

$X_{n \times p}$: matriks data berukuran $(n \times p)$ yang telah disesuaikan dengan nilai rata-ratanya

$U_{n \times r}$: matriks berukuran $(n \times r)$ dengan kolom-kolom yang disebut sebagai vektor singular kolom, berfungsi sebagai basis ortonormal untuk kolom-kolom matriks dalam ruang berdimensi n

$L_{r \times r}$: matriks berukuran $(r \times r)$ dengan elemen-elemen diagonal utamanya merupakan nilai singular dari matriks X , yang diperoleh sebagai akar kuadrat dari nilai eigen matriks $X'X$

$A'_{r \times p}$: matriks berukuran $(r \times p)$ dengan kolom-kolomnya berupa vektor eigen dari matriks $X'X$. Kolom-kolom ini disebut vektor singular baris, yang berfungsi sebagai basis ortonormal untuk kolom-kolom matriks X dalam ruang dimensi p

2.2.2 Faktorisasi Matriks

Analisis biplot dibangun berdasarkan matriks data, di mana kolom-kolom matriks tersebut merepresentasikan variabel, dan baris-barisnya merepresentasikan objek penelitian. Matriks data ini, yang disebut sebagai matriks X , terdiri dari p variabel penelitian dan n objek yang diamati. Dari matriks X , dapat dibentuk dua matriks, yaitu matriks G dan H . Matriks ini didefinisikan sebagai $G = UL^\alpha$ dengan ukuran $n \times r$ dan $H' = L^{1-\alpha}A'$ dengan ukuran $r \times p$, di mana r merupakan rank matriks data X , parameter α berada dalam rentang $0 \leq \alpha \leq 1$.

$$X = UL^\alpha L^{1-\alpha} A' = GH' \quad (2)$$

Dengan demikian, elemen ke- (i,j) dari matriks X dapat dinyatakan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_{ij} = g'_i h_j \quad (3)$$

Keterangan:

g'_i : $1,2,3, \dots, n$ merupakan baris-baris matriks G

h_j : $1,2,3, \dots, p$ merupakan baris-baris matriks H

Vektor pengaruh baris g_i dan vektor pengaruh kolom h_j dapat direpresentasikan secara jelas dalam ruang berdimensi dua apabila matriks X memiliki rank dua. Hal ini terjadi jika X mempunyai rank dua ($r = 2$) dan g'_i serta h'_j masing-masing memiliki dua elemen, sehingga matriks G berukuran $n \times 2$ dan matriks H berukuran $p \times 2$. Pemilihan nilai α bersifat bebas, asalkan memenuhi syarat $0 \leq \alpha \leq 1$. Menurut (Jolliffe, 2002) memilih nilai ekstrim $\alpha = 0$ dan $\alpha = 1$ dapat mempermudah interpretasi biplot. Jika nilai $\alpha = 0$, maka $G = U$ dan $H = AL$, sehingga persamaan berikut dapat diperoleh.

$$X'X = HH' = (n - 1)S \quad (4)$$

Hasil perkalian $h_j' h_k$ di mana h_j dan h_k adalah elemen dari baris ke- j dan baris ke- k pada matriks H dengan $j, k = 1, 2, \dots, p$ akan setara dengan $(n - 1)$ dikalikan dengan S_{jk} . Nilai $h_j' h_k$ merepresentasikan keragaman pada variabel ke- k , yang dapat dilihat dari panjang vektor h_j , yaitu $\|h_j\|$. Sementara itu, korelasi antara variabel ke- j dan ke- k ditunjukkan oleh kosinus sudut antara vektor h_j dan h_k , dengan persamaan sebagai berikut.

$$\cos \theta = \frac{h_j' h_k}{(h_j' h_j)(h_k' h_k)} \quad (5)$$

2.2.3 Ukuran Keragaman Biplot

Data yang digunakan dalam analisis biplot direduksi ke dalam dimensi yang lebih rendah. Untuk mengukur sejauh mana pendekatan ini dilakukan, perlu dihitung total inersia. Total inersia menggambarkan persentase kategori atau informasi yang hilang. Nilai total inersia dapat diperoleh dengan menggunakan notasi berikut (Purwandari et al., 2021).

$$\begin{aligned} \text{trace}(F^T F) &= \text{trace}(\Lambda) \\ \tau_d &= \left(\frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_d}{\sum_{k=1}^r \lambda_k} \right) \end{aligned}$$

Cakupan varians untuk setiap dimensi dapat dinyatakan dengan notasi berikut (Purwandari et al., 2021).

$$\tau_d = \frac{\sum_{k=1}^d \lambda_k}{\sum_{k=1}^r \lambda_k} \quad (6)$$

Keterangan:

λ_k : nilai eigen ke- k ($k = 1, 2, \dots, r$)

τ_d : varians yang tercakup

Jika nilainya mendekati satu, maka biplot memberikan representasi yang semakin baik tentang informasi dari data yang sebenarnya.

2.3 Metode Kluster

Analisis kluster adalah teknik multivariat interdependensi yang bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek ke dalam sebuah kluster, sehingga objek-objek tersebut memiliki kesamaan maksimal ketika dikelompokkan dalam satu kluster, atau sebaliknya (Sharma, 1996).

Analisis Kluster K-Means adalah salah satu metode kluster non-hierarki yang berusaha membagi objek-objek yang ada ke dalam satu atau lebih kluster menggunakan rumus jarak Euclidean sebagai berikut.

$$\begin{aligned} d(x, y) &= |x - y| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \\ i &= 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (7)$$

Keterangan:

x_i : objek ke- i pada x

y_i : objek ke- i pada y

n : jumlah objek

K-Means digunakan untuk mengelompokkan objek-objek ke dalam kelompok tertentu berdasarkan kedekatan jarak antar objek dengan titik pusat (*centroid*). Penentuan banyaknya *cluster* (k) pada metode ini dilakukan sesuai kehendak peneliti.

2.4 Langkah Analisis

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini.

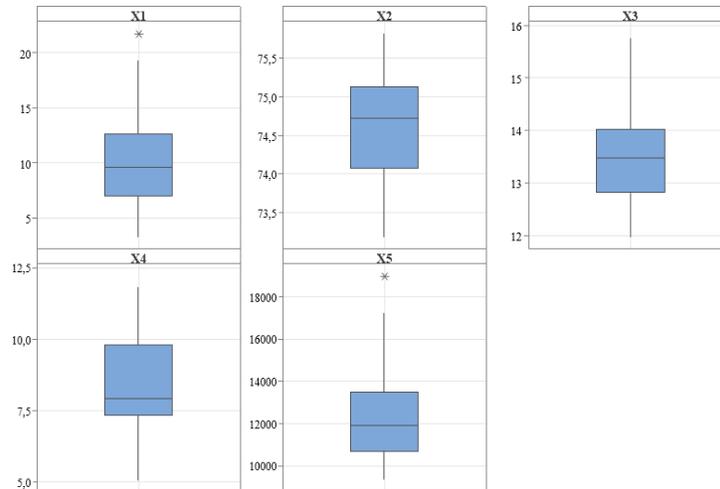
1. Mengumpulkan data terkait faktor-faktor Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur tahun 2023.
2. Melakukan analisis deskriptif sebagai informasi awal.
3. Melakukan analisis biplot dengan tahap-tahap sebagai berikut (Utami et al., 2023).
 - a. Menyusun data observasi dalam bentuk matriks $X_{(n \times p)}$
 - b. Menghitung matriks $X'X$
 - c. Menghitung nilai eigen dari matriks $X'X$ dan memilih 2 nilai eigen terbesar
 - d. Menentukan matriks U, L, dan A hasil transformasi matriks menggunakan SVD
 - e. Menghitung ukuran kelayakan biplot berdasarkan dua nilai eigen terbesar; jika nilainya cukup besar ($\geq 70\%$), sehingga pendekatan biplot dapat digunakan untuk menyajikan visualisasi matriks data X
 - f. Membuat matriks baris G dan kolom H' yang dihasilkan dari SVD matriks X
 - g. Membuat grafik biplot menggunakan matriks G dan H sebagai koordinat
4. Melakukan analisis K-Mean dengan tahap-tahap sebagai berikut (Johnson and Wichern, 2007).
 - a. Menentukan jumlah kluster k (kelompok) dan centroid untuk setiap kelompok
 - b. Menghitung jarak antara setiap objek dan setiap centroid
 - c. Menghitung ulang rata-rata (centroid) untuk kelompok yang baru terbentuk
 - d. Mengulangi langkah (b) sampai tidak ada objek yang berpindah antar kelompok
5. Menyimpulkan hasil yang diperoleh dari visualisasi dan pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur tahun 2023.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil analisis terhadap data karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023 dengan menggunakan metode biplot dan kluster K-Means.

3.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif pada karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023 dapat ditunjukkan secara visual dengan melihat *Boxplot* pada Gambar 1 berikut.

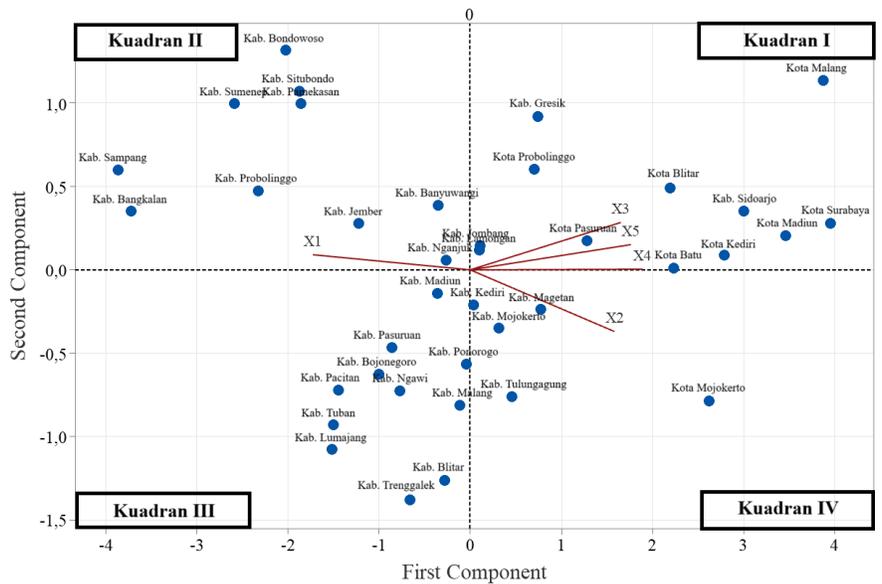


Gambar 1. *Boxplot* Karakteristik IPM di Jawa Timur tahun 2023

Berdasarkan gambar di atas, *boxplot* pada data Persentase Penduduk Miskin (X_1) menunjukkan sebaran data yang cukup luas dengan median mendekati bagian bawah kotak (kuartil bawah). Terdapat satu outlier yang cukup jauh di atas, menunjukkan adanya nilai ekstrem yang lebih besar. Distribusi data sedikit condong ke bawah (negatively skewed), karena median mendekati bagian bawah dari kotak. Pada data Usia Harapan Hidup (X_2) sebaran data sangat sempit dengan median berada hampir di tengah kotak dan tidak ada outlier yang terlihat. Sebaran data yang kecil menunjukkan bahwa nilai-nilai data tersebut sangat konsisten dan mendekati rata-rata. Data Harapan Lama Sekolah (X_3) memiliki rentang data cukup sempit dengan median yang terletak hampir di tengah kotak dan tidak ada outlier yang terlihat. Distribusi data juga terlihat cukup simetris. Pada data Rata-Rata Lama Sekolah (X_4) *boxplot* menunjukkan rentang data yang lebih luas dibandingkan X_3 dan X_2 , tetapi lebih kecil dibandingkan X_1 . Median terletak mendekati kuartil bawah, menunjukkan distribusi data sedikit condong ke atas (*positively skewed*) serta tidak ada outlier yang terlihat. Pada data Pengeluaran Riil per Kapita (X_5) rentang data sangat luas dengan median berada sedikit di bawah tengah kotak. Terdapat outlier di bagian atas, yang menunjukkan adanya nilai ekstrem yang jauh lebih besar. Distribusi data terlihat cukup simetris di dalam rentang utama, tetapi outlier menunjukkan adanya ketidakseimbangan.

3.2 Analisis Biplot

Berdasarkan tahapan analisis biplot terhadap data karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023, diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 2. *Biplot* Karakteristik IPM di Jawa Timur tahun 2023

Gambar 2 menunjukkan hasil pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur tahun 2023 berdasarkan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan informasi sebagai berikut:

a. Kedekatan antar Objek

Kedekatan antar objek digunakan untuk mengidentifikasi kabupaten/kota yang memiliki karakteristik serupa dengan kabupaten/kota lainnya. Kabupaten/kota yang terletak pada kuadran yang sama menunjukkan kesamaan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia yang cukup dekat, jika dibandingkan dengan kabupaten/kota yang berada pada kuadran yang berbeda. Berdasarkan Gambar 2, dapat diperoleh informasi mengenai kabupaten/kota yang berada pada kuadran yang sama sebagai berikut.

- Kuadran 1 mencakup 12 kabupaten/kota yaitu Kab. Lamongan, Kab. Jombang, Kota Probolinggo, Kab. Gresik, Kota Pasuruan, Kota Batu, Kota Blitar, Kota Kediri, Kab. Sidoarjo, Kota Madiun, Kota Surabaya, dan Kota Malang yang berarti memiliki karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang sama yaitu Harapan Lama Sekolah (X_3), Rata-Rata Lama Sekolah (X_4) dan Pengeluaran Riil per Kapita (X_5).
- Kuadran 2 mencakup 10 kabupaten/kota yaitu Kab. Nganjuk, Kab. Banyuwangi, Kab. Jember, Kab. Probolinggo, Kab. Sumenep, Kab. Pamekasan, Kab. Situbondo, Kab. Bondowoso, Kab. Bangkalan, dan Kab. Sampang memiliki karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang sama yaitu Persentase Penduduk Miskin (X_1).
- Kuadran 3 mencakup 11 kabupaten/kota yaitu Kab. Madiun, Kab. Pasuruan, Kab. Bojonegoro, Kab. Ponorogo, Kab. Pacitan, Kab. Ngawi, Kab. Malang, Kab. Tuban, Kab. Lumajang, Kab. Blitar, dan Kab. Trenggalek, dimana kabupaten/kota tersebut tidak memiliki karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM).
- Kuadran 4 mencakup 5 kabupaten/kota yaitu Kab. Kediri, Kab. Mojokerto, Kab. Magetan, Kab. Tulungagung, dan Kota Mojokerto memiliki karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang sama yaitu Usia Harapan Hidup (X_2).

b. Keragaman Variabel

Keragaman variabel dapat dilihat melalui panjang vektor masing-masing variabel. Analisis biplot pada penelitian ini, data terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan rata-rata dan standar deviasi, sehingga keragaman variabel dapat dianggap seragam. Proses standarisasi ini dilakukan karena data yang digunakan memiliki variasi rentang nilai yang sangat besar. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa setiap variabel memiliki panjang vektor yang hampir seragam, yang menunjukkan bahwa keragaman dari variabel-variabel tersebut juga seragam.

c. Hubungan antar Variabel

Hubungan linier antar variabel dapat dilihat dari besar sudut yang terbentuk oleh dua vektor variabel. Semakin kecil sudut yang terbentuk, semakin tinggi korelasi positif yang terjadi antar kedua variabel, seperti yang terlihat pada variabel Harapan Lama Sekolah (X_3) dan Pengeluaran per Kapita (X_5). Selain itu, yang memiliki korelasi positif terjadi antara variabel Rata-Rata Lama Sekolah (X_4) dan Pengeluaran per Kapita (X_5). Jika kedua vektor memiliki arah yang berlawanan atau sudut yang terbentuk semakin besar, maka kedua variabel tersebut memiliki korelasi negatif, seperti yang terjadi pada variabel Persentase Penduduk Miskin (X_1) memiliki korelasi negatif dengan Usia Harapan Hidup (X_2) dan Rata-Rata Lama Sekolah (X_4).

d. Nilai Variabel pada Suatu Objek

Nilai variabel pada suatu objek digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik indeks pembangunan manusia pada masing-masing kabupaten/kota. Jika suatu kabupaten/kota berada searah dengan vektor karakteristik variabel yang dianalisis, hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki nilai karakteristik yang tinggi atau lebih baik dari rata-rata seluruh kabupaten/kota. Sebaliknya, jika suatu kabupaten/kota terletak berlawanan arah dengan vektor karakteristik, maka nilai karakteristiknya rendah atau berada di bawah rata-rata kabupaten/kota lainnya.

Gambar 2 menunjukkan bahwa kabupaten/kota yang searah dengan vektor Persentase Penduduk Miskin (X_1) yaitu Kab. Sampang, Kab. Bangkalan, Kab. Sumenep, Kab. Probolinggo, Kab. Pamekasan, Kab. Bondowoso, Kab. Situbondo, Kab. Madiun, dan Kab. Nganjuk, yang berarti kabupaten-kabupaten tersebut memiliki persentase penduduk miskin lebih tinggi jika dibandingkan dengan kabupaten/kota lainnya secara relatif.

Kabupaten/kota yang searah dengan vektor Usia Harapan Hidup (X_2) yaitu Kota Surabaya, Kota Mojokerto, Kota Kediri, Kab. Magetan, dan Kota Batu. Sedangkan Kab. Bondowoso, Kab. Situbondo, Kab. Bangkalan, Kab. Sampang, Kab. Pamekasan, Kab. Sumenep, Kab. Probolinggo, Kab. Banyuwangi, dan Kab. Jember adalah wilayah yang berlawanan arah dengan vektor Usia Harapan Hidup (X_2).

Kabupaten/kota yang searah dengan vektor Harapan Lama Sekolah (X_3), Rata-Rata Lama Sekolah (X_4), dan Pengeluaran Riil per Kapita (X_5) adalah Kota Malang, Kota Kediri, Kab. Sidoarjo, Kota Surabaya, Kota Blitar, Kota Batu, Kota Madiun, Kab. Magetan, Kota Mojokerto, Kab. Gresik, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, dan Kab. Jombang.

3.2.1 Ukuran Kelayakan Biplot

Kelayakan Biplot dapat diukur dengan menghitung rasio dari dua nilai eigen terbesar terhadap total nilai eigen. Berikut merupakan hasil dari ukuran kelayakan biplot yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Kelayakan Biplot

Dimensi	<i>Eigenvalue</i>	<i>Proportion</i>	<i>Cumulative</i>
1	3,8618	0,772	0,772
2	0,4987	0,100	0,872
3	0,2968	0,059	0,931
4	0,2556	0,051	0,983
5	0,0871	0,017	1,000

Sumber: Output Software Minitab

Tabel 2 menunjukkan bahwa keragaman yang dapat dijelaskan oleh faktor 1 mencapai 77,2%, sementara faktor 2 menjelaskan 10%. Kedua faktor tersebut secara keseluruhan dapat menjelaskan 87,2% dari keragaman total. Berdasarkan nilai eigen dan persentase kumulatif dari kedua faktor tersebut sudah cukup mewakili keragaman-keragaman variabel asal.

3.2.2 Faktor yang Terbentuk

Analisis biplot juga menghasilkan *Component matrix* yang merupakan hasil dari proses rotasi (*Rotated Component Matrix*) yang berfungsi untuk menentukan faktor mana yang menjadi tempat suatu variabel, yang ditentukan dengan memperhatikan nilai korelasi terbesar.

Tabel 3. Keragaman Variabel Penelitian

Variabel	RC1	RC2
X ₁	-0,447	0,182
X ₂	0,410	-0,742
X ₃	0,428	0,569
X ₄	0,490	0,007
X ₅	0,457	0,202

Sumber: Output Software Minitab

Faktor-faktor baru yang dihasilkan sebagai berikut.

Tabel 4. Faktor Terbentuk

Faktor 1	Persentase Penduduk Miskin (X ₁)
	Rata-Rata Lama Sekolah (X ₄)
	Pengeluaran per Kapita (X ₅)
Faktor 2	Usia Harapan Hidup (X ₂)
	Harapan Lama Sekolah (X ₃)

Sumber: Output Software Minitab

3.3 Analisis Kluster K-Means

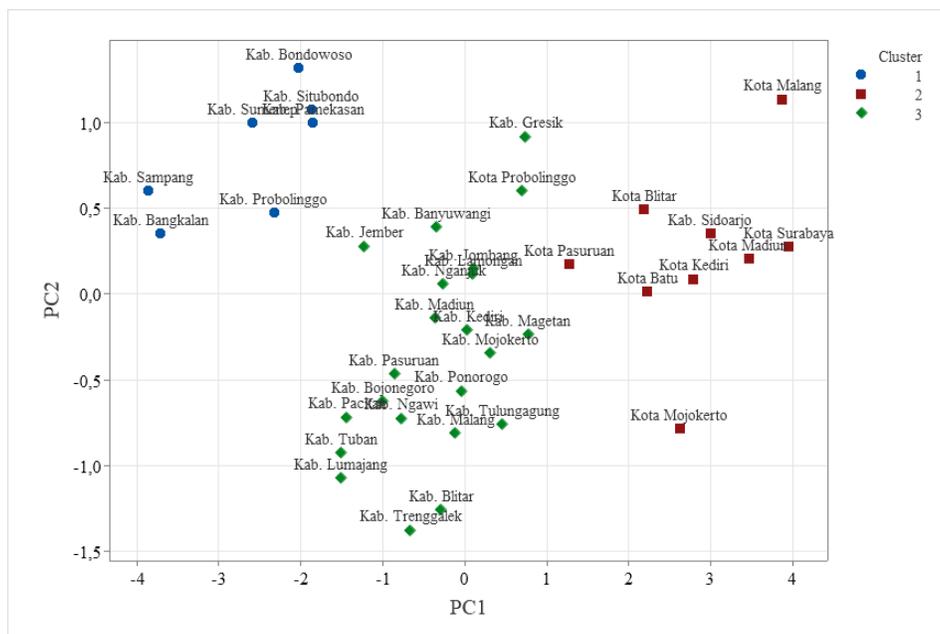
Karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) memiliki nilai skala yang berbeda-beda, sehingga perlu dilakukan standarisasi untuk mengurangi variasi data antar variabel. Pada analisis *cluster* K-Means ini telah ditentukan pengelompokan kabupaten/kota sebanyak 3 *cluster*. Berikut merupakan hasil analisis *cluster* K-Means dengan menggunakan *software* Minitab.

Tabel 5. Jumlah Anggota *Cluster*

	Jumlah Anggota
<i>Cluster</i> 1	7
<i>Cluster</i> 2	9
<i>Cluster</i> 3	22

Sumber: Output *Software* Minitab

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui jumlah anggota setiap *cluster*. *Cluster* 1 memiliki jumlah anggota 7 kabupaten/kota, *Cluster* 2 memiliki jumlah anggota 9 kabupaten/kota, dan *Cluster* 3 memiliki jumlah anggota 22 kabupaten/kota. Adapun persebaran kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023 berdasarkan *cluster* tersebut ditunjukkan pada Gambar 3 seperti berikut.



Gambar 3. Persebaran Kabupaten/Kota di Jawa Timur tahun 2023

Gambar 3 diketahui bahwa *cluster* 1 (warna biru) kabupatennya cenderung menyebar di sisi negatif (PC 1) dan positif (PC 2), *cluster* 2 (warna merah) menyebar di sisi positif (PC 1) hal ini menunjukkan daerah dengan karakteristik yang sangat berbeda dengan yang lainnya. Sedangkan *cluster* 3 (warna hijau) menyebar diantara kedua *cluster* dan mencakup kabupaten dengan pengaruh variabel yang bervariasi. Masing-masing *cluster* dapat diketahui secara detail pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Anggota *Cluster*

<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>
Kab. Bondowoso	Kab. Sidoarjo	Kab. Pacitan
Kab. Situbondo	Kota Kediri	Kab. Ponorogo
Kab. Probolinggo	Kota Blitar	Kab. Trenggalek
Kab. Bangkalan	Kota Malang	Kab. Tulungagung
Kab. Sampang	Kota Pasuruan	Kab. Blitar
Kab. Pamekasan	Kota Mojokerto	Kab. Kediri
Kab. Sumenep	Kota Madiun	Kab. Malang
	Kota Surabaya	Kab. Lumajang
	Kota Batu	Kab. Jember
		Kab. Banyuwangi
		Kab. Pasuruan
		Kab. Mojokerto
		Kab. Jombang
		Kab. Nganjuk
		Kab. Madiun
		Kab. Magetan
		Kab. Ngawi
		Kab. Bojonegoro
		Kab. Tuban
		Kab. Lamongan
		Kab. Gresik
		Kota Probolinggo

Sumber: Output Software Minitab

4 KESIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023 berdasarkan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebagai berikut.

1. Berdasarkan analisis biplot pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2023 berdasarkan karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terbentuk menjadi 2 faktor utama, yaitu faktor 1 terdiri dari Persentase Penduduk Miskin (X_1), Rata-Rata Lama Sekolah (X_4), dan Pengeluaran per Kapita (X_5). Sedangkan faktor 2 terdiri dari Usia Harapan Hidup (X_2) dan Harapan Lama Sekolah (X_3). Kedua faktor tersebut mampu menjelaskan keragaman total sebesar 87,2%, sehingga sudah cukup mewakili keragaman-keragaman variabel asal.
2. Berdasarkan analisis *cluster* K-Means diperoleh 3 *cluster* yang memiliki kemiripan dalam karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Timur tahun 2023. *Cluster 1* memiliki jumlah anggota 7 kabupaten/kota, *Cluster 2* memiliki jumlah anggota 9 kabupaten/kota, dan *Cluster 3* memiliki jumlah anggota 22 kabupaten/kota.

Berdasarkan hasil pengelompokan karakteristik indikator IPM kabupaten/kota untuk setiap *cluster* diketahui, pemerintah Provinsi Jawa Timur dapat merumuskan arahan dan kebijakan yang sesuai dengan karakteristik masing-masing *cluster*. Kebijakan ini dapat diberikan kepada kabupaten/kota yang tergabung dalam *Cluster* 1 dan 3, dengan tujuan meningkatkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di wilayah masing-masing. Hal ini dapat dilakukan dengan lebih memprioritaskan penyusunan program dan kegiatan yang relevan dengan indikator penyusun IPM. Penelitian berikutnya diharapkan dapat mencakup penambahan variabel karakteristik lainnya untuk memetakan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur, sehingga dapat diperoleh kesimpulan yang lebih komprehensif sebagai dasar dalam pengambilan kebijakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian "Pemetaan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2023 Berdasarkan Karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan Menggunakan Analisis Biplot dan Klusterisasi K-Means" ini dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian ini tidak akan berhasil tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Badan Statistik Provinsi Jawa Timur atas penyediaan data dan informasi yang akurat serta relevan yang menjadi dasar utama penelitian ini, serta dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan akademik selama proses penelitian, sehingga kami dapat mencapai hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, M. N., & Juliannisa, I. A. (2021). Analisis Indikator komposit Indeks Pembangunan Manusia dan Kemiskinan terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Banten. *Jurnal Dinamika ekonomi dan Bisnis*, 18(01), 1–12. <http://dx.doi.org/10.34001/jdeb.v18i1.1504>
- BPS. Indeks Pembangunan Manusia 2023. Retrieved November 15, 2024, from bps.go.id website: <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/05/13/8f77e73a66a6f484c655985a/human-development-index-2023.html>
- BPS Provinsi Jawa Timur. Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Timur 2023. Retrieved November 15, 2024, from jatim.bps.go.id website: <https://jatim.bps.go.id/id/publication/2024/05/20/6db5b563181355d2c47485e1/indeks-pembangunan-manusia-provinsi-jawa-timur-2023.html>
- Huda, D. A. N. (2020). Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia terhadap Kemiskinan Multidimensional di Negara Berkembang dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik. *Statistika Forum Teori dan Aplikasi Statistika*, 20(2), 75-82. <https://ejournal.unisba.ac.id/index.php/statistika/article/view/7148>
- I. T. Jolliffe. (2002). Principal component analysis, 2nd ed. in Springer series in statistics. New York: Springer.
- Ihyakulumudin, M., & Dewi, R. S. (2022). Analisis Biplot pada Pemetaan Indeks Karakter Siswa dan Pembangunan Manusia pada Provinsi di Indonesia. *Jurnal Educandum*, 8(1), 175. <https://blamakassar.e-journal.id/educandum/article/view/707>
- Irwan. Sanusi, W., & Nurani, Kahvi. (2023). Penggunaan Analisis Biplot dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Indikator Kesejahteraan Masyarakat. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 6(2), 177-187. <https://journal.unm.ac.id/index.php/JMATHCOS/article/view/3888>
- Johnson, R. A., & Winchern, D. W. (2007). Applied Multivariate Statistical Analysis (6th ed.).

- United State of America. Pearson Prentice Hall.
- Kuswardono, D. (2024). Penerapan Analisis Biplot pada Pemetaan 35 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Berdasarkan Karakteristik Ekonomi dan Kependudukan. *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa dan Matematika*, 2(2), 1-12. <https://doi.org/10.61132/arjuna.v2i2.717>
- Padang, D. L., Rindengan, A. J., & Kekenusa, J. S. (2019). Analisis Biplot pada Pemetaan Karakteristik Kemiskinan di Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 8(1), 49-52. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian/article/view/24595>
- Purwandari, T., Ginanjar, I., & Dewi, D. D. (2021). Multiple Correspondence Analysis for Identifying the Contribution of Infant Mortality Indicator Categories. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1), 1742-6596. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1776/1/012064/meta>
- Ramadanisa, N., & Triwahyuningtyas, N. (2022). Analisis Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, 1(7), 1049-1062. <https://publish.ojs-indonesia.com/index.php/SIBATIK/article/view/121>
- Ristika, E. D., Primandhana, W. P., & Wahed, M. (2021). Analisis Pengaruh Jumlah Penduduk, Tingkat Pengangguran Terbuka dan Indeks Pembangunan Manusia terhadap Tingkat Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, 12(2), 129-136. <https://eksis.unbari.ac.id/index.php/EKSIS/article/view/254>
- Rosyadah, J. A. (2021). Determinan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). *Indonesian Journal of Development Economics*, 4(1), 1080-1092. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/efficient/article/view/41076>
- Sharma, S. (1996). *Applied Multivariate Techniques*. New York: John Wiley and Sons.
- Utami, A. S., Pravitasari, A. A., & Irlandia. (2023). Analisis Biplot Pada Pengelompokan Kecamatan Di Kabupaten Tasikmalaya Berdasarkan Indikator Kemiskinan. *INFERENSI: Seminar Nasional Statistika XI 2022*, ISSN: 0216-308X. <https://iptek.its.ac.id/index.php/inferensi/article/view/19128>
- Zulhayana, S. (2024). Pemetaan Wilayah Berdasarkan Indikator Pemerataan Pendidikan Menggunakan Boplot di Sumatera Utara. *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 14(1), 145-152. <https://doi.org/10.47709/elektriase.v14i01.4585>