



Analisis Perkembangan Capaian Investasi dan Capaian Tenaga Kerja di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) 2020-2024 menggunakan *Dynamic Time Warping*

Fatma Sheifa Kanaya^{1*}, Arum Handini Primandari²

^{1,2}Program Studi Statistika, Universitas Islam Indonesia

²primandari.arum@uii.ac.id

Corresponding author email: 22611113@students.uui.ac.id

Abstract: *Special Economic Zones (SEZs) are a government strategy to encourage economic growth and increase employment in Indonesia. In fact, currently there are still inequalities between SEZs as seen through indicators of investment achievements and labor achievements, this study aims to group SEZs based on investment achievements and labor achievements starting in 2020-2024. The methods that will be used on SEZ success indicators are K-Means Clustering and Dynamic Time Warping (DTW). The results of this study indicate that there are 2 clusters of investment achievements, where SEZs in cluster 2 have a pattern of investment achievements that have decreased but then experienced a drastic increase, while cluster 2 has the same pattern as cluster 1 but the increase experienced by cluster 2 is not as high as cluster 1, and for cluster 3 is an SEZ that has a very fluctuating investment achievement pattern. Labor achievement results in 3 clusters, cluster 1 shows SEZs that have an inconsistent fluctuating pattern, cluster 2 is an SEZ that has experienced a significant increase but has decreased at the end of the period, and cluster 3 shows SEZs that have the highest labor achievement. The results of this study may provide an important overview for policy makers in determining the right strategy to encourage equitable distribution and development of SEZs*

Keywords: *Special Economic Zone, investment achievements, employment achievements, K-Means Clustering, Dynamic Time Warping (DTW)*

Abstrak: Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) merupakan strategi pemerintah untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan penyerapan tenaga kerja di Indonesia. Kenyataannya saat ini masih terdapat ketimpangan antar KEK yang dilihat melalui indikator capaian investasi dan capaian tenaga kerja, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan KEK berdasarkan capaian investasi dan capaian tenaga kerja dimulai pada tahun 2020-2024. Metode yang akan digunakan pada indikator keberhasilan KEK yaitu *K-Means Clustering* dan *Dynamic Time Warping* (DTW). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa capaian investasi terdapat 2 klaster, KEK pada klaster 2 memiliki pola capaian investasi yang sempat mengalami penurunan namun kemudian mengalami kenaikan yang drastis, sementara klaster 2 memiliki pola yang sama seperti klaster 1 tetapi kenaikan yang dialami klaster 2 tidak setinggi klaster 1, dan untuk klaster 3 merupakan KEK yang memiliki pola capaian investasi yang sangat fluktuatif. Capaian tenaga kerja menghasilkan 3 klaster, klaster 1 menunjukkan KEK yang memiliki pola fluktuasi yang tidak konsisten, klaster 2 merupakan KEK yang mengalami kenaikan signifikan namun mengalami penurunan di akhir periode, dan klaster 3 menunjukkan KEK yang memiliki capaian tenaga kerja paling tinggi. Hasil penelitian ini semoga dapat memberikan gambaran penting bagi pengambil kebijakan dalam menentukan strategi yang tepat agar mendorong pemerataan dan pengembangan KEK

Kata kunci: Kawasan Ekonomi Khusus, capaian investasi, capaian tenaga kerja, *K-Means Clustering, Dynamic Time Warping* (DTW).

I. PENDAHULUAN

Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) merupakan kebijakan strategis pemerintah yang bertujuan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, pemerataan ekonomi nasional, mendukung industrialisasi, dan meningkatkan penyerapan tenaga kerja di Indonesia. Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) memiliki fasilitas fiskal dan nonfiskal. Fasilitas fiskal meliputi pembebasan penyerahan barang/jasa kena pajak, pembebasan Bea masuk dan cukai, pengurangan pajak daerah 50%-100%, dan toko bebas Pajak Pertambahan Nilai (PPN) bagi pemegang paspor luar negeri. Sementara itu, fasilitas nonfiskal meliputi pelayanan perizinan berusaha, persetujuan bangunan gedung, pengadaan tanah, imigrasi, SNI tidak diwajibkan, persetujuan lingkungan oleh Badan Usaha Pengelola Kawasan (BUPP), tidak ada kewajiban ekspor, dan kepemilikan asing. Seluruh fasilitas fiskal dan nonfiskal ini memiliki landasan hukum yang kuat dalam PP Nomor 40 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Kawasan Ekonomi Khusus [1]. Dengan adanya fasilitas fiskal dan nonfiskal Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) diharapkan dapat



menarik investor dalam dan luar negeri serta memperkuat konektivitas perekonomian antarwilayah di Indonesia.

Meskipun Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) dirancang untuk mendorong percepatan ekonomi dan pemerataan ekonomi, namun implementasinya dinilai belum sepenuhnya berjalan efektif. Evaluasi terhadap capaian Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) masih mengalami sejumlah tantangan, salah satunya yaitu tidak konsistennya indikator kinerja yang digunakan dari tahun ke tahun. Hal yang terjadi menyulitkan upaya untuk menilai apakah capaian setiap KEK telah berhasil [2]. Sejalan dengan hal tersebut Sekretaris Kementrian Koordinator Bidang Perekonomian menyampaikan bahwa pengembangan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) masih menghadapi tantangan yang perlu dievaluasi secara menyeluruh [3].

Ketimpangan perkembangan antar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) merupakan isu yang penting untuk diperhatikan. Terdapat perbedaan signifikan dalam capaian investasi dan capaian tenaga kerja antar kawasan yang telah beroperasi. Seperti pada KEK Gresik pada tahun 2023 menjadi KEK dengan capaian investasi tertinggi yaitu sebesar Rp 31,4 triliun, berbeda dengan KEK Kendal yang memiliki capaian tenaga kerja paling tinggi hingga 2023 sebesar 21.553 orang [4]. Berdasarkan dari Siaran Pers Sekretariat Jenderal Dewan Nasional KEK, secara kumulatif hingga September 2024 capaian investasi diperoleh sebesar Rp 242,5 triliun, sementara capaian tenaga kerja yang terserap mencapai 151.260 orang. Capaian kumulatif tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap kawasan tentunya memiliki perbedaan capaian. Perbedaan capaian menunjukkan pertumbuhan yang tidak merata di KEK lainnya, yang disebabkan oleh berbagai faktor [5].

Capaian investasi dan capaian tenaga kerja merupakan indikator yang efektif untuk melihat perkembangan KEK. Capaian investasi menunjukkan nilai penanaman modal oleh investor, sehingga semakin banyak capaian investasi yang didapatkan akan mempercepat pembangunan ekonomi nasional [6]. Capaian tenaga kerja menunjukkan seberapa banyak tenaga kerja yang telah diserap pada sekitar kawasan tersebut, semakin banyak tenaga kerja yang diserap dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan. Berdasarkan dua indikator tersebut metode analisis yang cocok digunakan untuk penelitian ini yaitu *K-Means Clustering* dan *Dynamic Time Warping* (DTW).

K-Means adalah metode analisis klaster non hirarki yang memungkinkan jumlah klaster dapat ditentukan secara manual. Tujuan dari pengklasteran ini membagi objek yang diamati berdasarkan karakteristiknya [7]. *Dynamic Time Warping* (DTW) merupakan algoritma yang menghitung *warping path* yang optimal antara dua runtun data sehingga nilai-nilai *warping path* dan jarak diantara kedua runtun tersebut [8]. Tujuan penggunaan DTW dalam penelitian ini karena data yang digunakan oleh peneliti berbentuk data deret waktu, sehingga penerapan metode ini cocok dalam penelitian ini.

Beberapa penelitian yang melakukan analisis menggunakan indikator Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) yaitu, Iwanda Wisnu Wardhana et.al (2025). Dengan menggunakan metode *K-Means Clustering*, Nursatio Nugroho et.al (2022) dan Gustientiedina et.al (2019). Kemudian untuk penelitian menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW), Arum Handini Primandari et.al (2024) dan M. Arief Zuhdi Nasution et.al (2023).

Berdasarkan uraian tersebut, pada saat ini masih sangat terbatas penelitian yang membahas terkait pengelompokan capaian keberhasilan KEK berdasarkan indikator capaian investasi dan capaian tenaga kerja. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai pengambil kebijakan agar mendorong pemerataan capaian investasi dan capaian tenaga kerja di setiap KEK. Penelitian ini juga relevan untuk mengetahui bagaimana potensi perkembangan masing-masing KEK.

II. METODE PENELITIAN

Dokumen harus menggunakan MS Word dan mengikuti format template yang ada untuk dapat langsung dicetak. Mohon pastikan untuk menggunakan font yang terdapat pada format template.

2.1. Data dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari laporan tahunan resmi yang dipublikasikan Sekretariat Jenderal Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan indikator keberhasilan dari KEK yaitu capaian investasi dan capaian



tenaga kerja. Penelitian ini hanya menggunakan data 20 KEK, KEK tersebut telah memiliki capaian investasi dan capaian tenaga kerja mulai tahun 2020-2024 dan merupakan KEK yang telah ditetapkan sudah cukup lama. Ketidaklengkapan data pada beberapa KEK lainnya dikarenakan KEK tersebut belum memiliki nilai capaian investasi dan capaian tenaga kerja. Keputusan untuk tidak menggunakan KEK tersebut agar hasil penelitian ini lebih akurat dan representatif, sehingga hasil klasterisasi diharapkan akan lebih tepat tanpa terdapat kekosongan data.

2.2. Dynamic Time Warping (DTW)

DTW merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan kesamaan dua data deret waktu dengan jumlah periode waktu yang berbeda. Metode DTW memerlukan matriks berukuran $N \times M$ yang mengandung jarak $D(ij)$ [9]. Metode ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D_{DTW}(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^{n_u} \sum_{j=1}^{n_v} g(u_i, v_j)}{N} \quad (1)$$

$$g(u_i, v_j) = \min \begin{cases} g(u_i, v_{j-1}) \\ g(u_{i-1}, v_{j-1}) + d(u_i, v_j) \\ g(u_{i-1}, v_j) \end{cases} \quad (2)$$

dengan :

$$g(u_i, v_j) = d(u_i, v_j) \quad (3)$$

$$d(u, v) = (u - v)^2 \quad (4)$$

$$N = n_u + n_v \quad (5)$$

keterangan, u_i : matriks u baris ke-i, v_j : matriks v baris ke-j, n_u : panjang vektor u, n_v : panjang vektor v [10].

2.3. K-Means Clustering

K-Means merupakan metode klasterisasi dengan mengelompokkan data berdasarkan titik pusat klaster yang dekat dengan data. Metode ini dapat mengelompokkan data yang akan memaksimalkan kemiripan antar data dalam satu klaster dan meminimalkan natra klaster. Berikut merupakan rumus *K-Means* menggunakan jarak *Euclidean* :

$$d(x_i - c_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - c_j)^2} \quad (6)$$

keterangan, x_i : data, d : jarak, c_j : centroid, i : variabel data, N : dimensi data [11].

2.4. Validasi Klaster

Dalam penelitian ini akan digunakan 3 indeks dalam melakukan validasi klaster, yaitu indeks *Silhouette*, *Davies-Bouldin*, dan *Calinski-Harabasz*.

Indeks *Silhouette* merupakan metrik untuk mengevaluasi kualitas pengelompokan didalam analisis sebuah data. Indeks *Silhouette* penggabungan konsep kohesi dan juga pemisahan didalam pengelompok data. Rentang data indeks *Silhouette* adalah -1 hingga 1, dan sistem pengelompokan data dianggap baik jika nilai *Silhouette* mendekati 1 [12]. Berikut rumus umum *Silhouette* :

$$S(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))} \quad (7)$$

keterangan, $S(i)$: nilai *Silhouette coef* objek ke-i; (i) : objek yang diteliti; $a(i)$: rata-rata I jarak I antar anggota I dalam cluster yang sama; $b(i)$: nilai minimal jarak rata-rata antar *item* ke-i dengan objek pada klaster lain [7].



Tabel 1. Kategori Evaluasi Nilai *Silhouette*

Nilai <i>Silhouette</i>	Category
$s \leq 0.25$	No structure
$0.25 < s \leq 0.5$	Weak structure
$0.5 < s \leq 0.7$	Medium structure
$0.7 < s \leq 1$	Strong structure

Indeks *Davies-Bouldin* bertujuan untuk memaksimalkan jarak antara kluster yang satu dengan yang lainnya dan pada saat yang sama akan meminimalkan jarak antara objek dalam sebuah kluster. Jumlah kluster terbaik jika pengklasteran menghasilkan nilai DBI paling kecil [13]. Berikut merupakan persamaan nilai DBI

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{a=1}^k R_a \quad (8)$$

dengan

$$R_a = \max_{b=1, \dots, k, a \neq b} R_{ab}, R_{ab} = \frac{s_a + s_b}{d(V_a, V_b)} \quad (9)$$

keterangan, k : jumlah kluster; R_{ab} : ukuran kemiripan antar kluster ke- a dengan kluster ke- b ; s_a : ukuran disperse kluster ke- a , $a = 1, 2, \dots, k$.

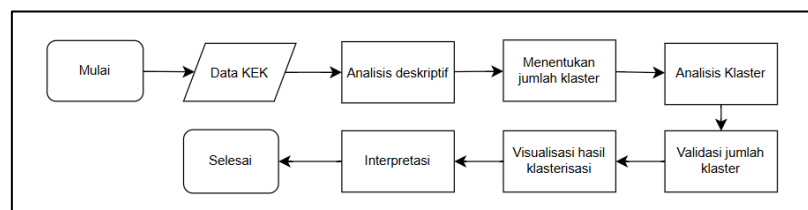
Indeks *Calinski-Harabasz* ditentukan dengan cara menjumlahkan ukuran varians antar kelompok dan ukuran varians kelompok keseluruhan. Indeks ini disebut dengan kriteria rasio varians didalam analisis kluster. Rumus dari CH sebagai berikut :

$$CH = \frac{\frac{BGSS}{K-1}}{\frac{WGSS}{N-K}} = \frac{BGSS}{WGSS} \times \frac{N-K}{K-1} \quad (10)$$

keterangan, *WGSS* : *Within Group Dispersion Sum of Squares* (Jumlah Kuadrat Penyebaran Dalam Kelompok); *BGSS* : *Between Group Dispersion Sum of Squares* (Jumlah Kuadrat Penyebaran Antar Kelompok); N : *Total Number of Observations* (Jumlah Total Observasi); K : *Total Number of Clusters* (Jumlah Total Kelompok) [14].

2.5 Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan data laporan tahunan KEK dari tahun 2020-2024. Setelah mendapatkan data, dapat melakukan analisis yang pertama yaitu analisis deskriptif yang digunakan untuk memberikan gambaran umum serta mendeskripsikan mengenai data yang digunakan. Selanjutnya menentukan nilai menggunakan k-optimal yang kemudian dilakukan validasi menggunakan indeks *Silhouette*, *Davies-Bouldin*, dan *Calinski-Harabasz*. Kemudian dilakukan analisis kluster *K-Means* kemudian menerapkan *Dynamic Time Warping* (DTW). Hasil dari pengelompokan dilakukan visualisasi *line chart* dan diinterpretasikan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**III. Hasil dan Pembahasan****3.1 Analisis Deskriptif**

Analisis pertama yang dilakukan adalah analisis deskriptif yang dapat memberikan gambaran umum serta mendeskripsikan data yang digunakan. Dalam analisis deskriptif ini meliputi nilai minimum, nilai *mean*, dan nilai maksimum.

Tabel 2. Analisis Deskriptif Capaian Investasi

Analisis Deskriptif	Min	Mean	Maks
Capaian Investasi 2020 (Miliar)	0	1167.11	12800
Capaian Investasi 2021 (Miliar)	0	3110.7	16400
Capaian Investasi 2022 (Miliar)	0	1538.1	16800
Capaian Investasi 2023 (Miliar)	3.41	3301.24	31400
Capaian Investasi 2024 (Miliar)	0	4433.7	42753.5

Hasil analisis deskriptif dari capaian investasi menunjukkan bahwa pada capaian investasi tahun 2020, 2021, 2022, dan 2024 minimumnya 0, kawasan yang memiliki nilai capaian investasi 0 biasanya merupakan kawasan yang baru saja ditetapkan sehingga belum ada capaian investasinya. Sementara itu, rata-rata capaian investasi dari tahun 2020-2022 mengalami fluktuasi, namun terdapat kenaikan pada tahun-tahun berikutnya. Adapun nilai maksimum dari capaian investasi secara konsisten selalu naik dari tiap tahunnya. Dengan adanya capaian investasi yang meningkat, menandakan bahwa beberapa KEK berhasil dalam menarik investor.

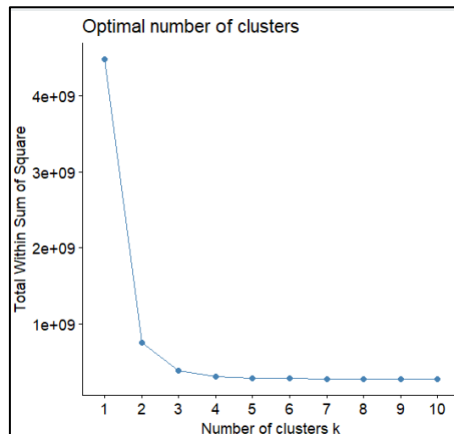
Tabel 3. Analisis Deskriptif Capaian Tenaga Kerja

Analisis Deskriptif	Min	Mean	Maks
Capaian Tenaga Kerja 2020 (Orang)	0	978.6	8690
Capaian Tenaga Kerja 2021 (Orang)	0	535.2	2690
Capaian Tenaga Kerja 2022 (Orang)	0	1376.30	11416
Capaian Tenaga Kerja 2023 (Orang)	0	2888.4	21553
Capaian Tenaga Kerja 2024 (Orang)	35	2335.3	17625

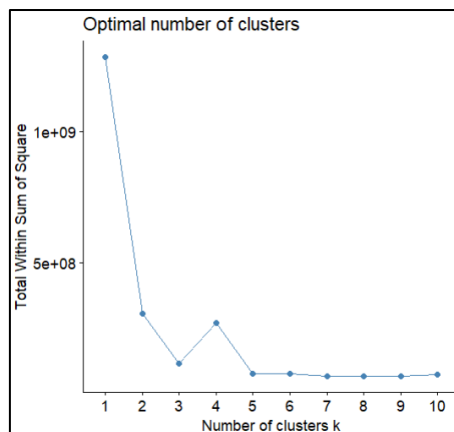
Hasil analisis deskriptif terhadap capaian tenaga kerja menunjukkan pada nilai minimum dari tahun 2020-2023 masih terdapat KEK yang belum memiliki tenaga kerja yang umumnya terjadi karena KEK tersebut baru ditetapkan. Sementara itu, nilai rata-rata menunjukkan pada tahun 2020-2023 selalu mengalami kenaikan rata-rata capaian tenaga kerja, namun mengalami penurunan nilai rata-rata capaian tenaga kerja ditahun 2024. Nilai maksimum capaian investasi memiliki pola yang sama seperti nilai rata-rata yaitu mengalami kenaikan capaian tenaga kerja dari tahun 2020-2023, yang kemudian mengalami penurunan ditahun 2024.

3.2 Menentukan Jumlah Klaster dan Validasi Jumlah Klaster

Dalam penelitian ini penentuan jumlah klaster menggunakan nilai *Within-Cluster Sum of Squares* (WSS). Nilai WSS yang digunakan disaat tetap konstan atau hampir sama.



Gambar 2(a). WSS dari Capaian Investasi



Gambar 2(b). WSS dari Capaian Tenaga Kerja

Dengan menggunakan nilai WSS didapatkan nilai $k = 3$ dan $k = 4$ untuk di setiap indikator capaian. Jumlah kluster yang didapatkan akan dilakukan validasi dengan menggunakan beberapa indeks. Indeks *Silhouette* akan menunjukkan bahwa nilai yang tinggi lebih cocok dengan klasternya dan kurang cocok dengan kluster lainnya. Sementara, Indeks *Davies-Bouldin* akan menunjukkan bahwa nilai yang lebih rendah mengindikasikan kelompok yang lebih baik. Indeks *Calinski-Harabasz* menunjukkan jika semakin tinggi nilai penyebarannya akan semakin baik kinerjanya.

Tabel 4. Skor Validasi

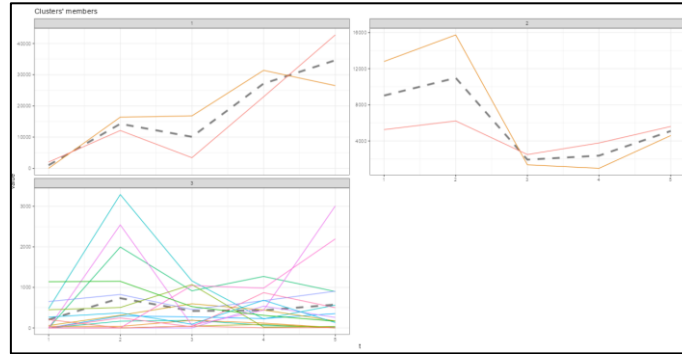
	Capaian Investasi		Capaian Tenaga Kerja	
	k = 3	k = 4	k = 3	k = 4
<i>Silhouette</i>	0.74	0.31	0.79	0.71
<i>Davies-Bouldin</i>	0.56	0.59	0.45	0.12
<i>Calinski-Harabasz</i>	24.75	16.07	21.68	19.04

Hasil analisis skor validasi dari jumlah kluster menunjukkan jika $k=3$ dianggap lebih optimal untuk mengelompokkan indikator yang ada. Hal ini didukung dengan nilai *Silhouette* yang lebih tinggi, kemudian nilai *Davies-Bouldin* yang lebih rendah, dan nilai *Calinski-Harabasz* yang lebih tinggi. Walaupun pada indikator capaian tenaga kerja $k=3$ pada nilai *Davies-Bouldin* lebih tinggi, peneliti akan tetap menggunakan 3 kluster, dikarenakan didukung oleh nilai *Silhouette* dan *Calinski-Harabasz* yang lebih tinggi pada $k=3$. Sehingga pembentukan 3 kluster diharapkan dapat mampu menggambarkan struktur data yang lebih jelas dan terpisah dengan baik.



3.3 Pengelompokan

Dengan jumlah kluster yang telah ditentukan akan dilakukan pengelompokan menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW), proses pengelompokan akan dilakukan secara terpisah antara capaian investasi dan capaian tenaga kerja.

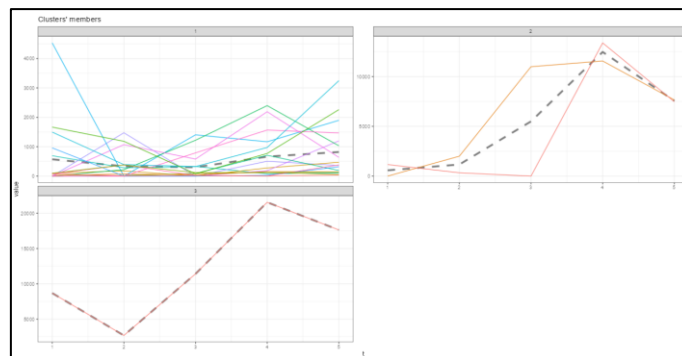


Gambar 3. Klasterisasi Capaian Investasi

Hasil klasterisasi capaian investasi KEK pola pertumbuhan pada kluster 1 menunjukkan pola capaian investasi yang mengalami penurunan di tengah periode yang kemudian mengalami kenaikan kembali. Berbeda dengan kluster lainnya, KEK yang masuk ke dalam kluster 1 merupakan KEK yang memang sejak awal telah memiliki investor yang menanamkan modal dalam jumlah yang lebih besar.

Pada kluster 2 terdapat 2 anggota, pola capaian investasi pada kluster 2 mengalami penurunan yang drastis pada pertengahan periode, kemudian mengalami kenaikan namun hanya sedikit jika dibandingkan dengan kenaikan pada kluster 1.

Pada kluster 3 terdapat 16 KEK yang memiliki pola capaian investasi yang fluktuatif. Fluktuasi ini biasa terjadi pada KEK yang masih baru saja berdiri atau baru mencapai investasi. Pola pada kluster 3 juga menunjukkan ketidakstabilan nilai investasi dari setiap periodenya.



Gambar 4. Klasterisasi Capaian Tenaga Kerja

Pada hasil klasterisasi capaian tenaga kerja, kluster 1 terdapat 17 anggota, pola perkembangan capaian tenaga kerja pada kluster 1 ini cenderung fluktuatif, KEK yang tergabung dalam kluster 1 ini memiliki jumlah capaian tenaga kerja yang rendah dibandingkan kluster lainnya. Seluruh KEK yang tergabung dalam kluster 1 mengalami kenaikan dan penurunan secara tidak konsisten di setiap tahunnya.

Kluster 2 pada hasil klasterisasi ini terdapat 2 anggota yang memiliki pola kenaikan yang cukup signifikan, yang dapat dibuktikan dari tahun ke 3-4 mengalami kenaikan capaian tenaga kerja, namun kedua KEK tersebut mengalami penurunan lagi pada tahun ke-5.

Sementara itu, kluster 3 pada klasterisasi ini hanya memiliki 1 anggota dengan capaian tenaga paling tinggi dibandingkan KEK lainnya, hal ini memang sesuai fakta lapangan bahwa KEK ini



merupakan KEK yang padat karya karena KEK ini memiliki pelaku usaha paling banyak didalam kawasannya jika dibandingkan dengan KEK lainnya.

Selanjutnya, dilakukan profilisasi capaian investasi berdasarkan hasil klasterisasi dengan menghitung rata-rata capaian investasi per tahun untuk setiap KEK.

Tabel 5. Profilisasi Capaian Investasi

Cluster	INV20	INV21	INV22	INV23	INV24	KEK
1	1000	14260	10100	27155.1	34626.8	KEK Kendal dan KEK Gresik
2	9030	10980	1934.5	2379.87	5104.8	KEK Sei Mangke dan KEK Galang Batang
3	205.138	733.321	418.327	434.674	575.729	KEK Sorong, KEK Morotai, KEK Bitung, KEK MBTK, KEK Tanjung Kelayang, KEK Tanjung Lesung, KEK Lido, KEK Likupang, KEK Arun Lhokseumawe, KEK Palu, KEK BAT, KEK Mandalika, KEK Kura-Kura Bali, KEK Nongsa, KEK Sanur, dan KEK Singhasari

Hasil dari profilisasi capaian investasi menunjukkan bahwa klaster 1 menghasilkan nilai rata-rata tertinggi dibandingkan dengan klaster 2 dan klaster 3. Hal ini dapat diklasifikasikan bahwa klaster 1 adalah KEK yang memiliki capaian investasi paling tinggi dan optimal. Klaster 2 menghasilkan nilai rata-rata yang sedikit lebih rendah dibandingkan klaster 1, hal ini dapat diklasifikasikan bahwa KEK klaster 2 cukup optimal dan memiliki potensi untuk berkembang lebih baik. Sementara itu, klaster 3 memiliki nilai rata-rata capaian investasi paling rendah, sehingga dapat diklasifikasikan dengan capaian yang rendah sehingga KEK pada klaster 3 belum optimal.

Kemudian, akan dilakukan profilisasi capaian tenaga kerja berdasarkan hasil klasterisasi dengan menghitung rata-rata capaian tenaga kerja per tahun untuk setiap KEK.

Tabel 6. Profilisasi Capaian Tenaga Kerja

Cluster	CTK20	CTK21	CTK22	CTK23	CTK24	KEK
1	571.824	334.235	300.588	661.882	819.882	KEK Sorong, KEK Morotai, KEK Bitung, KEK MBTK, KEK T.Kelayang, KEK T.Lesung, KEK Lido, KEK Likupang, KEK A. Lhokseumawe, KEK Sei Mangkei, KEK Galang Batang, KEK Palu, KEK BAT, KEK Kura-Kura Bali, KEK Nongsa, KEK Sanur, KEK Singhasari
2	580.5	1166.5	5500	12482	7566.5	KEK Mandalika, KEK Gresik
3	8690	2690	11416	21553	17635	KEK Kendal

Hasil dari profilisasi capaian tenaga kerja menunjukkan bahwa klaster 1 menghasilkan nilai rata-rata rendah dibandingkan dengan klaster 2 dan klaster 3. Hal ini dapat diklasifikasikan bahwa klaster 1 merupakan KEK yang memiliki capaian tenaga kerja paling rendah dan belum optimal. Klaster 2 menghasilkan nilai rata-rata yang sedikit lebih tinggi dibandingkan klaster 1, hal ini dapat diklasifikasikan bahwa KEK klaster 2 cukup optimal dan memiliki potensi untuk berkembang lebih baik. Sementara itu, klaster 3 memiliki nilai rata-rata capaian investasi paling tinggi, sehingga dapat diklasifikasikan dengan capaian yang paling tinggi sehingga KEK pada klaster 3 paling optimal.



Hasil klusterisasi ini dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam mengidentifikasi perbedaan capaian investasi dan capaian tenaga kerja. Dengan pola capaian investasi dan capaian tenaga kerja di masing-masing kluster pemerintah dapat merancang strategi yang tepat agar nantinya seluruh kawasan dapat mencapai tujuan dan target dari KEK.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan dengan menggunakan data deret waktu dapat diselesaikan menggunakan *K-Means* serta menerapkan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW).

Hasil analisis dari penelitian ini menunjukkan capaian investasi KEK dapat diklusterisasikan kedalam 3 kluster. Kluster 1 terdapat 2 anggota, kondisi KEK pada kluster 1 cukup KEK mengalami penurunan yang kemudian mengalami kenaikan yang drastis di periode selanjutnya. Berbeda dengan kluster 2, yang terdiri dari 2 KEK yang mengalami penurunan pada pertengahan periode yang kemudian mengalami kenaikan namun hanya sedikit. Kemudian untuk kluster 3 merupakan KEK yang memiliki nilai investasi yang lebih rendah meskipun pola capaian investasi masih fluktuatif.

Kemudian hasil analisis kluster pada capaian tenaga kerja KEK didapatkan 3 kluster. Kluster 1 terdapat 17 anggota, yang menunjukkan bahwa capaian tenaga kerja memiliki pola yang fluktuatif. Kluster 2 terdapat 2 anggota, yang menunjukkan kenaikan yang signifikan sebelum terjadi penurunan capaian tenaga kerja lagi. Pada kluster 3 terdapat 1 anggota, yaitu KEK yang memiliki capaian tenaga kerja yang paling tinggi dibandingkan dengan KEK lainnya.

REFERENSI

- [1] Sekretariat Jenderal Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus, [Online]. Available: <https://kek.go.id/id>.
- [2] Tarigan, T. S. Artoka, R. Setyawati, L. S. Riantini, Y. Latief and R. A. Machfudiyanto, "Analisa Indikator Kinerja Utama Program Kawasan Ekonomi Khusus Sektor Industri di Indonesia = Analysis of Key Performance Indicators of Special Economic Zones Program in Indonesia," Universitas Indonesia. Fakultas Teknik, 2023. [Online]. Available: <https://lontar.ui.ac.id/detail?id=9999920517456&lokasi=lokal>.
- [3] KEMENTERIAN KOORDINATOR BIDANG PEREKONOMIAN, "Dewan Nasional KEK Selenggarakan “Rakernas KEK - Evaluasi Capaian Kinerja 2023 & Target 2024”: Kinerja yang Baik di 2023 dan Kontribusi Positif terhadap Ekonomi Daerah dan Perekonomian Nasional," KEMENTERIAN KOORDINATOR BIDANG PEREKONOMIAN, Jakarta, 2024.
- [4] Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia, "LAPORAN PERKEMBANGAN KAWASAN EKONOMI KHUSUS 2023," Sekretariat Jenderal Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus, Jakarta, 2023.
- [5] Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia, "Tunjukkan Kontribusi Positif, KEK Optimis Capai Target di Tahun 2024," Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus Republik Indonesia, Jakarta, 2024.
- [6] Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, "Akselerasi Investasi di Kawasan Ekonomi Khusus, Bangkit dari Krisis Usai Pandemi," HUMAS MENPANRB, Jakarta, 2020.
- [7] N. Nugroho and F. D. Adhinata, "Penggunaan Metode K-Means dan K-Means++ Sebagai Clustering Data Covid-19 di Pulau Jawa," *TEKNIKA*, vol. 11, no. 3, pp. 170-179, 2022.
- [8] A. Muhammad, Penggunaan Jarak Dynamic Time Warping (DTW) Pada Analisis Cluster Data Deret Waktu, Malang, 2014.



- [9] M. A. Z. Nasution, S. Anwar and Radhiah, "Penerapan Metode Dynamic Time Warping dan Clustering dalam Evaluasi Kondisi Permukaan Jalan (Contoh Jalan USAID Aceh)," *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, vol. 30, no. 3, pp. 405-417, 2023.
- [10] N. W. Bonitta and A. H. Primandari, "Analisis Clustering Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi DIY Tahun 2010-2022 dengan Dynamic Time Warping," *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 135-144, 2024.
- [11] F. A. W. T. S. Wijaya, E. Prasetyo and R. F. Tias, "Dynamic Time Warping Pada Metode K-Means Untuk Pengelompokan Data Trend Penjualan Produk," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 10, no. 02, pp. 100-109, 2024.
- [12] A. Atira and B. N. Sari, "Penerapan Silhouette Coefficient, Elbow Method dan Gap Statistics untuk Penentuan Cluster Optimum dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indeks Kebahagiaan," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, pp. 76-86, 2023.
- [13] A. Badruttamam, Sudarno and D. A. I. Maruddani, "PENERAPAN ANALISIS KLASSTER K-MODES DENGAN VALIDASI DAVIES BOULDIN INDEXDALAM MENENTUKAN KARAKTERISTIK KANAL YOUTUBE DI INDONESIA(Studi Kasus: 250 Kanal YouTube Indonesia Teratas Menurut Socialblade)," *JURNAL GAUSSIAN*, vol. 9, no. 3, pp. 263-272, 2020.
- [14] B. Mardhotillah, A. Fadli, E. Elisa and Zurweni4, "Indeks Calinski – Harabasz Analisis Fuzzy C – Means dan K – Means Cluster Kabupaten/Kota di Provinsi Jambi Menurut Potensi Pertambangan, Penggalan, Pengadaan Listrik, dan Gas," *Jurnal Statistika Universitas Jambi*, vol. 2, no. 1, pp. 16-22, 2023.
- [15] I. W. Wardhana, I. Riesfandiari, E. Jamal, V. W. Hanifah, P. Pihri, F. W. Handoyo, N. Purwono, R. P. Ramadhan, B. Setyawan, M. Placek, B. P. A. Wiyono, N. D. Chrysanti, R. M. Daniswara, B. Wijanarko and E. Setiadi, "Does a Special Economic Zone Impact the Surrounding Economy? The case study of Kendal, Indonesia," *Humanities and Social Sciences Communications*, 2025.
- [16] N. W. Bonitta and A. H. Primandari, "Analisis ClusteringTingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi DIY Tahun 2010-2022 dengan Dynamic Time Warping," *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 135-144, 2024.
- [17] A. H. Primandari and W. K. Arum, "Analyzing The Impact of the Pandemin on Indonesia's Economic Growth Using Dynamic Time Warping," *ENTHUSIASTIC INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED STATISTICS AND DATA SCIENCE*, vol. 4, no. 1, pp. 71-84, 2025.
- [18] Gustientiedinaa, M. Adiyaa and Y. Desnelita, "Penerapan Algoritma K-Means Untuk Clustering Data Obat-Obatan Pada RSUD Pekanbaru," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 05, no. 1, pp. 17-24, 2019.