

11 STEPS TO STRUCTURING A SCIENCE PAPER

MANAJEMEN PROYEK

Dosen Pengampu : Supriyono, M.Kom.



Oleh:

Kelompok 3

Sayyidah Meutia Zahra	(210605110124)
Rahmat Fauzan	(210605110125)
Hafiz Daniswara	(210605110142)
Agustina Mufidatuzzainiya	(210605110144)
Ahmad Nuski Niam	(210605110147)
Mochammad Alif Zaidan	(210605110151)
Mochamad Thoriq Khoir	(210605110153)
Imam Tobroni	(210605110167)
Ibni Akbar Habibi	(210605110168)
Al Humayroh	(220605110150)

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2024

Judul Paper	:	Developing a dataset of real projects for portfolio, program and project control management research
Penerbit	:	Elsevier Inc.
Jurnal	:	Data in Brief
Bulan, Tahun	:	Februari, 2021
Volume	:	34
Penulis	:	Brett Thiele, Michael Ryan, Alireza Abrasi
Link Presentasi	:	https://youtu.be/9fP9hNh5TLA

Langkah-Langkah Mengorganisir naskah penelitian

1. Prepare The Figures and Tables

Penelitian ini membahas tentang bagaimana klasterisasi tugas manajemen proyek berdasarkan durasi dan biaya pada proyek pembangunan jalan tol mempengaruhi kemampuan integrasi pengetahuan [1]. Dengan mengelompokkan tugas-tugas yang memiliki kesamaan dalam durasi dan biaya, kita dapat membantu tim manajemen proyek membuat keputusan yang lebih baik tentang alokasi sumber daya dan penjadwalan [2].

Dengan menggunakan sampel profesional manajemen proyek, penelitian menemukan bahwa klasterisasi tugas manajemen proyek berdasarkan durasi dan biaya memiliki dampak positif signifikan terhadap integrasi pengetahuan [3]. Pada Gambar 1, memuat data yang digunakan dalam penelitian.

WBS	Task	Duration	Predecessors	Successors	Budget	%C Claim 01	%C Claim 02	%C Claim 03	%C Claim 04
5	Schedule A - Roadw	2	3,8	6,7,9,45,74,73,76,11	\$34,725.00	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%
6	Provision for Traffic a	71	5	4	\$76,266.83	10.00%	60.00%	70.00%	80.00%
7	Construction Setout	9	5	9	\$23,680.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
8	Provision of evidence	1	3	5	\$10,400.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
9	Locate Existing Serv	2	5,7	18	\$6,800.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
10	As Constructed Surve	6	44	4	\$8,880.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
11	Geotechnical Testin	1	5	12	\$2,700.00	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
12	Subgrade Compacti	1	11		\$5,926.67	0.00%	28.57%	57.14%	89.29%
13	Sub-Base Compacti	2	25	24	\$5,926.67	0.00%	28.57%	57.14%	89.29%
14	Base Compaction te	1	23	27	\$5,926.67	0.00%	28.57%	57.14%	89.29%
15	Sub-Base Quality Te	2	5	26	\$2,580.00	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
16	Base Quality Testing	4	5	24	\$2,580.00	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
17	Culvert Trench Back	1			\$2,328.33	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
18	Clearing & Grubbing	3	145,9	19,45,152	\$12,317.33	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
19	Earthworks - excavat	7	18,152	20,151	\$33,689.75				
20	Remove isolated soft	1	19,151	21	\$2,514.80				
21	Provisional Item Allo	2	20	22	\$9,338.15				
22	Prepare Subgrade S	7	21	45	\$32,988.34				
23	Prepare Base Gravel	3	24,153	14	\$15,618.02	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
24	Gravel Pavement Ba	5	25,16,13	23,153	\$131,510.41				
25	Gravel Pavement Ba	8	26	24,13	\$211,113.98				
26	Gravel Pavement Ba	3	67,15	25	\$48,873.21				
27	Primerseal complete	1	14	28	\$754.60	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
28	Primerseal complete	1	27	29	\$1,999.69	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
29	Bypass Road 7 metre	1	28	30	\$199.43	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
30	Bitumen Seal - First	1	29	31	\$5,196.42	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
31	Bitumen Seal - First	1	30	32	\$22,720.70	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
32	Bitumen Seal - Secc	1	31	33	\$13,676.12	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
33	Bitumen Seal - Secc	2	32	34,35FF	\$59,791.35	0.00%	0.00%	49.84%	49.84%
34	DG10 Asphaltic Con	1	33,37	38,41	\$34,546.84	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
35	Access Ch 826 RHS	1	33FF	36FF	\$723.80	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
36	Access Ch 1642 RHS	1	35FF	37FF	\$1,014.80	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
37	Access Ch 1660 RHS	1	36FF	34	\$1,014.80	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Gambar 1. Data penelitian

Data di atas merupakan data yang akan dianalisis dalam penelitian, yang mencakup tugas-tugas dalam proyek pembangunan jalan tol. Dalam konteks penelitian ini, atribut-atribut yang digunakan terdapat pada dua kolom, yaitu kolom anggaran (*budget*) dan durasi.

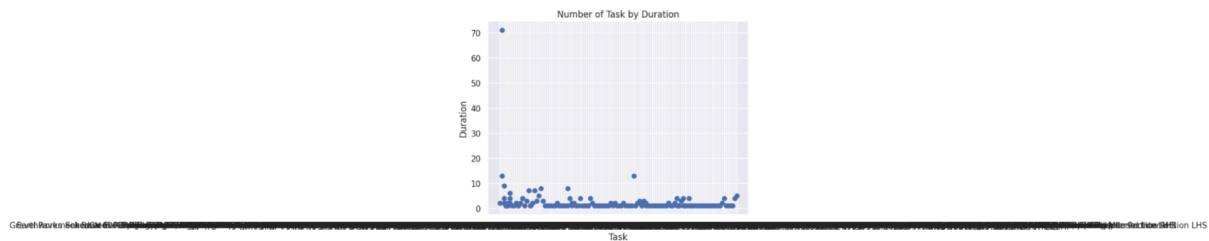
df = pd.read_csv("/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/dataset/datamenpro.csv")

df

	WBS	Task	Duration	Predecessors	Successors	Budget	%C Claim 01	%C Claim 02	%C Claim 03	%C Claim 04	%C Claim 05
0	5	Schedule A - Roadworks Dysart Bypass Road Wide...	2	3,8	6,7,9,45,74,73,76,11,15,16,71,79,80,119,120	\$34,725.00	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	85.00%
1	6	Provision for Traffic and Safety including an ...	71	5	4	\$76,266.83	10.00%	60.00%	70.00%	80.00%	85.00%
2	7	Construction Setout by Contractor	9	5	9	\$23,680.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
3	8	Provision of evidence of Public Liability Insu...	1	3	5	\$10,400.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
4	9	Locate Existing Services (Dial- Before-You- Dig,...	2	5,7	18	\$6,800.00	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

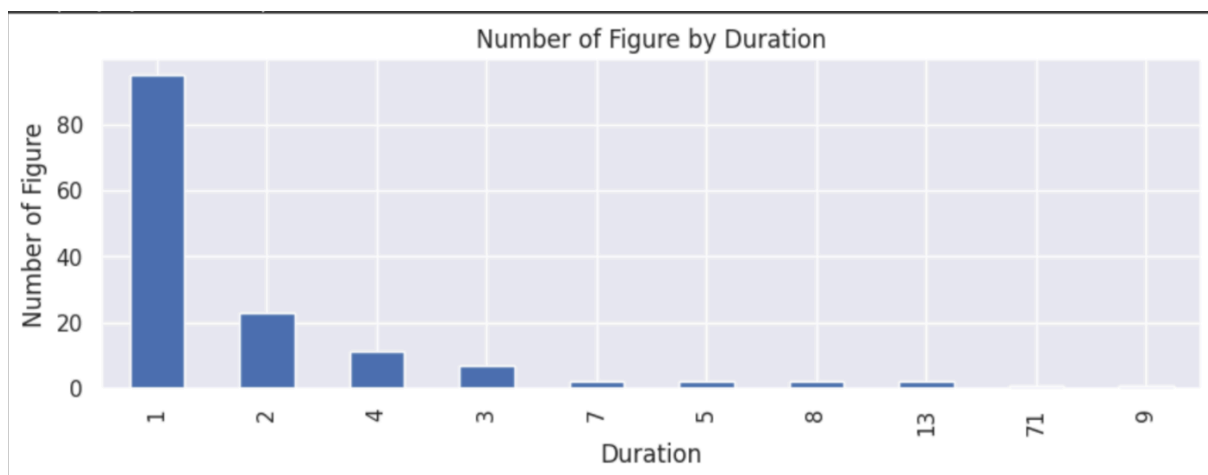
Gambar 2. Data penelitian setelah dibaca menggunakan *Collab*

Data yang sebelumnya tersimpan dalam format CSV diakses dan dimuat menggunakan *Google Collab* sebagai langkah awal dalam memfasilitasi penelitian. *Google Collab* diharapkan akan berperan penting sebagai platform untuk melakukan pra pemrosesan-pemrosesan [4], serta visualisasi data yang akan digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Visualisasi Distribusi Data

Data divisualisasikan menggunakan *scatter plot* untuk variabel tugas dan durasi [5]. *Output* yang dihasilkan adalah diagram sebar yang dapat membantu visualisasi pola hubungan antara jenis tugas dengan durasi penyelesaiannya. Misalnya, jika terdapat kelompok tugas dengan durasi yang jauh lebih lama dibandingkan tugas lainnya, hal tersebut dapat menjadi indikator adanya potensi inefisiensi atau kendala dalam proses penyelesaian tugas [6]. Hal ini dapat membantu dalam mengidentifikasi tugas yang membutuhkan optimasi atau dalam mengalokasikan waktu secara lebih efektif.



Gambar 4. Visualisasi *Bar Chart* Data Durasi

Kita juga melakukan visualisasi pada variabel durasi untuk melihat berapa lama durasi yang paling banyak dikerjakan pada saat pengerjaan proyek. Jadi, diagram batang ini akan

menampilkan 10 durasi yang paling sering muncul pada data durasi beserta jumlah kemunculannya. Hal ini bisa membantu untuk mengetahui pola durasi yang umum pada data tersebut.

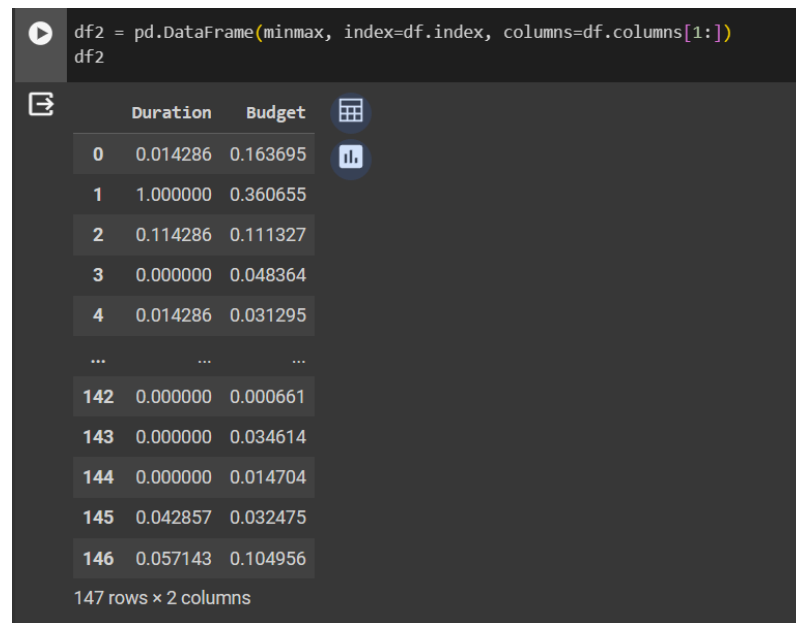
2. *Write the Methods*

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data yang distandarisasi dan mudah diulang. Portofolio WBS dikembangkan berdasarkan tugas standar yang berulang di seluruh portofolio, sementara data dikumpulkan terus menerus selama periode yang lama untuk memastikan signifikansi statistik [7]. Interval waktu yang konsisten digunakan untuk ringkasan data di semua proyek, menciptakan kerangka yang kokoh untuk pengumpulan dan analisis data yang efektif dan konsisten [8].

Penelitian ini menggunakan metode *K-Means Clustering* yang memiliki tujuan untuk mengidentifikasi pola atau kelompok dalam data [9]. *Clustering* ini menggunakan atribut-atribut data sebagai parameter pengukuran [10], dengan fokus khusus pada durasi dan anggaran yang terlibat dalam setiap tugas dalam manajemen proyek. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat mengungkapkan struktur tersembunyi dalam data yang dapat memberikan wawasan baru dalam analisis manajemen proyek.

Tahapan penelitian dengan metode *K-means Clustering* melibatkan praproses data seperti menghapus nilai *null* [11], mengeliminasi kolom yang tidak relevan, dan lain sebagainya. Setelah itu, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai K dan *centroid* awal dari data yang akan dikelompokkan [12], diikuti dengan proses pengklasteran. Langkah terakhir melibatkan pengujian dan evaluasi hasil dari pengklasteran tersebut.

3. Result



```
df2 = pd.DataFrame(minmax, index=df.index, columns=df.columns[1:])
df2
```

	Duration	Budget
0	0.014286	0.163695
1	1.000000	0.360655
2	0.114286	0.111327
3	0.000000	0.048364
4	0.014286	0.031295
...
142	0.000000	0.000661
143	0.000000	0.034614
144	0.000000	0.014704
145	0.042857	0.032475
146	0.057143	0.104956

147 rows x 2 columns

Gambar 5.

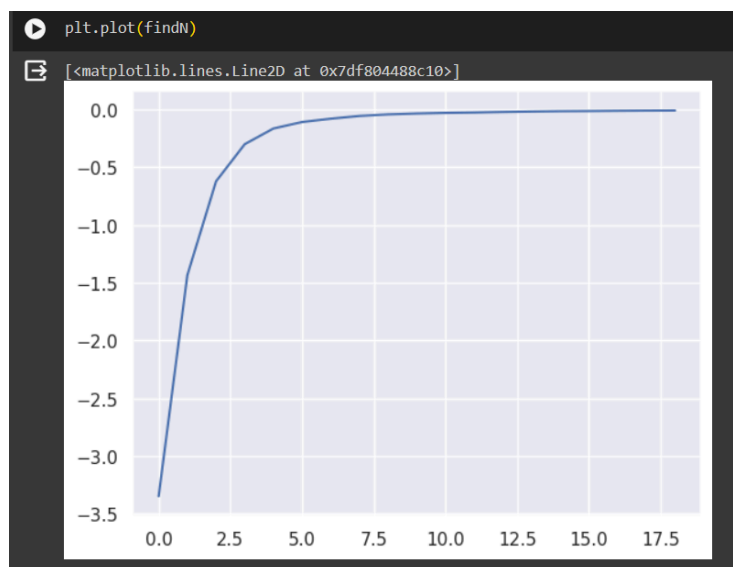
Data yang sudah dilakukan Exploratory Data Analysis dan dilakukan seleksi fitur dilanjutkan dengan normalisasi data [13] dengan menggunakan metode min max scaling. Metode ini mengubah setiap fitur sehingga nilainya berada dalam rentang tertentu [14], antara 0 dan 1. Ini berguna untuk menghindari dominasi fitur-fitur dengan skala besar dalam [15], seperti K Means.

Dengan melakukan normalisasi data setelah seleksi fitur, Normalisasi ini bertujuan agar model yang ada memiliki skala yang seragam [16], memastikan bahwa tidak ada fitur yang mendominasi yang lainnya dan membantu algoritma machine learning untuk konvergensi lebih baik dan menghasilkan model yang lebih baik [17]. Selain itu, normalisasi dapat meningkatkan interpretabilitas hasil, karena fitur-fitur memiliki skala yang serupa [18].

```
findN=[]
for i in range(1,20):
    score=KMeans(n_clusters=i, n_init=10).fit(df2).score(df2)
    print(score)
    findN.append(score)
```

```
-3.3467808137903248
-1.4329558434094565
-0.621051577641248
-0.29939840924743044
-0.16376591601577578
-0.10772922302708629
-0.07880636499511422
-0.05519955384289961
-0.04177389869650673
-0.034045892211665534
-0.028489878643423117
-0.025433111250666718
-0.020563685239363708
-0.016861323121466563
-0.014139621591887667
-0.01288540076169607
-0.010795294536838126
-0.009298152221331343
-0.00826793671781627
```

Gambar 6. Penentuan cluster menggunakan elbow method

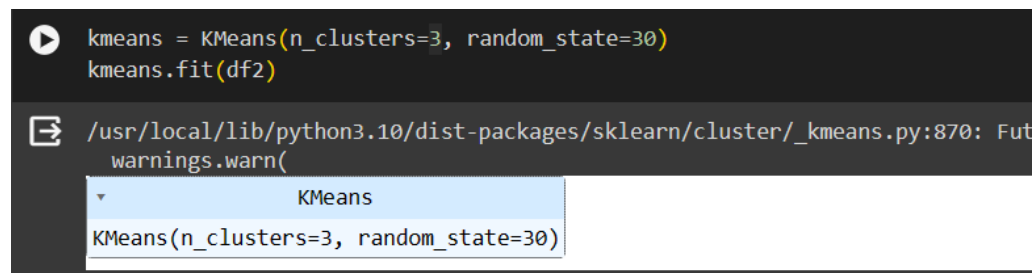


Gambar 7. Hasil perhitungan Elbow Method

Pencarian jumlah cluster terbaik menggunakan elbow method [19]. Metode ini memeriksa nilai inersia [20] dari beberapa model K Means yang dilatih dengan jumlah cluster yang berbeda-beda. Inersia mengukur seberapa jauh titik data dalam suatu kluster dari pusat klasternya [21]. Dalam elbow method, nilai inersia diplot sebagai fungsi dari jumlah cluster, dan penurunan inersia mulai menurun secara signifikan pada titik di mana jumlah cluster meningkat [22]. Titik ini disebut sebagai "elbow" dalam grafik [23]. Jumlah cluster di elbow point dipilih sebagai jumlah cluster yang optimal karena menunjukkan titik di mana

penambahan cluster tidak memberikan penurunan inersia yang signifikan [24], yang menandakan bahwa penambahan cluster lebih lanjut tidak lagi memberikan peningkatan yang substansial dalam pemahaman struktur data [25].

Dari grafik yang dihasilkan menggunakan elbow method, dapat dilihat bahwa penurunan inersia (inertia) mulai melambat secara signifikan setelah jumlah kluster mencapai 3, yang menunjukkan bahwa penambahan kluster lebih lanjut tidak lagi memberikan penurunan inersia yang besar. Dengan demikian, kita memilih jumlah cluster yang optimal menjadi 3 karena elbow method menunjukkan bahwa di titik tersebut, penambahan kluster tidak memberikan manfaat yang signifikan dalam pemahaman struktur data [26]. Oleh karena itu, jumlah cluster yang optimal untuk pemodelan K Means adalah 3, sesuai dengan hasil analisis menggunakan elbow method.



```
kmeans = KMeans(n_clusters=3, random_state=30)
kmeans.fit(df2)
```

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/cluster/_kmeans.py:870: FutureWarning: The default value of n_init will increase from 10 to 100 in version 1.0. To suppress this warning, please use the keyword argument n_init=100, or n_init='auto' to use the recommended value.

KMeans

KMeans(n_clusters=3, random_state=30)

Gambar 8. Modeling

Inisiasi objek K Means dengan parameter jumlah klasternya 3 dengan random seed 30. Penggunaan nilai seed ini memastikan bahwa proses inialisasi pusat cluster dilakukan secara konsisten, sehingga hasil clustering dapat direproduksi dengan cara yang sama setiap kali proses ini dijalankan. Hal ini penting dalam eksperimen dan analisis data yang memerlukan konsistensi dalam hasil. Selanjutnya, dengan menggunakan metode fit(), K Means melakukan proses clustering pada data yang diberikan [27], mengidentifikasi pusat-pusat kluster dan mengelompokkan titik-titik data ke dalam kluster yang sesuai berdasarkan kemiripan mereka [28]. Dengan menggunakan model K Means yang dihasilkan, kita dapat menerapkan analisis lanjutan atau memprediksi kluster dari data baru.

Hasil dari inialisasi dari metode K Means didapatkan hasil berikut dengan jumlah data tiap kluster yaitu, kluster 0 berjumlah 142 data, kluster 1 berjumlah 4 data dan kluster 2 berjumlah 1 data.


```
[108] df2['cluster'] = kmeans.labels_

kmeans.labels_

array([0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,
       0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
       0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
       0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
       0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
       0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
       1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
       1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], dtype=int32)
```

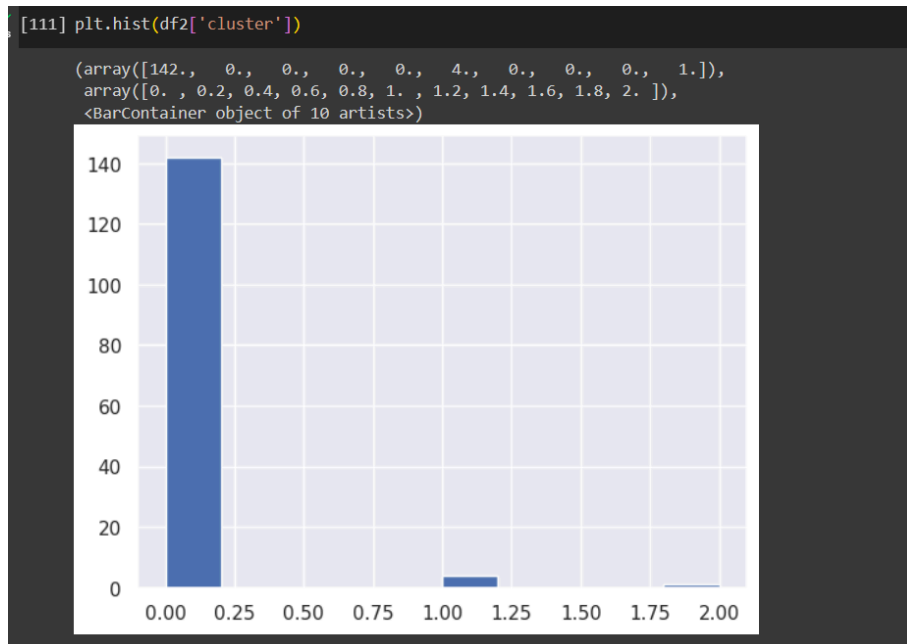
Gambar 9. Menambahkan hasil cluster kedalam data

df2

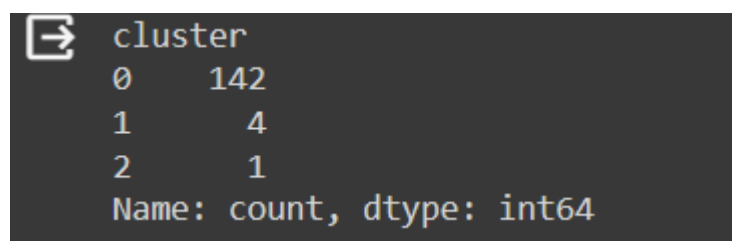
	Duration	Budget	cluster
0	0.014286	0.163695	0
1	1.000000	0.360655	2
2	0.114286	0.111327	0
3	0.000000	0.048364	0
4	0.014286	0.031295	0
...
142	0.000000	0.000661	0
143	0.000000	0.034614	0
144	0.000000	0.014704	0
145	0.042857	0.032475	0
146	0.057143	0.104956	0

147 rows x 3 columns

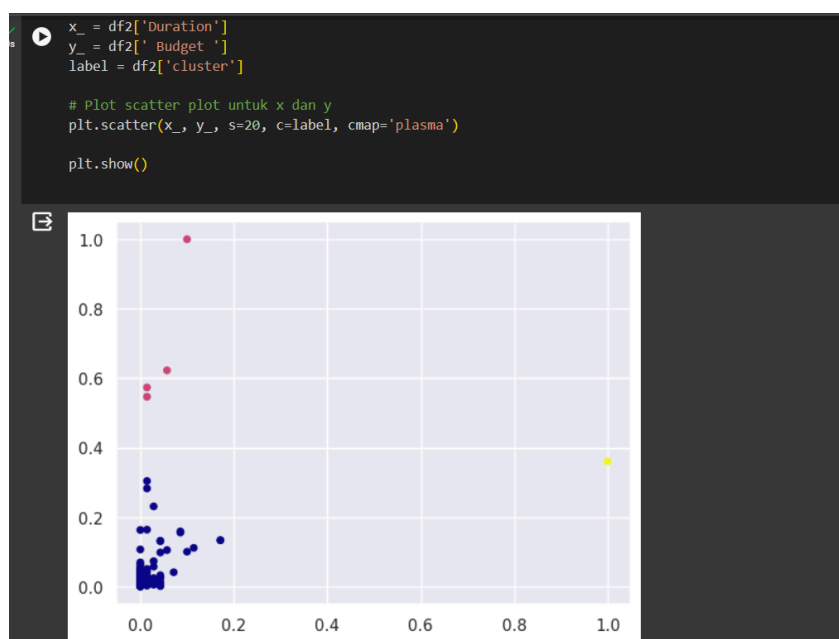
Gambar 10. Output Setelah di clusterkan



Gambar 11. Diagram tiap cluster



gambar 12. Jumlah data tiap cluster



gambar 13. cluster plot

4. Discussion

Dalam Penjadwalan Proyek Sumber Daya & Biaya menggunakan 3 klaster dengan pencarian jumlah klaster menggunakan elbow method. Metode siku adalah suatu teknik yang digunakan dalam analisis cluster untuk menentukan jumlah cluster yang optimal dalam suatu dataset, telah diterapkan dalam berbagai penelitian. [29] Menggunakan metode ini untuk mengidentifikasi jumlah klaster optimal dalam kumpulan data penerima PKH di Jepara, dan menemukan bahwa ada tiga klaster yang paling sesuai. Yang menerapkan metode siku untuk menganalisis data kecelakaan lalu lintas di Semarang [30], juga mengidentifikasi tiga cluster yang optimal. Studi-studi ini menunjukkan keserbagunaan dan efektivitas metode siku dalam menentukan jumlah cluster yang optimal dalam kumpulan data yang berbeda. [31] Metode ini biasanya dijalankan dengan langkah-langkah sebagai berikut: Pertama, kita harus menentukan jumlah klaster yang mungkin. Kita dapat memilih berbagai jumlah klaster dan mengeksekusi algoritma klastering (K-Means) pada setiap jumlah ini.

Kemudian, kita menghitung inersia atau jarak antara pusat klaster dan titik data di dalam klaster. Inersia adalah ukuran seberapa padat klaster-klasternya. Biasanya, kita menginginkan inersia yang rendah karena hal itu menunjukkan bahwa titik data di dalam klaster berada dekat dengan pusat klasternya [32]. Setelah menghitung inersia untuk setiap jumlah klaster, kita memplot inersia terhadap jumlah klaster [33]. Grafik yang dihasilkan akan menunjukkan penurunan inersia dengan peningkatan jumlah klaster. Titik siku adalah titik di mana penurunan inersia tiba-tiba melambat.

Dalam grafik, terlihat seperti siku atau sudut yang tumpul. Pada titik ini, penambahan sebuah klaster tambahan tidak memberikan penurunan inersia yang signifikan [34]. Jumlah cluster yang optimal seringkali ditentukan oleh titik siku dalam data [35]. Ini dapat dianggap sebagai jumlah klaster yang memberikan keseimbangan yang baik antara penjelasan varian dalam data dan kekompleksan model. Dengan menggunakan metode siku, kita dapat membuat keputusan yang lebih terarah dalam menentukan jumlah *cluster* [36] yang optimal untuk data kita, membantu dalam memahami struktur data dengan lebih baik. Namun, penting untuk diingat bahwa metode ini tidak selalu memberikan jawaban yang jelas dan bergantung pada karakteristik data tertentu [37].

5. Conclusion

Penelitian ini membahas tentang bagaimana klasterisasi tugas manajemen proyek berdasarkan durasi dan biaya pada proyek pembangunan jalan tol mempengaruhi kemampuan integrasi pengetahuan. Peneliti memilih menggunakan *K-Means* untuk mengelompokkan tugas-tugas yang memiliki kesamaan dalam durasi dan biaya.

Pengumpulan data dalam penelitian menggunakan teknik yang distandarisasi dan mudah diulang. Portofolio *Work Breakdown Structure* (WBS) dikembangkan berdasarkan tugas standar yang berulang di seluruh portofolio, sementara data dikumpulkan terus menerus selama periode yang lama untuk memastikan signifikansi statistik. Klasterisasi tugas manajemen proyek berdasarkan durasi dan biaya dapat menjadi strategi yang efektif dalam meningkatkan integrasi pengetahuan dan pengambilan keputusan dalam manajemen proyek pembangunan jalan tol.

Data penelitian divisualisasikan menggunakan *scatter plot* untuk menampilkan pola atau hubungan antara durasi dengan biaya. Penggunaan *scatter plot* membantu dalam mengidentifikasi tugas yang membutuhkan optimasi atau dalam mengalokasikan waktu secara lebih efektif. Dengan demikian, klasterisasi tugas manajemen proyek berdasarkan durasi dan biaya dapat menjadi strategi yang efektif dalam meningkatkan integrasi pengetahuan dan pengambilan keputusan dalam manajemen proyek pembangunan jalan tol.

6. Introduction

Manajemen proyek pembangunan jalan tol adalah bidang yang sangat kompleks, menghadirkan tantangan dalam alokasi sumber daya dan penjadwalan yang efektif.[38] Dengan berbagai tugas yang harus diselesaikan, manajer proyek sering kali dihadapkan pada kesulitan dalam mengintegrasikan pengetahuan dan membuat keputusan yang tepat.[39] Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang cerdas untuk mengelola kompleksitas ini dan meningkatkan efisiensi proyek.[40]

Salah satu metode yang menjanjikan dalam mengoptimalkan manajemen proyek adalah klasterisasi tugas berdasarkan durasi dan biaya. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan penggunaan algoritma K-means. Sebab Pemanfaatan algoritma K-mean untuk pengelompokan tugas dalam proyek konstruksi jalan raya menyajikan pendekatan yang menjanjikan untuk mengoptimalkan manajemen proyek.[41] Dengan mengelompokkan tugas berdasarkan durasi dan biaya, metode ini tidak hanya mengidentifikasi tugas-tugas penting yang membutuhkan fokus khusus tetapi juga meningkatkan manajemen sumber daya dan

efisiensi penjadwalan. Algoritma K-mean, yang dikenal karena kesederhanaan dan efektivitasnya dalam pengelompokan, dapat membantu dalam penataan tugas proyek secara efektif.[42] Selain itu, adaptasi K-mean untuk pengelompokan dalam jaringan ad-hoc kendaraan (VANET) menunjukkan keserbagunaan dan efisiensinya dalam meningkatkan stabilitas dan kinerja jaringan.[43] Selain itu, peningkatan seperti algoritma K-mean yang ditingkatkan mengatasi kekurangan seperti ketergantungan pusat awal, lebih meningkatkan stabilitas dan efisiensi dalam pengelompokan tugas.[44] Pendekatan komprehensif ini dapat secara signifikan menguntungkan proyek konstruksi jalan raya dengan merampingkan manajemen tugas dan alokasi sumber daya.

Proses klusterisasi dimulai dengan pengumpulan data terstandarisasi dari portofolio Work Breakdown Structure (WBS) dimulai dengan mengumpulkan data standar, yang kemudian dinormalisasi menggunakan Scaling Min-Max. Metode siku, seperti yang dibahas dalam,[45] digunakan untuk menentukan jumlah cluster yang optimal. Dalam hal ini, metode siku mengidentifikasi tiga cluster, dengan Cluster 0 berisi 142 tugas, Cluster 1 berisi 4 tugas, dan Cluster 2 berisi 1 tugas. Analisis standar deviasi berikutnya, yang mencerminkan temuan dari,[46] mengungkapkan variasi yang signifikan dalam durasi dan biaya di setiap cluster. Varians ini menggarisbawahi keragaman tugas dalam proyek, menyoroti efektivitas proses pengelompokan tugas yang berbeda berdasarkan durasi dan metrik biaya.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa tugas pengelompokan berdasarkan durasi dan biaya dapat meningkatkan efektivitas manajemen proyek dalam proyek konstruksi jalan raya.[47] Pendekatan ini membantu dalam meningkatkan proses pengambilan keputusan dengan memungkinkan identifikasi dan perbaikan inefisiensi dalam proyek, yang pada akhirnya mengarah pada penyelesaian proyek yang lebih tepat waktu dan hemat biaya.[48] Selain itu, penelitian ini menekankan bahwa memanfaatkan teknik pengelompokan dapat secara signifikan meningkatkan kinerja prediktif algoritma pembelajaran mesin dalam menganalisis kecelakaan konstruksi, memberikan prediksi yang lebih akurat dan andal.[40] Dengan menggabungkan metode pengelompokan, profesional keselamatan dapat memprediksi hasil dengan lebih akurat dan menerapkan langkah-langkah keselamatan yang tepat, berkontribusi pada keberhasilan dan efisiensi proyek secara keseluruhan.[49]

Pengelompokan tugas telah dieksplorasi sebagai strategi yang efektif dalam manajemen proyek.[50] Dengan memanfaatkan plot pencar untuk visualisasi data, pola dan hubungan antara durasi dan biaya dapat diidentifikasi, membantu alokasi waktu dan sumber daya yang lebih efisien.[47] Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan integrasi pengetahuan tetapi juga memfasilitasi proses pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen

proyek konstruksi jalan tol.[51] Selain itu, pengelompokan disorot sebagai alat yang berharga untuk menerapkan kegiatan inovatif di industri konstruksi, berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, dan pengembangan infrastruktur.[51] Temuan ini menekankan pentingnya tipologi hubungan dan strategi resolusi konflik dalam tim proyek, menunjukkan pentingnya memahami cluster hubungan untuk mengoptimalkan efektivitas manajemen konflik .[52]

7. Abstract

Manajemen proyek pembangunan jalan tol sering dihadapkan pada kompleksitas tugas yang beragam, menantang alokasi sumber daya dan penjadwalan yang efektif. Klasterisasi tugas berdasarkan durasi dan biaya menawarkan solusi cerdas untuk meningkatkan integrasi pengetahuan dan pengambilan keputusan. Penelitian ini mengusulkan pendekatan klasterisasi tugas menggunakan algoritma K-means untuk mengoptimalkan manajemen proyek jalan tol.

Data terstandarisasi dari portofolio Work Breakdown Structure (WBS) dikumpulkan dan dinormalisasi dengan Min-Max Scaling. Metode elbow digunakan untuk menentukan jumlah klaster optimal, menghasilkan tiga klaster dengan 142 tugas di Klaster 0, 4 tugas di Klaster 1, dan 1 tugas di Klaster 2.

Analisis standar deviasi menunjukkan variasi signifikan dalam durasi dan biaya di setiap klaster, mencerminkan keragaman tugas dalam proyek. Klasterisasi ini membantu mengidentifikasi tugas yang memerlukan perhatian khusus, memungkinkan pengelolaan sumber daya dan penjadwalan yang lebih efisien.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasterisasi tugas berdasarkan durasi dan biaya secara signifikan meningkatkan efektivitas manajemen proyek jalan tol. Pendekatan ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik, membantu mengidentifikasi dan mengatasi inefisiensi dalam proyek, dan berkontribusi pada penyelesaian proyek yang tepat waktu dan hemat biaya.

8. Title

“Optimalisasi Sumber Daya melalui Klasterisasi Berdasarkan Durasi dan Biaya dalam Proyek Infrastruktur”

9. Keywords

Manajemen proyek, Algoritma K-means, Klasterisasi tugas, Work Breakdown Structure (WBS), Proyek Jalan Tol, Min-Max Scaling, Metode Elbow, Pengelolaan sumber daya, Pengambilan Keputusan.

10. Acknowledgements

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Sayyidah Meutia Zahra (210605110124), Rahmat Fauzan (210605110125), Hafiz Daniswara (210605110142), Agustina Mufidatuzzainiya (210605110144), Ahmad Nuski Niam (210605110147), Mochammad Alif Zaidan (210605110151), Mochamad Thoriq Khoir (210605110153), Imam Tobroni (210605110167), Ibnu Akbar Habibi (210605110168), Al Humayroh (220605110150) atas bantuan dan dukungan yang tak ternilai selama pelaksanaan penelitian ini. Dedikasi dan diskusi yang berharga dari mereka sangat berkontribusi terhadap kesuksesan penelitian ini.

Penulis juga ingin mengakui bimbingan dan keahlian Bapak SUPRIYONO, M.Kom dari Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Masukan yang konstruktif dan dorongan dari beliau sangat berperan dalam membentuk paper ini.

Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua individu yang telah berkontribusi dalam berbagai cara pada penelitian ini, meskipun tidak disebutkan secara eksplisit di sini.

11. References

- [1] Ira Modifa, D. S. Saragih, V. E. Purba, N. M. Sianturi, and Dinarto, "Analisis Manajemen Proyek Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Jembatan Bahbolon Pada Ruas Jalan Tol Tebing Tinggi – Pematang Siantar Sta 57 + 170," *JSL*, vol. 4, no. 2, pp. 96–110, Oct. 2023, doi: 10.36985/jsl.v4i2.946.
- [2] M. O. Bustamin, B. Sujatmiko, and N. W. Mazaya, "Penjadwalan Penyelesaian Proyek Revitalisasi Aula Muzdalifah Asrama Haji dengan Menggunakan Sumber Daya Terbatas," *publ. ris. n.a. politek. n.a. prot.*, vol. 4, no. 1, pp. 21–27, Jun. 2022, doi: 10.26740/proteksi.v4n1.p21-27.
- [3] J. Rohmah, "PENGARUH MANAJEMEN PENGELOLAAN KELAS TERHADAP KREATIVITAS SISWA," *JDP*, vol. 19, no. 2, pp. 224–247, Jan. 2020, doi: 10.21274/dinamika.2019.19.2.224-247.
- [4] M. Putu Sugiati Keraf, A. Aristo Jansen Sinlae, and P. Batarius, "PEMODELAN WARNA PADA DATASET BARU CITRA BUNGA LANTANA CAMARA MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOV5," *Mnemonic*, vol. 7, no. 1, pp. 108–117, Apr. 2024, doi: 10.36040/mnemonic.v7i1.9218.
- [5] L. Husna and P. E. Prasetyo Utomo, "Analisis Dan Visualisasi Data Body Performance Menggunakan Tiga Tools Visualisasi," *j.ilm.intech*, vol. 5, no. 1, pp. 32–40, May 2023, doi: 10.46772/intech.v5i1.1167.
- [6] I. Suliantoro, "Duplikasi Sistem Monitoring dan Evaluasi Belanja Kementerian/Lembaga," *Journal of Public Financial Management*, vol. 4, no. 2, pp. 16–30, Dec. 2020, doi: 10.31092/jmnp.v4i2.1025.
- [7] A. Herzanita, "Implementation of standardized wbs (work breakdown structure) for time and cost performance. (study case: building project PT. X, Kuala Tanjung, Sumatera

- Utara),” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 508, p. 012049, May 2019, doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012049.
- [8] Y. Antu, E. H. Mohi, R. Nggilu, I. K. S. Arsana, F. Binolombangan, and N. Endey, “ANALISIS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN EKONOMI DAN IMPLIKASINYA TERHADAP UMKM DI KOTA GORONTALO,” *PUBLIK*, vol. 8, no. 2, pp. 230–237, Dec. 2021, doi: 10.37606/publik.v8i2.231.
 - [9] G. Gustientiedina, M. H. Adiya, and Y. Desnelita, “Penerapan Algoritma K-Means Untuk Clustering Data Obat-Obatan,” *TEKNOSI*, vol. 5, no. 1, pp. 17–24, Apr. 2019, doi: 10.25077/TEKNOSI.v5i1.2019.17-24.
 - [10] T. Khotimah, A. Syukur, and M. A. Soeleman, “CLUSTERING TRAFO DISTRIBUSI MENGGUNAKAN ALGORITMA SELF-ORGANIZING MAP,” *Simet*, vol. 8, no. 1, pp. 15–20, Apr. 2017, doi: 10.24176/simet.v8i1.808.
 - [11] Haryati, R. Piarna, N. N. Purnawan, D. Vernanda, T. H. Apandi, and N. Khoirunnisa, “Analisis Karakteristik Konsumen dan Faktor Dominan Keberhasilan Promosi UMKM Kab. Subang di Media Sosial,” *bit*, vol. 3, no. 3, pp. 169–178, Sep. 2022, doi: 10.47065/bit.v3i3.317.
 - [12] V. Novita Sari, Y. Yupianti, and D. Maharani, “Penerapan Metode K-Means Clustering Dalam Menentukan Predikat Kelulusan Mahasiswa Untuk Menganalisa Kualitas Lulusan,” *JURTEKSI*, vol. 4, no. 2, pp. 133–140, Jun. 2018, doi: 10.33330/jurteks.v4i2.53.
 - [13] E. F. L. Awalina and W. I. Rahayu, “Optimalisasi Strategi Pemasaran dengan Segmentasi Pelanggan Menggunakan Penerapan K-Means Clustering pada Transaksi Online Retail,” *JATI*, vol. 13, no. 2, pp. 122–137, Aug. 2023, doi: 10.34010/jati.v13i2.10090.
 - [14] M. A. I. N. R. Said, Mohammad Reza Faisal, Dwi Kartini, Irwan Budiman, and Triando Hamonangan Saragih, “Analisis Perbandingan Metode Harmonic Meandan Local Mean Vector Dalam Penyeleksian Tetangga Pada Algoritma KNN,” *JSI*, vol. 9, no. 2, pp. 127–135, Nov. 2023, doi: 10.34128/jsi.v9i2.376.
 - [15] A. D. K. Zulfiansyah, H. Kusuma, and M. Attamimi, “Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan Sinar UV dengan Metode Machine Learning,” *JTITS*, vol. 12, no. 2, pp. A166-173, Sep. 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i2.118320.
 - [16] P. T. Pungkasanti, N. Wakidah, and R. R. F. Kurniawan, “Penerapan metode Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) dalam menentukan reseller terbaik,” *AITI*, vol. 20, no. 2, pp. 206–219, Aug. 2023, doi: 10.24246/aiti.v20i2.206-219.
 - [17] R. Indraswari, W. Herulambang, and R. Rokhana, “Deteksi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN),” *tc*, vol. 21, no. 2, pp. 378–389, May 2022, doi: 10.33633/tc.v21i2.6162.
 - [18] A. K. Ermy Pily, Oktavianda, F. Aprilia, Rahmaddeni, and L. Efrizoni, “Komparasi Algoritma K-Nearest Neighbors dan Naïve Bayes dalam Klasifikasi Penyakit Diabetes Gestasional,” *ijcs*, vol. 13, no. 1, Feb. 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i1.3714.
 - [19] A. Yudhistira and R. Andika, “Pengelompokan Data Nilai Siswa Menggunakan Metode K-Means Clustering,” *JAITI*, vol. 1, no. 1, pp. 20–28, Feb. 2023, doi: 10.58602/jaiti.v1i1.22.
 - [20] D. Camartya and A. I. Achmad, “Analisis Korespondensi pada Jumlah Pengangguran Terbuka Menurut Kabupaten/Kota Berdasarkan Pendidikan Tertinggi,” *JRS*, pp. 119–128, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrs.v2i2.1424.
 - [21] H. N. Pradani and F. Mahananto, “Studi Literatur Human Activity Recognition (HAR) Menggunakan Sensor Inersia,” *RESTI*, vol. 5, no. 6, pp. 1193–1206, Dec. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i6.3665.
 - [22] A. Bengnga and R. Ishak, “Penerapan XGBoost untuk Seleksi Atribut pada K-Means dalam Clustering Penerima KIP Kuliah,” *JJEEE*, vol. 5, no. 2, pp. 192–196, Jul. 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i2.20253.
 - [23] M. Guntara and N. Lutfi, “Optimasi Cacah Klaster pada Klasterisasi dengan Algoritma KMeans Menggunakan Silhouette Coeficient dan Elbow Method,” *Jur. TI*, vol. 2, no. 1,

- p. 43, Aug. 2023, doi: 10.26798/juti.v2i1.944.
- [24] R. Ishak and A. Bengnga, "Clustering Prestasi Akademik Lulusan Menggunakan Metode K-Means," *JJEEE*, vol. 6, no. 1, pp. 76–81, Jan. 2024, doi: 10.37905/jjee.v6i1.23967.
 - [25] Gitanissya Azzahra and Ghieska Maharani, "Analisis Bibliometrik : Brand Management dan Customer Loyalty (2010 – 2022)," *Jurnal Ilmiah Manajemen Ekonomi Dan Akuntansi (JIMEA)*, vol. 1, no. 1, pp. 36–44, Nov. 2023, doi: 10.62017/jimea.v1i1.85.
 - [26] E. Susilawati and S. Puryandani, "PENGARUH LITERASI KEUANGAN TERHADAP KEPUTUSAN STRUKTUR MODAL UMKM DENGAN INKLUSI KEUANGAN SEBAGAI PEMODERASI (Studi Pada UMKM Klaster Mebel dan Furnitur Kota Semarang)," *SLSI*, vol. 18, no. 2, May 2020, doi: 10.26623/slsi.v18i2.2298.
 - [27] L. P. Refialy, H. Maitimu, and M. S. Pesulima, "Perbaikan Kinerja Clustering K-Means pada Data Ekonomi Nelayan dengan Perhitungan Sum of Square Error (SSE) dan Optimasi nilai K cluster," *tc*, vol. 20, no. 2, pp. 321–329, May 2021, doi: 10.33633/tc.v20i2.4572.
 - [28] Kusmanto, S. Samsir, R. Watrionthos, and S. Suryadi, "Distribusi Spasial Unmet Need Pelayanan Kesehatan dengan Algoritma K-Means untuk Pemetaan Provinsi di Indonesia," *bit*, vol. 4, no. 3, pp. 362–368, Sep. 2023, doi: 10.47065/bit.v4i3.862.
 - [29] N. A. Maori and E. Evanita, "Metode Elbow dalam Optimasi Jumlah Cluster pada K-Means Clustering," *Simetris J. Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 14, no. 2, pp. 277–288, Nov. 2023, doi: 10.24176/simet.v14i2.9630.
 - [30] A. Khalif, A. N. Hasanah, M. H. Ridwan, and B. N. Sari, "Klasterisasi Tingkat Kemiskinan di Indonesia menggunakan Algoritma K-Means," *generation*, vol. 8, no. 1, pp. 54–62, Mar. 2024, doi: 10.29407/gj.v8i1.21470.
 - [31] V. A. Ekasetya and A. Jananto, "KLUSTERISASI OPTIMAL DENGAN ELBOW METHOD UNTUK PENGELOMPOKAN DATA KECELAKAAN LALU LINTAS DI KOTA SEMARANG," *JDI*, vol. 12, no. 1, pp. 20–28, Aug. 2020, doi: 10.35315/informatika.v12i1.8159.
 - [32] V. F. 10060116088 and Suliadi, M.Si., Ph.D., "Pengelompokkan Desa di Jawa Barat Berdasarkan Variabel Penyusun Indeks Desa Membangun," *BCSS*, vol. 4, no. 1, pp. 221–229, Feb. 2024, doi: 10.29313/bcss.v4i1.11589.
 - [33] M. Mujibulloh, M. Martanto, and U. Hayati, "CLUSTERING PRODUK EKSPOR INDONESIA BERDASARKAN TINGKAT PERMINTAAN MENGGUNAKAN METODE K-MEANS TAHUN 2020-2022," *jati*, vol. 7, no. 6, pp. 3580–3586, Feb. 2024, doi: 10.36040/jati.v7i6.8254.
 - [34] R. Ishak and A. Bengnga, "Clustering Tingkat Pemahaman Mahasiswa Pada Perkuliahan Probabilitas Statistika Dengan Metode K-Means," *JJEEE*, vol. 4, no. 1, pp. 65–69, Jan. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.11997.
 - [35] A. E. Satriatama *et al.*, "Analisis Klaster Data Pasien Diabetes untuk Identifikasi Pola dan Karakteristik Pasien," *JTEKSIS*, vol. 5, no. 3, pp. 172–182, Jul. 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.828.
 - [36] N. Thamrin and A. W. Wijayanto, "Comparison of Soft and Hard Clustering: A Case Study on Welfare Level in Cities on Java Island: Analisis cluster dengan menggunakan hard clustering dan soft clustering untuk mengelompokkan tingkat kesejahteraan kabupaten/kota di pulau Jawa," *IJSA*, vol. 5, no. 1, pp. 141–160, Mar. 2021, doi: 10.29244/ijsa.v5i1p141-160.
 - [37] N. Adawiyah, N. Sulistiyowati, and M. Jajuli, "Klasterisasi Kasus Kekerasan Terhadap Anak dan Perempuan Berdasarkan Algoritma K-Means," *generation*, vol. 5, no. 2, pp. 69–80, Jul. 2021, doi: 10.29407/gj.v5i2.15995.
 - [38] В. Л. Бурковский and И. Н. Волков, "PROBLEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES MANAGEMENT IN ROAD CONSTRUCTION," *ВЕСТНИК ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА*, no. 2, pp. 15–20, May 2023, doi: 10.36622/VSTU.2023.19.2.002.
 - [39] M. Mohamed and D. Q. Tran, "Exploring the Relationships Between Project Complexity and Quality Management Approaches in Highway Construction Projects,"

- Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2677, no. 5, pp. 390–402, May 2023, doi: 10.1177/03611981221131308.
- [40] M. Welde and G. Holst Volden, "Improving value for money through better front-end management: An attempt to reduce costs and increase user benefits in the planning of a motorway project," *Case Studies on Transport Policy*, vol. 10, no. 3, pp. 1611–1619, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.cstp.2022.05.019.
 - [41] Z. Chen and J. Xiang, "Research on Multi-Objective Optimization System of Construction Project Management Based on K-Means Algorithm," in *2023 Asia-Europe Conference on Electronics, Data Processing and Informatics (ACEDPI)*, Prague, Czech Republic: IEEE, Apr. 2023, pp. 341–346. doi: 10.1109/ACEDPI58926.2023.00073.
 - [42] F. Nie, Z. Li, R. Wang, and X. Li, "An Effective and Efficient Algorithm for K-Means Clustering With New Formulation," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 35, no. 4, pp. 3433–3443, Apr. 2023, doi: 10.1109/TKDE.2022.3155450.
 - [43] K. Kandali, L. Bennis, H. Halaq, and H. Bennis, "A novel k-means powered algorithm for an efficient clustering in vehicular ad-hoc networks," *IJECE*, vol. 13, no. 3, p. 3140, Jun. 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i3.pp3140-3148.
 - [44] M. Lv, "Application of an K-means Improved Clustering Analysis Algorithm in the Design of Resource Management Information System," in *2022 World Automation Congress (WAC)*, San Antonio, TX, USA: IEEE, Oct. 2022, pp. 158–162. doi: 10.23919/WAC55640.2022.9934387.
 - [45] C. Shi, B. Wei, S. Wei, W. Wang, H. Liu, and J. Liu, "A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm," *J Wireless Com Network*, vol. 2021, no. 1, p. 31, Dec. 2021, doi: 10.1186/s13638-021-01910-w.
 - [46] I. Palupi, B. A. Wahyudi, and I. Indwiarti, "The Clustering Algorithms Approach for Decision Efficiency in Investment Portfolio Diversification," in *2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE, Jul. 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICoICT.2019.8835314.
 - [47] T. E. Kwofie, F. A. Ellis, M. N. Addy, S. Amos-Abanyie, C. Aigbavboa, and S. O. Afram, "Relationship clusters and performance of conflict management strategies in cross-organisational projects teams," *IJPPM*, vol. 73, no. 3, pp. 676–699, Mar. 2024, doi: 10.1108/IJPPM-09-2021-0504.
 - [48] S. Korkmaz and Y. DemiR, "INVESTIGATION OF SOME UNIVARIATE NORMALITY TESTS IN TERMS OF TYPE-I ERRORS AND TEST POWER," *Journal of Scientific Reports-A*, no. 052, pp. 376–395, Mar. 2023, doi: 10.59313/jsr-a.1222979.
 - [49] C. Le, T. Ko, and H. D. Jeong, "A Natural Language Processing-Based Approach for Clustering Construction Projects," in *Construction Research Congress 2022*, Arlington, Virginia: American Society of Civil Engineers, Mar. 2022, pp. 354–360. doi: 10.1061/9780784483961.038.
 - [50] W. Fan, J. Zhu, and K. Ding, "An Improved Task Duplication based Clustering Algorithm for DAG Task Scheduling in Heterogenous and Distributed Systems," in *2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Prague, Czech Republic: IEEE, Oct. 2022, pp. 878–883. doi: 10.1109/SMC53654.2022.9945255.
 - [51] R. Uchida, F. Yokose, T. Wakasugi, K. Tsuchikawa, H. Oishi, and Y. Urabe, "Applicability Evaluation of Task Clustering Method Using Co-occurrence of Operations," in *2022 23rd Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, Takamatsu, Japan: IEEE, Sep. 2022, pp. 1–4. doi: 10.23919/APNOMS56106.2022.9919984.
 - [52] SSI "Institute of Education Context Modernization", MES of Ukraine, Kyiv, K. Shaposhnykov, S. Andrusiv, Military Unit A7135, Yaremche, H. Zelinska, and Ivano-Frankivsk Oil and Gas National Technical University, "CLUSTER AS A MODEL OF INNOVATIVE ACTIVITY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY," *BSES*, no. 79, 2023, doi: 10.32782/bses.79-6.