



Analisis Coverage Dan Kualitas Sinyal TV Digital Menggunakan K-Means Clustering Di Jawa Tengah-1

Amriah Syata^{1*}, Suryani Alifah²

^{1,2} Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

Email author: amriahsyata97@gmail.com¹, suryani.alifah@unissula.ac.id²

Article Info

Article history:

Received Januari 3, 2025

Revised Februari 17, 2025

Accepted June 28, 2025

Keywords:

Field Strength

Digital Television

Coverage area

K-Means Clustering

ABSTRACT

Terrestrial digital television transmitter stations are the main facilities in the transmission of digital television broadcasts to the public. The quality of the transmitted signal is expected to reach the Central Java-1 service area well so as to provide optimal and reliable quality of digital television broadcast performance according to the needs of the community, but currently, complaints about signal problems such as service coverage and reception quality still occur a lot, coverage and signal quality received by community-owned television transmitters cannot be separated from the influence of the quality performance of digital television transmission stations. The purpose of this research is to analyse the coverage performance of digital television services of digital television transmitter stations using the K-Means Clustering Method, identify areas with the best signal coverage and group areas based on the level of signal performance. The data used includes field strength parameters collected through field measurements at 25 service area location points, topography factors and transmitter distance were found to be the main causes of signal quality differences. Data analysis shows that the K-Means Clustering method effectively clusters areas with signal reception quality categories of very good cluster 3 areas, good cluster 8 areas, fair cluster 5 areas and poor cluster 9 areas. The results of this study can be recommended in the evaluation and optimisation of tele-transmitting station networks.

Corresponding Author:

Amriah Syata,

Universitas Islam Sultan Agung

Jl. Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah Email:

amriahsyata97@gmail.com



1. INTRODUCTION

Media massa elektronik yang masih digunakan oleh masyarakat Indonesia secara luas saat ini adalah televisi. Televisi menjadi salah satu media yang memberikan informasi, edukasi, hingga hiburan yang sampai saat ini selalu mengalami perkembangan baik dari segi tampilan fisik, fitur maupun program-program yang ada didalamnya. [1]

Perkembangan teknologi komunikasi dan informasi telah membawa perubahan besar dalam industri penyiaran, termasuk migrasi dari televisi analog ke televisi digital [2]. Implementasi teknologi televisi digital memberikan banyak keunggulan dibandingkan teknologi televisi analog diantaranya

penggunaan bandwidth yang lebih efisien, efek interferensi yang lebih rendah, kualitas gambar dan suara yang lebih jernih serta keandalan siaran yang lebih baik serta kemampuan untuk menyediakan layanan tambahan seperti interaktivitas dan multimedia.[3] Dengan keunggulan sistem penyiaran digital terrestrial ini, teknologi televisi digital telah hadir menjadi solusi terhadap keterbatasan spektrum frekuensi radio, teknologi televisi digital menggunakan sistem multiplexing yaitu metode dengan beberapa sinyal dapat ditransmisikan melalui satu kanal.[4][5]

Untuk memastikan keunggulan teknologi televisi digital dapat dirasakan secara optimal oleh pengguna, diperlukan analisis mendalam terhadap coverage (cakupan) dan kualitas sinyal televisi digital. Analisis ini penting untuk memastikan bahwa sinyal dapat diterima dengan baik di berbagai wilayah, terutama di daerah yang memiliki tantangan geografis atau lingkungan yang kompleks. Analisis coverage dan kualitas sinyal televisi digital menjadi krusial karena keduanya menentukan sejauh mana layanan televisi digital dapat diakses oleh masyarakat dan memastikan layanan penyiaran yang inklusif, andal, dan berkelanjutan. Coverage yang baik memastikan bahwa sinyal dapat menjangkau area yang luas, sementara kualitas sinyal yang stabil memastikan pengalaman menonton yang nyaman tanpa gangguan seperti pixelasi atau putus sinyal. Tanpa analisis ini, operator televisi digital mungkin tidak dapat mengidentifikasi area yang memiliki masalah sinyal, sehingga berpotensi mengurangi kepuasan pengguna dan menghambat adopsi teknologi ini. Manfaat utama analisis coverage dan kualitas sinyal ini adalah meningkatkan kualitas layanan televisi digital secara keseluruhan. Dengan memahami pola coverage dan kualitas sinyal, operator dapat mengambil langkah-langkah strategis seperti mengoptimalkan lokasi pemancar, menyesuaikan daya transmisi, atau menambahkan repeater untuk memperluas jangkauan. Selain itu, analisis ini juga membantu dalam perencanaan jaringan yang lebih efisien, mengurangi biaya operasional, dan memastikan kepatuhan terhadap standar regulasi penyiaran.[6] Di berbagai negara, termasuk Indonesia, transisi ke televisi digital menjadi agenda utama pemerintah untuk meningkatkan akses informasi dan hiburan yang lebih berkualitas bagi masyarakat, keberhasilan implementasi televisi digital sangat bergantung pada coverage dan kualitas sinyal yang diterima oleh masyarakat.[7] Para penyelenggara multiplexing (MUX) siaran televisi digital terrestrial di Indonesia telah lebih 1 tahun lamanya menggelar layanan televisi digital kepada masyarakat khususnya di wilayah Jawa Tengah. Namun keluhan masalah sinyal seperti coverage layanan dan kualitas penerimaan masih banyak terjadi, coverage dan kualitas sinyal yang diterima oleh pemancar televisi milik masyarakat tidak lepas dari pengaruh kualitas performa dari stasiun transmisi televisi digital.[8]

Salah satu pendekatan yang menjanjikan dalam analisis coverage dan kualitas sinyal televisi digital adalah penggunaan algoritma K-Means Clustering. Algoritma ini memungkinkan pengelompokan data berdasarkan kemiripan karakteristik, [9] sehingga dapat mengidentifikasi pola-pola tertentu dalam distribusi coverage dan kualitas sinyal. Kelebihan utama dari metode ini adalah kemampuannya untuk menangani data dalam jumlah besar secara efisien, serta fleksibilitasnya dalam mengelompokkan area berdasarkan parameter seperti kekuatan sinyal, tingkat interferensi, daya pancar, topologi dan geografis wilayah atau kualitas layanan. Dengan demikian, K-Means Clustering dapat menjadi alat yang efektif untuk mengoptimalkan jaringan televisi digital dan meningkatkan kualitas layanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi coverage layanan televisi digital stasiun pemancar televisi digital menggunakan Metode K-Means Clustering, mengidentifikasi wilayah layanan dengan coverage sinyal terbaik dan mengelompokkan wilayah layanan berdasarkan tingkat performa sinyal, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi yang lebih efektif untuk optimasi jaringan televisi digital di masa depan.

2. METHOD

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan *data mining* melalui algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan kualitas sinyal televisi digital berdasarkan parameter teknis yang diukur di lapangan. Tujuan dari penggunaan metode ini adalah untuk mengidentifikasi pola persebaran kualitas sinyal dan memetakan zona layanan secara objektif berdasarkan data numerik.

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data dilakukan metode *field research*, data primer dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan instrumen *Spectrum Analyzer, Digital TV Analyzer, dan Antenna Receiver* sedangkan data sekunder diperoleh informasi dari regulator penyiaran (Kementerian Komunikasi dan Digital) terkait frekuensi televisi digital. Parameter penelitian yang ditentukan mencakup kuat sinyal (dB μ V/m) yang menunjukkan kualitas penerimaan sinyal, jarak lokasi pengukuran terhadap stasiun pemancar (meter) sebagai faktor geografis yang mempengaruhi *coverage*, ketinggian lokasi ukur dari permukaan laut (mdpl) untuk melihat pengaruh elevasi terhadap penerimaan sinyal. Pengukuran kuat sinyal (*field strength*) televisi digital dilakukan di stasiun pemancar, data hasil ukur kuat sinyal di titik terdekat dengan stasiun pemancar menjadi nilai acuan dan dibandingkan dengan data hasil ukur di titik lainnya. Titik lokasi pengukuran wilayah layanan ditentukan sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 6 Tahun 2019 tentang Rencana Induk Frekuensi Radio Untuk Keperluan Penyelenggaraan Televisi Siaran Digital Teresterial Pada Pita Frekuensi Radio *Ultra High Frequency*, [19] wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 titik lokasi dengan pencatatan koordinat *latitude-longitude*, titik lokasi tersebut tersebar di wilayah Kota/Kabupaten Semarang, Kota Salatiga, Kabupaten Demak, Kabupaten Kudus, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Sragen dan Kabupaten Boyolali.

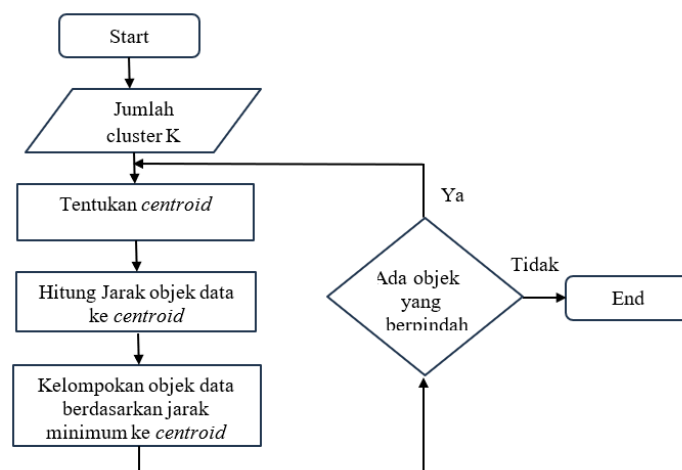
2.2. Implementasi K-Means Clustering

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan terhadap hasil pengukuran dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Penjelasan pemodelan algoritma *K-Means Clustering* pada gambar 1 sebagai berikut :

1. Menentukan nilai k sebagai jumlah *cluster* yang ingin dibentuk.
2. Menentukan *centroid* (pusat *cluster*) awal secara acak.
3. Menghitung jarak setiap data yang ada terhadap setiap pusat *cluster* dengan menggunakan metode *Euclidean Distance*.

$$d(x_i, c_u) = \sqrt{(x_{i1} - c_{u1})^2 + (x_{i2} - c_{u2})^2 + (x_{i3} - c_{u3})^2 + \dots + (x_{im} - c_{um})^2} \dots (1)$$

4. Mengelompokkan data hasil perhitungan jarak data pada *centroid*
5. Menentukan *centroid* baru dari hasil *clustering*
6. Menghitung kembali jarak setiap data menggunakan *centroid* baru.



Gambar 1. Pemodelan Algoritma *K-Means Clustering*

2.3. Analisa Hasil *Clustering*

Pada tahapan ini, dilakukan analisa pemetaan wilayah berdasarkan hasil clustering, setiap cluster memiliki pola distribusi dan karakteristik yang berbeda dalam hal penerimaan sinyal televisi digital. Kualitas penerimaan sinyal ditentukan berdasarkan identifikasi karakteristik sinyal pada setiap cluster, sehingga memungkinkan identifikasi area dengan kualitas sinyal yang sangat bagus, bagus, cukup bagus atau kurang bagus dan perlu perbaikan dan optimalisasi infrastruktur penyiaran.

RESULT DAN ANALISIS

Data Hasil Pengukuran Parameter Teknis Televisi Digital

Pengumpulan data penelitian melalui kegiatan pengukuran parameter teknis dilakukan di titik lokasi dekat pemancar sebagai data acuan terhadap titik lokasi lainnya, berikut data pengukuran di lokasi stasiun pemancar televisi digital terlihat pada tabel. 1 :

Tabel. 1 Hasil Pengukuran Kuat Sinyal Di Stasiun Pemancar TV

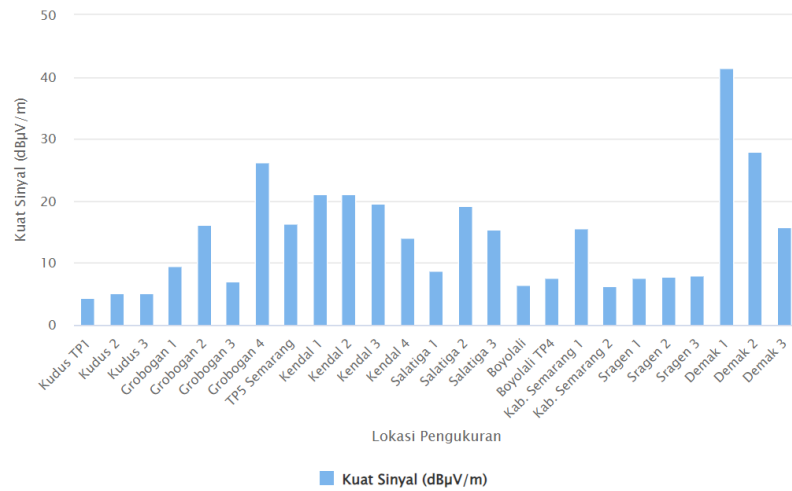
Penyelenggara MUX	Ketinggian (mdpl)	Jarak (m)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
Penyelenggara Televisi Digital	267	100	66.37

Hasil pengukuran di titik lokasi wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 titik sebagai dataset penelitian dengan parameter kuat sinyal, jarak terhadap titik pemancar dan ketinggian lokasi pengukuran dapat dilihat pada tabel. 2 sebagai berikut :

Tabel. 2 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Televisi Digital

No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
1	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	65698	26	4.29
2	Kudus 2	-6.839406	110.876222	54826	7	5.13
3	Kudus 3	-6.8419	110.817133	48824	7	5.2
4	Grobogan 1	-6.9874166	110.9314167	56410	231	9.43
5	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	52176	26	16.07
6	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	81900	49	7.05
7	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	38443	14	26.21
8	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	16873	19	16.41
9	Kendal 1	-6.932681	110.248487	22770	2	21.12
10	Kendal 2	-6.921557	110.204595	27573	4	9.38
11	Kendal 3	-6.945576	110.154391	31530	12	19.62
12	Kendal 4	-6.985683	110.147607	31043	17	14.04
13	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	28748	526	8.73
14	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	35557	677	19.29
15	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	37506	653	15.39
16	Boyolali	-7.374566	110.7631	38943	154	6.51
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63571	148	7.54
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	10287	312	15.61
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23933	527	6.28
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75655	81	7.52
21	Sragen 2	-7.40008	110.840299	60876	168	7.82
22	Sragen 3	-7.399528	110.893306	65371	86	7.9
23	Demak 1	-6.934029	110.5414686	17704	4	41.51
24	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	30370	4	27.87
25	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	28781	5	15.72

Dari data hasil pengukuran parameter teknis dari stasiun pemancar televisi digital terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik kuat sinyal pada gambar. 2 berikut ini:



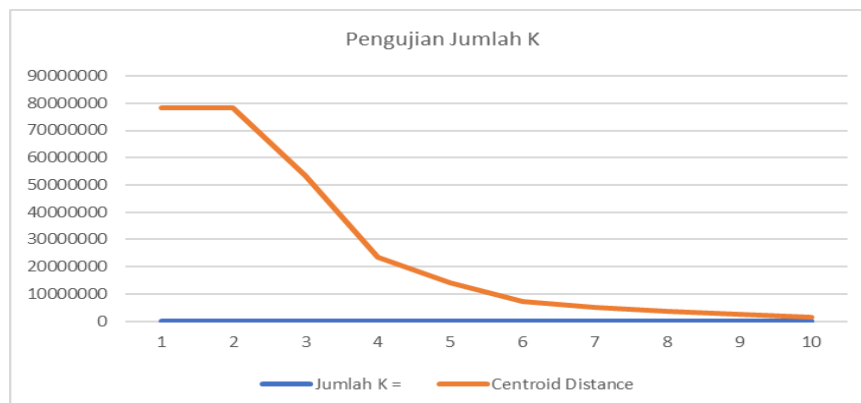
Gambar 2. Visualisasi Data Kuat Sinyal Televisi Digital

Hasil Penerapan *K-Means Clustering*

Dalam penelitian ini, *K-Means Clustering* diterapkan untuk mengelompokkan wilayah layanan TV digital berdasarkan parameter teknis sinyal yang telah diukur, variabel jarak dan ketinggian lokasi pengukuran. Implementasi algoritma ini melibatkan beberapa tahapan utama sebagai berikut:

1. Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Untuk menentukan jumlah *cluster* (**K**) yang optimal, digunakan *Elbow Method* yang diuji dalam rentang **K** = [1, 2, ..., 10]. Hasil pengujian jumlah *cluster* (**K**) menghasilkan nilai rata-rata *centroid distance* masing-masing seperti terlihat pada grafik hasil pengujian jumlah *cluster* dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Grafik Pengujian Jumlah K

Dari Gambar 3 terlihat bahwa hasil pengujian *centroid distance* dengan nilai **K** = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] yang sesuai dengan *Elbow Method* yaitu nilai **K** = 4 dimana grafik lebih berbentuk siku di banding nilai **K** lainnya, sehingga jumlah **K** optimal = 4.

2. Inisialisasi *Centroid* Awal

Setelah jumlah *cluster* ditentukan, penentuan *centroid* awal secara acak dari dataset dilakukan. Setiap *centroid* mewakili pusat awal dari masing-masing kelompok, inisial dari *centroid* awal yang ditentukan sebagai berikut :

- C1: Wilayah dengan kualitas sinyal bagus
- C2: Wilayah dengan kualitas sinyal cukup bagus
- C3: Wilayah dengan kualitas sinyal sangat bagus
- C4: Wilayah dengan kualitas sinyal kurang bagus

Penentuan nilai *centroid* awal pada tabel 3 berikut :

Tabel.3 *Centroid* Awal Data Pengukuran Televisi Digital

<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
C1	21,1	22770	2
C2	8,73	28748	526
C3	16,4	16873	19
C4	9,43	564	231

3. Perhitungan Jarak Data ke *Centroid* (Euclidean Distance) Setiap Cluster

Setiap titik data dihitung jaraknya terhadap setiap *centroid* menggunakan persamaan **Euclidean Distance**.

$$d(x_i, c_u) = \sqrt{(x_{i1} - c_{u1})^2 + (x_{i2} - c_{u2})^2 + (x_{i3} - c_{u3})^2 + \dots + (x_{im} - c_{um})^2} \dots (1)$$

Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Jarak dengan nilai terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada *cluster* dengan pusat *cluster* yang paling dekat dan relevan. Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama.

4. Pengelompokkan Data Hasil Perhitungan Jarak Data Pada *Centroid*

Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel. 4 berikut :

Tabel.4 Proses Clustering Iterasi 1

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	4,29	65698	26	42928	36953	48825	9290	9290	4
P2	5,13	54826	7	32056	26083	37953	1599	1599	4
P3	5,2	48824	7	26054	20082	31951	7589	7589	4
P4	9,43	56410	231	33640	27663	39537	0	0	4
P5	16,07	52176	26	29406	23433	353033	4238	4238	4
P6	7,05	81900	49	59130	53154	65027	25490	25490	4
P7	26,21	38443	14	15673	9708	21570	17968	9708	2
P8	16,41	16873	19	5897	11885	38	39537	38	3
P9	21,12	22770	2	0	6000	5897	33640	0	1
P10	9,38	27573	4	4803	1285	10700	28837	1285	2
P11	19,62	31530	12	8760	2829	14657	24880	2829	2
P12	14,04	31043	17	8273	2350	14170	25367	2350	2
P13	8,73	28748	526	6000	0	11887	27663	0	2
P14	19,29	35557	677	12804	6810	18696	20857	6810	2
P15	15,39	37506	653	14750	8758	20643	18908	8758	2
P16	6,51	38943	154	16173	10201	22070	17467	10201	2
P17	7,54	63571	148	40801	34825	46698	7161	7161	4

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P18	15,61	10287	312	12486	18462	6594	46123	6594	3
P19	6,28	23933	527	1276	4815	7081	32478	1276	1
P20	7,52	75655	81	52885	46909	58782	19245	19245	4
P21	7,82	60876	168	38106	32129	44003	4466	4466	4
P22	7,9	65371	86	42601	36625	48498	8962	8962	4
P23	41,51	17704	4	5066	11056	831	38706	831	3
P24	27,87	30370	4	7600	1704	13497	26041	1704	2
P25	15,72	28781	5	6011	522	11908	27629	522	2

Berdasarkan perhitungan jarak terdekat pada iterasi pertama tersebut maka anggota cluster yang terbentuk adalah cluster (K1) terdiri dari 2 lokasi, cluster (K2) terdiri dari 10 lokasi, cluster (K3) terdiri dari 3 lokasi, dan cluster (K4) terdiri dari 10 lokasi. Penentuan jumlah pengelompokan titik lokasi tersebut untuk mengetahui dan memahami distribusi data dan karakteristik kelompok dalam analisa *coverage performace* dan kualitas sinyal TV digital di area tersebut.

5. Iterasi dan Pembaharuan *Centroid*

Proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan rata-rata pada data setiap cluster yang sama untuk ketiga variable tersebut, hasil perhitungan rata-rata tersebut menghasilkan *centroid* baru untuk masing-masing cluster pada ketiga variabel tersebut seperti terlihat pada tabel. 5 berikut :

Tabel 5. Hasil *Centroid* Iterasi 1

<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
C1	13,7	23351,5	264,5	2
C2	16,276	32849,4	206,6	10
C3	24,51	14954,67	111,66667	3
C4	7,795	62530,7	82,9	10

Untuk perhitungan pada iterasi kedua dilakukan menggunakan proses yang sama seperti pada tahap iterasi pertama yaitu dengan perhitungan jarak setiap data dengan *centroid* baru pada tabel 5. Iterasi berlanjut hingga iterasi ketujuh, di mana *centroid* baru sudah tidak berubah, menandakan konvergensi *clustering*. Hasil Iterasi ketujuh dapat disajikan pada tabel .6 berikut :

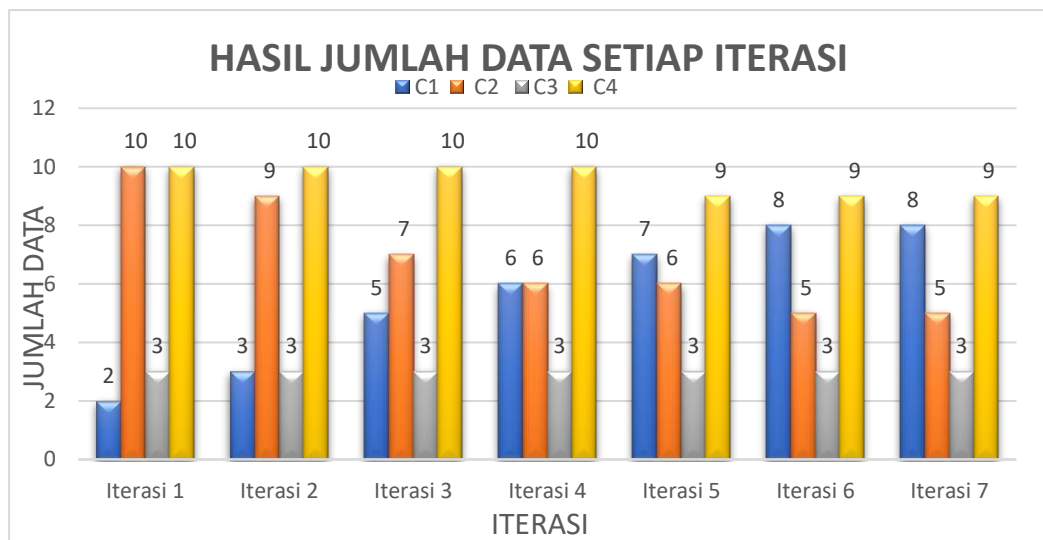
Tabel 6. Hasil *Centroid* Iterasi 7

<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Jarak (J) (Meter)	Ketinggian (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
C1	15,345	28093,5	137,125	8
C2	14,52	39854,6	301	5
C3	24,51	14954,67	111,66667	3
C4	8,08333	64053,7	91,3333	9

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada *cluster* yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Hasil *Clustering* Iterasi 7

Lokasi Pengukuran	L	C1	C2	C3	C4	Ket
Kudus TP1	P1				1	
Kudus 2	P2				1	
Kudus 3	P3		1			
Grobogan 1	P4				1	
Grobogan 2	P5				1	
Grobogan 3	P6				1	
Grobogan 4	P7		1			
TP5 Semarang	P8			1		
Kendal 1	P9	1				
Kendal 2	P10	1				
Kendal 3	P11	1				
Kendal 4	P12	1				
Salatiga 1	P13	1				
Salatiga 2	P14		1			
Salatiga 3	P15		1			
Boyolali	P16		1			
Boyolali TP4	P17				1	
Kab. Semarang 1	P18			1		
Kab. Semarang 2	P19	1				
Sragen 1	P20				1	
Sragen 2	P21				1	
Sragen 3	P22				1	
Demak 1	P23			1		
Demak 2	P24	1				
Demak 3	P25	1				
Jumlah Data		8	5	3	9	25



Gambar 4. Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi

Pada gambar. 4 menunjukkan proses iterasi 1 sampai iterasi 7 pada cluster 3 terdapat jumlah data yang konsisten yaitu 3 data lokasi, namun pada cluster yang lain (C1, C2 dan C4) terjadi dinamika perubahan jumlah data, hal ini menunjukkan terjadi mekanisme proses penyesuaian

kelompok data sesuai dengan karakteristik dari data tersebut selama proses iterasi hingga mendapatkan jumlah data yang konvergen, pada akhirnya jumlah data dari masing-masing cluster adalah **C1** sebanyak **8** data lokasi, **C2** sebanyak **5** data lokasi, **C3** sebanyak **3** data lokasi dan **C4** sebanyak **9** data lokasi.

Analisa Hasil Clustering

Evaluasi dan analisa hasil clustering setelah iterasi ketujuh, wilayah penelitian terbagi dalam empat cluster :

- Cluster 1 / C1(Kualitas Sinyal Bagus): Wilayah dengan kuat sinyal tinggi, jarak dekat ke pemancar, dan ketinggian rendah sebanyak 8 lokasi.
- Cluster 2/ C2 (Kualitas Sinyal Cukup Bagus): Wilayah dengan kuat sinyal lebih rendah, tetapi berada di ketinggian sedang sebanyak 5 lokasi.
- Cluster 3/ C3 (Kualitas Sinyal Sangat Bagus): Wilayah dengan kuat sinyal optimal, dekat pemancar, serta sedikit hambatan geografis sebanyak 3 lokasi.
- Cluster 4/C4 (Kualitas Sinyal Kurang Bagus): Wilayah dengan kuat sinyal rendah, jarak jauh dari pemancar, serta topografi yang mempengaruhi penerimaan sinyal sebanyak 9 lokasi.

Hasil *clustering* memberikan wawasan tentang pola distribusi *coverage* sinyal TV digital di wilayah Jawa Tengah-1:

- Wilayah dengan *coverage* sinyal sangat bagus/bagus (*Cluster 3* dan *Cluster 1*) cenderung berada di lokasi dengan jarak dekat dan kondisi geografis yang mendukung.
- Wilayah dengan *coverage* sinyal kurang bagus (*Cluster 4*) mengalami penurunan kualitas sinyal akibat jarak jauh dari pemancar atau hambatan geografis.
- Wilayah dengan kategori cukup bagus (*Cluster 2*) memiliki potensi untuk ditingkatkan dengan strategi optimasi daya pemancar atau pemasangan *repeater*.

DISCUSSION/CONCLUSION

Penelitian ini menunjukkan bahwa analisis *coverage* dan kualitas sinyal televisi digital menggunakan algoritma K-Means Clustering dapat secara efektif mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat penerimaan sinyal, parameter field strength, jarak dari pemancar, dan ketinggian lokasi. Faktor jarak dan topografi terbukti sangat berpengaruh terhadap intensitas field strength yang diterima. Wilayah dengan line-of-sight (LOS) yang terhalang menunjukkan kualitas sinyal yang kurang baik, meskipun berada dalam jangkauan teoretis pemancar. Analisis *coverage* dan kualitas sinyal televisi digital berbasis Clustering dapat menjadi fondasi dalam pengambilan kebijakan dan perencanaan infrastruktur penyiaran yang lebih inklusif, efisien, dan adaptif terhadap kondisi geografis wilayah Indonesia.

REFERENCES

- [1] soffya ranti, "Sejarah Penemuan Televisi hingga Perkembangannya dimasa sekarang."
- [2] M. H. Ramdhan, "Analog Switch Off Dalam Perspektif Regulator," Unikom, vol. 21, no. 1, 2020.
- [3] E. I. G. Mihaylov, "View of Analysis and Estimation of the Field Strength of Digital Terrestrial Television Broadcasting.pdf," The Journal of CIEES. [Online]. Available: <https://journal.ciees.eu/index.php/ojs/article/view/6/25>
- [4] A. R. Hary Budiarto, Bambang Heru Tjahjono, G. H. A.A.N. Ananda Kusuma, and S. Dharmanto, Sistem TV Digital dan prospeknya di Indonesia. 2007.

- [5] Toni Kusuma Wijaya, "SISTEM SIARAN DIGITAL VIDEO BROADCASTING TERESTRIAL 2 (DVB-T2) DI SCTV BATAM," *J. Dimens.*, vol. 53, no. 9, pp. 167-169, 2016.
- [6] M. A. Prasetyo and H. K. Wardana, "Rancang Bangun Monitoring Solar Tracking System Menggunakan Arduino dan Nodemcu Esp 8266 Berbasis IoT," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 2, p. 163, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.2.163-168.
- [7] A. KARYANA, Y. S. ROHMAH, and B. PRASETYA, "Realisasi LNA Dua Tingkat dengan Teknik Penyesuaian Impedansi Trafo $\lambda/4$ dan Lumped Element untuk DVB-T2," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i1.1.
- [8] B. B. M. Nifesrianto Zebua, "Analysis Pengujian Siaran TV DVB-T2 Metode Drive Test dan Field Strength Pada Wilayah Layanan Jakarta," *Kurvatek*, vol. 9, no. 1, pp. 37-44, 2024, doi: 10.33579/krvtk.v9i1.4688.
- [9] Y. Agusta, "K-Means-Penerapan, Permasalahan dan Metode Terkait," *J. Sist. dan Inform.*, vol. 3, no. Pebruari, pp. 47-60, 2007.
- [10] Y. Prayoga, "Implementasi TV digital DEM-1 dan Persiapan Migrasi Digital DEM-2," no. 11, pp. 5-7, 2012.
- [11] A. Purnama, "Propagasi Gelombang Radio (Gelombang Elektromagnetik)," *elektronika-dasar.web.id*, vol. 2, no. 1, p. 24, 2012, doi: 10.24002/ijis.v2i1.2354.
- [12] K. Karsono, "Propagasi di Udara Free Space Loss," in *Propagasi di Udara Free Space Loss*, 2013, pp. 47-50. [Online]. Available: <http://kundang.weblog.esaunggul.ac.id/2013/07/18/propagasi-di-udara-free-space-loss/>.
- [13] Rosyid Susilo Nugroho, "Implementasi dan Pengukuran TV Digital," *FTI - Usakti*, vol. 11, no. 3, pp. 117-123, 2021, doi: 10.33795/jartel.v11i3.51.
- [14] I. Rubiyanti, "EIRP dan Perhitungan Link Budget," 2012, [Online]. Available: <http://irarubiyanti.blogspot.co.id/2011/02/eirp-dan-perhitungan-link-budget.html>.
- [15] H. R. Umar and J. Wala;, "Implementasi K-Means Clustering pada Pengelompokan Pasien Penyakit Jantung.pdf," 2024, *Jurnal Informati Suna Kalijaga*, Yogyakarta. [Online]. Available: <https://ejournal.uin-suka.ac.id/saintek/JISKA/article/view/4458>
- [16] A. P. Riani, A. Voutama, and T. Ridwan, "Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD Penerapan K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Hasil Belajar Peserta Didik Dengan Metode Elbow Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD," *J. Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD*, vol. 6, no. 1, pp. 164-172, 2023.
- [17] A. N. Ikhwan and G. He, "Optimisasi Coverage SFN pada Pemancar TV Digital DVB-T2 dengan Metode Simulated Annealing," vol. V, no. 2, 2013.
- [18] U. I. Pujo., "Perancangan Stasiun Relay Tv Digital Tetap Berbasis Dvb-T2 Di Area Gap Filler Kabupaten Batang Jawa Tengah," *unissula.ac.id*, 2016.
- [19] J. Kominfo, "Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 6 Tahun 2019 tentang Rencana Induk Frekuensi radio Untuk Keperluan Penyelenggaraan Televisi Siaran Digital Terrestrial Pada Pita Frekuensi Radio Ultra High Frequency," no. 0, 2019, pp. 1-23.