

**ANALISIS COVERAGE PERFORMANCE DAN KUALITAS SINYAL
TELEVISI DIGITAL DI WILAYAH LAYANAN JAWA TENGAH-1
MENGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING**

Tesis S-2

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik
Program Studi Magister Teknik Elektro



Diajukan oleh :

Amriah Syata
20602300039

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2025**

TESIS
ANALISIS COVERAGE PERFORMANCE DAN KUALITAS SINYAL
TELEVISI DIGITAL DI WILAYAH LAYANAN JAWA TENGAH-1
MENGGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Amriah Syata
20602300039

Telah dipertahankan di depan Dewan Penilai

Pembimbing Utama


Ir. Suryani Alifah, MT, PhD
NIDN. 0625036901

Penguji 1


Prof. Dr. Ir. Sri Artini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN. 0620026501

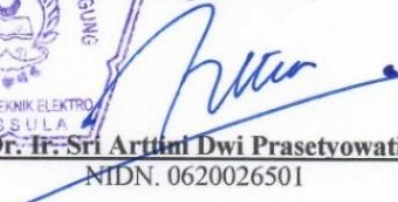
Penguji 2


Dr. Bustanul Arifin, ST., MT
NIDN. 0614117701

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik Elektro

Tanggal 5 Juni 2025

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Ir. Sri Artini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN. 0620026501

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amriah Syata
NIM : 20602300039
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan Judul:

“Analisis Coverage Performance Dan Kualitas Sinyal Televisi Digital Di Wilayah Layanan Jawa Tengah-1Menggunakan Metode K-Means Clustering”

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam daftar pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, 5 Juni 2025

Penulis



Amriah Syata
20602300039

PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Amriah Syata
NIM	: 20602300039
Program Studi	: Magister Teknik Elektro
Fakultas	: Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa Tesis dengan judul :

Analisis Coverage Performance dan Kualitas Sinyal Televisi Digital di Wilayah Layanan Jawa Tengah-1 Menggunakan Metode K-Means Clustering

dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 5 Juni 2025

Yang menyatakan,



Amriah Syata

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
ABSTRACT	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Perumusan Masalah.....	2
1. 3. Tujuan Penelitian.....	3
1. 4. Manfaat Penelitian.....	3
1. 5. Batasan Masalah.....	3
1. 6. Keaslian Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2. 1. Tinjauan Pustaka.....	5
2. 2. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Televisi Digital (DTV).....	6
2.2.2. Konfigurasi Sistem Siaran TV Digital.....	7
2.2.3. Jaringan Televisi Digital	9
2.2.4. Kualitas Penerimaan Sinyal.....	12
2.2.5. Pengelompokan Data	20
2.2.6. K-Means Clustering	21
2. 3. Software Rapid Miner	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Tahapan Penelitian	25
3.2. Alur Penelitian.....	26
3.2.1. Tahap Penentuan Parameter Penelitian	28
3.2.2. Tahap Penentuan Titik Lokasi Pengukuran	28
3.2.3. Tahap Penentuan Instrumen Pengukuran.....	31
3.2.4. Pengukuran dan Pengumpulan Data	33
3.2.5. Perhitungan K-Means Clustering.....	34
3.2.6. Analisa Data	35

3.2.7. Pembahasan	35
3.2.8. Pengambilan Kesimpulan	35
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3.1. Stasiun Pemancar Televisi Digital	35
3.3.2. Representasi Data Sheet	36
3.4. Sistematika Penulisan	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Pengukuran Parameter Teknis	38
4.1.1. Hasil Pengukuran di Stasiun Pemancar.....	39
4.1.2. Hasil Pengukuran TVRI	40
4.1.3. Hasil Pengukuran Indosiar.....	43
4.1.4. Pengukuran Metro TV	45
4.1.5. Hasil Pengukuran TV One.....	48
4.1.6. Hasil Pengukuran Trans TV	51
4.1.7. Hasil Pengukuran GTV.....	54
4.2. Penerapan Algoritma <i>K-Means Clustering</i>	57
4.2.1. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran TVRI.....	57
4.2.2. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran Indosiar	66
4.2.3. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran Metro TV	75
4.2.4. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran TV One	84
4.2.5. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran Trans TV	92
4.3. Pembahasan	110
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	123
5.1. Kesimpulan.....	123
5.2. Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA.....	125
LAMPIRAN	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Migrasi Analog to Digital.....	7
Gambar 2. 2 Konfigurasi TV digital.....	8
Gambar 2. 3 (A) jaringan SFN (B) jaringan MFN	9
Gambar 2. 4 Propagasi Gelombang Tanah.....	13
Gambar 2. 5 Propagasi Gelombang Langit.	14
Gambar 2. 6 Propagasi Gelombang Langsung.....	15
Gambar 2. 7 Model Free Space Loss.....	17
Gambar 2. 8 Bentuk Clustering	22
 Gambar 3. 1 Peta wilayah layanan Jateng-1.....	 29
Gambar 3. 2 Peta Titik Lokasi Pengukuran.....	31
Gambar 3. 3 Spectrum Analyzer	31
Gambar 3. 4 Digital TV Analyzer	32
Gambar 3. 5 Antenna Receiver (Omni).....	32
Gambar 3. 6 Global Positioning System (GPS).....	33
Gambar 3. 7 Penyusunan Alat ukur di lapangan	33
Gambar 3. 8 Pemodelan Algoritma K-Means Clustering	34
Gambar 3. 9 Stasiun Pemancar.....	36
 Gambar 4. 1 Contoh Tampilan Capture Spectrum Analyzer	 39
Gambar 4. 2 Contoh Tampilan Capture Digital TV Analyzer	39
Gambar 4. 3 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke Tx TVRI	41
Gambar 4. 4 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran TVRI	42
Gambar 4. 5 Visualisasi Data Kuat Sinyal TVRI.....	42
Gambar 4. 6 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar Indosiar	 44
Gambar 4. 7 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran Indosiar.....	44
Gambar 4. 8 Visualisasi Data kuat sinyal Indosiar.....	45
Gambar 4. 9 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar Metro TV	 46
Gambar 4. 10 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran Metro TV	47
Gambar 4. 11 Visualisasi Data kuat sinyal Metro TV.....	48
Gambar 4. 12 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran	49
Gambar 4. 13 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran TV One.....	50
Gambar 4. 14 Visualisasi Data kuat sinyal TV One.....	51
Gambar 4. 15 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran	52
Gambar 4. 16 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran Trans TV	53
Gambar 4. 17 Visualisasi Data kuat sinyal Trans TV	54
Gambar 4. 18 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar GTV	 55

Gambar 4. 19 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran GTV.....	56
Gambar 4. 20 Visualisasi Data kuat sinyal GTV	56
Gambar 4. 21 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ Pada Data TVRI	58
Gambar 4. 22 Grafik Pengujian Jumlah K pada data TVRI.....	59
Gambar 4. 23 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi TVRI.....	65
Gambar 4. 24 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ Data Indosiar	67
Gambar 4. 25 Grafik Pengujian Centroid Distance Indosiar.....	68
Gambar 4. 26 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi Indosiar	74
Gambar 4. 27 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ pada data MetroTV.....	76
Gambar 4. 28 Grafik Pengujian Centroid Distance MetroTV.....	77
Gambar 4. 29 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi MetroTV	83
Gambar 4. 30 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ pada data TV One.....	84
Gambar 4. 31 Grafik Pengujian Centroid Distance TV One.....	85
Gambar 4. 32 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi TV One	91
Gambar 4. 33 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ pada data Trans TV	93
Gambar 4. 34 Grafik Pengujian Centroid Distance Trans TV	94
Gambar 4. 35 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi Trans TV	100
Gambar 4. 36 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ pada data GTV.....	102
Gambar 4. 37 Grafik Pengujian Centroid Distance GTV.....	103
Gambar 4. 38 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi GTV	109
Gambar 4. 39 Visualisasi Hasil Clustering Penerimaan Sinyal TV Digital Wilayah Jawa Tengah-1	111
Gambar 4. 40 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Kendal 3.....	113
Gambar 4. 41 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Demak 2.....	113
Gambar 4. 42 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Boyolali.....	114
Gambar 4. 43 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Salatiga 2.....	115
Gambar 4. 44 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi TP5 Semarang. 116	116
Gambar 4. 45 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Demak 1.....	116
Gambar 4. 46 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi TP4 Boyolali ...	117
Gambar 4. 47 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Sragen 2	118
Gambar 4. 48 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Grobogan 3	118
Gambar 4. 49 Perbandingan Penerimaan Kuat Sinyal	119
Gambar 4. 50 Perbandingan Variabel Jarak (meter)	120
Gambar 4. 51 Perbandingan Variabel Ketinggian (mdpl).....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Penyelenggara Mux Televisi Digital Jawa Tengah-1	28
Tabel 3. 2 Titik Lokasi Test Point Pengukuran Televisi Digital	29
Tabel 3. 3 Lokasi Pengukuran Kuat Sinyal.....	30
Tabel 3. 4 Contoh Data Sheet	36
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Kuat Sinyal Di Stasiun Pemancar.....	40
Tabel 4. 2 Data Hasil Ukur Parameter Teknis TVRI	40
Tabel 4. 3 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Indosiar	43
Tabel 4. 4 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Metro TV	45
Tabel 4. 5 Data Hasil Ukur Parameter Teknis TV One	48
Tabel 4. 6 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Trans TV	51
Tabel 4. 7 Data Hasil Ukur Parameter Teknis GTV	54
Tabel 4. 8 Data Pengujian Centroid Distance TVRI.....	58
Tabel 4. 9 Centroid Awal TVRI.....	60
Tabel 4. 10 Proses Clustering Iterasi 1 TVRI	61
Tabel 4. 11 Hasil Centroid Iterasi 1TVRI.....	62
Tabel 4. 12 Hasil Centroid Iterasi 7 TVRI.....	63
Tabel 4. 13 Proses Clustering Iterasi 7 TVRI	63
Tabel 4. 14 Hasil Clustering Iterasi 7 TVRI	64
Tabel 4. 15 Data Pengujian Centroid Distance Indosiar.....	67
Tabel 4. 16 Centroid Awal data Indosiar	69
Tabel 4. 17 Proses Clustering Iterasi 1 Indosiar	70
Tabel 4. 18 Hasil Centroid Iterasi 1Indosiar	71
Tabel 4. 19 Hasil Centroid Iterasi 7 Indosiar	72
Tabel 4. 20 Proses Clustering Iterasi 7 Indosiar	72
Tabel 4. 21 Hasil Clustering Iterasi 7 Indosiar	73
Tabel 4. 22 Data Pengujian Centroid Distance Metro TV.....	76
Tabel 4. 23 Centroid Awal data Metro TV	78
Tabel 4. 24 Proses Clustering Iterasi 1 Metro TV	79
Tabel 4. 25 Hasil Centroid Iterasi 1Metro TV	80
Tabel 4. 26 Hasil Centroid Iterasi 7 Metro TV	81
Tabel 4. 27 Proses Clustering Iterasi 7 Metro TV	81
Tabel 4. 28 Hasil Clustering Iterasi 7 MetroTV	82
Tabel 4. 29 Data Pengujian Centroid Distance TV One	85
Tabel 4. 30 Centroid Awal data TV One	86
Tabel 4. 31 Proses Clustering Iterasi 1 TV One.....	88
Tabel 4. 32 Hasil Centroid Iterasi 1TV One	89
Tabel 4. 33 Hasil Centroid Iterasi 1TV One	89
Tabel 4. 34 Hasil Centroid Iterasi 1TV One	90

Tabel 4. 35 Hasil Clustering Iterasi 7 TV One.....	90
Tabel 4. 36 Data Pengujian Centroid Distance Trans TV.....	93
Tabel 4. 37 Centroid Awal data Trans TV	95
Tabel 4. 38 Proses Clustering Iterasi 1 Trans TV	96
Tabel 4. 39 Hasil Centroid Iterasi 1Trans TV	97
Tabel 4. 40 Hasil Centroid Iterasi 7 Trans TV	98
Tabel 4. 41 Proses Clustering Iterasi 7 Trans TV	98
Tabel 4. 42 Hasil Clustering Iterasi 7 Trans TV	99
Tabel 4. 43 Data Pengujian Centroid Distance GTV	102
Tabel 4. 44 Centroid Awal data GTV	104
Tabel 4. 45 Proses Clustering Iterasi 1 GTV	105
Tabel 4. 46 Hasil Centroid Iterasi 1 GTV	106
Tabel 4. 47 Hasil Centroid Iterasi 7 GTV	107
Tabel 4. 48 Proses Clustering Iterasi 7 GTV	107
Tabel 4. 49 Hasil Clustering Iterasi 7 GTV	108
Tabel 4. 50 Hasil Clustering Penerimaan Sinyal TV Digital Wilayah Jawa Tengah-1.....	110
Tabel 4. 51 Hasil Centroid Akhir Variabel Kuat Sinyal (dB μ V/m)	119
Tabel 4. 52 Hasil Centroid Akhir Variabel Jarak (meter).....	120
Tabel 4. 53 Hasil Centroid Akhir Variabel Ketinggian (mdpl)	121



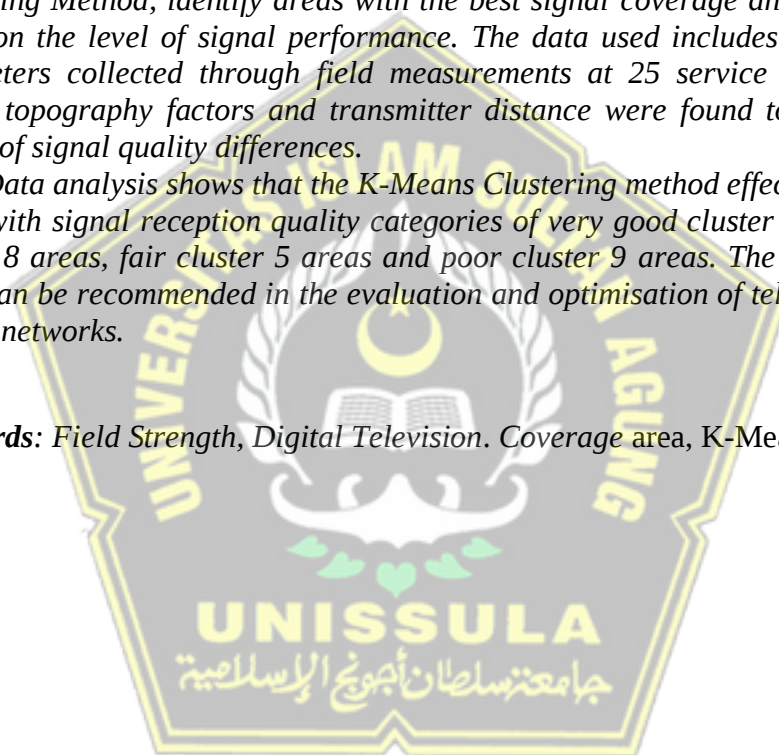
ABSTRACT

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.

Keywords: *Field Strength, Digital Television. Coverage area, K-Means Clustering*



ABSTRAK

Stasiun pemancar televisi digital teresterial merupakan fasilitas utama dalam transmisi siaran televisi digital ke masyarakat. Kualitas sinyal yang dipancarkan diharapkan dapat menjangkau wilayah layanan Jawa Tengah-1 dengan baik sehingga mampu memberikan kualitas *performance* siaran televisi digital secara optimal dan handal sesuai kebutuhan masyarakat, namun saat ini, 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.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis *coverage performance* layanan televisi digital stasiun pemancar televisi digital menggunakan Metode *K-Means Clustering*, mengidentifikasi wilayah dengan *coverage* sinyal terbaik dan mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat performa sinyal. Data yang digunakan meliputi parameter *field strength* yang dikumpulkan melalui pengukuran lapangan di 25 titik lokasi wilayah layanan, faktor topografi wilayah dan jarak pemancar ditemukan sebagai penyebab utama perbedaan kualitas sinyal.

Analisis data menunjukkan metode *K-Means Clustering* efektif mengelompokkan wilayah dengan kategori kualitas penerimaan sinyal cluster sangat bagus 3 area, cluster bagus 8 area, cluster cukup bagus 5 area dan cluster kurang bagus 9 area. Hasil penelitian ini dapat direkomendasikan dalam evaluasi dan optimasi jaringan stasiun pemancar televisi digital.

Kata kunci: *Field strength*, Televisi Digital. *Coverage area*, *K means Clustering*

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

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. Pada awalnya tampilan televisi berbentuk tabung dan kotak, kini telah mengalami perubahan secara signifikan, televisi memiliki tampilan dengan bentuk yang semakin lebar dan tipis dengan resolusi warna yang semakin baik [1].

Salah satu perkembangan televisi berdasarkan teknologi sistem penyelenggaraan penyiarannya adalah migrasi televisi analog ke televisi digital. 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. Bentuk keseriusan pemerintah dalam mendukung dan mendorong kemajuan sektor penyiaran di Indonesia adalah telah disahkannya Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Lapangan Kerja oleh Presiden Indonesia Widodo pada tanggal 2 November 2020. Proses tahapan penghentian penyelenggaraan sistem penyiaran analog dan beralih ke sistem penyiaran berbasis teknologi digital merupakan peristiwa yang disebut sebagai *Analog Switch Off (ASO)*. Sistem penyiaran digital *terrestrial* menggunakan sinyal pemancar *Ultra High Frequency/Very High Frequency (UHF/VHF)* untuk pengoperasiannya. Dengan keunggulan sistem penyiaran digital *terrestrial* ini, teknologi televisi digital telah hadir menjadi solusi terhadap keterbatasan spektrum frekuensi radio, sistem *multiplexing* adalah metode yang digunakan dalam teknologi televisi digital, yaitu beberapa sinyal dapat ditransmisikan melalui satu kanal[2] [3]. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dilihat bahwa penerapan program ASO bukan

hanya dimaknai sebagai proses migrasi televisi analog ke televisi digital, akan tetapi jauh dari itu, program ASO dapat dimaknai sebagai upaya peningkatan kualitas penyiaran di Indonesia secara signifikan dan menyeluruh, didukung oleh pemerintah dengan regulasi yang jelas, transparan dan adaptif terhadap perkembangan teknologi[4].

Para penyelenggara *multiplexing* (MUX) siaran televisi digital *terrestrial* di Indonesia telah 1 tahun lamanya menggelar layanan televisi digital kepada masyarakat khususnya di wilayah Jawa Tengah. Namun manfaat program televisi digital belum dapat dirasakan sepenuhnya oleh masyarakat, kualitas gambar bersih dan suara yang jernih belum dapat dinikmati khususnya oleh masyarakat pengguna layanan di wilayah Jawa Tengah. Keluhan-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. Masalah yang timbul pada stasiun transmisi tersebut sangat merugikan masyarakat dan apabila tidak diketahui secara dini dan diantisipasi secara cepat dan tepat dapat merugikan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan analisis *coverage performance* dan kualitas sinyal televisi digital dengan mengelompokkan (*clustering*) hasil pengukuran kualitas sinyal penerimaan (*field strength*) yang bagus dan kurang bagus di wilayah layanan Jawa Tengah-1, meliputi wilayah Kota/ Kabupaten Semarang, Salatiga, Demak, Kudus, Grobogan, Sragen dan Boyolali.

1. 2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

- 1) Bagaimana mengidentifikasi kualitas sinyal televisi digital secara teknis.
- 2) Bagaimana analisis *coverage area* dan kualitas sinyal televisi digital di wilayah Jawa Tengah-1 menggunakan Metode *K-Means Clustering*.
- 3) Bagaimana hasil evaluasi kualitas pancaran sinyal televisi digital di wilayah Jawa Tengah-1.

1. 3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

- 1) Untuk melakukan pengukuran kualitas sinyal televisi digital yang dapat diterima oleh televisi milik masyarakat di wilayah Jawa Tengah-1.
- 2) Untuk menganalisis *coverage performance* layanan televisi digital di wilayah Jawa Tengah-1 dengan menggunakan Metode *K-Means Clustering*.
- 3) Memberikan masukan secara teknis kepada penyelenggara MUX dan pemerintah sebagai regulator berdasarkan hasil analisis *coverage performance* dan kualitas layanan televisi digital.

1. 4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dipergunakan, antara lain :

- 1) Menambah wawasan pada bidang elektro, khususnya bidang telekomunikasi.
- 2) Menambah wawasan pada bidang penggunaan spektrum frekuensi radio khususnya dalam penyelenggaraan televisi digital.

1. 5. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian terfokus pada penggunaan frekuensi televisi digital dengan Sistem *Digital Video Broadcasting – Terrestrial Second Generation* (DVB-T2).
- 2) Kanal yang digunakan televisi digital pada frekuensi 546 MHz, 570 MHz, 594 MHz, 618 MHz, 642 MHz, dan 666 MHz pada pita UHF.

Penelitian dilakukan hanya pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 yaitu Kota/ Kabupaten Semarang, Salatiga, Demak, Kudus, Grobogan, Sragen dan Boyolali.

1. 6. Keaslian Penelitian

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan topik penelitian ini adalah:

- 1) A.N. Ikhwan dkk [5] telah melakukan penelitian Optimisasi *Coverage* SFN pada Pemancar TV Digital DVB-T2 dengan Metode *Simulated Annealing*, dalam penelitiannya daerah *coverage* SFN pada pemancar siaran TV digital DVB-T2 mengalami peningkatan *coverage* terbaik rata-rata sebesar 2,348% pada *cooling schedule* 7.
- 2) U.I.Pujo [6] telah melakukan penelitian terkait dengan bagaimana lebih mengoptimalkan wilayah layanan televisi digital di Kabupaten Batang Jawa Tengah sehingga meminimalisir adanya *Death Zone/Blank Spot* di wilayah *Gap Filler* Kabupaten Batang.
- 3) B.B.M. Nifesrianto Zebua [7] telah melakukan penelitian terkait Analisis Pengujian Siaran TV DVB-T2 Metode *Drive Test* dan *Field Strength* Pada Wilayah Layanan Jakarta, penelitian ini memiliki tujuan untuk menguji serta menganalisis kualitas penerimaan siaran TV DVB-T2 di wilayah layanan DKI Jakarta.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2. 1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka memuat materi-materi baik dari seminar, peraturan perundang-undangan maupun dari buku-buku yang mempunyai keterkaitan dengan hubungan dengan penelitian yang dilakukan, antara lain:

- a. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2019 tentang Rencana induk frekuensi radio untuk keperluan penyelenggaraan televisi siaran digital pada pita frekuensi radio *Ultra High Frequency*. Peraturan ini berisi tata cara dan aturan main dasar dalam penyelenggaraan televisi digital dari mulai proses penyelenggaraan program siaran, penyelenggaraan *multiplexing*, persyaratan pendirian, tata cara dan persyaratan perizinan, kepemilikan, kontribusi, pengawasan dan pengendalian [8].
- b. A.Budiono [9] telah melakukan penelitian yang terkait dengan uji kualitas dan kinerja daya pancar *transmitter* jenis T-DMB yang dimiliki oleh UNISSULA Semarang dalam uji cobanya, kualitas sinyal dan penerimaan siaran pada *receiver* DMB dalam kategori baik.
- c. A.N. Ikhwan dkk [5] telah melakukan penelitian Optimisasi *Coverage* SFN pada Pemancar TV Digital DVB-T2 dengan Metode *Simulated Annealing*, dalam penelitiannya daerah *coverage* SFN pada pemancar siaran TV digital DVB-T2 mengalami peningkatan *coverage* terbaik rata-rata sebesar 2,348% pada *cooling schedule* 7.
- d. U.I Pujo [6] telah melakukan penelitian terkait dengan bagaimana lebih mengoptimalkan wilayah layanan televisi digital di Kabupaten Batang Jawa Tengah sehingga meminimalisir adanya *Death Zone/Blank Spot* di wilayah *Gap Filler* Kabupaten Batang.
- e. M.Marwiyati and A. Wahyudin [10] melakukan penelitian implementasi sistem siaran televisi digital di LPP TVRI Stasiun Jawa Tengah. Penelitian ini

menggunakan metode deskriptif kualitatif, dengan pengumpulan data observasi dan wawancara. Hasil penelitian LPP TVRI Stasiun Jawa Tengah mendapatkan subsidi infrastruktur yang berupa pemancar atau transmisi digital pada tahun 2013 dari Menkominfo dengan *type* UHF BT-ESA (DVB-T2).

2. 2.Landasan Teori

2.2.1. Televisi Digital (DTV)

Televisi digital (DTV) adalah jenis teknologi pertelevisian yang menggunakan modulasi digital dan sistem kompresi untuk menyiarkan informasi berupa video, audio dan data-data lainnya ke pesawat televisi, perkembangan teknologi ini dikarenakan :

- a. Mengikuti perkembangan teknologi dunia yang sudah jauh meninggalkan Indonesia.
- b. Banyaknya investor yang ingin berusaha dibidang pertelevisian.
- c. Tingginya tingkat gangguan yang diakibatkan oleh teknologi analog.
- d. Persaingan dengan televisi kabel dan televisi berbayar yang mempunyai kualitas gambar dan suara yang bagus [11].

KM 76/2003 mengatur tentang rencana induk (*master plan*) frekuensi radio penyelenggaraan telekomunikasi khusus untuk keperluan televisi siaran analog pada pita UHF (*Ultra High Frequency*) pada pita frekuensi 478-806 MHz.

Isu pada era TV Analog :

- a. Permasalahan keterbatasan kanal frekuensi pada TV analog (Banyaknya permohonan IPP yang tidak tertampung).
- b. Efisiensi penggunaan sumber daya spektrum frekuensi (1 kanal frekuensi hanya digunakan untuk 1 program siaran).
- c. Efisiensi struktur industri penyiaran (penyelenggara program siaran sekaligus sebagai penyelenggara infrastruktur) [11].

Dalam perkembangan teknologi di bidang konten, perangkat lunak, dan perangkat keras yang sangat pesat, maka penggunaan teknologi digital ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang ada, antara lain :

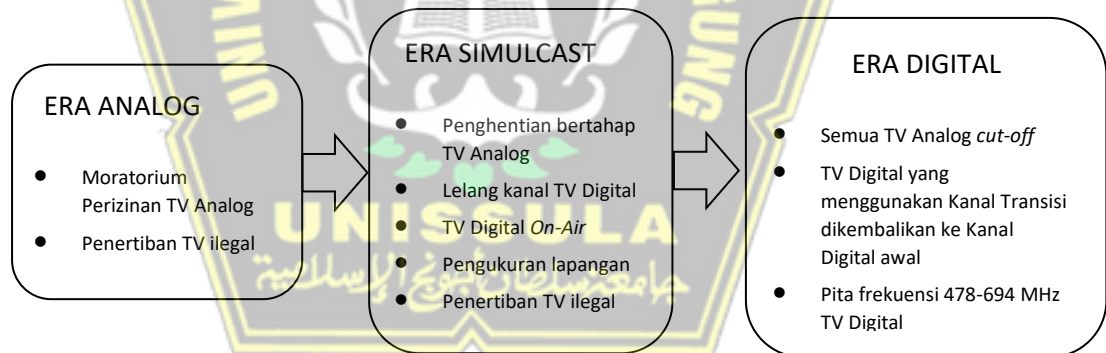
- a. Dapat menampung permohonan baru IPP TV siaran, bahkan berlebih
- b. Mendukung pelaksanaan Sistem Stasiun Jaringan (SSJ)

- c. Ketersediaan slot program siaran yang berlebih dapat digunakan untuk layanan lainnya seperti komunitas, layanan premium (LPB) setelah migrasi TV digital diimplementasikan secara menyeluruh
- d. Kualitas audio dan video yang lebih baik
- e. Peluang usaha baru dan mendorong kreatif [11].

Dengan penggunaan teknologi digital yang efisien, maka spektrum frekuensi radio yang dibebaskan dapat dimanfaatkan untuk layanan lain seperti peningkatan akses internet nirkabel atau layanan komunikasi seluler, kondisi ini disebut sebagai *digital deviden* :

- a. Kanal frekuensi yang tidak dialokasikan lagi untuk TV siaran dapat digunakan untuk *service* lain *Mobile Broadband* (BWA, LTE, etc.)
- b. Cadangan (*Reserved*) untuk teknologi masa depan.

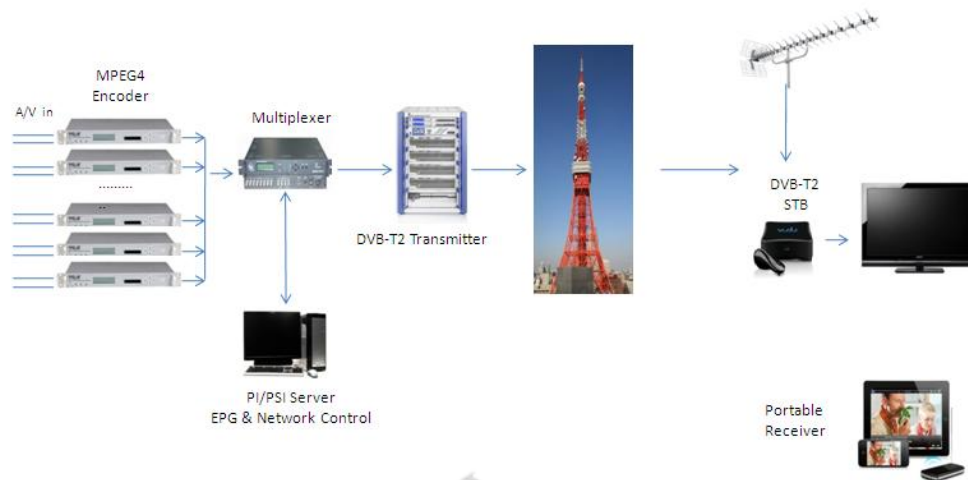
Skema migrasi televisi analog ke televisi digital dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2. 1 Skema Migrasi Analog to Digital [11].

2.2.2. Konfigurasi Sistem Siaran TV Digital

Konfigurasi sistem siaran televisi digital seperti ditunjukkan gambar 2.2



Gambar 2. 2 Konfigurasi TV digital [12].

Keterangan Gambar 2.2 :

- a. *MPEG encoder* berfungsi untuk mengubah sinyal video dan audio menjadi paket data digital serta sekaligus mengkompres data tersebut. Pada bagian ini masing-masing program diberikan ID digital yang biasa disebut dengan Program ID.
- b. *Multiplexer* berfungsi untuk menggabungkan masing-masing paket data program siaran dan *middle ware* menjadi satu paket data tunggal. Pada bagian ini masing-masing kanal diberikan ID digital yang biasa disebut dengan channel ID.
- c. *PI/PSI Server EPG & Network Control* alat ini digunakan untuk layanan grafis *middle ware* seperti EPG, game, layanan digital teletex dan lain lain.
- d. *DVB-T2 Transmitter* pada bagian ini paket data digital yang dihasilkan oleh *multiplexer* di modulasi, kemudian sinyal yang sudah termodulasi dikuatkan dan dipancarkan.
- e. Antena Pemancar UHF pada bagian ini parameter penting yang harus diperhatikan dalam memilih antena adalah *gain* dan pola radiasi. Pola radiasi ini yang menentukan bentuk jangkauan siaran.
- f. *Set Top Box* berfungsi digunakan untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data digital. Pada bagian ini terdiri dari berbagai komponen yaitu *tuner, demodulator, demultiplexing*, dan lain lain.

2.2.3. Jaringan Televisi Digital

Single Frequency Network (SFN) adalah jaringan *broadcast* di mana beberapa pemancar sekaligus mengirim satu data yang sama dengan kanal frekuensi yang sama pula, atau dapat disebut jaringan frekuensi. Contoh dari hal ini adalah DAB (*Digital Audio Broadcast*) di mana satu frekuensi yang sama digunakan untuk masing-masing *multiplex*. Manfaat adalah bahwa pemancar bergabung untuk memberikan cakupan yang lebih kuat dan lebih luas. Jaringan siaran radio analog FM dan AM serta *Networks digital broadcast* dapat beroperasi dengan cara ini [13].

Tujuan SFN adalah penggunaan yang efisien dari spektrum radio, yang memungkinkan lebih banyak jumlah program radio dan TV dibandingkan dengan jaringan transmisi *Multi Frekuensi Network* (MFN). Sebuah SFN juga dapat memberikan cakupan area yang lebih merata dibandingkan jaringan MFN, karena daerah yang belum tercakup dapat diberikan layanan dengan pemancaran ulang pada frekuensi yang sama [13]. Jaringan SFN dan Jaringan MFN seperti ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 (A) jaringan SFN (B) jaringan MFN

Dalam menghubungkan wilayah layanan satu dengan wilayah layanan yang lainnya, dapat menggunakan perantara radio link, *fiber optic*, pemancar ulang (*repeater*) maupun satelit. Teknologi *repeater* adalah dasar yang digunakan untuk menyambung antara pemancar TV digital yang satu dengan yang lain sehingga terbentuk jaringan yang saling terhubung [13].

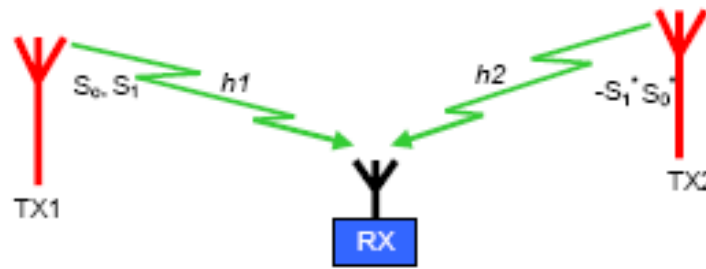
a) *Single Frequency Network (SFN)*

DVB-T sudah memungkinkan untuk membangun jaringan SFN. Namun *Guard Interval* (GI) terpanjang hanya 224 mikrodetik dan menjadi pembatas ukuran jaringan SFN. DVB-T2 model 16 dan 32K memungkinkan untuk memiliki GI lebih banyak lagi dan memungkinkan untuk membangun jaringan SFN [14].

- *Multiple Input Single Output (MISO)*

DVB – T2 mendukung SFN, namun karena adanya sinyal yang memiliki kekuatan yang sama dari dua pemancar dalam jaringan, maka dapat menyebabkan kerugian. Hal ini bisa terjadi dalam penerimaan bergerak maupun penerimaan tidak bergerak, antenna dapat diarahkan ke stasiun yang memiliki sinyal terkuat maka sinyal stasiun lain akan jauh lebih lemah [14].

DVB – T2 menggabungkan pilihan untuk menggunakan teknik Alamouti dengan sepasang pemancar. Alamouti adalah contoh dari system MISO, di mana setiap konstelasi dipancarkan oleh masing-masing pemancar, tetapi pemancar kedua (TX2 dalam gambar 2.4) memancarkan setelah disesuaikan dengan setiap konstelasi pasangannya. Teknik ini memberikan kinerja penerimaan yang sama atau operasi dilakukan oleh penerima dengan memaksimalkan kombinasi dua sinyal yg diterima, menghasilkan rasio sinyal *noise* yang seakan-akan merupakan hasil kombinasi dari dua sinyal yang digabungkan di udara. Beberapa hal yang menambah kerumitan dalam penerimaan mencakup beberapa komponen pengali tambahan untuk pemrosesan Alamouti, dan juga sebagian dari kanal diperkirakan membutuhkan duplikasi. Dalam proses tersebut ada kenaikan signifikan beban berlebih dalam artian bahwa kepekaan dalam pengendalian penyebaran yang merata perlu ditingkatkan untuk mendapatkan *Guard Interval* [14]. Skema MISO dapat ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4. Skema MISO [14].

- *Time Frequency Slicing* (TFS)

DVB DVB-T2 memperkenalkan skema transmisi TFS untuk meningkatkan fleksibilitas dalam service *multiplexing*. Pemanfaatan *statistical multiplexing* (statmux) bersama dengan TFS diharapkan untuk memberikan performa tinggi untuk sistem *broadcast* dalam ketentuan penggunaan sumber daya dan kualitas layanan [14].

Dalam TFS skema transmisi, layanan data dikirimkan sebagai *Time Frequency Slicing*, yang kemudian ditransmisikan oleh saluran radio secara paralel. Irisan waktu TFS memiliki durasi sekitar beberapa ratus milidetik (biasanya 180 milidetik) dan maksimum 6 RF saluran dapat digunakan untuk transmisi dari TFS. Ada pergeseran waktu yang dibutuhkan antara pelayanan di saluran RF yang berbeda agar dapat bisa diterima oleh *receiver* (penerima). Pada permulaan setiap frame, simbol-simbol disinkronkan dan dimasukkan (ditunjukkan pada gambar dibawah). Sinkronisasi simbol-simbol ini memungkinkan penerima untuk dapat dengan cepat mendeteksi keberadaan sinyal DVB-T2, sama baiknya proses sinkronisasi ke *frame* [14].

Data yang terkait dengan penomoran sejumlah layanan yang berbeda dapat digabungkan secara statistik menggunakan dua atau lebih dimensi waktu dan frekuensi. Kinerja StatMux dalam DVB-T2 tergantung pada bandwidth saluran transmisi secara koheren, jumlah saluran yang digabung, dan pendataan property dari layanan *traffics* [14].

Tabel 2. 1 Contoh frame TFS untuk 4 pemancar dan 15 layanan. [14]

RF1	RF2	RF3	RF4
15	11	7	Service 3
14	10	6	Service 2
13	9	5	Service 2
12	8	4	Service 1
11	7	Service 3	Service 1
10	6	Service 2	Service 1
9	5	Service 2	15
8	4	Service 1	14
7	Service 3	Service 1	13
6	Service 2	Service 1	12
5	Service 2	15	11
4	Service 1	14	10
Service 3	Service 1	13	9
Service 2	Service 1	12	8
Service 2	15	11	7
Service 1	14	10	6
Service 1	13	9	5
Service 1	12	8	4
P2	P2	P2	P2
P1	P1	P1	P1

2.2.4. Kualitas Penerimaan Sinyal

Dalam penerimaan sinyal dari pemancar (TX) oleh penerima (RX) sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

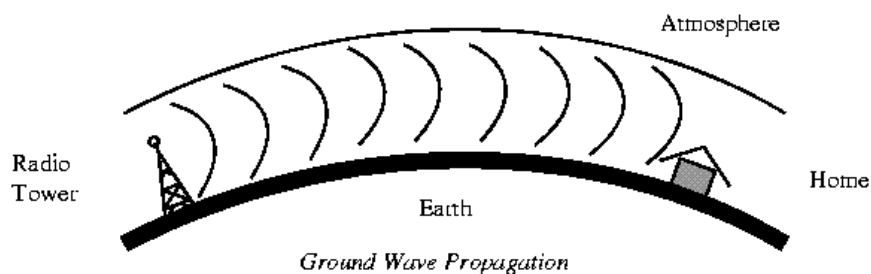
a) Propagasi Sinyal

Propagasi gelombang radio merupakan proses perambatan gelombang radio dari pemancar ke penerima. Transmisi sinyal dengan media non-kawat memerlukan antenna untuk meradiasikan sinyal radio ke udara bebas dalam bentuk gelombang elektromagnetik (EM). Gelombang ini akan merambat melalui udara bebas menuju antena penerima dengan mengalami peredaman sepanjang lintasannya, sehingga ketika sampai di antena penerima, energi sinyal sudah sangat lemah [15].

Gelombang EM dalam perambatannya menuju antena penerima dapat melalui berbagai macam lintasan. Jenis lintasan yang diambil tergantung dari frekuensi sinyal, kondisi atmosfer dan waktu transmisi. Ada 3 jenis lintasan dasar yang dapat dilalui, yakni melalui permukaan tanah (gelombang tanah), melalui pantulan dari lapisan ionosfir di langit (gelombang langit), dan perambatan langsung dari antena pemancar ke antena penerima tanpa ada pemantulan (gelombang langsung) [15].

- Propagasi Gelombang Tanah

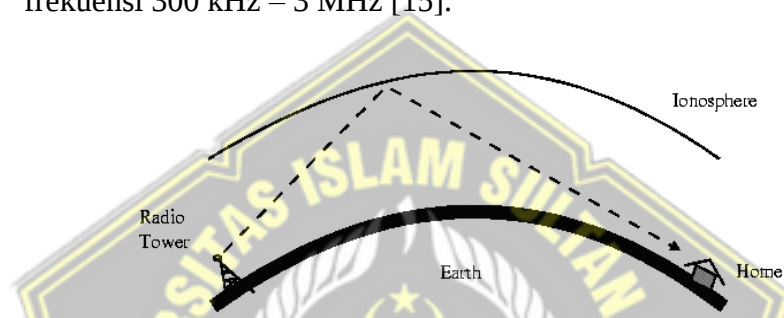
Gelombang tanah merambat dekat permukaan tanah dan mengikuti lengkungan bumi, sehingga dapat menempuh jarak melampaui horizon. Perambatan melalui lintasan ini sangat kuat pada daerah frekuensi 30 kHz – 3 MHz. Di atas frekuensi tersebut permukaan bumi akan meredam sinyal radio, karena benda-benda di bumi menjadi satu ukuran dengan panjang gelombang sinyal. Sinyal dari pemancar AM utamanya merambat melalui lintasan ini [15].



Gambar 2. 4 Propagasi Gelombang Tanah. [15]

- Propagasi Gelombang Langit

Gelombang langit diradiasikan oleh antenna ke lapisan ionosfir yang terletak di atmosfer bagian atas dan dibelokkan kembali ke bumi. Ada beberapa lapisan ionosfir yakni lapisan D , E, F1 dan F2, dimana keberadaannya di langit berubah-ubah menurut waktu, dan sangat mempengaruhi perambatan sinyal. Lapisan D dan E adalah lapisan yang paling jauh dari matahari sehingga kadar ionisasinya rendah. Lapisan ini hanya ada pada siang hari, dan cenderung menyerap sinyal pada daerah frekuensi 300 kHz – 3 MHz [15].



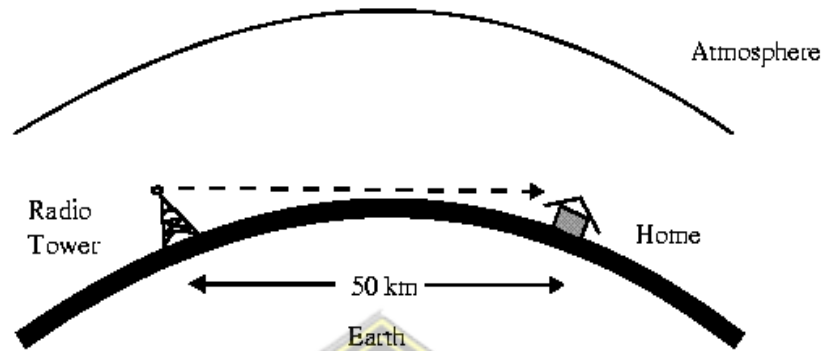
Gambar 2. 5 Propagasi Gelombang Langit [15].

Lapisan F terdiri dari lapisan F1 dan F2, mempunyai kadar ionisasi yang paling tinggi karena dekat dengan matahari, sehingga ada pada baik pada siang maupun malam hari. Lapisan ini yang paling mempengaruhi sinyal radio, dimana pada daerah frekuensi 3 – 30 MHz, sinyal yang sampai ke lapisan ini pada sudut tertentu, akan dibelokkan kembali ke bumi, ke tempat yang sangat jauh dari antenna pemancarnya dengan redaman yang kecil, sehingga sangat bermanfaat untuk transmisi sinyal. Sinyal yang sampai ke lapisan tersebut pada sudut yang besar terhadap bumi, akan dilewatkan ke ruang angkasa [15].

- Propagasi Gelombang Langsung

Pada propagasi ini, sinyal yang dipancarkan oleh antenna pemancar langsung diterima oleh antenna penerima tanpa mengalami pantulan, disebut *Line Of Sight* (LOS). Karena perambatannya harus secara langsung, maka di lokasi - lokasi yang antenna penerimanya terhalang, tidak

akan menerima sinyal (*blocked spot*). Jarak transmisi yang dapat dijangkau pada propagasi LOS *relative* pendek dan dibatasi oleh tinggi antenna pemancar dan penerimanya [15].



Gambar 2. 6 Propagasi Gelombang Langsung.

Komunikasi LOS paling banyak digunakan pada transmisi sinyal radio di atas 30 MHz yakni pada daerah VHF, UHF, dan *microwave*. Pemancar FM dan TV, menggunakan propagasi ini. Untuk mengatasi jarak jangkauan yang pendek, digunakan *repeater*, yang terdiri dari *receiver* dengan sensitivitas tinggi, *transmitter* dengan daya tinggi, dan antena yang diletakkan di lokasi yang tinggi [15].

b) *Modulation Error Ratio* (MER)

MER adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur kinerja dari radio digital atau TV digital pemancar atau penerima dalam sistem komunikasi menggunakan modulasi digital (QAM). Sebuah sinyal yang dikirim oleh *transmitter* ideal atau diterima oleh penerima akan memiliki semua poin konstelasi tepatnya di lokasi yang ideal, namun berbagai ketidak sempurnaan dalam pelaksanaan (*noise* , rendahnya *Image Rejection Ratio*, *phase noise*, kompresi sinyal pembawa, distorsi, dll) atau jalur sinyal menyebabkan poin konstelasi yang sebenarnya menyimpang dari standar yang ideal [13].

$$MER (dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{Signal}}{P_{error}} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$MER (dB) = 10 \log_{10} \left[\frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

P_{error} adalah kekuatan RMS dari vektor kesalahan.

P_{signal} adalah kekuatan RMS ideal ditransmisikan sinyal

I adalah bagian sebenarnya (*in-phase*) dari setiap simbol vektor ideal yang digunakan

Q adalah imajiner (*quadrature*) bagian dari setiap simbol vektor ideal yang digunakan

δI adalah nyata (*in-phase*) bagian dari setiap vektor kesalahan modulasi.

Δq adalah imajiner (*quadrature*) bagian dari setiap vektor kesalahan modulasi.

MER berkaitan erat dengan *Error Vector Magnitude* (EVM), tapi MER dihitung dari daya rata-rata sinyal. MER juga berkaitan erat dengan *Signal to Noise Ratio*. MER mencakup semua ketidaksempurnaan termasuk deterministic ketidakseimbangan amplitudo, kesalahan *quadrature* dan distorsi, sedangkan *noise* acak oleh alam. Standar nilai untuk pengukuran MER adalah untuk QPSK adalah minimal 16 Db, untuk 16 QAM adalah minimal 20 Db dan untuk 64 QAM adalah minimal 26 Db, semakin rendah nilai MER (< 26 Db untuk 64 QAM) maka penerimaan audio dan video akan semakin kurang bagus (terjadi *freez*) [15].

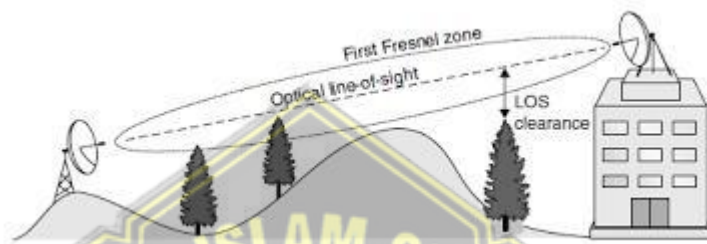
c) *Bit Error Rate* (BER)

BER adalah persentasi dari total bit yg eror berbanding dengan total bit yg diterima dalam transmisi. Biasanya ditunjukkan dengan 10 berbanding ke sebuah negatif *power*. Contoh, sebuah transmisi data mengandung BER 10^{-6} (baca “10 to minus 6”), artinya dalam 1000000 bit yg ditransmisikan satu diantaranya *error*. BER adalah indikasi dari seberapa sering sebuah paket harus diretransmisikan karena mengandung *error* [13].

$$BER = \frac{(\text{number of errored bits})}{(\text{total number of bits})} \dots \dots \dots (2.3)$$

Standar maksimal untuk pengukuran Pengukuran BER adalah *before* (BER_o) $2 \times 10^{-002} \times 10^{-002}$ dan *After* (BER_i) $2 \times 10^{-004} \times 10^{-004}$ [13].

d) *Free Space Loss*



Gambar 2. 7 Model Free Space Loss.[16]

Pada saat sinyal meninggalkan antenna, sinyal akan berpropagasi atau lepas ke udara, antenna yang digunakan akan menentukan bagaimana propagasi akan terjadi. Dalam sebuah penerimaan sangat penting sekali untuk menentukan agar jalur antara dua antenna (TX dan RX) tidak ada penghalang. Dalam penerimaan sinyal oleh RX kemungkinan besar adanya degradasi dari sinyal yang berpropagasi di udara jika ada hambatan di jalurnya. Biasanya hambatan ini berupa pohon, bangunan, tower, dan gunung [16].

Persamaan 2.4 dari redaman *Free Space* (*Free Space Loss*) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_{db} &= \frac{10 \log \log P_t}{P_r} = 20 \log \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (2.4) \\ &= -20 \log \log (\lambda) + 20 \log \log (d) + 21.98 \text{ dB} \\ &= 20 \log \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = 20 \log \log (f) + 20 \log \log (d) - 147.56 \text{ dB} \end{aligned}$$

dimana :

P_t adalah power sinyal antenna pemancar

P_r adalah power sinyal antenna penerima

λ adalah *carrier wavelength*

d adalah jarak propagasi antara kedua antena

c adalah kecepatan cahaya ($> 3 \times 10^8$ m/s)

e) *Path Loss*

Path loss (attenuation path) adalah pengurangan rapat daya (*attenuation*) dari gelombang elektromagnetik yang merambat melalui ruang. *Path* rugi merupakan komponen utama dalam analisis dan desain *link budget* sistem telekomunikasi. Istilah ini umumnya digunakan dalam komunikasi nirkabel dan sinyal propagasi. Jalur kerugian mungkin karena banyak efek, seperti rugi-rugi ruang bebas, refraksi, difraksi, refleksi, dan peredaman. *Path* rugi juga dipengaruhi oleh kontur medan, lingkungan (perkotaan atau pedesaan, vegetasi dan dedaunan), medium propagasi (udara kering atau lembab), jarak antara pemancar dan penerima, dan tingginya serta lokasi antenna [17].

Penyebab jalur rugi propagasi biasanya mencakup kerugian yang disebabkan oleh perluasan alami dari gelombang radio di depan ruang, penyerapan kerugian (kadang-kadang disebut kerugian penetrasi), ketika sinyal melewati media tidak transparan untuk gelombang elektromagnetik, kerugian difraksi terjadi ketika rambatan gelombang radio terhambat dengan adanya kendala opak, dan kerugian yang disebabkan oleh fenomena lain. Sinyal dipancarkan oleh pemancar juga mungkin berjalan bersama dan berbeda banyak jalan ke penerima secara bersamaan, efek ini disebut *multipath*. *Multipath* gelombang digabungkan di antena penerima, sehingga sinyal yang diterima yang sangat bervariasi, tergantung pada distribusi intensitas dan waktu relatif propagasi dari gelombang dan *bandwidth* dari sinyal yang ditransmisikan [17].

Daya total mengganggu gelombang dalam *Rayleigh fading* yang memiliki skenario bervariasi dalam fungsi ruang (skala kecil *fading*). Skala kecil ini memudar mengacu pada perubahan yang cepat dalam amplitudo sinyal radio dalam waktu singkat atau jarak perjalanan. Dalam studi komunikasi nirkabel, *path loss* dapat diwakili oleh *eksponen path loss*, yang nilainya biasanya berkisar antara 2 sampai 4 (di mana 2 adalah untuk propagasi pada ruang bebas, 4 adalah untuk *lossy* lingkungan yang relatif dan untuk kasus penuh

specular refleksi dari permukaan bumi yang disebut model bumi datar). Dalam beberapa lingkungan, seperti bangunan, stadion dan lingkungan dalam ruangan lainnya, eksponen *path loss* dapat mencapai nilai dalam kisaran 4 sampai 6. Di sisi lain, terowongan mungkin bertindak sebagai *waveguide*, mengakibatkan eksponen *path loss* kurang dari 2. *Path Loss* biasanya dinyatakan dalam Db [17].

$$A_{pl} = 32.5 + 20 \log \log d + 20 \log \log f \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

A_{pl} adalah anttenuasi *Path Loss* dalam satuan Db

d adalah jarak dalam satuan km

f adalah frekuensi dalam satuan MHz

f) *RX Level*

Rx Level adalah tingkat kuat level sinyal penerima di MS (rentang dalam minus dBm), makin kecil nilainya (makin besar minusnya) makin lemah. Kondisi *Rx Level* : 0 s/d -75 baik, -85 s/d -75 sedang, -95 s/d -85 buruk, -120 s/d -95 buruk [18.]

g) *Link Budget*

Link budget merupakan sebuah cara untuk menghitung mengenai semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari *gain* dan *losses* dari Tx sampai Rx melalui media transmisi. *Link* merupakan parameter dalam merencanakan suatu jaringan yang menggunakan media transmisi berbagai macam. *Link budget* ini dihitung berdasarkan jarak antara *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx). *Link budget* juga dihitung karena adanya penghalang antara Tx dan Rx misal gedung atau pepohonan. Penghitungan *Link budget* juga melibatkan spesifikasi yang ada pada antenna. Manfaat *Link Budget* untuk menjaga keseimbangan *gain* dan *loss* guna mencapai SNR yang diinginkan di *receiver* [18].

h) EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

EIRP adalah total energi yang di keluarkan oleh sebuah *access point* dan antenna. Saat sebuah *Access Point* mengirim energinya ke antenna untuk di pancarkan, sebuah kabel mungkin ada diantaranya. Beberapa pengurangan besar energi tersebut akan terjadi di dalam kabel. Untuk mengimbangi hal tersebut, sebuah antenna menambahkan *power / gain*, dengan demikian *power* bertambah. Jumlah penambahan *power* tersebut tergantung tipe antenna yang digunakan[19].

Rumus dari EIRP adalah :

$$Power\ Output\ Transmitter = 10\log_{10}(daya\ pancar)$$

$$EIRP = Power\ Output\ Transmitter + Antenna\ Gain - Losses.....(2.6)$$

dimana :

EIRP dalam satuan dBw

Daya pancar dalam satuan watt

Power Output Transmitter dalam satuan dBw

Antenna Gain dalam satuan Db

Losses dalam satuan Db

2.2.5. Pengelompokan Data

Clustering (pengelompokan data) mempertimbangkan sebuah pendekatan penting untuk mencari kesamaan dalam data dan menempatkan data yang sama kedalam kelompok-kelompok. *Clustering* membagi kumpulan data ke dalam beberapa kelompok dimana kesamaan dalam sebuah kelompok adalah lebih besar daripada diantara kelompok-kelompok (Rui Xu dan Donald. 2009). Gagasan mengenai pengelompokan data atau *clustering*, memiliki sifat yang sederhana dan dekat dengan cara berpikir manusia, kapanpun kepada kita dipresentasikan jumlah data besar ini ke dalam sejumlah kecil kelompok-kelompok atau kategori-kategori untuk memfasilitasi analisisnya lebih lanjut. Selain dari itu sebagian besar data yang dikumpulkan dalam banyak masalah

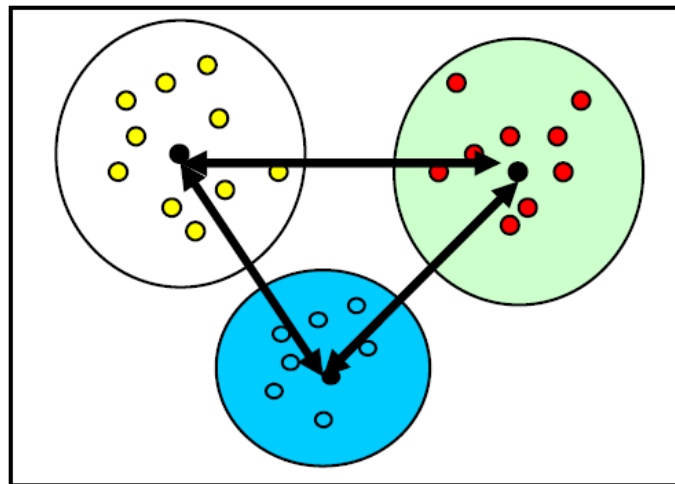
terlihat memiliki beberapa sifat yang melekat yang mengalami pengelompokan-pengelompokan natural (Hammuda dan Karay, 2003).

Algoritma-algoritma *clustering* digunakan secara ekstensif tidak hanya untuk mengorganisasikan dan mengkategorikan data, akan tetapi juga sangat bermanfaat untuk kompresi data dan konstruksi model. Melalui pencarian kesamaan dalam data, seseorang dapat mempresentasikan data yang sama dengan lebih sedikit simbol misalnya. Juga, jika kita dapat menemukan kelompok-kelompok data, kita dapat membangun sebuah model masalah berdasarkan pengelompokan-pengelompokan ini (Dubes dan Jain, 1988). *Clustering* sering dilaksanakan sebagai langkah pendahuluan dalam proses pengumpulan data. Dengan *cluster-cluster* yang dihasilkan digunakan sebagai input lebih lanjut ke dalam sebuah teknik yang berbeda, seperti natural diatas dapat diperoleh sebagai jarak dari pembaharuan formula Lance-Williams (Lance & Williams, 1967).

Analisis *cluster* merupakan teknik multivariat yang mempunyai tujuan utama untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Analisis *cluster* mengklasifikasi objek sehingga setiap objek yang paling dekat kesamaannya dengan objek lain berada dalam *cluster* yang sama. Solusi analisis *cluster* bersifat tidak unik, anggota *cluster* untuk tiap penyelesaian/solusi tergantung pada beberapa elemen prosedur dan beberapa solusi yang berbeda dapat diperoleh dengan mengubah satu elemen atau lebih. Solusi *cluster* secara keseluruhan bergantung pada variabel -variabel yang digunakan sebagai dasar untuk menilai kesamaan. Penambahan atau pengurangan variabel -variabel yang relevan dapat mempengaruhi substansi hasil analisis *cluster*.

2.2.6. K-Means Clustering

Bentuk pengelompokan atau *clustering* dapat ditunjukkan pada gambar 2.8



Gambar 2. 8 Bentuk Clustering

Data *Clustering* merupakan salah satu metode *Data Mining* yang bersifat tanpa arahan (*unsupervised*). Ada dua jenis data *clustering* yang sering dipergunakan dalam proses pengelompokan data yaitu *hierarchical* (hirarki) data *clustering* dan *non-hierarchical* (non hirarki) data *clustering*. *K-Means* merupakan salah satu metode data *clustering non* hirarki yang berusaha mempartisi data yang ada ke dalam bentuk satu atau lebih *cluster/* kelompok.

Metode ini mempartisi data ke dalam *cluster/* kelompok sehingga data yang memiliki karakteristik yang sama dikelompokkan ke dalam satu *cluster* yang sama dan data yang mempunyai karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lain. Adapun tujuan dari data *clustering* ini adalah untuk meminimalisasikan *objective function* yang diset dalam proses *clustering*, yang pada umumnya berusaha meminimalisasikan variasi di dalam suatu *cluster* dan memaksimalkan variasi antar *cluster*. Manfaat *Clustering* adalah sebagai Identifikasi *Object (Recognition)* misalnya dalam bidang *Image Processing*, *Computer Vision* atau Robot Vision. Selain itu adalah sebagai Sistem Pendukung Keputusan dan *Data Mining* seperti Segmentasi pasar, pemetaan wilayah, manajemen marketing dll.

Data *clustering* menggunakan metode *K-Means* ini secara umum dilakukan dengan algoritma dasar sebagai berikut [20] :

1. Tentukan jumlah *cluster*
2. Alokasikan data ke dalam *cluster* secara *random*

3. Hitung *centroid*/ rata-rata dari data yang ada di masing-masing *cluster*
4. Alokasikan masing-masing data ke *centroid*/ rata-rata terdekat
5. Kembali ke Step 3, apabila masih ada data yang berpindah *cluster* atau apabila perubahan nilai *centroid*, ada yang di atas nilai *threshold* yang ditentukan atau apabila perubahan nilai pada *objective function* yang digunakan di atas nilai *threshold* yang ditentukan.

Karakteristik *K-means* :

1. *K-means* sangat cepat dalam proses *clustering*.
2. *K-means* sangat sensitive pada pembangkitan *centroid* awal secara random.
3. Memungkinkan suatu *cluster* tidak mempunyai anggota.
4. Hasil *clustering* dengan *K-means* bersifat unik (selalu berubah-ubah, terkadang baik, terkadang jelek).

Distance Space Untuk Menghitung Jarak Antara Data dan *Centroid*

Beberapa *distance space* telah diimplementasikan dalam menghitung jarak (*distance* antara data dan *centroid*) termasuk di antaranya L1 (*Manhattan/ City Block*) *distance space*, L2 (*Euclidean*) *distance space*, dan Lp (*Minkowski*) *distance space*. Jarak antara dua titik x_1 dan x_2 pada *Manhattan/City Block distance space* dihitung dengan menggunakan rumus 2.7 sebagai berikut :

$$D(x_2, x_1) = \|x_2 - x_1\| = \sum_{n=1}^{\infty} |x_{2n} - x_{1n}| \dots \dots \dots (2.7)$$

Sedangkan untuk L2 (*Euclidean*) *distance space*, jarak antara dua titik dihitung menggunakan rumus 2.8 sebagai berikut:

$$D(x_2, x_1) = \|x_2 - x_1\| = \sqrt{\sum_{u=1}^p (x_{2u} - x_{1u})^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

D = Jarak kuadrat Eucliden antar objek ke x_2 dengan x_1

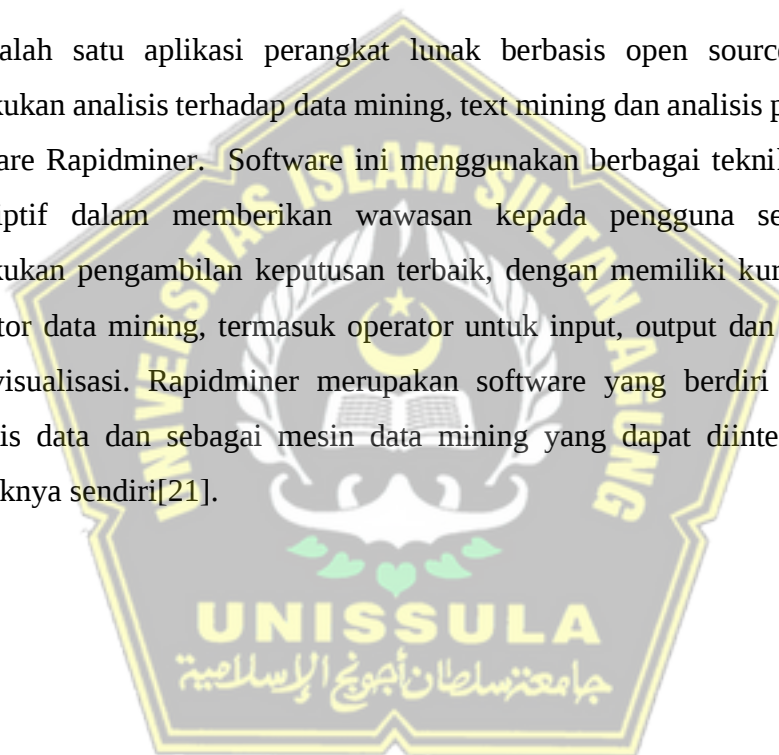
p = Jumlah Variabel cluster

x_{2n} = Nilai atau data dari objek ke-2 pada variaabel ke- u

x_{1u} = nilai atau data dari objek ke-1 pada variaabel ke- u

2. 3. Software Rapid Miner

Salah satu aplikasi perangkat lunak berbasis open source yang dapat melakukan analisis terhadap data mining, text mining dan analisis prediksi adalah software Rapidminer. Software ini menggunakan berbagai teknik prediksi dan deskriptif dalam memberikan wawasan kepada pengguna sehingga dapat melakukan pengambilan keputusan terbaik, dengan memiliki kurang lebih 500 operator data mining, termasuk operator untuk input, output dan preprocessing dan visualisasi. Rapidminer merupakan software yang berdiri sendiri untuk analisis data dan sebagai mesin data mining yang dapat diintegrasikan pada produknya sendiri[21].



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini akan dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut:

- **Studi Literatur**
Studi literatur dilakukan melalui akses internet digunakan untuk mencari data pendukung dari berbagai buku, e-book, maupun jurnal-jurnal yang relevan, dan buku-buku terkait. Serta melakukan kajian teori tentang televisi digital dan algoritma *K-Means Clustering* dalam mendapatkan data analisis performansi coverage dan kualitas sinyal televisi digital di wilayah layanan Jawa Tengah-1 menggunakan metode *K-Means Clustering*.
- **Jenis Penelitian**
Metode Penelitian yang dilakukan adalah penelitian lapangan (*field research*)
- **Teknik Pengumpulan Data**
 1. **Pengukuran / *Observation***
Merupakan cara untuk mendapatkan data dan informasi dengan melakukan peninjauan atau pengamatan serta pengukuran lapangan secara langsung ketempat yang berkaitan dengan penulisan tesis.
 2. **Dokumentasi / Kearsipan**
- **Analisa Data**
Analisa data mempunyai tujuan untuk mengolah data menjadi informasi, sehingga karakteristik atau sifat-sifat data tersebut dapat dengan mudah dipahami dan bermanfaat untuk menjawab masalah-masalah yang berkaitan dengan kegiatan penelitian.
- **Pembahasan**

Setelah analisa data, maka dilakukan pembahasan terhadap hasil analisa data yang diperoleh berdasarkan perhitungan dan pengolahan data menggunakan algoritma *K-Means clustering*.

- **Pengambilan Kesimpulan**

Setelah selesai dilakukan pembahasan hasil analisa data, dan telah mendapatkan hasil identifikasi yang ditentukan maka diambil suatu kesimpulan.

- **Memberikan masukan/ Saran**

Dari hasil kesimpulan dalam penelitian yang telah dilaksanakan, akan dapat memberikan masukan/ saran terhadap penyelenggara televisi digital dan masyarakat.

3.2. Alur Penelitian

Pemodelan analisis *coverage performance* dan kualitas sinyal televisi digital di wilayah layanan Jawa Tengah-1 menggunakan metode *K-Means Clustering*.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :



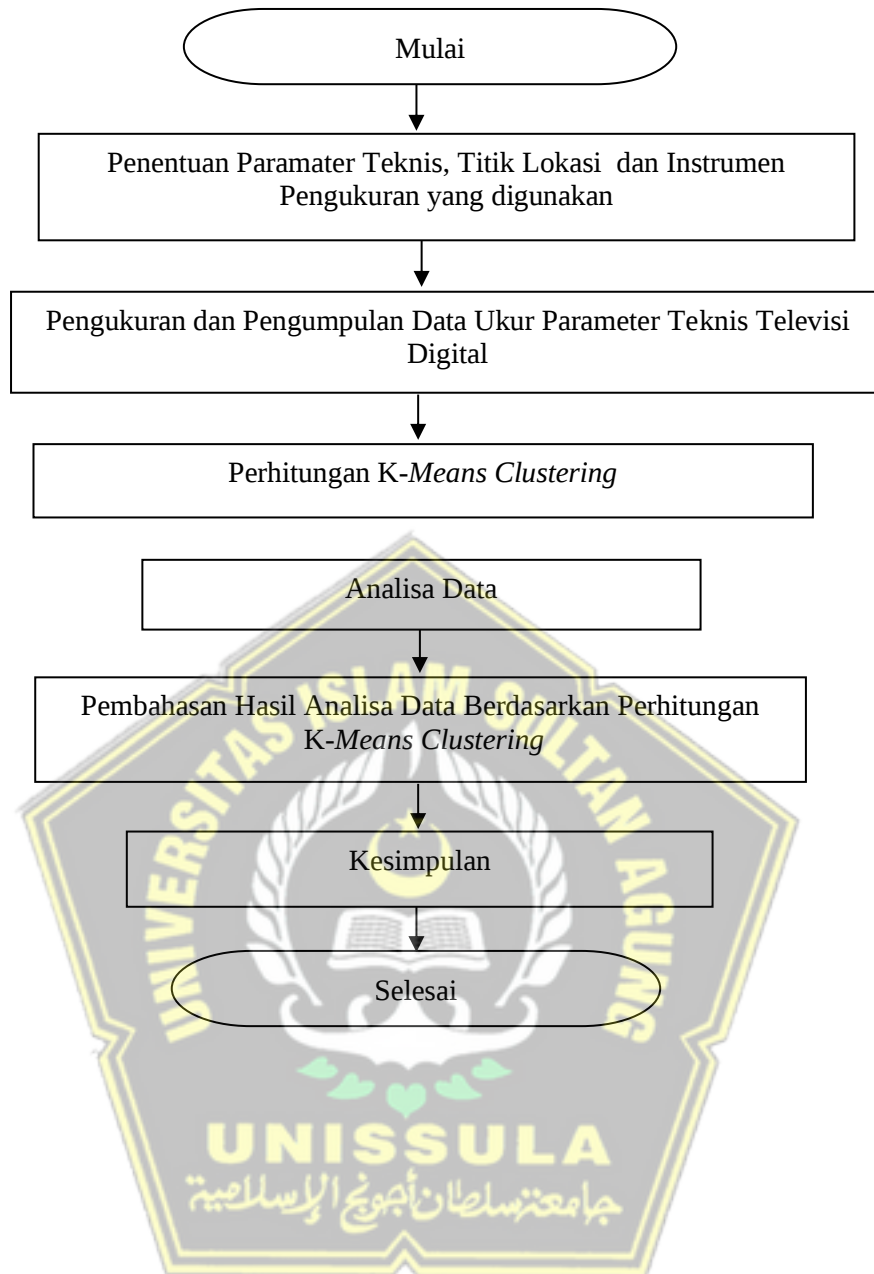


Diagram alur penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

3.2.1. Tahap Penentuan Parameter Penelitian

Pada tahapan ini dilakukan penentuan parameter atau variable yang digunakan dalam kegiatan pengukuran kualitas sinyal televisi digital. Adapun parameter teknis yang diukur meliputi :

- a) Jarak lokasi pengukuran terhadap stasiun pemancar dengan satuan meter (m);
- b) Ketinggian lokasi ukur dengan satuan meter dari permukaan laut (mdpl)
- c) Kuat sinyal/ Level dengan satuan decibell micro volt per meter (dB μ V/m).

Pengukuran frekuensi televisi digital diambil sebanyak 6 kanal frekuensi Penyelenggara Multiplexing (MUX) televisi digital wilayah layanan Jawa Tengah-1 yang terbuat pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Penyelenggara Mux Televisi Digital Jawa Tengah-1

No.	Kanal	Frekuensi	Penyelenggara Multiplexing	Koordinat	
				Latitude	Longitude
1.	30	546	Lembaga Penyiaran Publik Televisi Republik Indonesia	-7.041596	110.423198
2.	33	570	Indosiar Semarang Televisi, PT.	-7.044987	110.426247
3.	36	594	Media Televisi Semarang, PT.	-7.0448831	110.4252838
4.	39	618	Lativi Mediakarya Semarang-Padang, PT.	-7.0428839	110.4226431
5.	42	642	Trans TV Semarang Makassar, PT.	-7.044916	110.423576
6.	45	666	GTV Dua, PT.	-7.0423329	110.4228175

3.2.2. Tahap Penentuan Titik Lokasi Pengukuran

Sesuai dengan 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*[8], wilayah layanan Jawa Tengah-1 meliputi Kota/Kabupaten Semarang, Kota Salatiga, Kabupaten Demak, Kabupaten Kudus, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Sragen dan Kabupaten Boyolali seperti dalam gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3. 1 Peta wilayah layanan Jateng-1

Adapun lokasi pengujian (*Test Point*) pengukuran sebagai acuan (referensi) untuk batasan kuat medan (*field strength*) pada titik *Test Point* sesuai ketentuan yang berlaku [8] dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

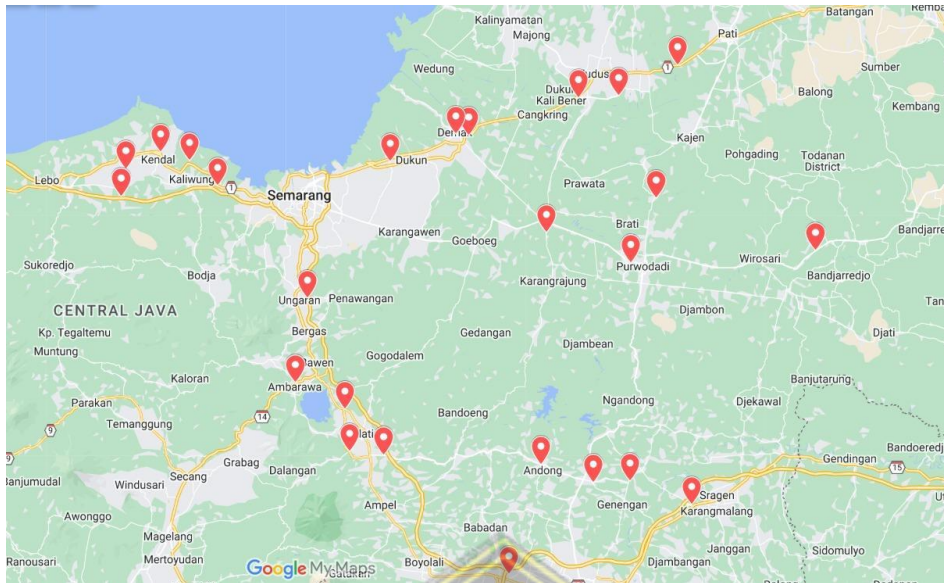
Tabel 3. 2 Titik Lokasi Test Point Pengukuran Televisi Digital

No.	Nama Titik Pengujian (<i>Test Point</i>)	Koordinat	
		Latitude	Longitude
1.	TP1	110E57 59.370	06S47 40.940
2.	TP2	110E14 37.110	07S11 50.390
3.	TP3	110E08 30.780	07S28 38.450
4.	TP4	110E42 50.860	07S32 31.190
5.	TP5	110E17 26.240	06S58 13.430

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sample data pengukuran parameter teknis kualitas sinyal televisi digital sebanyak 25 titik lokasi pengukuran yang tersebar di wilayah Kota / Kabupaten Semarang, Salatiga, Demak, Kudus, Grobogan, Sragen dan Boyolali seperti yang terdapat pada tabel 3.3 dan gambar 3.2 berikut :

Tabel 3. 3 Lokasi Pengukuran Kuat Sinyal

No .	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Alamat
1.	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	Jl. Pati Kudus, Gondoharum, Jekulo, Kab. Kudus
2.	Kudus 2	-6.839406	110.876222	Jl. Lingkar Kudus, Payaman, Mejobo, Kab. Kudus
3.	Kudus 3	-6.8419	110.817133	Jl. Nasional 1, Tanggulangin, Jati Wetan, Kec. Jati, Kab. Kudus
4.	Grobogan 1	-6.98741667	110.9314167	Jl. Raya Purwodadi - Pati Km.10 Sumberjatipohon, Kab. Grobogan
5.	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	Kuripan Barat, Kuripan, Purwodadi, Kab. Grobogan
6.	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	Ngaringan, Kab. Grobogan
7.	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	Jl. Pemuda, Godong, Kab. Grobogan
8.	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	Jl. Nasional 1, Wonosari, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang
9.	Kendal 1	-6.932681	110.248487	Kawasan industri, Brangsong, Kendal
10.	Kendal 2	-6.921557	110.204595	Alun Alun Kendal, Pegulon, Kec. Kendal, Kabupaten Kendal
11.	Kendal 3	-6.945576	110.154391	Jl. Sunan Abinawa Patebon, Kendal
12.	Kendal 4	-6.985683	110.147607	Pintu Tol Kendal, Margomulyo, Kendal
13.	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	Jl. Lingkar Salatiga, Blotongan, Kota Salatiga
14.	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	Salib Putih, Jl. Lingkar Salatiga, Kumpulrejo, Kota Salatiga
15.	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	Pintu Tol Salatiga
16.	Boyolali	-7.374566	110.7631	Andong, Boyolali
17.	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	Ngasem, Colomadu, Karanganyar
18.	Semarang 1	-7.134079	110.420696	Jl. Jati Raya, Kalipasir, Kalirejo, Kec. Ungaran Tim., Kabupaten Semarang
19.	Semarang 2	-7.255921	110.403237	Kranggan, Ambarawa, Kab. Semarang
20.	Sragen 1	-7.433716	110.98369	Exit Tol Sragen Barat, Jetak, Sidoharjo, Kab. Sragen
21.	Sragen 2	-7.40008	110.840299	Jl. Gemolong Sragen, Geneng Duwur, Kab. Sragen
22.	Sragen 3	-7.399528	110.893306	Jl. Gabugan-Gemolong, Karangasem, Kab. Sragen
23.	Demak 1	-6.934029	110.5414686	Jl. Onggorawe Sayung, Kab. Demak
24.	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	Jl. Lingkar Demak, Botorejo, Wonosalam, Kab. Demak
25.	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	Alun-alun Demak, Bintoro, Kab. Demak



Gambar 3. 2 Peta Titik Lokasi Pengukuran

3.2.3. Tahap Penentuan Instrumen Pengukuran

Adapun alat-alat ukur yang digunakan untuk mengetahui parameter teknis yang diterima oleh *receiver* adalah sebagai berikut :

1. *Spectrum Analyzer*.

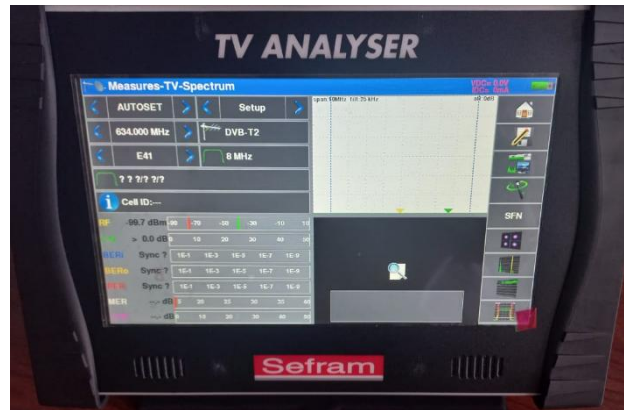
Dalam pengukuran ini menggunakan alat ukur merk *Agilent* dengan tipe N9344C (*range* frekuensi 9 KHz – 20 GHz), seperti ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3. 3 Spectrum Analyzer

2. *Digital TV Analyzer*

Alat Ukur Digital TV Analyzer terlihat seperti pada gambar 3.4



Gambar 3. 4 Digital TV Analyzer

3. *Antenna Receiver.*

Antena receiver yang digunakan dalam pengukuran ini adalah jenis Omni antenna UHF seperti ditunjukkan pada gambar 3.5



Gambar 3. 5 Antenna Receiver (Omni)

4. *Global Positioning System (GPS).*

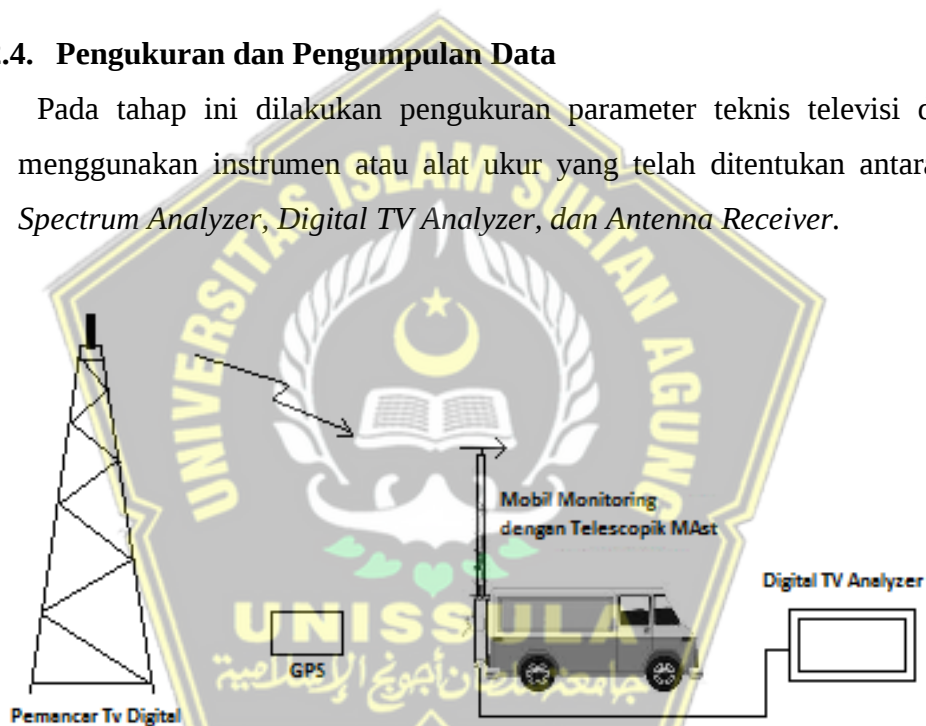
Untuk menentukan lokasi koordinat titik pengukuran menggunakan GPS Garmin, dapat ditunjukkan pada gambar 3.6 berikut :



Gambar 3. 6 Global Positioning System (GPS).

3.2.4. Pengukuran dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengukuran parameter teknis televisi digital menggunakan instrumen atau alat ukur yang telah ditentukan antara lain *Spectrum Analyzer*, *Digital TV Analyzer*, dan *Antenna Receiver*.



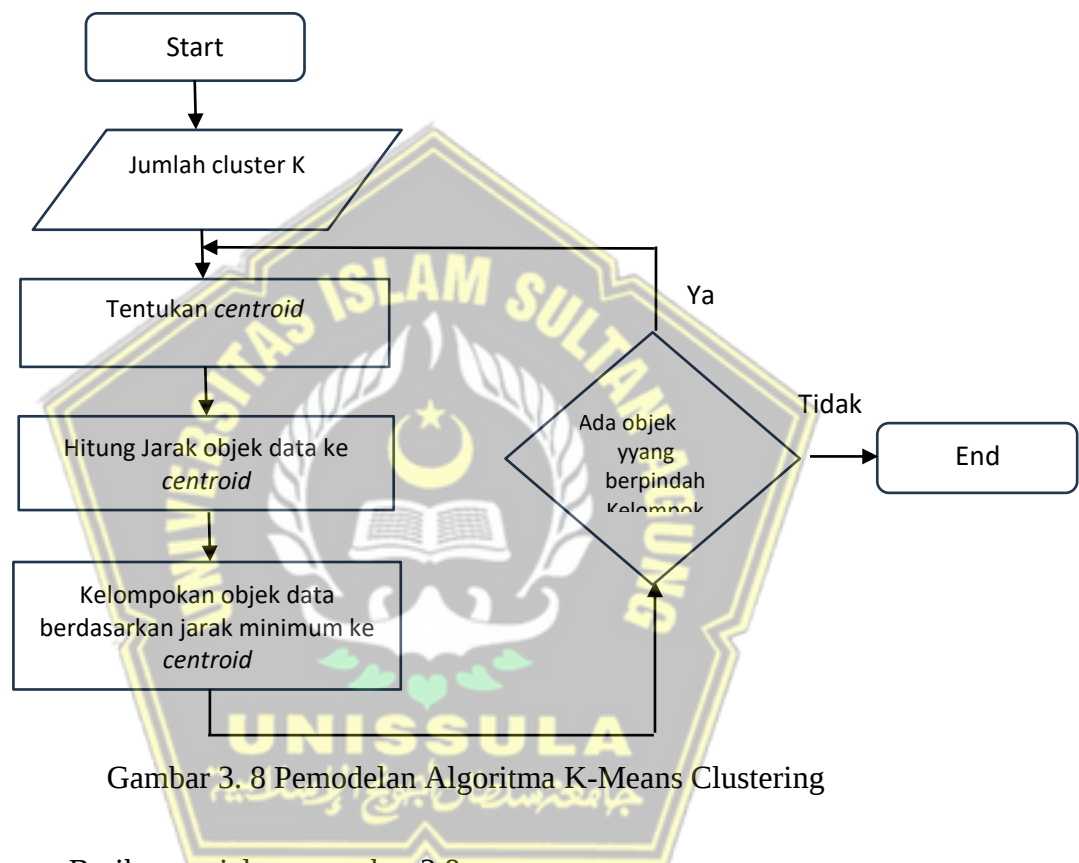
Gambar 3. 7 Penyusunan Alat ukur di lapangan

Pada Gambar 3.7 memperlihatkan penyusunan alat ukur ketika dilakukan pengukuran untuk pengambilan data teknis di lokasi-lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Dengan kegiatan ini maka akan diketahui parameter teknis kuat sinyal/ level sinyal pemancar televisi digital. Pengambilan data dilaksanakan pada stasiun pemancar televisi digital di Kota Semarang dan wilayah layanan Jawa Tengah-1 antara lain Kabupaten Semarang, Demak, Kendal, Kudus, Grobogan, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga.

Pengumpulan data yang diperlukan adalah berupa dataset hasil pengukuran pengukuran frekuensi televisi digital yang digunakan oleh penyelenggara Mux, serta kuat sinyal frekuensi televisi digital DVB-T2 yang di ukur.

3.2.5. Perhitungan K-Means Clustering

Pada tahap ini dilakukan perhitungan terhadap hasil pengukuran dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.



Gambar 3. 8 Pemodelan Algoritma K-Means Clustering

Berikut penjelasan gambar 3.8 :

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.
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.

3.2.6. Analisa Data

Dalam tahap ini dilakukan analisa hasil perhitungan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* terhadap penggunaan sinyal spektrum frekuensi radio televisi digital DVB-T2 seluruh penyelenggara Mux di wilayah layanan Jawa Tengah-1.

3.2.7. Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil analisa data yang diperoleh berdasarkan perhitungan dan pengolahan data menggunakan algoritma *k-means clustering*.

3.2.8. Pengambilan Kesimpulan

Setelah selesai dilakukan analisa, maka diambil suatu kesimpulan sesuai hasil pembahasan.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan dalam penelitian adalah Dataset hasil pengukuran parameter teknis TV Digital yang terdiri dari data kuat sinyal frekuensi radio yang berasal dari *capture Spektrum Analyzer*. Rekaman sinyal frekuensi radio yang diambil berupa *capture* kuat sinyal frekuensi radio yang terindikasi bagus dan *capture* sinyal frekuensi radio yang kurang bagus, data ketinggian dan jarak pemancar terhadap titik lokasi pengukuran. Total jumlah titik lokasi pengukuran lapangan yang dijadikan penelitian adalah sebanyak 25 titik lokasi yang tersebar di wilayah Kota/ Kabupaten Semarang, Salatiga, Demak, Kudus, Grobogan, Sragen dan Boyolali.

3.3.1. Stasiun Pemancar Televisi Digital

Kuat sinyal penggunaan frekuensi televisi digital pada pita UHF oleh pengguna yang terpancar dari stasiun pemancar televisi digital sebagai bahan yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. 9 Stasiun Pemancar

3.3.2. Representasi Data Sheet

Adapun hasil pengukuran televisi digital di wilayah layanan Jateng-1 dapat dirangkum dalam matriks berupa representasi Data Sheet seperti pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Contoh Data Sheet

No .	Dokumen (Dx) =	Frekuensi dengan kuat sinyal terbesar (-dBm)					
		Dbf1	Dbf2	Dbf3	Dbf4	Dbf5	Dbf6
1	1	...	...	...	...		
2	2	...	...	...	...		
3	3	...	...	...	...		
...	...	...	...	...	...		
20	20	...	...	...	...		

$Dx = [Dbf1, Dbf2, Dbf3 \dots \dots \dots Dbf6]$

Keterangan :

Dx = Dokumen

Dbf1- Dbf6 = Frekuensi Televisi Digital (MHz) dengan kuat sinyal/level (dBm) atau dB μ v/m

3.4. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tesis ini sistematika dibagi menjadi 5 (lima) bab, yaitu :

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan keaslian penelitian.

Bab 2 Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Bab ini akan dibahas teori dasar mengenai Televisi Digital (DTV), Jaringan Televisi Digital, Kualitas Penerimaan Sinyal, Pengelompokan Data, *K-Means Clustering*.

Bab 3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian *field research* dengan pengolahan data menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan tahapan yang terdiri dari : Studi literatur, pengumpulan data, Analisis dan Pembahasan Data, serta penarikan kesimpulan dan saran.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan membahas mengenai analisis *coverage performance* dan kualitas sinyal televisi digital di wilayah Jawa Tengah-1 menggunakan metode *K-Means Clustering*.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian ini.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini terdapat 4 (empat) tahapan pembahasan, yaitu:

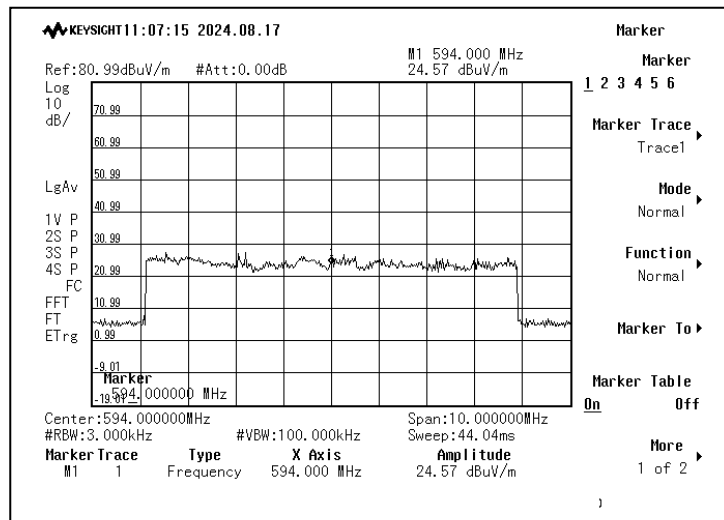
- a. Pengukuran parameter teknis;
- b. Pengumpulan data hasil pengukuran parameter teknis;
- c. Perhitungan dan implementasi Algoritma *K-Means Clustering* berdasarkan hasil pengukuran televisi digital;
- d. Analisa coverage performance dan kuat sinyal televisi digital dengan Algoritma *K-Means Clustering*.

4.1. Pengukuran Parameter Teknis

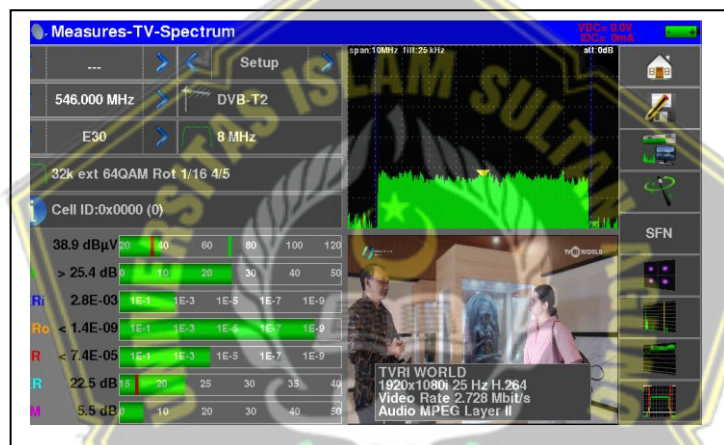
Spektrum frekuensi radio merupakan sumber daya alam yang terbatas sehingga dalam penggunaannya perlu diawasi dan diatur oleh Pemerintah, Balai Monitor Spektrum Frekuensi Radio Kelas I Semarang adalah Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika, Kementerian Komunikasi dan Informatika yang memiliki tugas dan fungsi pengawasan serta pengendalian terhadap penggunaan spektrum frekuensi radio di wilayah Jawa Tengah.

Tujuan pelaksanaan pengukuran adalah untuk mengetahui parameter teknis penggunaan spektrum frekuensi radio khususnya televisi digital, untuk mengetahui kuat sinyal dan performansi kualitas sinyal televisi digital di wilayah layanan Jawa Tengah-1.

Adapun hasil pengukuran parameter teknis berupa tampilan *capture spectrum analyzer* seperti pada Gambar 4.1 yang berisi informasi mengenai frekuensi televisi digital dan kuat sinyal yang digunakan serta tampilan visual program televisi.



Gambar 4. 1 Contoh Tampilan Capture Spectrum Analyzer



Gambar 4. 2 Contoh Tampilan Capture Digital TV Analyzer

4.1.1. Hasil Pengukuran di Stasiun Pemancar

Pada pengukuran di stasiun pemancar ini dilaksanakan dengan mengukur frekuensi televisi digital pada frekuensi UHF yang digunakan oleh penyelenggara MUX.

Adapun hasil pengukuran frekuensi dan kuat medan dilakukan di dekat lokasi stasiun pemancar sebagai titik acuan. Hasil pengukuran di lokasi stasiun pemancar televisi digital termuat dalam Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Kuat Sinyal Di Stasiun Pemancar

No.	Frek.	Nama Penyelenggara	Ketinggian Lokasi Pemancar (mdpl)	Jarak Titik Lokasi Pengukuran dan Stasiun Pemancar (m)	Kuat Sinyal Terukur (dB μ V/m)
1.	546	Lembaga Penyiaran Publik Televisi Republik Indonesia	267	100	66.37
2.	570	Indosiar Semarang Televisi, PT.	265	100	66.77
3.	594	Media Televisi Semarang, PT.	267	100	52.16
4.	618	Lativi Mediakarya Semarang-Padang, PT.	256	100	64.76
5.	642	Trans TV Semarang Makassar, PT.	256	100	63.58
6.	666	GTV Dua, PT.	265	100	73.26

4.1.2. Hasil Pengukuran TVRI

Pengukuran parameter teknis penyelenggara Mux TVRI wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 lokasi pengukuran di Kabupaten Semarang, Demak, Kudus, Grobogan, Kendal, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga. Data hasil ukur parameter teknis televisi digital Mux TVRI wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Data Hasil Ukur Parameter Teknis TVRI

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

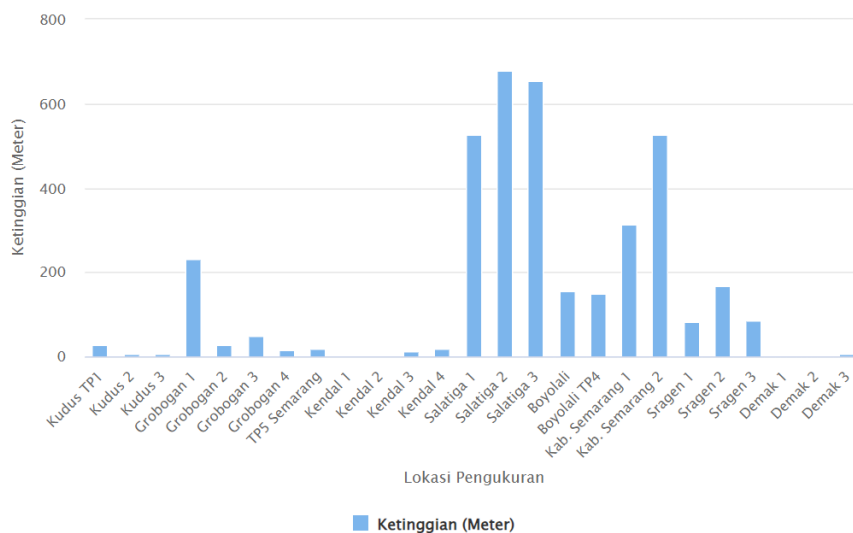
No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63571	148	7.54
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	10287	312	15.61
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23933	527	6.28
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75655	81	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 TVRI terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik jarak, ketinggian, dan kuat sinyal pada gambar berikut ini :



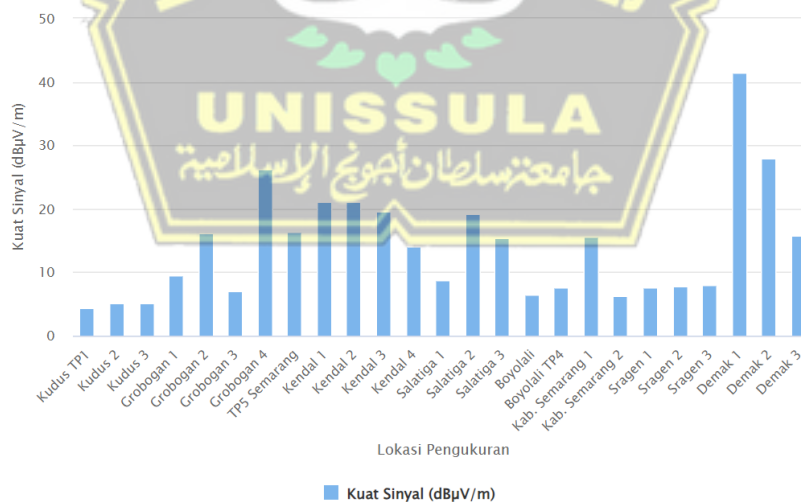
Gambar 4. 3 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar TVRI

Dari grafik gambar 4.3 diketahui bahwa jarak paling jauh dari stasiun pemancar TVRI pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 3 yang berlokasi di Ngaringan Kabupaten Grobogan dengan jarak 81.9 km, sedangkan jarak terdekat adalah Kab. Semarang 1 yang berlokasi di Kalirejo, Kec. Ungaran Timur, Kabupaten Semarang dengan jarak 10.2 km dari stasiun pemancar TVRI.



Gambar 4. 4 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran TVRI

Dari grafik gambar 4.4 diketahui bahwa lokasi tertinggi pengukuran parameter teknis stasiun pemancar TVRI pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Salatiga 2 yang berlokasi di Kumpulrejo, Kota Salatiga dengan ketinggian 677 mdpl. Sedangkan lokasi yang terendah adalah Kendal 1 yang berlokasi di Kawasan industri, Brangsong, Kabupaten Kendal dengan ketinggian hanya 2 mdpl.



Gambar 4. 5 Visualisasi Data Kuat Sinyal TVRI

Dari grafik gambar 4.5 diketahui bahwa lokasi dengan penerimaan kuat sinyal TVRI terbesar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Demak 1 yang berlokasi di Onggorawe, Sayung, Kabupaten Demak dengan kuat sinyal sebesar

41.51 dB μ V/m. Sedangkan lokasi dengan penerimaan kuat sinyal yang paling kecil adalah Kudus TPI 1 yang berlokasi di Gondoharum, Jekulo, Kabupaten Kudus dengan kuat sinyal hanya sebesar 4.29 dB μ V/m.

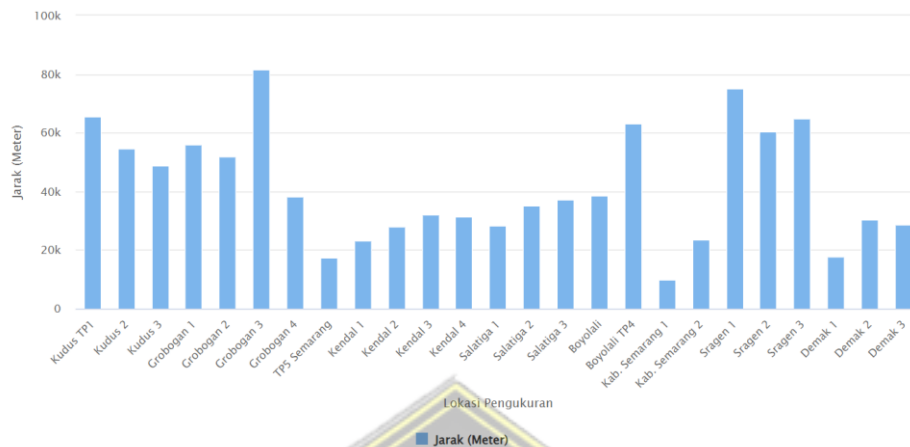
4.1.3. Hasil Pengukuran Indosiar

Pengukuran parameter teknis penyelenggara Mux Indosiar wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 lokasi pengukuran di Kabupaten Semarang, Demak, Kudus, Grobogan, Kendal, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga. Data hasil ukur parameter teknis televisi digital Mux Indosiar wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Indosiar

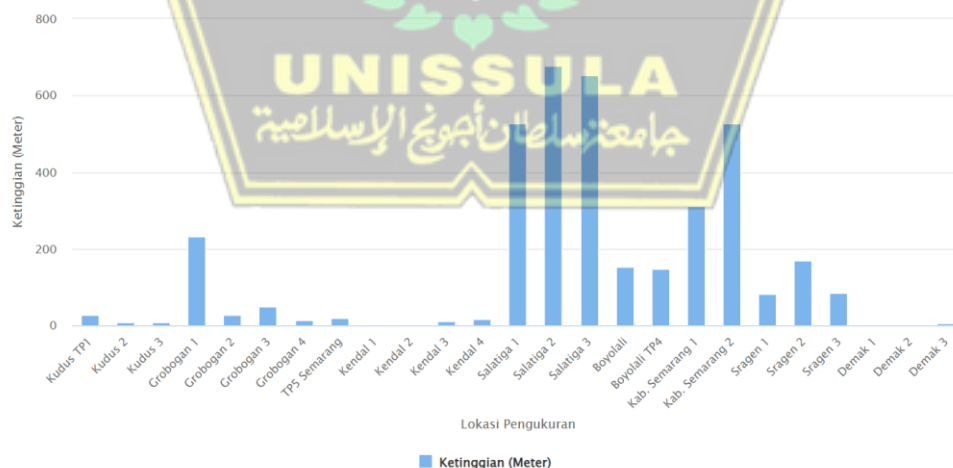
No .	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (meter)	Ketinggian (meter)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
1	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	65551	26	9.23
2	Kudus 2	-6.839406	110.876222	54676	7	8.57
3	Kudus 3	-6.8419	110.817133	48698	7	10.16
4	Grobogan 1	-6.9874166	110.9314167	56117	231	12.02
5	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	51809	26	11.65
6	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	81552	49	6.86
7	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	38112	14	35.55
8	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	17349	19	21.84
9	Kendal 1	-6.932681	110.248487	23256	2	23.43
10	Kendal 2	-6.921557	110.204595	28050	4	12.5
11	Kendal 3	-6.945576	110.154391	31975	12	19.12
12	Kendal 4	-6.985683	110.147607	31450	17	20.07
13	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	28312	526	6.12
14	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	35125	677	14.75
15	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	37041	653	20.33
16	Boyolali	-7.374566	110.7631	38481	154	7.69
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63075	148	6.59
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	9925	312	13.6
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23591	527	6.98
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75162	81	8.31
21	Sragen 2	-7.40008	110.840299	60375	168	7.22
22	Sragen 3	-7.399528	110.893306	64874	86	5.79
23	Demak 1	-6.934029	110.5414686	17718	4	30.18
24	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	30289	4	23.72
25	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	28722	5	17.28

Dari data hasil pengukuran parameter teknis dari stasiun pemancar Indosiar terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik jarak, ketinggian, dan kuat sinyal pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 6 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar Indosiar

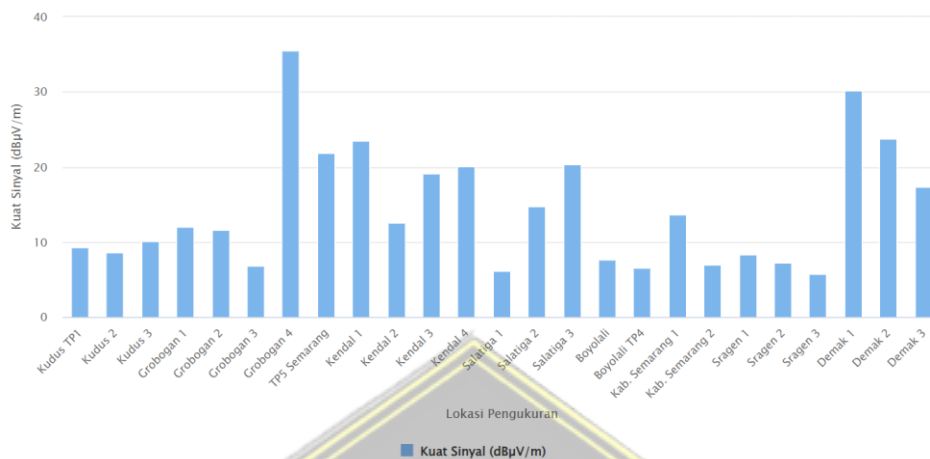
Dari grafik gambar 4.6 diketahui bahwa jarak paling jauh dari stasiun pemancar Indosiar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 3 yang berlokasi di Ngaringan Kabupaten Grobogan dengan jarak 81.9 km, sedangkan jarak terdekat adalah Kab. Semarang 1 yang berlokasi di Kalirejo, Kec. Ungaran Timur, Kabupaten Semarang dengan jarak 10.2 km dari stasiun pemancar Indosiar.



Gambar 4. 7 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran Indosiar

Dari grafik gambar 4.7 diketahui bahwa lokasi tertinggi pengukuran parameter teknis stasiun pemancar Indosiar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1

adalah Salatiga 2 yang berlokasi di Kumpulrejo, Kota Salatiga dengan ketinggian 677 mdpl. Sedangkan lokasi yang terendah adalah Kendal 1 yang berlokasi di Kawasan industri, Brangsong, Kabupaten Kendal dengan ketinggian hanya 2 mdpl.



Gambar 4. 8 Visualisasi Data kuat sinyal Indosiar

Dari grafik gambar 4.8 diketahui bahwa lokasi dengan penerimaan kuat sinyal Indosiar terbesar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 4 yang berlokasi di Jl Pemuda, Godong, Kabupaten Grobogan dengan kuat sinyal sebesar 35.55 dBµV/m. Sedangkan lokasi dengan penerimaan kuat sinyal yang paling kecil adalah Sragen 3 yang berlokasi di Karangasem, Kabupaten Sragen dengan kuat sinyal hanya sebesar 5.79 dBµV/m.

4.1.4. Pengukuran Metro TV

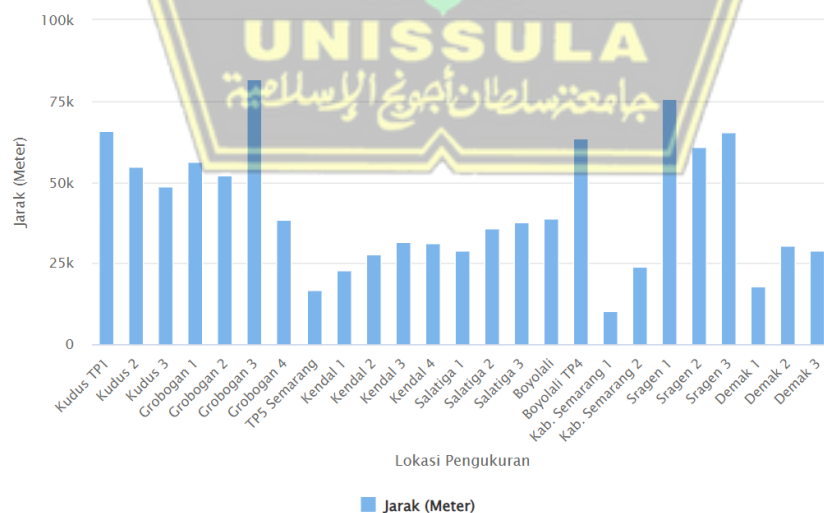
Pengukuran parameter teknis penyelenggara Mux Metro TV wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 lokasi pengukuran di Kabupaten Semarang, Demak, Kudus, Grobogan, Kendal, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga. Data hasil ukur parameter teknis televisi digital Mux Metro TV wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Metro TV

No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dBµV/m)
1	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	65642	26	10.89
2	Kudus 2	-6.839406	110.876222	54767	7	2.22
3	Kudus 3	-6.8419	110.817133	48787	7	3.71
4	Grobogan 1	-6.9874166	110.9314167	56222	231	10.5

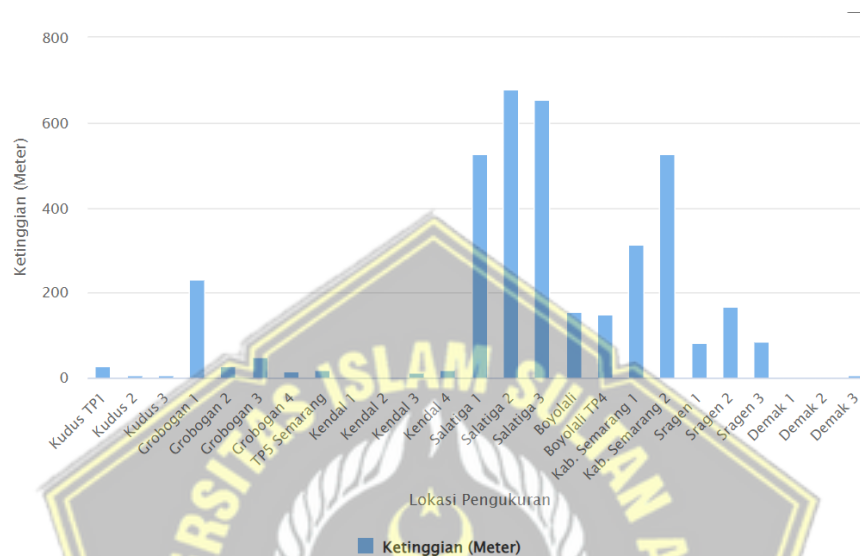
No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
5	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	51916	26	8.16
6	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	81659	49	6.35
7	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	38218	14	28.68
8	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	17251	19	25.61
9	Kendal 1	-6.932681	110.248487	23160	2	24.57
10	Kendal 2	-6.921557	110.204595	27952	4	14.88
11	Kendal 3	-6.945576	110.154391	31871	12	20.18
12	Kendal 4	-6.985683	110.147607	31344	17	18.66
13	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	28344	526	6.84
14	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	35155	677	23.89
15	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	37086	653	26.21
16	Boyolali	-7.374566	110.7631	38525	154	7.42
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63139	148	7.17
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	9931	312	19.17
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23592	527	6.45
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75256	81	8.09
21	Sragen 2	-7.40008	110.840299	60463	168	6.21
22	Sragen 3	-7.399528	110.893306	64966	86	6.15
23	Demak 1	-6.934029	110.5414686	17786	4	23.82
24	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	30372	4	20.44
25	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	28802	5	12.16

Dari data hasil pengukuran parameter teknis dari stasiun pemancar Metro TV terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik jarak, ketinggian, dan kuat sinyal pada gambar berikut ini :



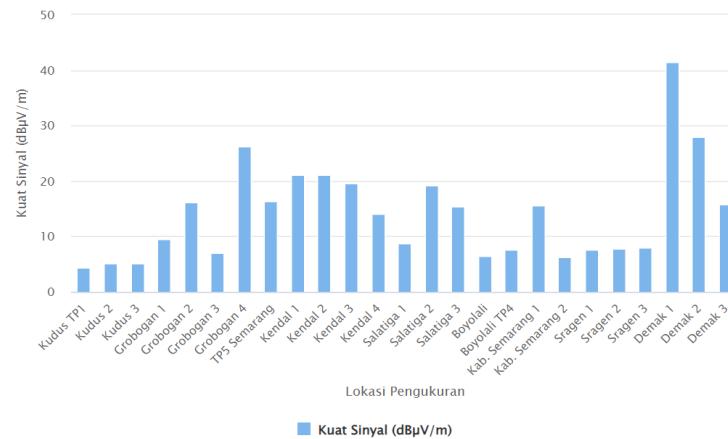
Gambar 4. 9 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar Metro TV

Dari grafik gambar 4.9 diketahui bahwa jarak paling jauh dari stasiun pemancar Metro TV pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 3 yang berlokasi di Ngaringan Kabupaten Grobogan dengan jarak 81.69 km, sedangkan jarak terdekat adalah Kab. Semarang 1 yang berlokasi di Kalirejo, Kec. Ungaran Timur, Kabupaten Semarang dengan jarak 10.2 km dari stasiun pemancar Metro TV.



Gambar 4. 10 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran Metro TV

Dari grafik gambar 4.10 diketahui bahwa lokasi tertinggi pengukuran parameter teknis stasiun pemancar Metro TV pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Salatiga 2 yang berlokasi di Kumpulrejo, Kota Salatiga dengan ketinggian 677 mdpl. Sedangkan lokasi yang terendah adalah Kendal 1 yang berlokasi di Kawasan industri, Brangsong, Kabupaten Kendal dengan ketinggian hanya 2 mdpl



Gambar 4. 11 Visualisasi Data kuat sinyal Metro TV

Dari grafik gambar 4.11 diketahui bahwa lokasi dengan penerimaan kuat sinyal Metro TV terbesar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Demak 1 yang berlokasi di Onggorawe, Sayung, Kabupaten Demak dengan kuat sinyal sebesar 23.82 dBμV/m. Sedangkan lokasi dengan penerimaan kuat sinyal yang paling kecil adalah Kudus 2 yang berlokasi di Payaman, Kabupaten Kudus dengan kuat sinyal hanya sebesar 2.22 dBμV/m.

4.1.5. Hasil Pengukuran TV One

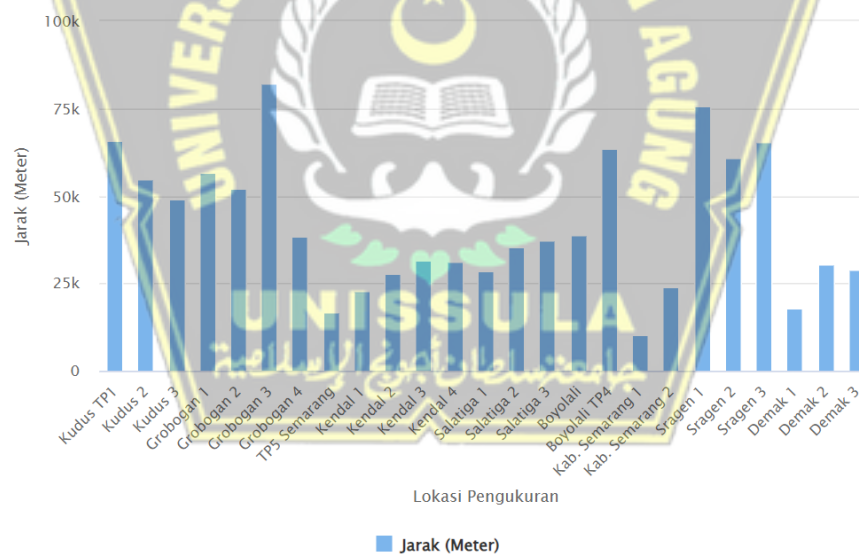
Pengukuran parameter teknis penyelenggara Mux TV One wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 lokasi pengukuran di Kabupaten Semarang, Demak, Kudus, Grobogan, Kendal, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga. Data hasil ukur parameter teknis televisi digital Mux TV One wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Hasil Ukur Parameter Teknis TV One

No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dBμV/m)
1	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	65813	26	4.98
2	Kudus 2	-6.839406	110.876222	54941	7	2.12
3	Kudus 3	-6.8419	110.817133	48943	7	3.12
4	Grobogan 1	-6.9874166	110.9314167	56487	231	11.84
5	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	52225	26	4.55
6	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	81956	49	5.65
7	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	38506	14	29.84
8	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	16888	19	20.41
9	Kendal 1	-6.932681	110.248487	22795	2	25.12
10	Kendal 2	-6.921557	110.204595	27589	4	17.52
11	Kendal 3	-6.945576	110.154391	31521	12	26.8

No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
12	Kendal 4	-6.985683	110.147607	31012	17	16.7
13	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	28620	526	6.99
14	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	35428	677	16.49
15	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	37391	653	16.41
16	Boyolali	-7.374566	110.7631	38826	154	6.86
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63479	148	6.28
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	10142	312	14.73
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23785	527	7.28
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75622	81	8.02
21	Sragen 2	-7.40008	110.840299	60829	168	7.34
22	Sragen 3	-7.399528	110.893306	65332	86	5.87
23	Demak 1	-6.934029	110.5414686	17846	4	22.62
24	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	30498	4	20.74
25	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	28912	5	14.52

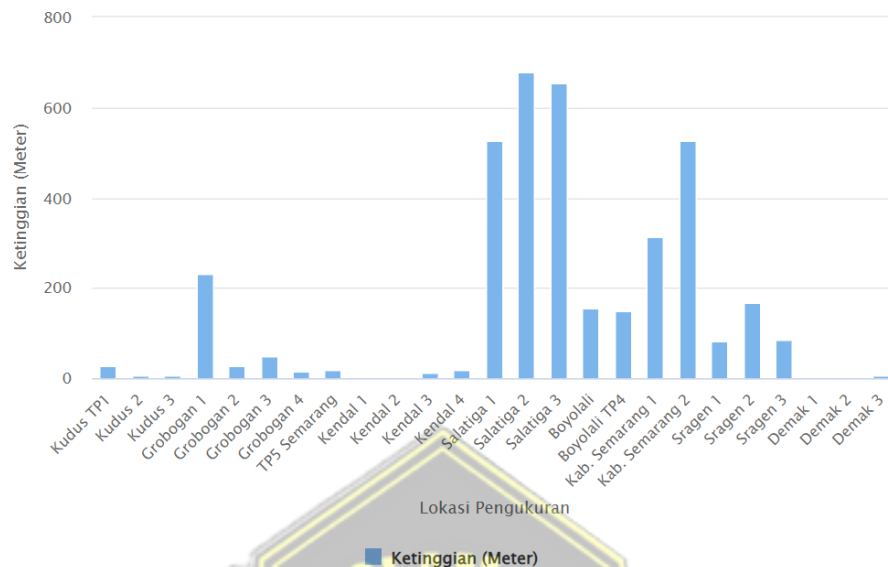
Dari data hasil pengukuran parameter teknis dari stasiun pemancar TV One terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik jarak, ketinggian, dan kuat sinyal pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 12 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar TV One

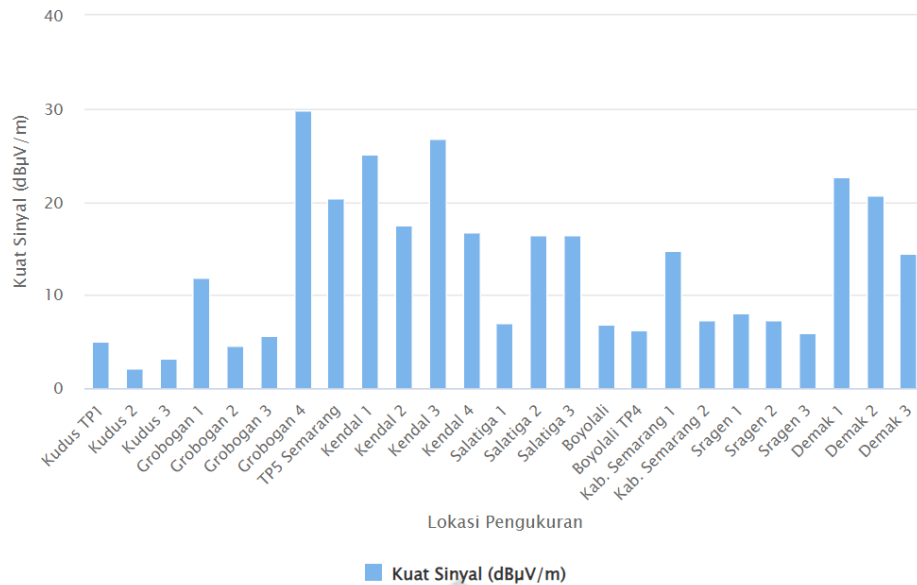
Dari grafik gambar 4.12 diketahui bahwa jarak paling jauh dari stasiun pemancar TV One pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 3 yang berlokasi di Ngaringan Kabupaten Grobogan dengan jarak 81.9 km, sedangkan jarak terdekat adalah Kab. Semarang 1 yang berlokasi di Kalirejo, Kec. Ungaran

Timur, Kabupaten Semarang dengan jarak 10.2 km dari stasiun pemancar TV One.



Gambar 4. 13 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran TV One

Dari grafik gambar 4.13 diketahui bahwa lokasi tertinggi pengukuran parameter teknis stasiun pemancar TV One pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Salatiga 2 yang berlokasi di Kumpulrejo, Kota Salatiga dengan ketinggian 677 mdpl. Sedangkan lokasi yang terendah adalah Kendal 1 yang berlokasi di Kawasan industri, Brangsong, Kabupaten Kendal dengan ketinggian hanya 2 mdpl.



Gambar 4. 14 Visualisasi Data kuat sinyal TV One

Dari grafik gambar 4.14 diketahui bahwa lokasi dengan penerimaan kuat sinyal TV One terbesar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 4 yang berlokasi di Godong, Kabupaten Grobogan dengan kuat sinyal sebesar 29.84 dBµV/m. Sedangkan lokasi dengan penerimaan kuat sinyal yang paling kecil adalah Kudus 2 yang berlokasi di Payaman, Kabupaten Kudus dengan kuat sinyal hanya sebesar 2.12 dBµV/m.

4.1.6. Hasil Pengukuran Trans TV

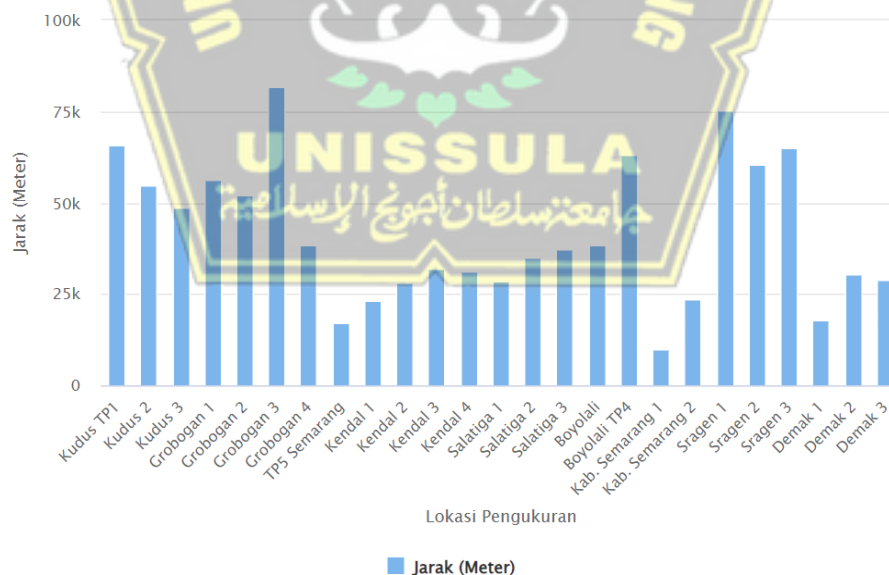
Pengukuran parameter teknis penyelenggara Mux Trans TV wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 lokasi pengukuran di Kabupaten Semarang, Demak, Kudus, Grobogan, Kendal, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga. Data hasil ukur parameter teknis televisi digital Mux Trans TV wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Data Hasil Ukur Parameter Teknis Trans TV

No .	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dBµV/m)
1	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	65815	26	5.83
2	Kudus 2	-6.839406	110.876222	54940	7	2.18
3	Kudus 3	-6.8419	110.817133	48955	7	2
4	Grobogan 1	-6.9874166	110.9314167	56409	231	5.7
5	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	52104	26	8.85
6	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	81847	49	7.43
7	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	38407	14	27.95

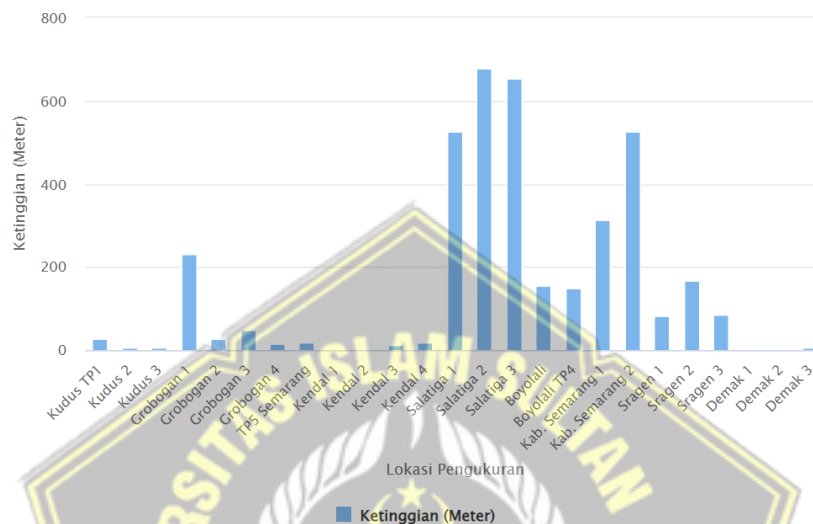
No .	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dBμV/m)
8	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	17088	19	11.36
9	Kendal 1	-6.932681	110.248487	23003	2	13.59
10	Kendal 2	-6.921557	110.204595	27790	4	10.97
11	Kendal 3	-6.945576	110.154391	31696	12	18.48
12	Kendal 4	-6.985683	110.147607	31160	17	20.58
13	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	28378	526	7.49
14	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	35186	677	13.39
15	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	37143	653	13.5
16	Boyolali	-7.374566	110.7631	38580	154	5.7
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63232	148	6.72
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	9919	312	10.97
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23569	527	7.01
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75408	81	6.29
21	Sragen 2	-7.40008	110.840299	60604	168	6.81
22	Sragen 3	-7.399528	110.893306	65113	86	7.92
23	Demak 1	-6.934029	110.5414686	17925	4	21.3
24	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	30533	4	19.68
25	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	28958	5	12.33

Dari data hasil pengukuran parameter teknis dari stasiun pemancar Trans TV terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik jarak, ketinggian, dan kuat sinyal pada gambar berikut ini :



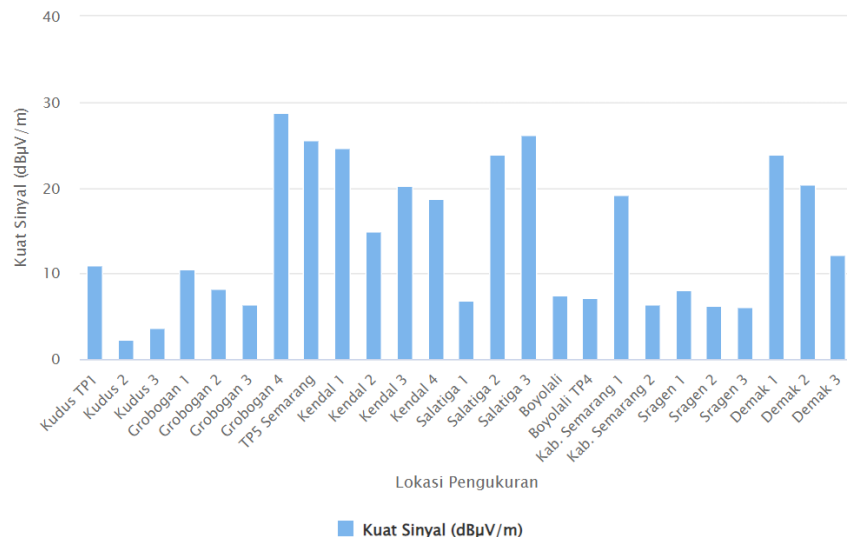
Gambar 4. 15 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar Trans TV

Dari grafik gambar 4.14 diketahui bahwa jarak paling jauh dari stasiun pemancar Trans TV pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 3 yang berlokasi di Ngaringan Kabupaten Grobogan dengan jarak 81.9 km, sedangkan jarak terdekat adalah Kab. Semarang 1 yang berlokasi di Kalirejo, Kec. Ungaran Timur, Kabupaten Semarang dengan jarak 10.2 km dari stasiun pemancar Trans TV.



Gambar 4. 16 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran Trans TV

Dari grafik gambar 4.16 diketahui bahwa lokasi tertinggi pengukuran parameter teknis stasiun pemancar Trans TV pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Salatiga 2 yang berlokasi di Kumpulrejo, Kota Salatiga dengan ketinggian 677 mdpl. Sedangkan lokasi yang terendah adalah Kendal 1 yang berlokasi di Kawasan industri, Brangsong, Kabupaten Kendal dengan ketinggian hanya 2 mdpl.



Gambar 4. 17 Visualisasi Data kuat sinyal Trans TV

Dari grafik gambar 4.17 diketahui bahwa lokasi dengan penerimaan kuat sinyal Trans TV terbesar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 4 yang berlokasi di Godong, Kabupaten Grobogan dengan kuat sinyal sebesar 27.95 dBµV/m. Sedangkan lokasi dengan penerimaan kuat sinyal yang paling kecil adalah Kudus 3 yang berlokasi di Jati wetan, Kabupaten Kudus dengan kuat sinyal hanya sebesar 2. 0 dBµV/m.

4.1.7. Hasil Pengukuran GTV

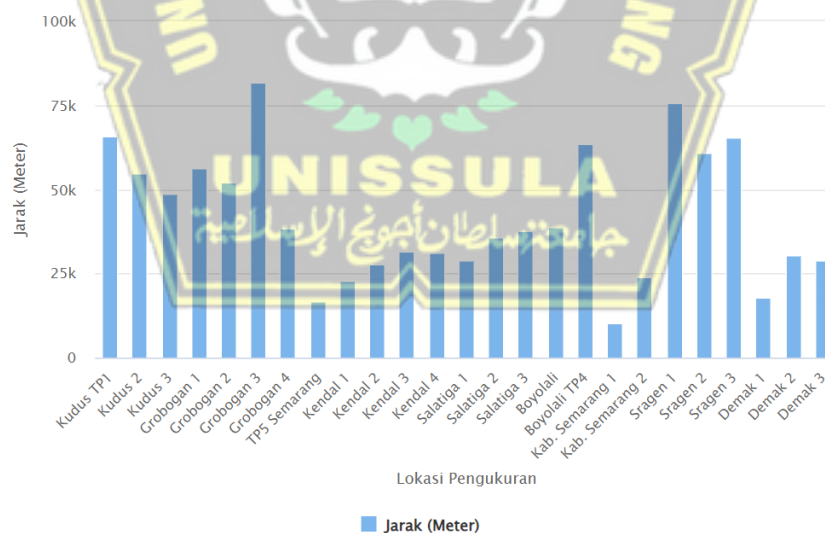
Pengukuran parameter teknis penyelenggara Mux GTV wilayah layanan Jawa Tengah-1 sebanyak 25 lokasi pengukuran di Kabupaten Semarang, Demak, Kudus, Grobogan, Kendal, Boyolali, Sragen, dan Kota Salatiga. Data hasil ukur parameter teknis televisi digital Mux GTV wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Hasil Ukur Parameter Teknis GTV

No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dBµV/m)
1	Kudus TP1	-6.7947056	110.9639168	65770	26	1.16
2	Kudus 2	-6.839406	110.876222	54898	7	2.2
3	Kudus 3	-6.8419	110.817133	48898	7	2.57
4	Grobogan 1	-6.9874166	110.9314167	56461	231	6.25
5	Grobogan 2	-7.082312	110.89424	52211	26	11.7
6	Grobogan 3	-7.064729	111.164995	81939	49	5.29
7	Grobogan 4	-7.03783	110.771534	38486	14	26.61

No.	Lokasi Pengukuran	Latitude	Longitude	Jarak (Meter)	Ketinggian (Meter)	Kuat Sinyal (dB μ V/m)
8	TP5 Semarang	-6.969485	110.288674	16875	19	17.76
9	Kendal 1	-6.932681	110.248487	22778	2	17.63
10	Kendal 2	-6.921557	110.204595	27576	4	11.38
11	Kendal 3	-6.945576	110.154391	31518	12	21.59
12	Kendal 4	-6.985683	110.147607	31019	17	17.04
13	Salatiga 1	-7.294942	110.475169	28676	526	7.09
14	Salatiga 2	-7.355837	110.482903	35484	677	24.44
15	Salatiga 3	-7.360942	110.532661	37442	653	25.84
16	Boyolali	-7.374566	110.7631	38879	154	6.25
17	Boyolali TP4	-7.533609	110.716732	63522	148	6.42
18	Kab. Semarang 1	-7.134079	110.420696	10204	312	6.42
19	Kab. Semarang 2	-7.255921	110.403237	23847	527	6.23
20	Sragen 1	-7.433716	110.98369	75642	81	7.28
21	Sragen 2	-7.40008	110.840299	60855	168	6.14
22	Sragen 3	-7.399528	110.893306	65354	86	5.74
23	Demak 1	-6.934029	110.5414686	17790	4	14.23
24	Demak 2	-6.8965683	110.6563662	30449	4	14.2
25	Demak 3	-6.8947824	110.6379549	28862	5	14.07

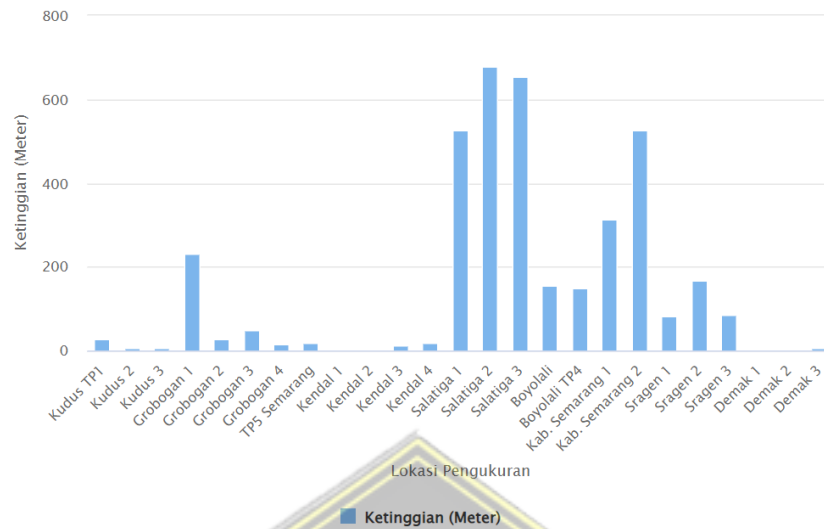
Dari data hasil pengukuran parameter teknis dari stasiun pemancar GTV terhadap wilayah layanan Jawa Tengah-1 dapat dilihat visualisasi data grafik jarak, ketinggian, dan kuat sinyal pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 18 Visualisasi Data jarak dari lokasi pengukuran ke stasiun pemancar GTV

Dari grafik gambar 4.18 diketahui bahwa jarak paling jauh dari stasiun pemancar GTV pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 3 yang berlokasi di Ngaringan Kabupaten Grobogan dengan jarak 81.9 km, sedangkan

jarak terdekat adalah Kab. Semarang 1 yang berlokasi di Kalirejo, Kec. Ungaran Timur, Kabupaten Semarang dengan jarak 10.2 km dari stasiun pemancar GTV.



Gambar 4. 19 Visualisasi Data ketinggian lokasi pengukuran GTV



Gambar 4. 20 Visualisasi Data kuat sinyal GTV

Dari grafik gambar 4.19 diketahui bahwa lokasi tertinggi pengukuran parameter teknis stasiun pemancar GTV pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Salatiga 2 yang berlokasi di Kumpulrejo, Kota Salatiga dengan ketinggian 677 mdpl. Sedangkan lokasi yang terendah adalah Kendal 1 yang berlokasi di Kawasan industri, Brangsong, Kabupaten Kendal dengan ketinggian hanya 2 mdpl.

Dari grafik gambar 4.20 diketahui bahwa lokasi dengan penerimaan kuat sinyal GTV terbesar pada wilayah layanan Jawa Tengah-1 adalah Grobogan 4 yang berlokasi di Godong, Kabupaten Grobogan dengan kuat sinyal sebesar 26.61 dB μ V/m. Sedangkan lokasi dengan penerimaan kuat sinyal yang paling kecil adalah Kudus 2 yang berlokasi di Payaman, Majebo, Kabupaten Kudus dengan kuat sinyal hanya sebesar 2.2 dB μ V/m.

4.2. Penerapan Algoritma *K-Means Clustering*

Pada penelitian ini, menggunakan dataset hasil pengukuran parameter teknis televisi digital sebanyak 6 penyelenggara MUX yang telah dikumpulkan dan akan dilakukan pengujian menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.

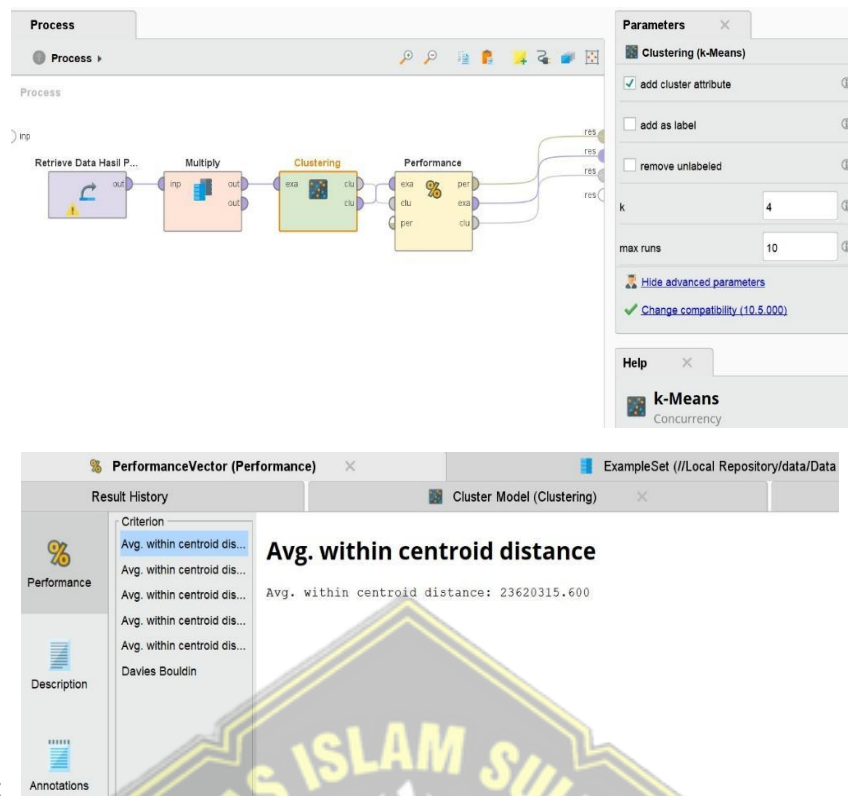
4.2.1. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran TVRI

a. Dataset hasil pengukuran TVRI

Dataset terdiri dari 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi pengukuran) dengan jumlah data yang akan diuji sebanyak 25 data hasil pengukuran TVRI sesuai tabel 4.2.

b. Proses Pengujian Jumlah Cluster Optimal menggunakan Rapidminer

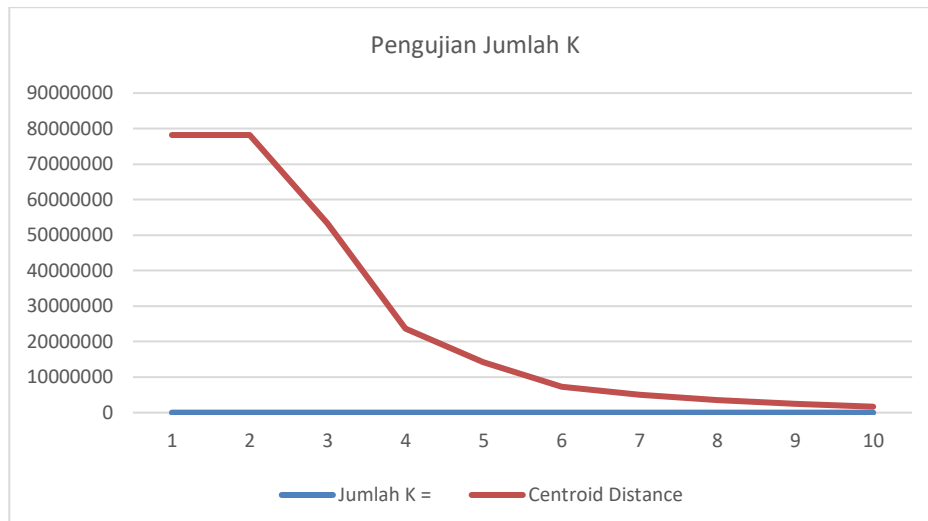
Untuk menguji jumlah cluster secara akurat dan optimal, dilakukan metode *clustering* dengan algoritma *K-Means Clustering* menggunakan Rapidminer studio. Metode yang digunakan adalah *Elbow Method* dengan pengujian rentang cluster dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$. Hasil pengujian jumlah K (cluster) menghasilkan nilai rata-rata *centroid distance* masing-masing secara otomatis, berikut contoh pengujian jumlah cluster $K = 4$ yang disimulasikan menggunakan Rapidminer



Gambar 4. 21 Pengujian Jumlah Cluster K = 4 Pada Data TVRI
 Dengan cara yang sama dilakukan pengujian untuk jumlah cluster $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Data Pengujian Centroid Distance TVRI

Jumlah K =	Centroid Distance Rata-Rata
1	78189056.6
2	78189056.6
3	53316971.2
4	23620314.1
5	14254398.5
6	7212461.71
7	4975492.2
8	3502523.76
9	2545780.85
10	1674325.12



Gambar 4. 22 Grafik Pengujian Jumlah K pada data TVRI

Dari Gambar 4.22 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. Dari hasil pengujian tersebut maka jumlah K optimal yang digunakan dalam algoritma *K-Means Clustering* TVRI adalah $K = 4$.

c. Menentukan Jumlah Cluster

Berdasarkan hasil pengujian jumlah Cluster (K) menggunakan metode elbow pada Rapidminer tersebut maka pada penelitian ini jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak 4 (empat) cluster, sehingga nilai $K = 4$. *Cluster* yang akan dibentuk adalah cluster_0 (K_1) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal bagus**, cluster_1 (K_2) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal cukup bagus**, cluster_2 (K_3) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal sangat bagus**, cluster_3 (K_4) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal kurang bagus**.

d. Menentukan Centroid Awal

Tahapan ini merupakan tahap iterasi 1 dengan penentuan titik pusat cluster atau *centroid* awal, penentuan *centroid* awal dilakukan secara random pada dataset hasil ukur parameter teknis penyelenggara MUX televisi digital TVRI sebanyak 25 titik lokasi pengukuran. Pada *centroid* (C_1) merupakan titik pusat pada cluster (K_1), *centroid* (C_2) merupakan titik pusat pada cluster (K_2), *centroid* (C_3) merupakan titik pusat pada cluster (K_3), *centroid* (C_4) merupakan titik pusat pada cluster (C_4). *Centroid* awal setiap cluster disajikan pada tabel 4.9 :

Tabel 4. 9 Centroid Awal TVRI

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
1	C1	21,1	22770	2
2	C2	8,73	28748	526
3	C3	16,4	16873	19
4	C4	9,43	564	231

e. Menghitung Jarak Data ke Pusat Cluster

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak setiap data ke pusat cluster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* (persamaan 2.8). Perhitungan jarak data pertama dengan titik *centroid* awal (Tabel 4.9) menggunakan persamaan 2.8, proses ini dilakukan untuk menentukan jarak terdekat antara data dan nilai awal (*centroid*) cluster. Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Pertama, dihitung jarak data pertama dengan *centroid* pertama (C1) dari Cluster (K1) yang dinyatakan sebagai d (1,1). Selanjutnya, jarak data pertama dengan *centroid* kedua (C2) dari cluster (K2) dihitung sebagai d (1,2), diikuti dengan jarak ke *centroid* ketiga (C3) dari cluster (K3) yang ditunjukkan oleh d (1,3), terakhir jarak data pertama dengan *centroid* keempat (C4) dari cluster (K4) dihitung sebagai d (1,4). Proses ini memastikan bahwa setiap jarak data dan *centroid* dapat dianalisa untuk menentukan cluster yang paling relevan terhadap data tersebut.

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

$$d(1,1) = \sqrt{(4,29 - 21,10)^2 + (65698 - 22770)^2 + (26 - 2)^2}$$

$$d(1,1) = 42928$$

$$d(1,2) = \sqrt{(4,29 - 8,73)^2 + (65698 - 28748)^2 + (26 - 19)^2}$$

$$d(1,2) = 36953,4$$

$$d(1,3) = \sqrt{(4,29 - 16,4)^2 + (65698 - 16873)^2 + (26 - 526)^2}$$

$$d(1,3) = 48825$$

$$d(1,4) = \sqrt{(4,29 - 9,43)^2 + (65698 - 56410)^2 + (26 - 231)^2}$$

$$d(1,4) = 9290,26$$

Hasil perhitungan jarak (d) dari data pertama terhadap *centroid* awal (C1, C2, C3 dan C4) yang terdiri dari 3 atribut ini menunjukkan bahwa data pertama dikelompokkan ke dalam cluster 4, berdasarkan jarak d (1,4) antara data pertama dengan *centroid* cluster 4 menghasilkan nilai jarak terkecil sebesar **9290,26** dibandingkan jarak data pertama dengan *centroid* cluster 1 dengan nilai jarak d (1,1) sebesar **42928**, *centroid* cluster 2 dengan nilai jarak d (1,2) sebesar **36953,4**, *centroid* cluster 3 dengan nilai jarak d (1,3) sebesar **48825**. Jarak dengan nilai terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada cluster dengan pusat cluster yang paling dekat.

Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan jarak d (1,1) hingga d (1,4). Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut :

Tabel 4. 10 Proses Clustering Iterasi 1 TVRI

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	4,29	65698	26	42928,01	36953,38	48825,02	9290,263	9290,263	4
P2	5,13	54826	7	32056	26083,16	37953,01	1599,766	1599,766	4
P3	5,2	48824	7	26054,01	20082,71	31951,01	7589,308	7589,308	4
P4	9,43	56410	231	33640,78	27663,57	39537,79	0	0	4
P5	16,07	52176	26	29406,01	23433,34	35303,03	4238,965	4238,965	4
P6	7,05	81900	49	59130,02	53154,14	65027,04	25490,65	25490,65	4
P7	26,21	38443	14	15673,01	9708,526	21570,03	17968,32	9708,526	2
P8	16,41	16873	19	5897,026	11885,82	38	39537,57	38	3
P9	21,12	22770	2	0	6000,934	5897,039	33640,78	0	1
P10	9,38	27573	4	4803,015	1285,733	10700,03	28837,89	1285,733	2
P11	19,62	31530	12	8760,006	2829,106	14657,03	24880,97	2829,106	2
P12	14,04	31043	17	8273,017	2350,773	14170,05	25367,9	2350,773	2
P13	8,73	28748	526	6000,934	0	11887,5	27663,57	0	2
P14	19,29	35557	677	12804,8	6810,682	18696,96	20857,77	6810,682	2
P15	15,39	37506	653	14750,37	8758,923	20643,94	18908,71	8758,923	2
P16	6,51	38943	154	16173,72	10201,78	22070,68	17467,17	10201,78	2
P17	7,54	63571	148	40801,26	34825,05	46698,3	7161,481	7161,481	4
P18	15,61	10287	312	12486,85	18462,24	6594,313	46123,07	6594,313	3

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P19	6,28	23933	527	1276,093	4815,001	7081,089	32478,35	1276,093	1
P20	7,52	75655	81	52885,06	46909,11	58782,09	19245,58	19245,58	4
P21	7,82	60876	168	38106,36	32129,99	44003,4	4466,445	4466,445	4
P22	7,9	65371	86	42601,08	36625,64	48498,11	8962,173	8962,173	4
P23	41,51	17704	4	5066,041	11056,38	831,6971	38706,68	831,6971	3
P24	27,87	30370	4	7600,003	1704,035	13497,02	26041	1704,035	2
P25	15,72	28781	5	6011,003	522,0909	11908,02	27629,93	522,0909	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.

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 4.11 berikut :

Tabel 4. 11 Hasil Centroid Iterasi 1TVRI

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
1	C1	13,7	23351,5	264,5	2
2	C2	16,276	32849,4	206,6	10
3	C3	24,51	14954,67	111,66667	3
4	C4	7,795	62530,7	82,9	10

Pada tabel 4.11 tersebut menunjukkan data *centroid* baru pada setiap cluster (K) dengan jumlah data masing-masing *cluster*. 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 4.11.

Perhitungan *K-Means Clustering* berakhir pada iterasi ketujuh, karena *centroid* baru pada iterasi ketujuh sudah tidak berubah atau sama dengan *centroid* sebelumnya. Perhitungan rata-rata pada setiap variable pada setiap iterasi

menghasilkan *centroid* baru dengan menggunakan rumus *AVERAGE* pada MS.Excel dengan fungsi menghitung nilai rata-rata data, tabel 4.12 menunjukkan data *centroid* baru untuk setiap cluster (K) beserta jumlah data lokasi pada masing-masing cluster sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Hasil Centroid Iterasi 7 TVRI

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Jarak (J) (Meter)	Ketinggian (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
1	C1	15,345	28093,5	137,125	8
2	C2	14,52	39854,6	301	5
3	C3	24,51	14954,67	111,66667	3
4	C4	8,08333	64053,7	91,3333	9

Hasil *Clustering* berdasarkan perhitungan jarak data terdekat dengan *centroid* masing-masing cluster pada iterasi ketujuh dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini:

Tabel 4. 13 Proses Clustering Iterasi 7 TVRI

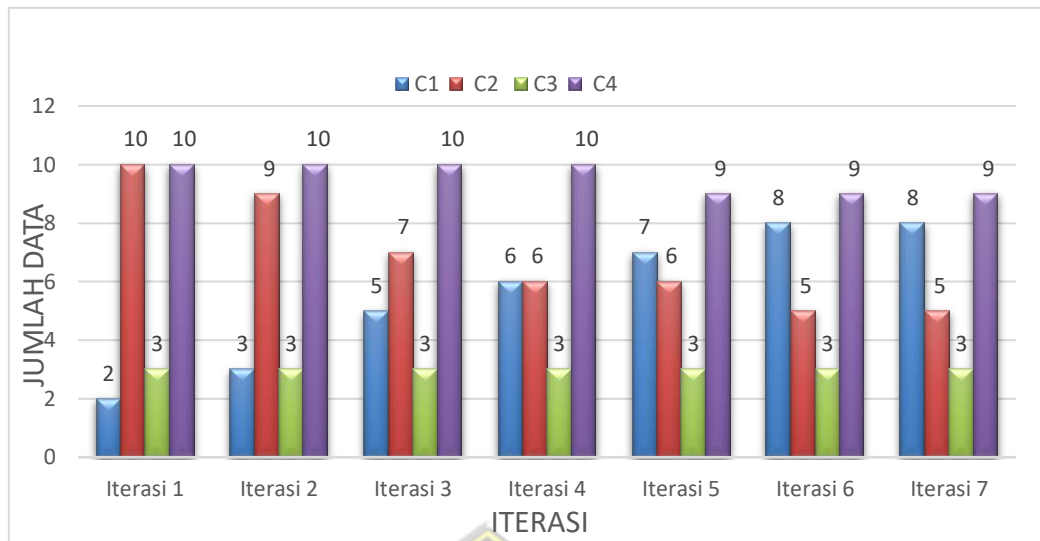
L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	4,29	65698	26	37604,67	25844,87	50743,52	1645,635	1645,635	4
P2	5,13	54826	7	26732,82	14974,29	39871,51	9228,053	9228,053	4
P3	5,2	48824	7	20730,91	8974,222	33869,55	15229,9	8974,222	2
P4	9,43	56410	231	28316,66	16555,55	41456,75	7644,943	7644,943	4
P5	16,07	52176	26	24082,76	12324,47	37221,59	11877,85	11877,85	4
P6	7,05	81900	49	53806,57	42046,16	66945,53	17846,38	17846,38	4
P7	26,21	38443	14	10350,24	1440,528	23488,67	25610,79	1440,528	2
P8	16,41	16873	19	11221,12	22983,33	1922,795	47180,72	1922,795	3
P9	21,12	22770	2	5325,218	17087,22	7816,161	41283,77	5325,218	1
P10	9,38	27573	4	537,2877	12285,19	12618,87	36480,77	537,2877	1
P11	19,62	31530	12	3438,78	8329,617	16575,8	32523,77	3438,78	1
P12	14,04	31043	17	2951,945	8816,176	16088,85	33010,75	2951,945	1
P13	8,73	28748	526	761,3395	11108,88	13808,07	35308,34	761,3395	1
P14	19,29	35557	677	7483,002	4314,02	20617,42	28502,69	4314,02	2
P15	15,39	37506	653	9426,626	2374,832	22564,3	26553,61	2374,832	2
P16	6,51	38943	154	10849,52	923,4109	23989,81	25110,74	923,4109	2
P17	7,54	63571	148	35477,5	23716,89	48617,03	485,982	485,982	4
P18	15,61	10287	312	17807,36	29567,6	4686,863	53767,12	4686,863	3
P19	6,28	23933	527	4178,737	15923,21	9001,039	40123,03	4178,737	1
P20	7,52	75655	81	47561,53	35801,08	60700,64	11601,34	11601,34	4
P21	7,82	60876	168	32782,52	21021,82	45922,19	3178,591	3178,591	4

P22	7,9	65371	86	37277,54	25517,31	50416,72	1317,344	1317,344	4
P23	41,51	17704	4	10390,39	22152,61	2751,818	46349,76	2751,818	3
P24	27,87	30370	4	2280,424	9489,258	15415,77	33683,79	2280,424	1
P25	15,72	28781	5	700,081	11077,56	13826,83	35272,77	700,081	1

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada cluster yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 4.14 berikut :

Tabel 4. 14 Hasil Clustering Iterasi 7 TVRI

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. 23 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi TVRI

Pada gambar 4.23 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.

f. Analisa Hasil Clustering

Hasil *clustering* data pengukuran parameter teknis TVRI berdasarkan tabel 4.13 diperoleh sebagai berikut :

- Cluster (K1) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga 1, Kab Semarang 2, Demak 2 dan Demak 3, dengan kategori kuat sinyal besar, ketinggian rendah, jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal bagus**.
- Cluster (K2) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus3, Grobogan 4, Salatiga2, Salatiga3, dan Boyolali, dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, jarak sedang merupakan **cluster kualitas sinyal cukup bagus**.

- Cluster (K3) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah TP5 Semarang, Kab Semarang 1 dan Demak 1, dengan kategori kuat sinyal sedang, ketinggian rendah dan jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal sangat bagus**.
- Cluster (K4) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus TP1, Kudus2, Grobogan 1, Grobogan2, Grobogan3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2, dan Sragen3 dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, dan jarak jauh merupakan **cluster kualitas sinyal kurang bagus**.

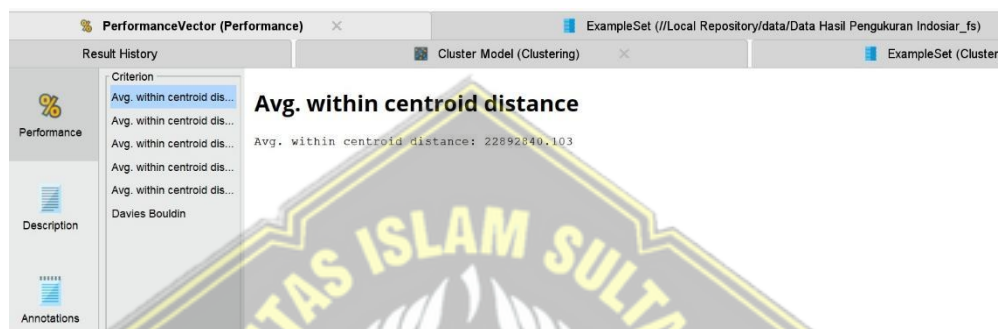
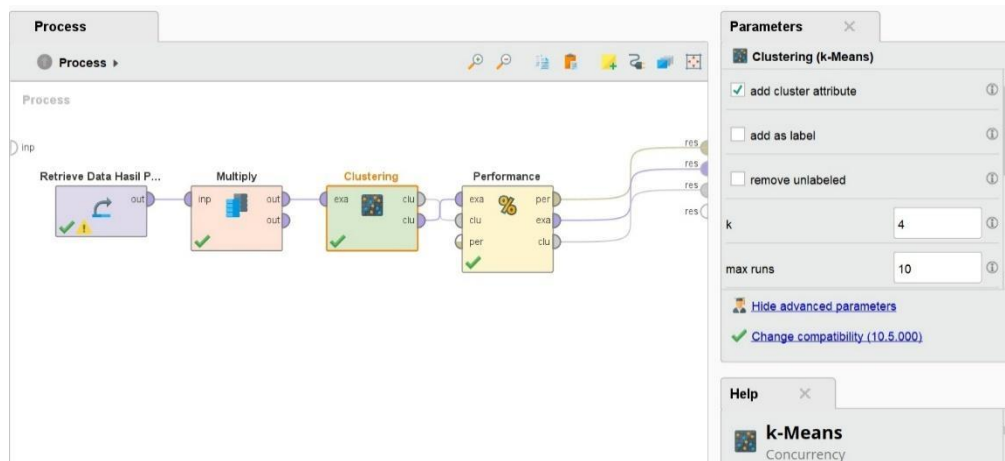
4.2.2. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran Indosiar

a. Dataset hasil pengukuran Indosiar

Dataset terdiri dari 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi pengukuran) dengan jumlah data yang akan diuji sebanyak 25 data hasil pengukuran Indosiar sesuai tabel 4.3.

b. Proses Pengujian Jumlah Cluster Optimal menggunakan Rapidminer

Untuk menguji jumlah cluster secara akurat dan optimal, dilakukan metode *clustering* dengan algoritma *K-Means Clustering* menggunakan Rapidminer studio. Metode yang digunakan adalah *Elbow Method* dengan pengujian rentang cluster dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$. Hasil pengujian jumlah K (cluster) menghasilkan nilai rata-rata *centroid distance* masing-masing secara otomatis, berikut contoh pengujian jumlah cluster $K = 4$ yang disimulasikan menggunakan Rapidminer :

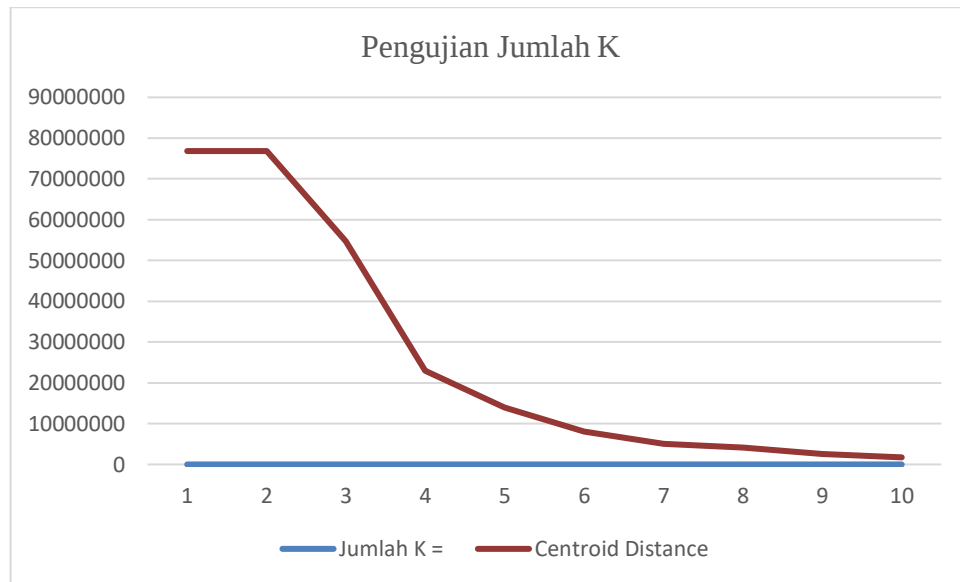


Gambar 4. 24 Pengujian Jumlah Cluster K = 4 Data Indosiar

Dengan cara yang sama dilakukan pengujian untuk nilai jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut :

Tabel 4. 15 Data Pengujian Centroid Distance Indosiar

Jumlah K =	Centroid Distance
1	76635326.2
2	76635326.2
3	49033618
4	22892840.1
5	13829562.8
6	7611088.39
7	5014150.6
8	3623901.57
9	2715806.09
10	1899143.56



Gambar 4. 25 Grafik Pengujian Centroid Distance Indosiar

Dari Gambar 4.25 terlihat bahwa hasil pengujian *centroid distance* dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ yang sesuai dengan *Elbow Method* yaitu jumlah $K = 4$ dimana grafik lebih berbentuk siku di banding jumlah K lainnya. Dari hasil pengujian tersebut sehingga jumlah K yang digunakan dalam algoritma *K-Means Clustering* Indosiar adalah $K = 4$.

c. Menentukan Jumlah Cluster

Berdasarkan hasil pengujian jumlah Cluster (K) menggunakan metode elbow pada Rapidminer tersebut maka pada penelitian ini jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak 4 (empat) cluster, sehingga nilai $K = 4$. *Cluster* yang akan dibentuk adalah cluster_0 ($K1$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal bagus**, cluster_1 ($K2$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal cukup bagus**, cluster_2 ($K3$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal sangat bagus**, cluster_3 ($K4$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal kurang bagus**.

d. Menentukan Centroid Awal

Tahapan ini merupakan tahap iterasi 1 dengan penentuan titik pusat cluster atau *centroid* awal, penentuan *centroid* awal dilakukan secara random pada dataset hasil ukur parameter teknis penyelenggara MUX televisi digital Metro TV sebanyak 25 titik lokasi pengukuran. Pada *centroid* ($C1$) merupakan titik pusat pada cluster ($K1$), *centroid* ($C2$) merupakan titik pusat pada cluster ($K2$), *centroid*

(C3) merupakan titik pusat pada cluster (K3), *centroid* (C4) merupakan titik pusat pada cluster (C4). *Centroid* awal setiap cluster disajikan pada tabel 4.16 :

Tabel 4. 16 Centroid Awal data Indosiar

No.	<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
1	C1	23,43	23256	2
2	C2	6,12	28312	526
3	C3	21,84	17349	19
4	C4	12,02	56117	231

e. Menghitung Jarak Data ke Pusat Cluster

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak setiap data ke pusat cluster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* (persamaan 2.8). Perhitungan jarak data pertama dengan titik *centroid* awal pada tabel 4.15 menggunakan persamaan 2.8, proses ini dilakukan untuk menentukan jarak terdekat antara data dan nilai awal (*centroid*) cluster. Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Pertama, dihitung jarak data pertama dengan *centroid* pertama (C1) dari Cluster (K1) yang dinyatakan sebagai d (1,1). Selanjutnya, jarak data pertama dengan *centroid* kedua (C2) dari cluster (K2) dihitung sebagai d (1,2), diikuti dengan jarak ke *centroid* ketiga (C3) dari cluster (K3) yang ditunjukkan oleh d (1,3), terakhir jarak data pertama dengan *centroid* keempat (C4) dari cluster (K4) dihitung sebagai d (1,4). Proses ini memastikan bahwa setiap jarak data dan *centroid* dapat dianalisa untuk menentukan cluster yang paling relevan terhadap data tersebut.

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

$$d(1,1) = \sqrt{(9,23 - 23,43)^2 + (65551 - 23256)^2 + (26 - 2)^2}$$

$$d(1,1) = 42295$$

$$d(1,2) = \sqrt{(9,23 - 6,12)^2 + (65551 - 28312)^2 + (26 - 526)^2}$$

$$d(1,2) = 37242,4$$

$$d(1,3) = \sqrt{(9,23 - 21,84)^2 + (65551 - 17349)^2 + (26 - 19)^2}$$

$$d(1,3) = 48202$$

$$d(1,4) = \sqrt{(9,23 - 12,02)^2 + (65551 - 56117)^2 + (26 - 231)^2}$$

$$d(1,4) = 9436,23$$

Hasil perhitungan jarak (d) dari data pertama terhadap *centroid* awal ($C1, C2, C3$ dan $C4$) yang terdiri dari 3 atribut ini menunjukkan bahwa data pertama dikelompokkan ke dalam cluster 4, berdasarkan jarak $d(1,4)$ antara data pertama dengan *centroid* cluster 4 menghasilkan nilai jarak terkecil sebesar **9436,23** dibandingkan jarak data pertama dengan *centroid* cluster 1 dengan nilai jarak $d(1,1)$ sebesar **42295**, *centroid* cluster 2 dengan nilai jarak $d(1,2)$ sebesar **37242,4** *centroid* cluster 3 dengan nilai jarak $d(1,3)$ sebesar **48202**. Jarak dengan nilai terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada cluster dengan pusat cluster yang paling dekat.

Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan jarak $d(1,1)$ hingga $d(1,4)$. Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut :

Tabel 4. 17 Proses Clustering Iterasi 1 Indosiar

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	9,23	65551	26	42295,01	37242,36	48202,02	9436,227	9436,227	4
P2	8,57	54676	7	31420	26369,11	37327,01	1458,31	1458,31	4
P3	10,16	48698	7	25442	20392,61	31349,01	7422,381	7422,381	4
P4	12,02	56117	231	32861,8	27806,57	38768,81	0	0	4
P5	11,65	51809	26	28553,01	23502,32	34460,03	4312,875	4312,875	4
P6	8,86	81552	49	58296,02	53242,14	64203,04	25435,65	25435,65	4
P7	35,55	38112	14	14856,01	9813,41	20763,03	18006,32	9813,41	2
P8	21,84	17349	19	5907,025	10974,73	38	38768,58	38	3
P9	23,43	23256	2	0	5083,11	5907,038	32861,8	0	1
P10	12,5	28050	4	4794,013	584,0965	10701,03	28067,92	584,0965	2
P11	19,12	31975	12	8719,007	3698,91	14626,03	24142,99	3698,91	2
P12	20,07	31450	17	8194,014	3179,044	14101,05	24667,93	3179,044	2

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P13	6,12	28312	526	5083,11	0	10976,55	27806,57	0	2
P14	14,75	35125	677	11888,18	6814,679	17789,62	20996,74	6814,679	2
P15	20,33	37041	653	13800,36	8729,935	19703,46	19080,67	8729,935	2
P16	7,69	38481	154	15225,77	10175,8	21132,71	17636,17	10175,8	2
P17	6,59	63075	148	39819,27	34765,06	45726,31	6958,497	6958,497	4
P18	13,6	9925	312	13334,61	18388,25	7431,38	46192,07	7431,38	3
P19	6,98	23591	527	622,9933	4721	6265,852	32527,35	622,9933	1
P20	8,31	75162	81	51906,06	46852,11	57813,09	19045,59	19045,59	4
P21	7,22	60375	168	37119,37	32065	43026,41	4258,469	4258,469	4
P22	5,79	64874	86	41618,09	36564,65	47525,12	8758,203	8758,203	4
P23	30,18	17718	4	5538,004	10606,88	369,8102	38399,68	369,8102	3
P24	23,72	30289	4	7033	2044,828	12940,02	25829	2044,828	2
P25	17,28	28722	5	5466,004	663,0728	11373,03	27395,93	663,0728	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.

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 4.18 berikut :

Tabel 4. 18 Hasil Centroid Iterasi 1Indosiar

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
1	C1	15,205	23423,5	264,5	2
2	C2	17,713	32755,7	206,6	10
3	C3	21,87	14997,33	111,66667	3
4	C4	8,84	62188,9	82,9	10

Pada tabel 4.18 tersebut menunjukkan data *centroid* baru pada setiap cluster (K) dengan jumlah data masing-masing *cluster*. 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 4.17.

Perhitungan *K-Means Clustering* berakhir pada iterasi ketujuh, karena *centroid* baru pada iterasi ketujuh sudah tidak berubah atau sama dengan *centroid* sebelumnya. Perhitungan rata-rata pada setiap variable pada setiap iterasi menghasilkan *centroid* baru dengan menggunakan rumus AVERAGE pada MS.Excel dengan fungsi menghitung nilai rata-rata data, tabel 4.19 menunjukkan data *centroid* baru untuk setiap cluster (K) beserta jumlah data lokasi pada masing-masing cluster sebagai berikut :

Tabel 4. 19 Hasil Centroid Iterasi 7 Indosiar

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
1	C1	16,152	28205,6	137,12	8
2	C2	17,696	39491,4	301	5
3	C3	21,873	14997,3	111,67	3
4	C4	8,693	63687,9	91,33	9

Hasil *Clustering* berdasarkan perhitungan jarak data terdekat dengan *centroid* masing-masing cluster pada iterasi ketujuh dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut ini:

Tabel 4. 20 Proses Clustering Iterasi 7 Indosiar

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	9,23	65551	26	37345,54	26061,05	50553,85569	1864,25635	1864,256	4
P2	8,57	54676	7	26470,7	15187,45	39678,84634	9012,28348	9012,283	4
P3	10,16	48698	7	20492,79	9211,296	33700,87763	14990,1262	9211,296	2
P4	12,02	56117	231	27911,53	16625,75	41121,09561	7572,17779	7572,178	4
P5	11,65	51809	26	23603,64	12320,67	36811,92551	11879,0689	11879,07	4
P6	8,86	81552	49	53346,45	42061,36	66554,86187	17864,1613	17864,16	4
P7	35,55	38112	14	9907,159	1409,054	23115,01231	25576,0199	1409,054	2
P8	21,84	17349	19	10857,27	22144,2	2355,294013	46338,9472	2355,294	3
P9	23,43	23256	2	4951,474	16238,15	8259,448992	40431,9903	4951,474	1
P10	12,5	28050	4	204,8286	11445,26	13053,18251	35637,9961	204,8286	1
P11	19,12	31975	12	3771,452	7521,954	16978,11728	31712,9898	3771,452	1
P12	20,07	31450	17	3246,6	8046,414	16453,16987	32237,9766	3246,6	1

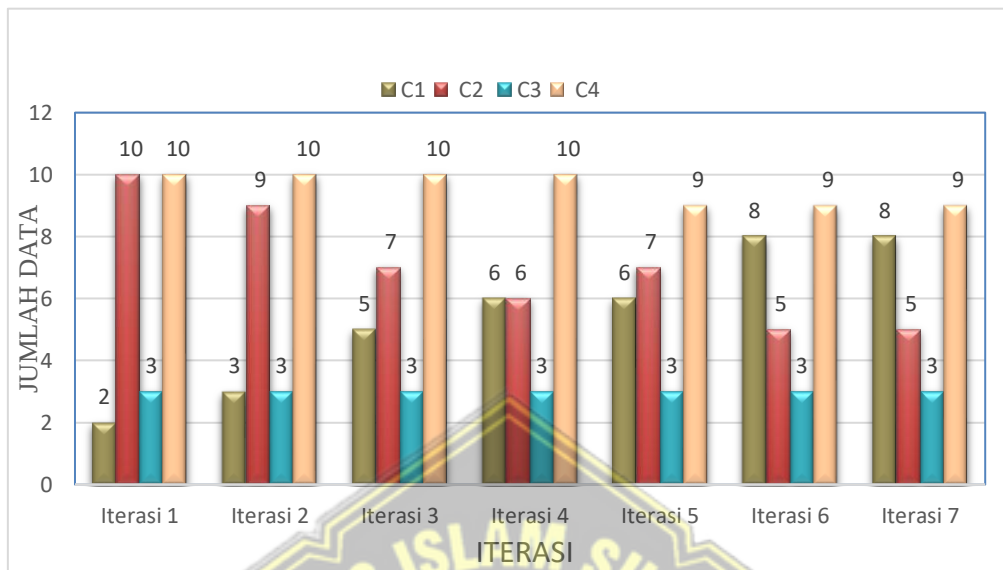
L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P13	6,12	28312	526	403,2866	11181,67	13329,93681	35378,5593	403,2866	1
P14	14,75	35125	677	6940,405	4382,56	20143,11325	28568,8933	4382,56	2
P15	20,33	37041	653	8850,423	2475,555	22056,92539	26652,8102	2475,555	2
P16	7,69	38481	154	10275,39	1021,086	23485,17362	25206,9668	1021,086	2
P17	6,59	63075	148	34869,38	23584,1	48078,37032	615,50656	615,5066	4
P18	13,6	9925	312	18281,46	29566,4	5090,002685	53763,342	5090,003	3
P19	6,98	23591	527	4631,074	15902,01	8617,379167	40099,2557	4631,074	1
P20	8,31	75162	81	46956,41	35671,28	60164,97669	11474,1158	11474,12	4
P21	7,22	60375	168	32169,39	20884,03	45378,53083	3313,77621	3313,776	4
P22	5,79	64874	86	36668,41	25383,51	49877,06095	1186,12665	1186,127	4
P23	30,18	17718	4	10488,48	21775,43	2723,136958	45969,9769	2723,137	3
P24	23,72	30289	4	2087,638	9207,193	15292,10423	33399,0065	2087,638	1
P25	17,28	28722	5	533,0117	10773,47	13725,16329	34965,9965	533,0117	1

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada cluster yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 4.21 berikut :

Tabel 4. 21 Hasil Clustering Iterasi 7 Indosiar

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				

Lokasi Pengukuran	L	C1	C2	C3	C4	Ket
Jumlah Data		8	5	3	9	25



Gambar 4. 26 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi Indosiar

Pada gambar 4.26 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.

g. Analisa Hasil Clustering

Hasil *clustering* data pengukuran parameter teknis Indosiar berdasarkan tabel 4.20 diperoleh sebagai berikut :

- Cluster (K1) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga 1, Kab Semarang 2, Demak 2 dan Demak 3, dengan kategori kuat sinyal besar, ketinggian rendah, jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal bagus**.
- Cluster (K2) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus3, Grobogan 4, Salatiga2, Salatiga3, dan Boyolali, dengan kategori kuat sinyal kecil,

ketinggian sedang, jarak sedang merupakan **cluster kualitas sinyal cukup bagus**.

- Cluster (K3) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah TP5 Semarang, Kab Semarang 1 dan Demak 1, dengan kategori kuat sinyal sedang, ketinggian rendah dan jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal sangat bagus**.
- Cluster (K4) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus TP1, Kudus2, Grobogan 1, Grobogan2, Grobogan3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2, dan Sragen3 dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, dan jarak jauh merupakan **cluster kualitas sinyal kurang bagus**.

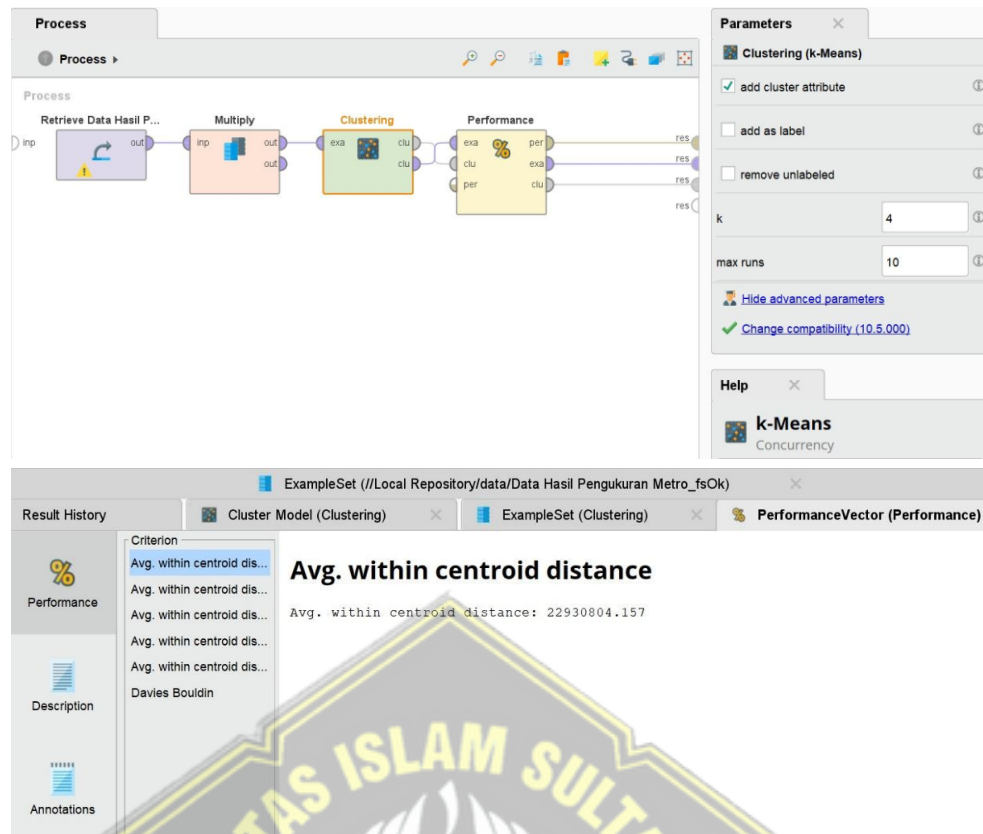
4.2.3. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran Metro TV

a. Dataset Hasil Pengukuran Metro TV

Dataset terdiri dari 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi pengukuran) dengan jumlah data yang akan diuji sebanyak 25 data hasil pengukuran Metro TV sesuai tabel 4.4.

b. Proses Pengujian Jumlah Cluster Optimal menggunakan Rapidminer

Untuk menguji jumlah cluster secara akurat dan optimal, dilakukan metode *clustering* dengan algoritma *K-Means Clustering* menggunakan Rapidminer studio. Metode yang digunakan adalah *Elbow Method* dengan pengujian rentang cluster dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$. Hasil pengujian jumlah K (cluster) menghasilkan nilai rata-rata *centroid distance* masing-masing secara otomatis, berikut contoh pengujian jumlah cluster $K = 4$ yang disimulasikan menggunakan Rapidminer :

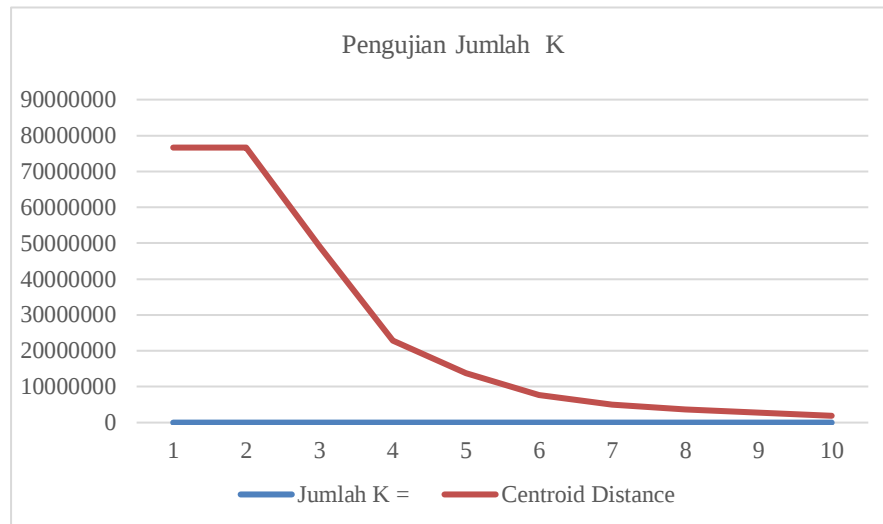


Gambar 4. 27 Pengujian Jumlah Cluster K = 4 pada data MetroTV

Dengan cara yang sama dilakukan pengujian untuk nilai jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.22 berikut :

Tabel 4. 22 Data Pengujian Centroid Distance Metro TV

Jumlah K =	Centroid Distance
1	76832645.54
2	76832645.54
3	54761017.07
4	22930804.16
5	13891813.56
6	8067665.723
7	4994437.737
8	4085097.74
9	2561023.391
10	1741030.75



Gambar 4. 28 Grafik Pengujian Centroid Distance MetroTV

Dari Gambar 4.28 terlihat bahwa hasil pengujian *centroid distance* dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ yang sesuai dengan *Elbow Method* yaitu jumlah $K = 4$ dimana grafik lebih berbentuk siku di banding jumlah K lainnya. Dari hasil pengujian tersebut sehingga jumlah K yang digunakan dalam algoritma *K-Means Clustering* MetroTV adalah $K = 4$.

c. Menentukan Jumlah Cluster

Berdasarkan hasil pengujian jumlah Cluster (K) menggunakan metode elbow pada Rapidminer tersebut maka pada penelitian ini jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak 4 (empat) *cluster*, sehingga nilai $K = 4$. *Cluster* yang akan dibentuk adalah cluster_0 (K_1) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal bagus**, cluster_1 (K_2) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal cukup bagus**, cluster_2 (K_3) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal sangat bagus**, cluster_3 (K_4) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal kurang bagus**.

d. Menentukan Centroid Awal

Tahapan ini merupakan tahap iterasi 1 dengan penentuan titik pusat cluster atau *centroid* awal, penentuan *centroid* awal dilakukan secara random pada dataset hasil ukur parameter teknis penyelenggara MUX televisi digital Metro TV sebanyak 25 titik lokasi pengukuran. Pada *centroid* (C_1) merupakan titik pusat pada cluster (K_1), *centroid* (C_2) merupakan titik pusat pada cluster (K_2), *centroid* (C_3) merupakan titik pusat pada cluster (K_3), *centroid* (C_4) merupakan titik pusat pada cluster (K_4). *Centroid* awal setiap cluster disajikan pada tabel 4.23 :

Tabel 4. 23 Centroid Awal data Metro TV

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
1	C1	24,47	23160	2
2	C2	6,84	28344	526
3	C3	25,61	17251	19
4	C4	10,05	56222	231

e. Menghitung Jarak Data ke Pusat Cluster

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak setiap data ke pusat cluster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* (persamaan 2.8). Perhitungan jarak data pertama dengan titik *centroid* awal pada tabel 4.15 menggunakan persamaan 2.8, proses ini dilakukan untuk menentukan jarak terdekat antara data dan nilai awal (*centroid*) cluster. Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Pertama, dihitung jarak data pertama dengan *centroid* pertama (C1) dari Cluster (K1) yang dinyatakan sebagai d (1,1). Selanjutnya, jarak data pertama dengan *centroid* kedua (C2) dari cluster (K2) dihitung sebagai d (1,2), diikuti dengan jarak ke *centroid* ketiga (C3) dari cluster (K3) yang ditunjukkan oleh d (1,3), terakhir jarak data pertama dengan *centroid* keempat (C4) dari cluster (K4) dihitung sebagai d (1,4). Proses ini memastikan bahwa setiap jarak data dan *centroid* dapat dianalisa untuk menentukan cluster yang paling relevan terhadap data tersebut.

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

$$d(1,1) = \sqrt{(10,89 - 24,57)^2 + (65642 - 23160)^2 + (26 - 2)^2}$$

$$d(1,1) = 42482$$

$$d(1,2) = \sqrt{(10,89 - 6,84)^2 + (65642 - 28344)^2 + (26 - 526)^2}$$

$$d(1,2) = 37301,4$$

$$d(1,3) = \sqrt{(10,89 - 25,61)^2 + (65642 - 17251)^2 + (26 - 19)^2}$$

$$d(1,3) = 48391$$

$$d(1,4) = \sqrt{(10,89 - 10,5)^2 + (65642 - 56222)^2 + (26 - 231)^2}$$

$$d(1,4) = 9422,23$$

Hasil perhitungan jarak (d) dari data pertama terhadap *centroid* awal (C1, C2, C3 dan C4) yang terdiri dari 3 atribut ini menunjukkan bahwa data pertama dikelompokkan ke dalam cluster 4, berdasarkan jarak d (1,4) antara data pertama dengan *centroid* cluster 4 menghasilkan nilai jarak terkecil sebesar **9422,23** dibandingkan jarak data pertama dengan *centroid* cluster 1 dengan nilai jarak d (1,1) sebesar **42482**, *centroid* cluster 2 dengan nilai jarak d (1,2) sebesar **37301,4** *centroid* cluster 3 dengan nilai jarak d (1,3) sebesar **48391**. Jarak dengan nilai terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada cluster dengan pusat cluster yang paling dekat.

Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan jarak d (1,1) hingga d (1,4). Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut :

Tabel 4. 24 Proses Clustering Iterasi 1 Metro TV

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	10,89	65642	26	42482,01	37301,35	48391,02	9422,23	9422,23	4
P2	2,22	54767	7	31607,01	26428,1	37516,02	1472,165	1472,165	4
P3	3,71	48787	7	25627,01	20449,59	31536,02	7438,377	7438,377	4
P4	10,5	56222	231	33062,8	27879,56	38971,8	0	0	4
P5	8,16	51916	26	28756,01	23577,3	34665,03	4310,878	4310,878	4
P6	6,35	81659	49	58499,02	53317,13	64408,04	25437,65	25437,65	4
P7	28,68	38218	14	15058,01	9887,29	20967,03	18005,32	9887,29	2
P8	25,61	17251	19	5909,025	11104,6	38	38971,58	38	3
P9	24,57	23160	2	0	5210,446	5909,037	33062,8	0	1
P10	14,88	27952	4	4792,01	652,8496	10701,03	28270,91	652,8496	2
P11	20,18	31871	12	8711,007	3564,282	14620,03	24351,99	3564,282	2
P12	18,66	31344	17	8184,016	3042,897	14093,05	24878,92	3042,897	2
P13	6,84	28344	526	5210,446	0	11106,4	27879,56	0	2
P14	23,89	35155	677	12013,98	6812,695	17917,52	21071,72	6812,695	2
P15	26,21	37086	653	13941,21	8742,944	19846,38	19140,66	8742,944	2
P16	7,42	38525	154	15365,76	10187,79	21274,71	17697,17	10187,79	2

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P17	7,17	63139	148	39979,27	34797,05	45888,31	6917,499	6917,499	4
P18	19,17	9931	312	13232,63	18414,25	7327,483	46291,07	7327,483	3
P19	6,45	23592	527	680,1304	4752	6364,492	32631,34	680,1304	1
P20	8,09	75256	81	52096,06	46914,11	58005,09	19034,59	19034,59	4
P21	6,21	60463	168	37303,37	32121	43212,41	4241,47	4241,47	4
P22	6,15	64966	86	41806,09	36624,64	47715,12	8745,203	8745,203	4
P23	23,82	17786	4	5374	10570,91	535,4972	38436,67	535,4972	3
P24	20,44	30372	4	7212,001	2094,147	13121,02	25851	2094,147	2
P25	12,16	28802	5	5642,014	693,7098	11551,03	27420,93	693,7098	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.

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 4.25 berikut :

Tabel 4. 25 Hasil Centroid Iterasi 1Metro TV

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
1	C1	15,51	23376	264,5	2
2	C2	17,936	32766,9	206,5	10
3	C3	21,87	14989,33	111,66667	3
4	C4	6,945	62281,7	82,9	10

Pada tabel 4.25 tersebut menunjukkan data *centroid* baru pada setiap cluster (K) dengan jumlah data masing-masing *cluster*. 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 4.25.

Perhitungan *K-Means Clustering* berakhir pada iterasi ketujuh, karena *centroid* baru pada iterasi ketujuh sudah tidak berubah atau sama dengan *centroid* sebelumnya. Perhitungan rata-rata pada setiap variable pada setiap iterasi menghasilkan *centroid* baru dengan menggunakan rumus AVERAGE pada MS.Excel dengan fungsi menghitung nilai rata-rata data, tabel 4.26 menunjukkan data *centroid* baru untuk setiap cluster (K) beserta jumlah data lokasi pada masing-masing cluster sebagai berikut :

Tabel 4. 26 Hasil Centroid Iterasi 7 Metro TV

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
1	C1	15,523	28179,6	137,125	8
2	C2	17,982	39554,2	301	5
3	C3	22,867	14989,3	111,67	3
4	C4	7,304	63781,1	91,33	9

Hasil *Clustering* berdasarkan perhitungan jarak data terdekat dengan *centroid* masing-masing cluster pada iterasi ketujuh dapat dilihat pada tabel 4.27 berikut ini:

Tabel 4. 27 Proses Clustering Iterasi 7 Metro TV

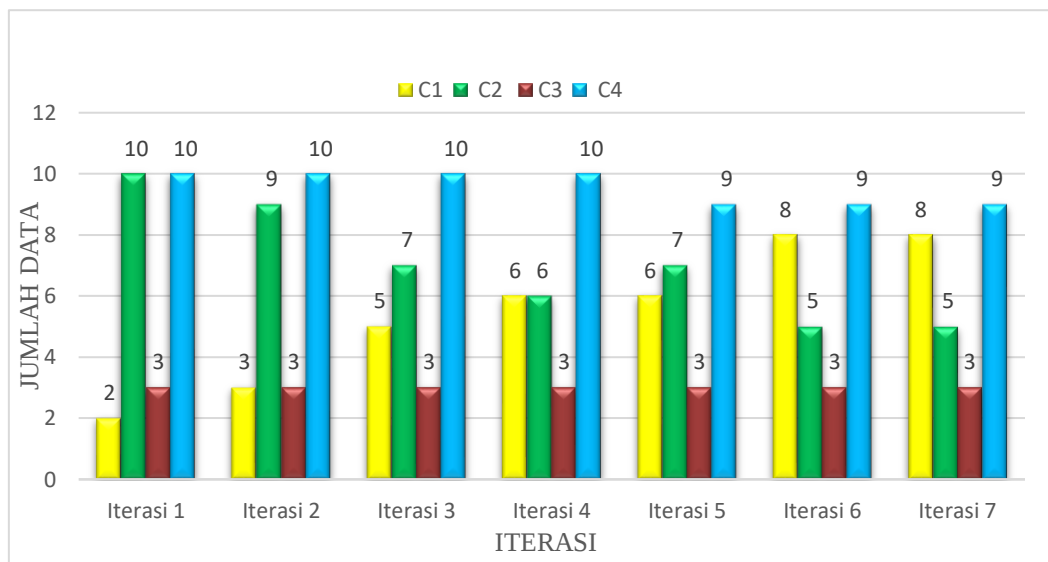
L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	10,89	65642	26	37462,54	26089,25	50652,855	1862,038	1862,039	4
P2	2,22	54767	7	26587,7	15215,65	39777,849	9014,507	9014,507	4
P3	3,71	48787	7	20607,79	9237,491	33797,880	14994,348	9237,491	2
P4	10,5	56222	231	28042,53	16667,95	41234,092	7560,401	7560,402	4
P5	8,16	51916	26	23736,64	12364,86	36926,926	11865,291	11865,29	4
P6	6,35	81659	49	53479,45	42105,56	66669,862	17877,939	17877,94	4
P7	28,68	38218	14	10039,14	1366,716	23229,007	25563,237	1366,716	2
P8	25,61	17251	19	10929,27	22304,98	2265,439	46530,170	2265,44	3
P9	24,57	23160	2	5021,452	16396,93	8171,457	40621,213	5021,452	1
P10	14,88	27952	4	263,6965	11606	12963,185	35829,218	263,6965	1
P11	20,18	31871	12	3693,498	7688,634	16882,119	31910,212	3693,498	1
P12	18,66	31344	17	3166,656	8215,11	16355,173	32437,198	3166,656	1
P13	6,84	28344	526	422,2775	11212,46	13369,891	35439,776	422,2775	1
P14	23,89	35155	677	6996,241	4415,243	20181,082	28632,106	4415,243	2
P15	26,21	37086	653	8921,309	2493,187	22109,893	26701,025	2493,187	2

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P16	7,42	38525	154	10345,39	1039,699	23537,171	25256,188	1039,699	2
P17	7,17	63139	148	34959,38	23585,3	48150,369	644,606	644,6067	4
P18	19,17	9931	312	18249,46	29623,2	5076,046	53850,564	5076,046	3
P19	6,45	23592	527	4604,171	15963,8	8626,357	40191,472	4604,171	1
P20	8,09	75256	81	47076,41	35702,48	60266,976	11474,893	11474,89	4
P21	6,21	60463	168	32283,39	20909,23	45474,529	3318,996	3318,997	4
P22	6,15	64966	86	36786,41	25412,71	49977,060	1184,901	1184,901	4
P23	23,82	17786	4	10394,48	21770,23	2799,057	45995,197	2799,058	3
P24	20,44	30372	4	2196,419	9187,002	15383,101	33409,227	2196,419	1
P25	12,16	28802	5	636,2539	10756,28	13813,163	34979,218	636,2539	1

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada cluster yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 4.28 berikut :

Tabel 4. 28 Hasil Clustering Iterasi 7 MetroTV

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. 29 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi MetroTV

Pada gambar 4.29 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.

h. Analisa Hasil *Clustering*

Hasil *clustering* data pengukuran parameter teknis Indosiar berdasarkan tabel 4.27 diperoleh sebagai berikut :

- Cluster (K1) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga 1, Kab Semarang 2, Demak 2 dan Demak 3, dengan kategori kuat sinyal besar, ketinggian rendah, jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal bagus**.
- Cluster (K2) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus3, Grobogan 4, Salatiga2, Salatiga3, dan Boyolali, dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, jarak sedang merupakan **cluster kualitas sinyal cukup bagus**.

- Cluster (K3) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah TP5 Semarang, Kab Semarang 1 dan Demak 1, dengan kategori kuat sinyal sedang, ketinggian rendah dan jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal sangat bagus**.
- Cluster (K4) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus TP1, Kudus2, Grobogan 1, Grobogan2, Grobogan3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2, dan Sragen3 dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, dan jarak jauh merupakan **cluster kualitas sinyal kurang bagus**.

4.2.4. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran TV One

a. Dataset Hasil Pengukuran TV One

Dataset terdiri dari 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi pengukuran) dengan jumlah data yang akan diuji sebanyak 25 data hasil pengukuran TV One sesuai tabel 4.5.

b. Proses Pengujian Jumlah Cluster Optimal menggunakan Rapidminer

Untuk menguji jumlah cluster secara akurat dan optimal, dilakukan metode *clustering* dengan algoritma *K-Means Clustering* menggunakan Rapidminer studio. Metode yang digunakan adalah *Elbow Method* dengan pengujian rentang



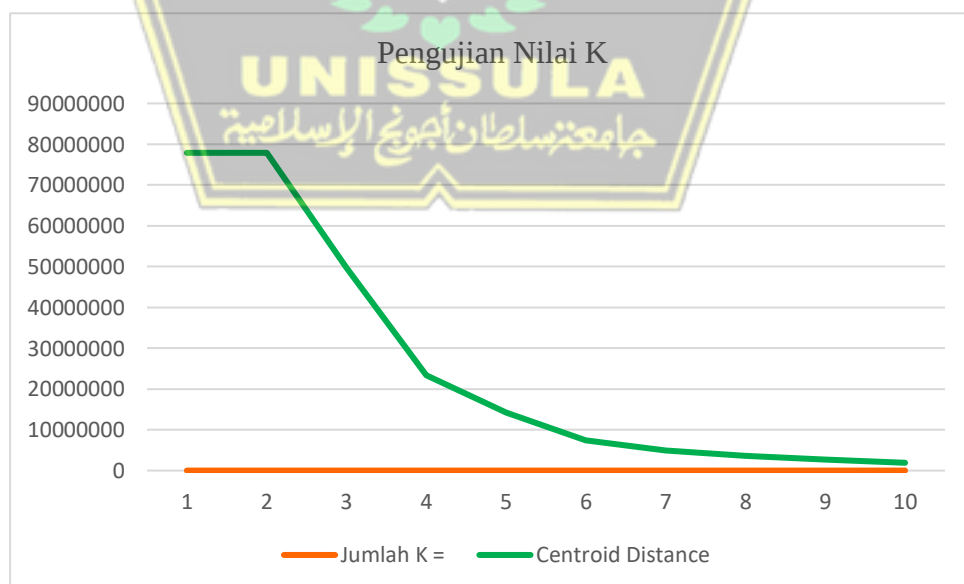
Gambar 4. 30 Pengujian Jumlah Cluster K = 4 pada data TV One

cluster dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$. Hasil pengujian jumlah K (cluster) menghasilkan nilai rata-rata *centroid distance* masing-masing secara otomatis, berikut contoh pengujian jumlah cluster $K = 4$ yang disimulasikan menggunakan Rapidminer :

Dengan cara yang sama dilakukan pengujian untuk nilai jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.29 berikut :

Tabel 4. 29 Data Pengujian Centroid Distance TV One

Jumlah K =	<i>Centroid Distance</i>
1	77900680.5
2	77900680.5
3	49715804.2
4	23386490.9
5	14202755.4
6	7413893.57
7	4953026.67
8	3558600.77
9	2712033.05
10	1909621.34



Gambar 4. 31 Grafik Pengujian Centroid Distance TV One

Dari Gambar 4.31 terlihat bahwa hasil pengujian *centroid distance* dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ yang sesuai dengan *Elbow Method* yaitu jumlah $K = 4$ dimana grafik lebih berbentuk siku di banding jumlah K lainnya. Dari hasil pengujian tersebut sehingga jumlah K yang digunakan dalam algoritma *K-Means Clustering* TV One adalah $K = 4$.

c. Menentukan Jumlah Cluster

Berdasarkan hasil pengujian jumlah Cluster (K) menggunakan metode elbow pada Rapidminer tersebut maka pada penelitian ini jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak 4 (empat) cluster, sehingga nilai $K = 4$. *Cluster* yang akan dibentuk adalah cluster_0 ($K1$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal bagus**, cluster_1 ($K2$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal cukup bagus**, cluster_2 ($K3$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal sangat bagus**, cluster_3 ($K4$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal kurang bagus**.

d. Menentukan Centroid Awal

Tahapan ini merupakan tahap iterasi 1 dengan penentuan titik pusat cluster atau *centroid* awal, penentuan *centroid* awal dilakukan secara random pada dataset hasil ukur parameter teknis penyelenggara MUX televisi digital TV One sebanyak 25 titik lokasi pengukuran. Pada *centroid* ($C1$) merupakan titik pusat pada cluster ($K1$), *centroid* ($C2$) merupakan titik pusat pada cluster ($K2$), *centroid* ($C3$) merupakan titik pusat pada cluster ($K3$), *centroid* ($C4$) merupakan titik pusat pada cluster ($C4$). *Centroid* awal setiap cluster disajikan pada tabel 4.30 :

Tabel 4. 30 Centroid Awal data TV One

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
1	C1	25,12	22795	2
2	C2	6,99	28620	526
3	C3	20,41	16888	19
4	C4	11,84	56487	231

e. Menghitung Jarak Data ke Pusat Cluster

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak setiap data ke pusat cluster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* (persamaan 2.8). Perhitungan jarak data

pertama dengan titik *centroid* awal pada tabel 4.15 menggunakan persamaan 2.8, proses ini dilakukan untuk menentukan jarak terdekat antara data dan nilai awal (*centroid*) cluster. Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Pertama, dihitung jarak data pertama dengan *centroid* pertama (C1) dari Cluster (K1) yang dinyatakan sebagai d (1,1). Selanjutnya, jarak data pertama dengan *centroid* kedua (C2) dari cluster (K2) dihitung sebagai d (1,2), diikuti dengan jarak ke *centroid* ketiga (C3) dari cluster (K3) yang ditunjukkan oleh d (1,3), terakhir jarak data pertama dengan *centroid* keempat (C4) dari cluster (K4) dihitung sebagai d (1,4). Proses ini memastikan bahwa setiap jarak data dan *centroid* dapat dianalisa untuk menentukan cluster yang paling relevan terhadap data tersebut.

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

$$d(1,1) = \sqrt{(4,98 - 25,12)^2 + (65813 - 22795)^2 + (26 - 2)^2}$$

$$d(1,1) = 43018$$

$$d(1,2) = \sqrt{(4,98 - 6,99)^2 + (65813 - 28620)^2 + (26 - 526)^2}$$

$$d(1,2) = 37196,4$$

$$d(1,3) = \sqrt{(4,98 - 20,41)^2 + (65813 - 16888)^2 + (26 - 19)^2}$$

$$d(1,3) = 48925$$

$$d(1,4) = \sqrt{(10,89 - 10,5)^2 + (65642 - 56222)^2 + (26 - 231)^2}$$

$$d(1,4) = 9328,26$$

Hasil perhitungan jarak (d) dari data pertama terhadap *centroid* awal (C1, C2, C3 dan C4) yang terdiri dari 3 atribut ini menunjukkan bahwa data pertama dikelompokkan ke dalam cluster 4, berdasarkan jarak d (1,4) antara data pertama dengan *centroid* cluster 4 menghasilkan nilai jarak terkecil sebesar **9328,26** dibandingkan jarak data pertama dengan *centroid* cluster 1 dengan nilai jarak d (1,1) sebesar **43018**, *centroid* cluster 2 dengan nilai jarak d (1,2) sebesar **37196,4** *centroid* cluster 3 dengan nilai jarak d (1,3) sebesar **48925**. Jarak dengan nilai

terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada cluster dengan pusat cluster yang paling dekat.

Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan jarak d (1,1) hingga d (1,4). Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel 4.31 berikut :

Tabel 4. 31 Proses Clustering Iterasi 1 TV One

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	4,98	65813	26	43018,01	37196,36	48925,02	9328,255	9328,255	4
P2	2,12	54941	7	32146,01	26326,12	38053,01	1562,174	1562,174	4
P3	3,12	48943	7	26148,01	20329,63	32055,02	7547,33	7547,33	4
P4	11,84	56487	231	33692,78	27868,56	39599,79	0	0	4
P5	4,55	52225	26	29430,02	23610,3	35337,03	4266,934	4266,934	4
P6	5,65	81956	49	59161,02	53338,13	65068,04	25469,65	25469,65	4
P7	29,84	38506	14	15711,01	9899,276	21618,03	17982,32	9899,276	2
P8	20,41	16888	19	5907,026	11742,96	38	39599,57	38	3
P9	25,12	22795	2	0	5848,549	5907,039	33692,78	0	1
P10	17,52	27589	4	4794,006	1155,663	10701,03	28898,89	1155,663	2
P11	26,8	31521	12	8726,006	2946,25	14633,03	24966,96	2946,25	2
P12	16,7	31012	17	8217,018	2445,575	14124,05	25475,9	2445,575	2
P13	6,99	28620	526	5848,549	0	11744,66	27868,56	0	2
P14	16,49	35428	677	12651,02	6809,681	18553,06	21063,72	6809,681	2
P15	16,41	37391	653	14610,51	8771,924	20514,01	19100,66	8771,924	2
P16	6,86	38826	154	16031,73	10212,78	21938,69	17661,17	10212,78	2
P17	6,28	63479	148	40684,27	34861,05	46591,3	6992,495	6992,495	4
P18	14,73	10142	312	12656,8	18479,24	6754,118	46345,07	6754,118	3
P19	7,28	23785	527	1120,733	4835	6918,591	32703,34	1120,733	1
P20	8,02	75622	81	52827,06	47004,11	58734,09	19135,59	19135,59	4
P21	7,34	60829	168	38034,37	32210,99	43941,4	4342,459	4342,459	4
P22	5,87	65332	86	42537,09	36714,64	48444,12	8846,19	8846,19	4
P23	22,62	17846	4	4949,001	10786,65	958,2786	38641,67	958,2786	3
P24	20,74	30498	4	7703,002	1949,245	13610,02	25989,99	1949,245	2
P25	14,52	28912	5	6117,01	597,2953	12024,03	27575,93	597,2953	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.

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 4.32 berikut :

Tabel 4. 32 Hasil Centroid Iterasi 1TV One

No.	<i>Centroid</i> <i>d</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
1	C1	16,2	23290	264,5	2
2	C2	17,287	32830,3	206,5	10
3	C3	19,253	14958,67	111,66667	3
4	C4	5,977	62562,7	82,9	10

Pada tabel 4.31 tersebut menunjukkan data *centroid* baru pada setiap cluster (K) dengan jumlah data masing-masing *cluster*. 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 4.31.

Perhitungan *K-Means Clustering* berakhir pada iterasi ketujuh, karena *centroid* baru pada iterasi ketujuh sudah tidak berubah atau sama dengan *centroid* sebelumnya. Perhitungan rata-rata pada setiap variable pada setiap iterasi menghasilkan *centroid* baru dengan menggunakan rumus AVERAGE pada MS.Excel dengan fungsi menghitung nilai rata-rata data, tabel 4.33 menunjukkan data *centroid* baru untuk setiap cluster (K) beserta jumlah data lokasi pada masing-masing cluster sebagai berikut :

Tabel 4. 33 Hasil Centroid Iterasi 1TV One

No.	<i>Centroid</i> <i>d</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
1	C1	16,958	28091,5	137,125	8
2	C2	14,544	39818,8	301	5
3	C3	22,867	14958,7	111,67	3
4	C4	6,294	64076	91,33	9

Hasil *Clustering* berdasarkan perhitungan jarak data terdekat dengan *centroid* masing-masing cluster pada iterasi ketujuh dapat dilihat pada tabel 4.34 berikut ini:

Tabel 4. 34 Hasil Centroid Iterasi 1TV One

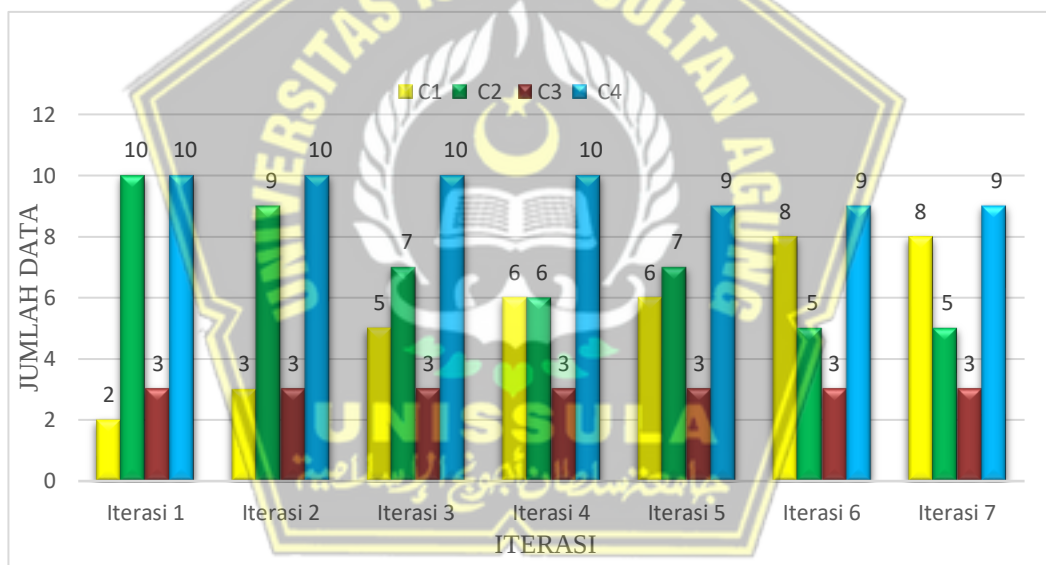
L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	4,98	65813	26	37721,67	25995,66	50854,52167	1738,229	1738,229	4
P2	2,12	54941	7	26849,82	15125,06	39982,5131	9135,39	9135,39	4
P3	3,12	48943	7	20851,91	9128,943	33984,54434	15133,235	9128,943	2
P4	11,84	56487	231	28395,66	16668,35	41529,74771	7590,287	7590,287	4
P5	4,55	52225	26	24133,76	12409,25	37266,59051	11851,18	11851,18	4
P6	5,65	81956	49	53864,57	42137,95	66997,52736	17880,05	17880,05	4
P7	29,84	38506	14	10415,24	1343,892	23547,67104	25570,127	1343,892	2
P8	20,41	16888	19	11204,12	22932,53	1933,753404	47188,057	1933,753	3
P9	25,12	22795	2	5298,23	17026,43	7837,159858	41281,101	5298,23	1
P10	17,52	27589	4	519,8354	12233,41	12630,86307	36487,106	519,8354	1
P11	26,8	31521	12	3431,796	8302,84	16562,79674	32555,103	3431,796	1
P12	16,7	31012	17	2922,969	8811,378	16053,84916	33064,085	2922,969	1
P13	6,99	28620	526	656,2282	11201,06	13676,21284	35458,664	656,2282	1
P14	16,49	35428	677	7356,337	4406,87	20484,52123	28653,987	4406,87	2
P15	16,41	37391	653	9313,798	2453,186	22445,36259	26690,912	2453,186	2
P16	6,86	38826	154	10734,52	1003,653	23868,81507	25250,077	1003,653	2
P17	6,28	63479	148	35387,5	23660,7	48521,02989	599,6833	599,6833	4
P18	14,73	10142	312	17950,35	29676,8	4835,26542	53934,452	4835,265	3
P19	7,28	23785	527	4324,123	16035,39	8849,41798	40293,355	4324,123	1
P20	8,02	75622	81	47530,53	35803,88	60663,64033	11546,005	11546	4
P21	7,34	60829	168	32737,52	21010,62	45871,18742	3247,90515	3247,905	4
P22	5,87	65332	86	37240,54	25514,11	50373,72294	1256,0114	1256,011	4
P23	22,62	17846	4	10246,37	21974,81	2889,651171	46230,0854	2889,651	3
P24	20,74	30498	4	2410,182	9325,533	15539,76388	33578,1167	2410,182	1
P25	14,52	28912	5	831,0735	10910,82	13953,82186	35164,1069	831,0735	1

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada cluster yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 4.35 berikut :

Tabel 4. 35 Hasil Clustering Iterasi 7 TV One

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			

Lokasi Pengukuran	L	C1	C2	C3	C4	Ket
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. 32 Perbandingan Hasil Clustering
Pada Setiap Iterasi TV One

Pada gambar 4.32 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.

f. Analisa Hasil *Clustering*

Hasil *clustering* data pengukuran parameter teknis Indosiar berdasarkan tabel 4.34 diperoleh sebagai berikut :

- Cluster (K1) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga 1, Kab Semarang 2, Demak 2 dan Demak 3, dengan kategori kuat sinyal besar, ketinggian rendah, jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal bagus**.
- Cluster (K2) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus3, Grobogan 4, Salatiga2, Salatiga3, dan Boyolali, dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, jarak sedang merupakan **cluster kualitas sinyal cukup bagus**.
- Cluster (K3) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah TP5 Semarang, Kab Semarang 1 dan Demak 1, dengan kategori kuat sinyal sedang, ketinggian rendah dan jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal sangat bagus**.
- Cluster (K4) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus TP1, Kudus2, Grobogan 1, Grobogan2, Grobogan3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2, dan Sragen3 dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, dan jarak jauh merupakan **cluster kualitas sinyal kurang bagus**.

4.2.5. Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran Trans TV

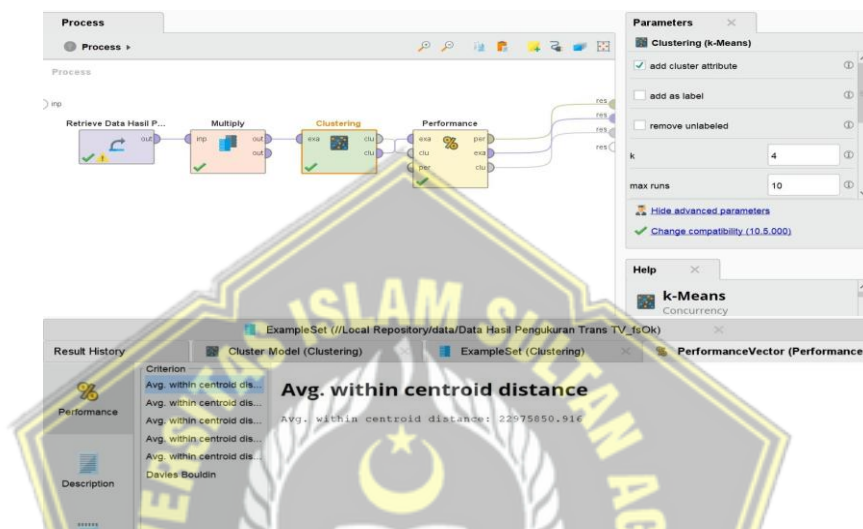
a. Dataset Hasil Pengukuran Trans TV

Dataset terdiri dari 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi pengukuran) dengan jumlah data yang akan diuji sebanyak 25 data hasil pengukuran Trans TV sesuai tabel 4.2.

b. Proses Pengujian Jumlah Cluster Optimal menggunakan Rapidminer

Untuk menguji jumlah cluster secara akurat dan optimal, dilakukan metode clustering dengan algoritma K-Means Clustering menggunakan Rapidminer s0tudio. Metode yang digunakan adalah Elbow Method dengan pengujian rentang cluster dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$. Hasil pengujian jumlah K (cluster) menghasilkan nilai rata-rata centroid distance masing-masing secara otomatis, berikut contoh pengujian jumlah cluster $K = 4$ yang disimulasikan menggunakan Rapidminer :

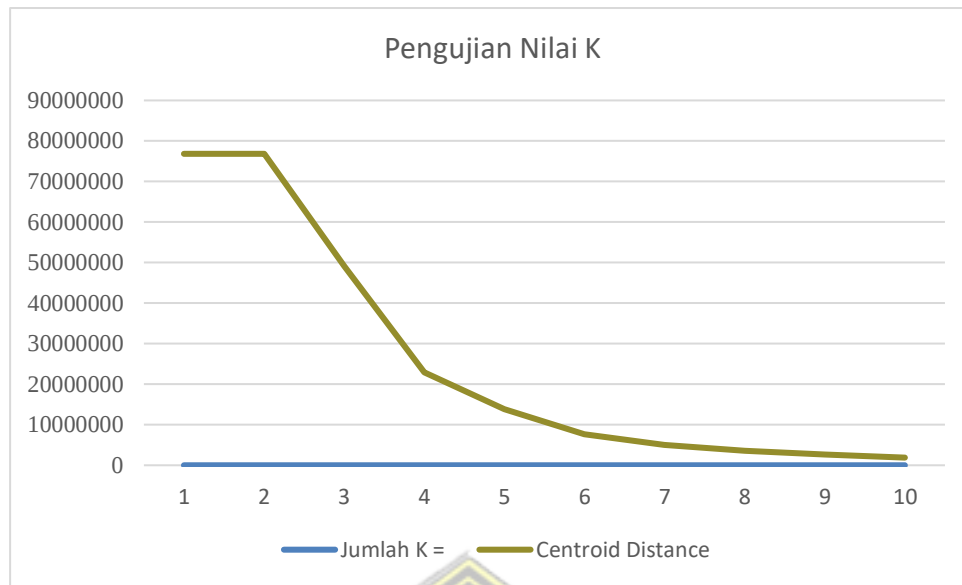
Dengan cara yang sama dilakukan pengujian untuk nilai jumlah $K = [1, 2, 3,$



Gambar 4. 33 Pengujian Jumlah Cluster $K = 4$ pada data Trans TV 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.36 berikut :

Tabel 4. 36 Data Pengujian Centroid Distance Trans TV

Jumlah $K =$	Centroid Distance
1	76832645.5
2	76832645.5
3	49096486.8
4	22975850.916
5	13891779.1
6	7620085.4
7	4994404.4
8	3619428.4
9	2710081.57
10	1890092.85



Gambar 4. 34 Grafik Penguian Centroid Distance Trans TV

Dari Gambar 4.34 terlihat bahwa hasil penguian *centroid distance* dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ yang sesuai dengan *Elbow Method* yaitu jumlah $K = 4$ dimana grafik lebih berbentuk siku di banding jumlah K lainnya. Dari hasil penguian tersebut sehingga jumlah K yang digunakan dalam algoritma *K-Means Clustering* Trans TV adalah $K = 4$.

c. Menentukan Jumlah Cluster

Berdasarkan hasil penguian jumlah Cluster (K) menggunakan metode elbow pada Rapidminer tersebut maka pada penelitian ini jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak 4 (empat) cluster, sehingga nilai $K = 4$. *Cluster* yang akan dibentuk adalah cluster_0 ($K1$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal bagus**, cluster_1 ($K2$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal cukup bagus**, cluster_2 ($K3$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal sangat bagus**, cluster_3 ($K4$) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal kurang bagus**.

d. Menentukan Centroid Awal

Tahapan ini merupakan tahap iterasi 1 dengan penentuan titik pusat cluster atau *centroid* awal, penentuan *centroid* awal dilakukan secara random pada dataset hasil ukur parameter teknis penyelenggara MUX televisi digital Trans TV sebanyak 25 titik lokasi pengukuran. Pada *centroid* ($C1$) merupakan titik pusat pada cluster ($K1$), *centroid* ($C2$) merupakan titik pusat pada cluster ($K2$), *centroid*

(C3) merupakan titik pusat pada cluster (K3), *centroid* (C4) merupakan titik pusat pada cluster (C4). *Centroid* awal setiap cluster disajikan pada tabel 4.37 :

Tabel 4. 37 Centroid Awal data Trans TV

No.	<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
1	C1	13,59	23003	2
2	C2	7,49	28378	526
3	C3	11,36	17088	19
4	C4	5,7	56409	231

e. Menghitung Jarak Data ke Pusat Cluster

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak setiap data ke pusat cluster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* (persamaan 2.8). Perhitungan jarak data pertama dengan titik *centroid* awal pada tabel 4.37 menggunakan persamaan 2.8, proses ini dilakukan untuk menentukan jarak terdekat antara data dan nilai awal (*centroid*) cluster. Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Pertama, dihitung jarak data pertama dengan *centroid* pertama (C1) dari Cluster (K1) yang dinyatakan sebagai d (1,1). Selanjutnya, jarak data pertama dengan *centroid* kedua (C2) dari cluster (K2) dihitung sebagai d (1,2), diikuti dengan jarak ke *centroid* ketiga (C3) dari cluster (K3) yang ditunjukkan oleh d (1,3), terakhir jarak data pertama dengan *centroid* keempat (C4) dari cluster (K4) dihitung sebagai d (1,4). Proses ini memastikan bahwa setiap jarak data dan *centroid* dapat dianalisa untuk menentukan cluster yang paling relevan terhadap data tersebut.

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

$$d(1,1) = \sqrt{(5,83 - 13,59)^2 + (65815 - 23003)^2 + (26 - 2)^2}$$

$$d(1,1) = 42812$$

$$d(1,2) = \sqrt{(5,83 - 7,49)^2 + (65815 - 28378)^2 + (26 - 526)^2}$$

$$d(1,2) = 37440,3$$

$$d(1,3) = \sqrt{(4,98 - 20,41)^2 + (65815 - 17088)^2 + (26 - 19)^2}$$

$$d(1,3) = 48727$$

$$d(1,4) = \sqrt{(4,98 - 5,7)^2 + (65642 - 56222)^2 + (26 - 231)^2}$$

$$d(1,4) = 9408,23$$

Hasil perhitungan jarak (d) dari data pertama terhadap *centroid* awal (C1, C2, C3 dan C4) yang terdiri dari 3 atribut ini menunjukkan bahwa data pertama dikelompokkan ke dalam cluster 4, berdasarkan jarak d (1,4) antara data pertama dengan *centroid* cluster 4 menghasilkan nilai jarak terkecil sebesar **9408,23** dibandingkan jarak data pertama dengan *centroid* cluster 1 dengan nilai jarak d (1,1) sebesar **42812**, *centroid* cluster 2 dengan nilai jarak d (1,2) sebesar **37440,3** *centroid* cluster 3 dengan nilai jarak d (1,3) sebesar **48727**. Jarak dengan nilai terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada cluster dengan pusat cluster yang paling dekat.

Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan jarak d (1,1) hingga d (1,4). Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel 4.38 berikut :

Tabel 4. 38 Proses Clustering Iterasi 1 Trans TV

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	5,83	65815	26	42812,01	37440,34	48727,02	9408,234	9408,234	4
P2	2,18	54940	7	31937	26567,07	37852,01	1485,984	1485,984	4
P3	2	48955	7	25952	20583,54	31867,01	7457,366	7457,366	4
P4	5,7	56409	231	33406,79	28032,55	39321,8	0	0	4
P5	8,85	52104	26	29101,01	23731,27	35016,03	4309,879	4309,879	4
P6	7,43	81847	49	58844,02	53471,13	64759,04	25438,65	25438,65	4
P7	27,95	38407	14	15404,01	10042,08	21319,03	18003,32	10042,08	2
P8	11,36	17088	19	5915,025	11301,38	38	39321,57	38	3
P9	13,59	23003	2	0	5400,485	5915,038	33406,79	0	1
P10	10,97	27790	4	4787,001	786,2825	10702,02	28619,9	786,2825	2
P11	18,48	31696	12	8693,007	3357,594	14608,03	24713,97	3357,594	2
P12	20,58	31160	17	8157,017	2828,211	14072,05	25249,91	2828,211	2

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P13	7,49	28378	526	5400,485	0	11303,15	28032,55	0	2
P14	13,39	35186	677	12201,68	6809,677	18111,38	21227,69	6809,677	2
P15	13,5	37143	653	14154,98	8765,922	20066,26	19270,62	8765,922	2
P16	5,7	38580	154	15577,74	10208,78	21492,7	17829,17	10208,78	2
P17	6,72	63232	148	40229,27	34856,05	46144,3	6823,505	6823,505	4
P18	10,97	9919	312	13087,67	18460,24	7176,637	46490,07	7176,637	3
P19	7,01	23569	527	772,0261	4809	6503,96	32841,33	772,0261	1
P20	6,29	75408	81	52405,06	47032,11	58320,09	18999,59	18999,59	4
P21	6,81	60604	168	37601,37	32227,99	43516,4	4195,473	4195,473	4
P22	7,92	65113	86	42110,08	36737,63	48025,11	8705,208	8705,208	4
P23	21,3	17925	4	5078,006	10466,03	837,3749	38484,67	837,3749	3
P24	19,68	30533	4	7530,003	2217,354	13445,02	25877	2217,354	2
P25	12,33	28958	5	5955,001	779,6566	11870,02	27451,93	779,6566	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.

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 4.39 berikut :

Tabel 4. 39 Hasil Centroid Iterasi 1Trans TV

No.	<i>Centroid</i> <i>d</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
1	C1	10,30	23003	264,5	2
2	C2	15,007	32783,1	206,5	10
3	C3	14,543	14977,33	111,66667	3
4	C4	5,973	62442,7	82,9	10

Pada tabel 4.39 tersebut menunjukkan data *centroid* baru pada setiap cluster (K) dengan jumlah data masing-masing *cluster*. 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 4.39.

Perhitungan *K-Means Clustering* berakhir pada iterasi ketujuh, karena *centroid* baru pada iterasi ketujuh sudah tidak berubah atau sama dengan *centroid* sebelumnya. Perhitungan rata-rata pada setiap variable pada setiap iterasi menghasilkan *centroid* baru dengan menggunakan rumus AVERAGE pada MS.Excel dengan fungsi menghitung nilai rata-rata data, tabel 4.40 menunjukkan data *centroid* baru untuk setiap cluster (K) beserta jumlah data lokasi pada masing-masing cluster sebagai berikut :

Tabel 4. 40 Hasil Centroid Iterasi 7 Trans TV

No.	<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
1	C1	13,766	28091,5	137,125	8
2	C2	12,508	39818,8	301	5
3	C3	22,867	14958,7	111,67	3
4	C4	6,294	64076	91,33	9

Hasil *Clustering* berdasarkan perhitungan jarak data terdekat dengan *centroid* masing-masing cluster pada iterasi ketujuh dapat dilihat pada tabel 4.41 berikut ini:

Tabel 4. 41 Proses Clustering Iterasi 7 Trans TV

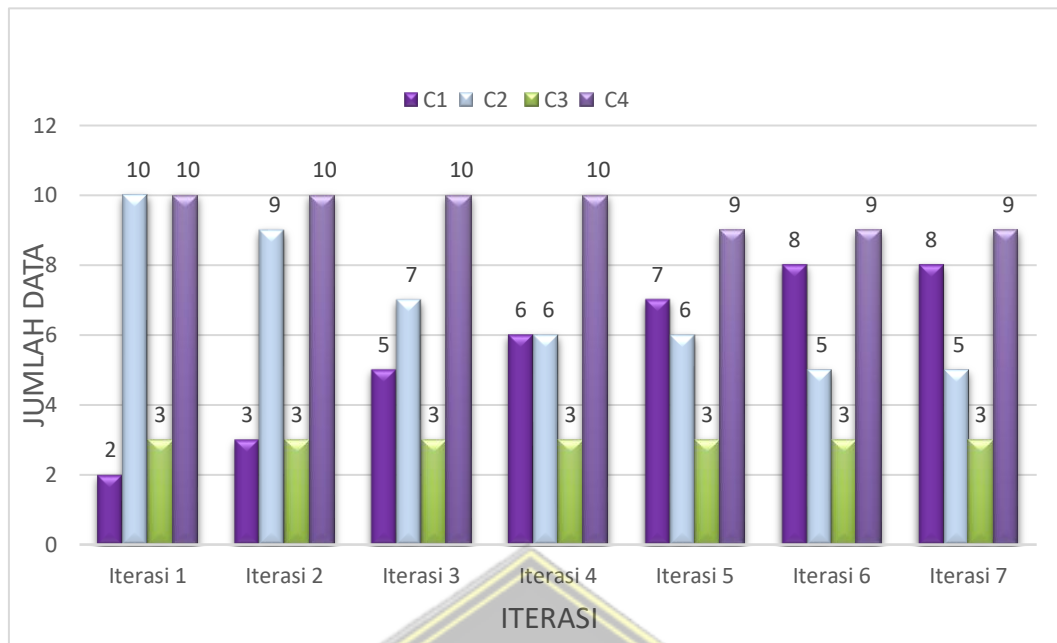
L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	5,83	65815	26	37679,29	26162,25	50837,85381	1874,805	1874,805	4
P2	2,18	54940	7	26804,44	15288,63	39962,84477	9001,729	9001,729	4
P3	2	48955	7	20819,53	9305,451	33977,8762	14986,571	9305,451	2
P4	5,7	56409	231	28273,28	16754,95	41433,08462	7533,628	7533,628	4
P5	8,85	52104	26	23968,38	12452,84	37126,92234	11837,513	11837,51	4
P6	7,43	81847	49	53711,2	42193,55	66869,86006	17905,716	17905,72	4
P7	27,95	38407	14	10271,87	1279,889	23430,00751	25534,459	1279,889	2
P8	11,36	17088	19	11048,51	22567,96	2114,709836	46853,389	2114,71	3
P9	13,59	23003	2	5134,653	16653,88	8026,471607	40938,431	5134,653	1
P10	10,97	27790	4	370,6206	11867,92	12813,18925	36151,439	370,6206	1
P11	18,48	31696	12	3562,326	7963,448	16719,1245	32245,433	3562,326	1
P12	20,58	31160	17	3026,518	8498,95	16183,17929	32781,420	3026,518	1
P13	7,49	28378	526	458,135	11278,45	13415,83153	35565,989	458,135	1

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P14	13,39	35186	677	7070,766	4483,992	20224,05016	28761,297	4483,992	2
P15	13,5	37143	653	9021,886	2535,75	22178,85243	26804,219	2535,75	2
P16	5,7	38580	154	10444,14	1084,233	23604,16342	25361,410	1084,233	2
P17	6,72	63232	148	35096,13	23578,3	48255,36595	711,593	711,5933	4
P18	10,97	9919	312	18217,71	29735,2	5076,045934	54022,784	5076,046	3
P19	7,01	23569	527	4583,492	16086,79	8615,375092	40374,684	4583,492	1
P20	6,29	75408	81	47272,16	35754,48	60430,97436	11466,671	11466,67	4
P21	6,81	60604	168	32468,14	20950,22	45627,52442	3338,213	3338,214	4
P22	7,92	65113	86	36977,16	25459,71	50136,05677	1171,67977	1171,68	4
P23	21,3	17925	4	10211,75	21731,23	2949,942916	46016,4186	2949,943	3
P24	19,68	30533	4	2400,826	9126,037	15556,09754	33408,4501	2400,826	1
P25	12,33	28958	5	832,6756	10700,29	13981,15362	34983,4404	832,6756	1

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada cluster yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 4.42 berikut :

Tabel 4. 42 Hasil Clustering Iterasi 7 Trans TV

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. 35 Perbandingan Hasil Clustering
Pada Setiap Iterasi Trans TV

Pada gambar 4.35 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.

g. Analisa Hasil Clustering

Hasil *clustering* data pengukuran parameter teknis Indosiar berdasarkan tabel 4.41 diperoleh sebagai berikut :

- Cluster (K1) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga 1, Kab Semarang 2, Demak 2 dan Demak 3, dengan kategori kuat sinyal besar, ketinggian rendah, jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal bagus**.
- Cluster (K2) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus3, Grobogan 4, Salatiga2, Salatiga3, dan Boyolali, dengan kategori kuat sinyal kecil,

ketinggian sedang, jarak sedang merupakan **cluster kualitas sinyal cukup bagus**.

- Cluster (K3) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah TP5 Semarang, Kab Semarang 1 dan Demak 1, dengan kategori kuat sinyal sedang, ketinggian rendah dan jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal sangat bagus**.
- Cluster (K4) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus TP1, Kudus2, Grobogan 1, Grobogan2, Grobogan3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2, dan Sragen3 dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, dan jarak jauh merupakan **cluster kualitas sinyal kurang bagus**.

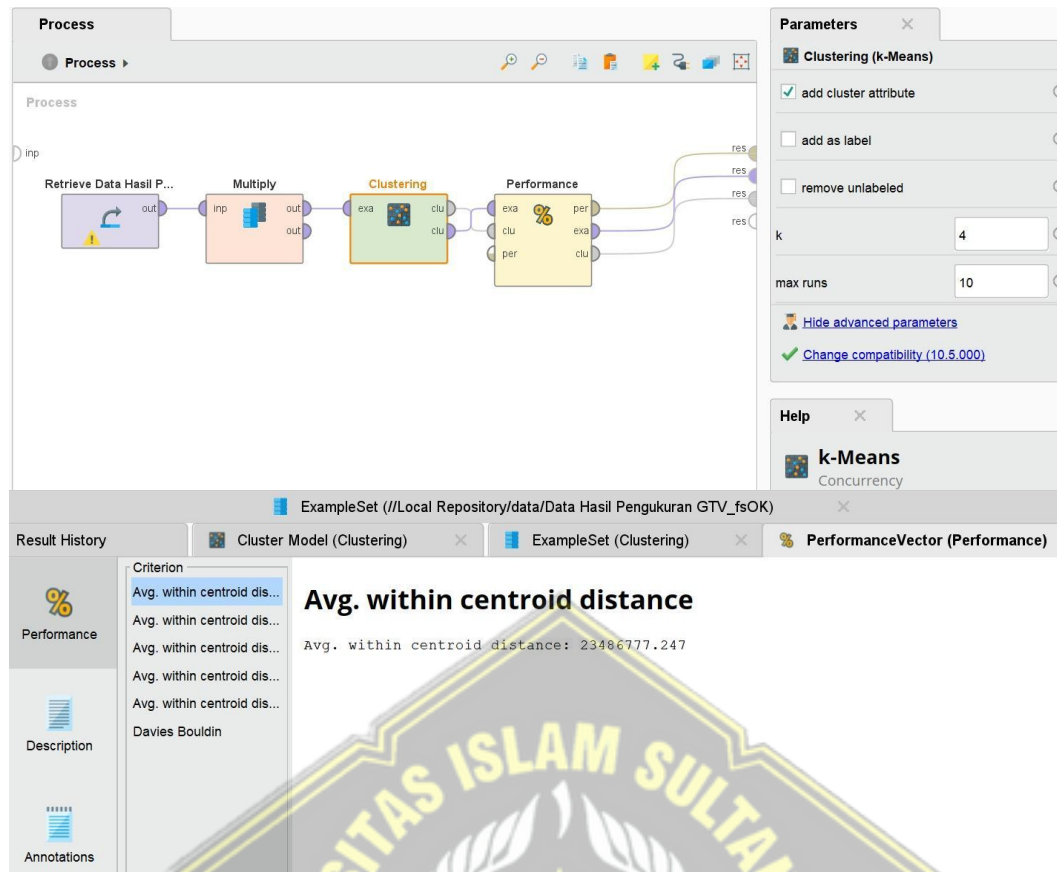
4.2.1 Hasil Pengujian Pada Data Pengukuran GTV

a. Dataset Hasil Pengukuran GTV

Dataset terdiri dari 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi pengukuran) dengan jumlah data yang akan diuji sebanyak 25 data hasil pengukuran GTV sesuai tabel 4.7.

b. Proses Pengujian Jumlah Cluster Optimal menggunakan Rapidminer

Untuk menguji jumlah cluster secara akurat dan optimal, dilakukan metode *clustering* dengan algoritma *K-Means Clustering* menggunakan Rapidminer studio. Metode yang digunakan adalah *Elbow Method* dengan pengujian rentang cluster dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$. Hasil pengujian jumlah K (cluster) menghasilkan nilai rata-rata *centroid distance* masing-masing secara otomatis, berikut contoh pengujian jumlah cluster $K = 4$ yang disimulasikan menggunakan Rapidminer :

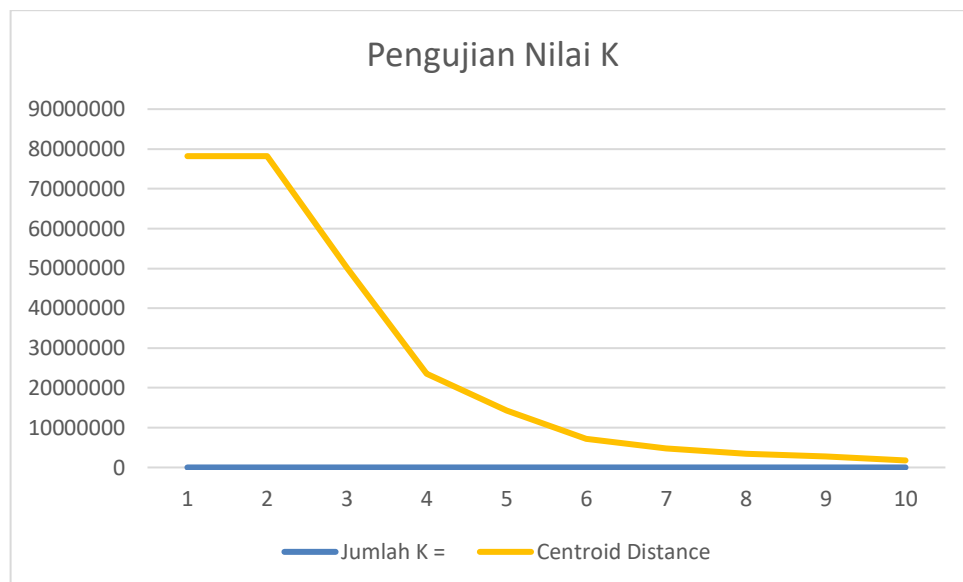


Gambar 4. 36 Pengujian Jumlah Cluster K = 4 pada data GTV

Dengan cara yang sama dilakukan pengujian untuk nilai jumlah K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.43 berikut :

Tabel 4. 43 Data Pengujian Centroid Distance GTV

Jumlah K =	Centroid Distance
1	78189056,6
2	78189056,6
3	50016197,2
4	23486777,2
5	14254398,5
6	7212461,71
7	4812163,25
8	3502523,76
9	2710492,87
10	1765759,86



Gambar 4. 37 Grafik Pengujian Centroid Distance GTV

Dari Gambar 4.37 terlihat bahwa hasil pengujian *centroid distance* dengan jumlah $K = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ yang sesuai dengan *Elbow Method* yaitu jumlah $K = 4$ dimana grafik lebih berbentuk siku di banding jumlah K lainnya. Dari hasil pengujian tersebut sehingga jumlah K yang digunakan dalam algoritma *K-Means Clustering* GTV adalah $K = 4$.

c. Menentukan Jumlah Cluster

Berdasarkan hasil pengujian jumlah Cluster (K) menggunakan metode elbow pada Rapidminer tersebut maka pada penelitian ini jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak 4 (empat) cluster, sehingga nilai $K = 4$. *Cluster* yang akan dibentuk adalah cluster_0 (K_1) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal bagus**, cluster_1 (K_2) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal cukup bagus**, cluster_2 (K_3) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal sangat bagus**, cluster_3 (K_4) didefinisikan sebagai **kualitas sinyal kurang bagus**.

d. Menentukan Centroid Awal

Tahapan ini merupakan tahap iterasi 1 dengan penentuan titik pusat cluster atau *centroid* awal, penentuan *centroid* awal dilakukan secara random pada dataset hasil ukur parameter teknis penyelenggara MUX televisi digital GTV sebanyak 25 titik lokasi pengukuran. Pada *centroid* (C_1) merupakan titik pusat pada cluster (K_1), *centroid* (C_2) merupakan titik pusat pada cluster (K_2), *centroid* (C_3)

merupakan titik pusat pada cluster (K3), *centroid* (C4) merupakan titik pusat pada cluster (C4). *Centroid* awal setiap cluster disajikan pada tabel 4.44 :

Tabel 4. 44 Centroid Awal data GTV

No.	<i>Centroid</i>	Kuat Sinyal (KS) (dBμV/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)
1	C1	17,63	22778	2
2	C2	7,09	28676	526
3	C3	17,76	16875	19
4	C4	6,25	56461	231

e. Menghitung Jarak Data ke Pusat Cluster

Langkah selanjutnya adalah menghitung jarak setiap data ke pusat cluster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* (persamaan 2.8). Perhitungan jarak data pertama dengan titik *centroid* awal pada tabel 4.43 menggunakan persamaan 2.8, proses ini dilakukan untuk menentukan jarak terdekat antara data dan nilai awal (*centroid*) cluster. Pada tahap ini jarak data pertama dihitung terhadap masing-masing *centroid* dari setiap cluster. Pertama, dihitung jarak data pertama dengan *centroid* pertama (C1) dari Cluster (K1) yang dinyatakan sebagai d (1,1). Selanjutnya, jarak data pertama dengan *centroid* kedua (C2) dari cluster (K2) dihitung sebagai d (1,2), diikuti dengan jarak ke *centroid* ketiga (C3) dari cluster (K3) yang ditunjukkan oleh d (1,3), terakhir jarak data pertama dengan *centroid* keempat (C4) dari cluster (K4) dihitung sebagai d (1,4). Proses ini memastikan bahwa setiap jarak data dan *centroid* dapat dianalisa untuk menentukan cluster yang paling relevan terhadap data tersebut.

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

$$d(1,1) = \sqrt{(1,16 - 17,63)^2 + (65770 - 22778)^2 + (26 - 2)^2}$$

$$d(1,1) = 42992$$

$$d(1,2) = \sqrt{(1,16 - 7,09)^2 + (65770 - 28676)^2 + (26 - 526)^2}$$

$$d(1,2) = 37097,4$$

$$d(1,3) = \sqrt{(1,16 - 17,76)^2 + (65770 - 16875)^2 + (26 - 19)^2}$$

$$d(1,3) = 48895$$

$$d(1,4) = \sqrt{(1,16 - 6,25)^2 + (65770 - 56461)^2 + (26 - 231)^2}$$

$$d(1,4) = 9311,26$$

Hasil perhitungan jarak (d) dari data pertama terhadap *centroid* awal ($C1, C2, C3$ dan $C4$) yang terdiri dari 3 atribut ini menunjukkan bahwa data pertama dikelompokkan ke dalam cluster 4, berdasarkan jarak $d(1,4)$ antara data pertama dengan *centroid* cluster 4 menghasilkan nilai jarak terkecil sebesar **9311,26** dibandingkan jarak data pertama dengan *centroid* cluster 1 dengan nilai jarak $d(1,1)$ sebesar **42992**, *centroid* cluster 2 dengan nilai jarak $d(1,2)$ sebesar **37097,4** *centroid* cluster 3 dengan nilai jarak $d(1,3)$ sebesar **48895**. Jarak dengan nilai terkecil menunjukkan bahwa data pertama tergolong pada cluster dengan pusat cluster yang paling dekat.

Proses perhitungan jarak pada data kedua hingga data terakhir dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sama seperti pada perhitungan jarak $d(1,1)$ hingga $d(1,4)$. Pada iterasi pertama ini menghasilkan data berdasarkan proses perhitungan jarak dapat dilihat pada tabel 4.45 berikut :

Tabel 4. 45 Proses Clustering Iterasi 1 GTV

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	1,16	65770	26	42992,01	37097,37	48895,02	9311,258	9311,258	4
P2	2,2	54898	7	32120	26227,14	38023,01	1578,975	1578,975	4
P3	2,57	48898	7	26120	20228,66	32023,01	7566,317	7566,317	4
P4	6,25	56461	231	33683,78	27786,57	39586,79	0	0	4
P5	11,7	52211	26	29433,01	23540,31	35336,03	4254,945	4254,945	4
P6	5,29	81939	49	59161,02	53265,14	65064,04	25478,65	25478,65	4
P7	26,61	38486	14	15708,01	9823,371	21611,03	17976,32	9823,371	2
P8	10,51	16875	19	5903,029	11811,89	38	39586,57	38	3
P9	17,63	22778	2	0	5921,241	5903,042	33683,78	0	1
P10	11,38	27576	4	4798,004	1217,581	10701,02	28885,89	1217,581	2
P11	21,59	31518	12	8740,007	2888,143	14643,04	24943,97	2888,143	2
P12	17,04	31019	17	8241,014	2397,672	14144,05	25442,9	2397,672	2
P13	7,09	28676	526	5921,241	0	11813,58	27786,57	0	2
P14	24,44	35484	677	12723,92	6809,696	18622,02	20981,75	6809,696	2
P15	25,84	37442	653	14678,45	8766,94	20577,98	19023,69	8766,94	2
P16	6,25	38879	154	16101,72	10209,78	22004,68	17582,17	10209,78	2

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P17	6,42	63522	148	40744,26	34848,05	46647,3	7061,488	7061,488	4
P18	6,42	10204	312	12577,83	18473,24	6679,208	46257,07	6679,208	3
P19	6,23	23847	527	1191,015	4829	6993,348	32615,34	1191,015	1
P20	7,28	75642	81	52864,06	46968,11	58767,09	19181,59	19181,59	4
P21	6,14	60855	168	38077,36	32180,99	43980,4	4394,452	4394,452	4
P22	5,74	65354	86	42576,08	36680,64	48479,11	8894,182	8894,182	4
P23	14,23	17790	4	4988,002	10898,51	915,2966	38671,67	915,2966	3
P24	14,2	30449	4	7671,001	1848,26	13574,02	26012,99	1848,26	2
P25	14,07	28862	5	6084,002	553,2501	11987,02	27599,93	553,2501	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.

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 4.46 berikut :

Tabel 4. 46 Hasil Centroid Iterasi 1 GTV

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data
1	C1	11,93	23312,5	264,5	2
2	C2	16,85	32839,1	206,5	10
3	C3	12,803	14956,33	111,66667	3
4	C4	5,475	62555	82,9	10

Pada tabel 4.46 tersebut menunjukkan data *centroid* baru pada setiap cluster (K) dengan jumlah data masing-masing *cluster*. 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 4.45.

Perhitungan *K-Means Clustering* berakhir pada iterasi ketujuh, karena *centroid* baru pada iterasi ketujuh sudah tidak berubah atau sama dengan *centroid*

sebelumnya. Perhitungan rata-rata pada setiap variable pada setiap iterasi menghasilkan *centroid* baru dengan menggunakan rumus AVERAGE pada MS.Excel dengan fungsi menghitung nilai rata-rata data, tabel 4.47 menunjukkan data *centroid* baru untuk setiap cluster (K) beserta jumlah data lokasi pada masing-masing cluster sebagai berikut :

Tabel 4. 47 Hasil Centroid Iterasi 7 GTV

No.	Centroid	Kuat Sinyal (KS) (dB μ V/m)	Ketinggian (K) (Meter)	Jarak (J) (Meter)	Jumlah Data Lokasi
1	C1	13,653	28090,6	137,125	8
2	C2	17,142	39837,8	301	5
3	C3	12,803	14956,3	111,67	3
4	C4	5,797	64072,4	91,33	9

Hasil *Clustering* berdasarkan perhitungan jarak data terdekat dengan *centroid* masing-masing cluster pada iterasi ketujuh dapat dilihat pada tabel 4.48 berikut ini:

Tabel 4. 48 Proses Clustering Iterasi 7 GTV

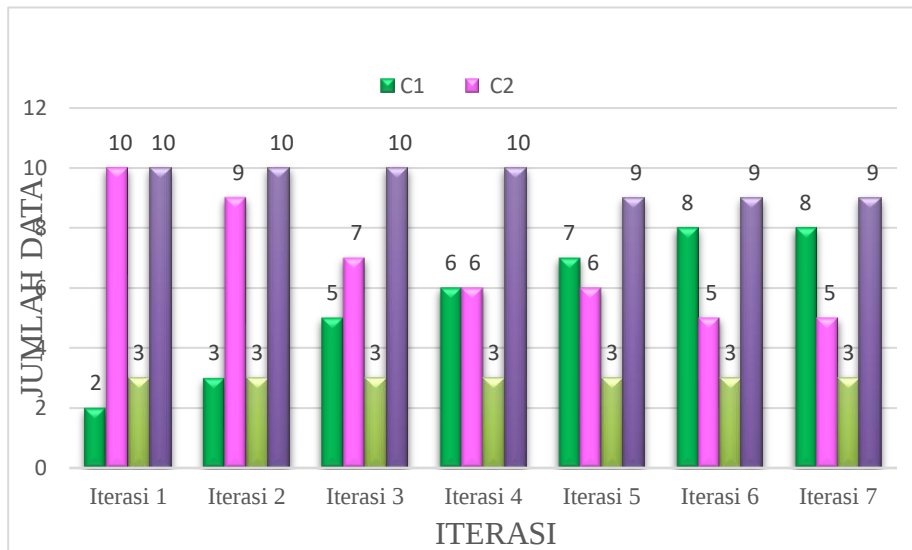
L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P1	1,16	65770	26	37679,54	25933,66	50813,85399	1698,819	1698,819	4
P2	2,2	54898	7	26807,69	15063,08	39941,84378	9174,833	9174,833	4
P3	2,57	48898	7	20807,78	9064,981	33941,87501	15174,679	9064,981	2
P4	6,25	56461	231	28370,53	16623,35	41506,08139	7612,726	7612,726	4
P5	11,7	52211	26	24120,63	12376,26	37254,92105	11861,625	11861,63	4
P6	5,29	81939	49	53848,45	42101,96	66982,85955	17866,601	17866,61	4
P7	26,61	38486	14	10396,11	1381,963	23530,00784	25586,57	1381,963	2
P8	17,76	16875	19	11216,25	22964,53	1923,11091	47197,50	1923,111	3
P9	17,63	22778	2	5314,345	17062,42	7822,495895	41294,543	5314,345	1
P10	11,38	27576	4	531,5697	12265,4	12620,19677	36496,55	531,5697	1
P11	21,59	31518	12	3429,667	8324,819	16562,13216	32554,545	3429,667	1
P12	17,04	31019	17	2930,84	8823,372	16063,18337	33053,530	2930,84	1
P13	7,09	28676	526	702,8021	11164,07	13734,4779	35399,113	702,8021	1
P14	24,44	35484	677	7413,068	4370,012	20542,81605	28594,45	4370,012	2
P15	25,84	37442	653	9365,601	2421,536	22498,67017	26636,37	2421,536	2
P16	6,25	38879	154	10788,39	970,0645	23924,14212	25193,523	970,0645	2
P17	6,42	63522	148	35431,38	23684,7	48566,36101	553,354	553,354	4
P18	6,42	10204	312	17887,48	29633,8	4771,182379	53868,89	4771,182	3
P19	6,23	23847	527	4261,503	15992,4	8913,57763	40227,80	4261,503	1

L	KS	J	K	C1	C2	C3	C4	Jarak Terdekat	Cluster
P20	7,28	75642	81	47551,41	35804,88	60685,97259	11569,56	11569,56	4
P21	6,14	60855	168	32764,39	21017,62	45899,51888	3218,358	3218,358	4
P22	5,74	65354	86	37263,41	25517,11	50398,05452	1281,567	1281,567	4
P23	14,23	17790	4	10301,49	22049,8	2836,028971	46282,528	2836,029	3
P24	14,2	30449	4	2362,129	9393,497	15493,09891	33623,55	2362,129	1
P25	14,07	28862	5	782,6088	10979,79	13906,15655	35210,55	782,6088	1

Pada iterasi ketujuh, jumlah data pada cluster yang terbentuk dapat disajikan pada tabel 4.49 berikut :

Tabel 4. 49 Hasil Clustering Iterasi 7 GTV

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. 38 Perbandingan Hasil Clustering Pada Setiap Iterasi GTV

Pada gambar 4.38 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.

f. Analisa Hasil Clustering

Hasil *clustering* data pengukuran parameter teknis GTV berdasarkan tabel 4.48 diperoleh sebagai berikut :

- Cluster (K1) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga 1, Kab Semarang 2, Demak 2 dan Demak 3, dengan kategori kuat sinyal besar, ketinggian rendah, jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal bagus**.
- Cluster (K2) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus3, Grobogan 4, Salatiga2, Salatiga3, dan Boyolali, dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, jarak sedang merupakan **cluster kualitas sinyal cukup bagus**.

- Cluster (K3) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah TP5 Semarang, Kab Semarang 1 dan Demak 1, dengan kategori kuat sinyal sedang, ketinggian rendah dan jarak dekat merupakan **cluster kualitas sinyal sangat bagus**.
- Cluster (K4) terdiri dari lokasi pengukuran di wilayah Kudus TP1, Kudus2, Grobogan 1, Grobogan2, Grobogan3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2, dan Sragen3 dengan kategori kuat sinyal kecil, ketinggian sedang, dan jarak jauh merupakan **cluster kualitas sinyal kurang bagus**.

4.3. Pembahasan

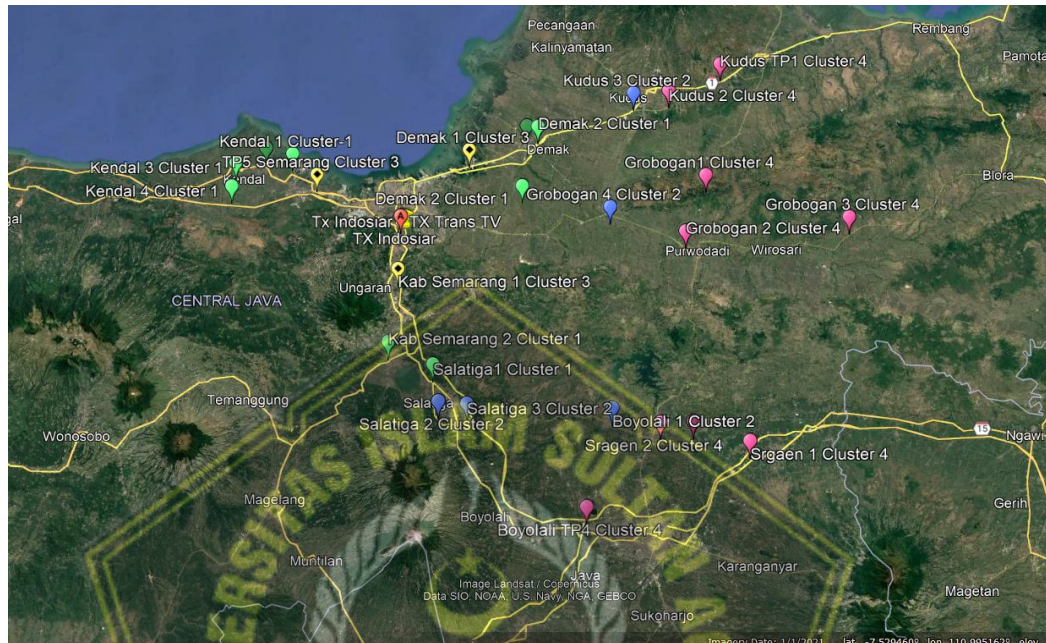
Hasil perhitungan dan analisa *coverage performance* dan kualitas penerimaan sinyal televisi digital di wilayah layanan Jawa Tengah-1 dengan 3 variabel (kuat sinyal, jarak dan ketinggian lokasi) di wilayah Kabupaten Semarang, Demak, Kendal, Kudus, Grobogan, Boyolali, Sragen dan Kota Salatiga menggunakan algoritma *K-Means Clustering* diperoleh hasil analisa dan evaluasi dari 6 (enam) stasiun pemancar pada 25 data lokasi pengukuran adalah sebagai berikut :

- Hasil *Clustering* dari 6 penyelenggara Mux diperoleh hasil yang sama untuk jumlah data *clustering*, dapat dilihat pada tabel 4.50 berikut :

Tabel 4. 50 Hasil Clustering Penerimaan Sinyal TV Digital Wilayah Jawa Tengah-1

Lokasi Pengukuran	Kualitas Sinyal Bagus	Kualitas Sinyal Cukup Bagus	Kualitas Sinyal Sangat Bagus	Kualitas Sinyal Kurang Bagus
Kudus TP1				C4
Kudus 2				C4
Kudus 3		C2		
Grobogan 1				C4
Grobogan 2				C4
Grobogan 3				C4
Grobogan 4		C2		
TP5 Semarang			C3	
Kendal 1	C1			
Kendal 2	C1			
Kendal 3	C1			
Kendal 4	C1			
Salatiga 1	C1			
Salatiga 2		C2		
Salatiga 3		C2		
Boyolali		C2		
Boyolali TP4				C4
Kab. Semarang 1			C3	
Kab. Semarang 2	C1			

Lokasi Pengukuran	Kualitas Sinyal Bagus	Kualitas Sinyal Cukup Bagus	Kualitas Sinyal Sangat Bagus	Kualitas Sinyal Kurang Bagus
Sragen 1				C4
Sragen 2				C4
Sragen 3				C4
Demak 1			C3	
Demak 2	C1			
Demak 3	C1			



Gambar 4. 39 Visualisasi Hasil Clustering Penerimaan Sinyal TV Digital Wilayah Jawa Tengah-1

Keterangan :

- Warna ● sebagai C1 merupakan cluster 1, kualitas penerimaan sinyal TV digital **Bagus** dengan kuat sinyal besar, jarak dekat dan ketinggian lokasi rendah;
- Warna ● sebagai C2 merupakan cluster 2, kualitas penerimaan sinyal TV digital **Cukup Bagus** dengan kuat sinyal kecil, jarak sedang dan ketinggian lokasi tinggi;
- Warna ● sebagai C3 merupakan cluster 3, kualitas penerimaan sinyal TV digital **Sangat Bagus** dengan kuat sinyal sedang, jarak dekat, dan ketinggian lokasi rendah;
- Warna ● sebagai C4 merupakan cluster 4, kualitas penerimaan sinyal TV digital **Kurang Bagus** dengan kuat sinyal kecil, jarak jauh dan ketinggian lokasi sedang.

b. Evaluasi Distribusi Data dan Konvergensi Cluster

Pada proses iterasi pertama hingga ketujuh, terjadi perubahan jumlah data dalam setiap cluster hingga akhirnya mencapai kondisi stabil. Cluster 3 (K3) menunjukkan jumlah data yang konstan sejak awal, sementara Cluster 1, Cluster 2, dan Cluster 4 mengalami perubahan jumlah anggota sebelum mencapai konvergensi. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma K-Means melakukan proses penyesuaian secara bertahap hingga pembentukan kelompok yang paling optimal.

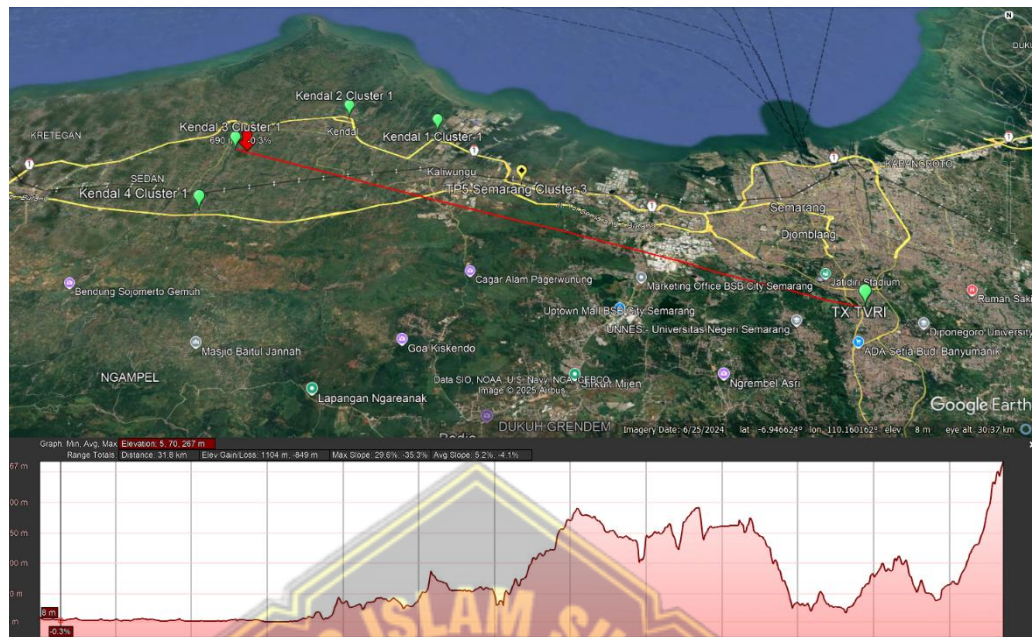
c. Analisa Adanya Penghalang Antara Lokasi Pemancar(Tx) Dan Lokasi Titik Ukur (Rx) :

Dalam sebuah penerimaan sangat penting sekali untuk menentukan agar jalur antara dua antena (Tx dan Rx) tidak ada penghalang. Penerimaan sinyal oleh Rx kemungkinan besar adanya degradasi dari sinyal yang berpropagasi di udara jika ada hambatan di jalurnya. Biasanya hambatan ini berupa pohon, bangunan, tower, dan gunung. Berikut ini dilakukan analisa terkait kualitas penerimaan sinyal TV digital pada hasil *clustering* TV digital pada beberapa titik lokasi pada masing-masing cluster dengan sample data hasil ukur TVRI menggunakan aplikasi *Google Earth*.

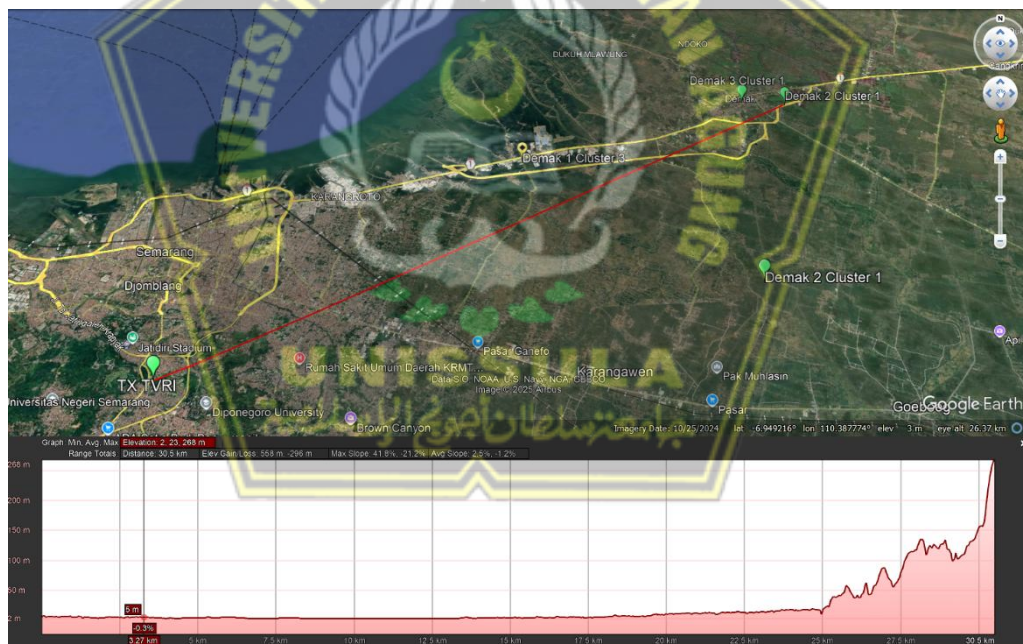
● Cluster 1

Berdasarkan hasil *clustering* diperoleh 8 titik lokasi (Kendal 1, Kendal 2, Kendal 3, Kendal 4, Salatiga1 dan Kab Semarang 2) yang termasuk cluster 1 kategori kualitas penerimaan sinyal **Bagus** dengan kuat sinyal besar, jarak dekat dan ketinggian lokasi rendah. Analisa titik lokasi Kendal 3 dan Demak 2 yang

masuk cluster 1 terhadap adanya penghalang (*obstacle*) antara Tx dan Rx dapat dilihat pada gambar 4.40 dan gambar 4.41 berikut :



Gambar 4. 40 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Kendal 3



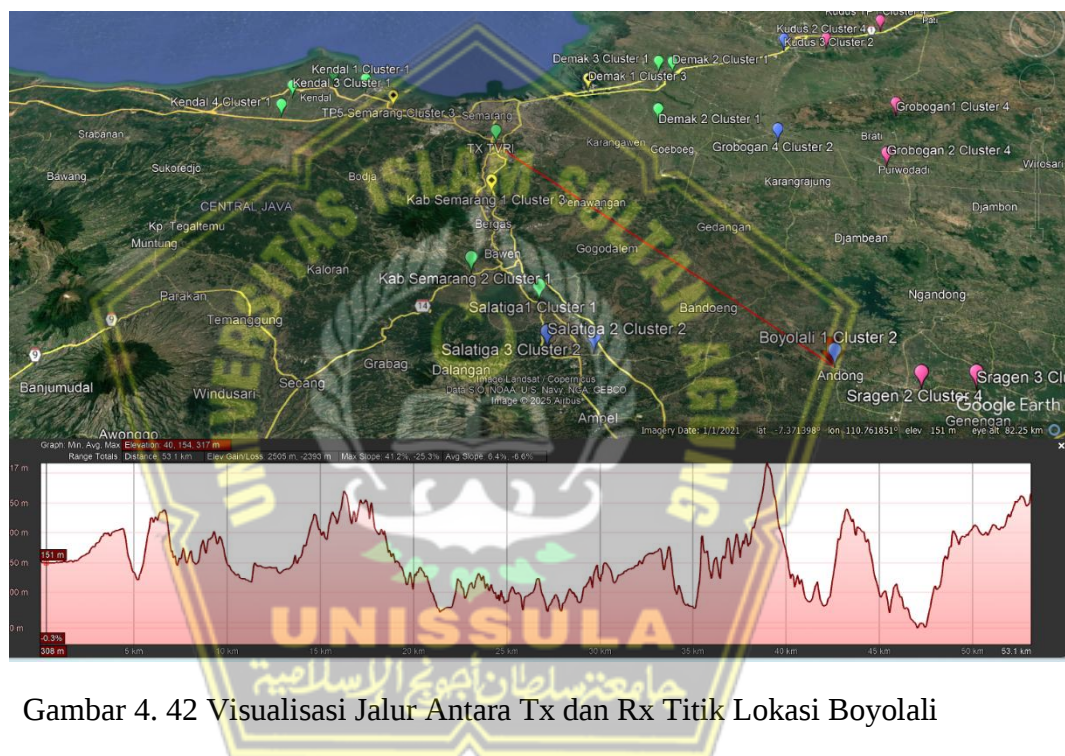
Gambar 4. 41 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Demak 2

Pada gambar 4.40 terlihat tidak ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 31530 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 12 mdpl atau jarak dekat, posisi ketinggian Rx rendah, *field strength* terukur sebesar 19,62 dB μ V/m. Pada gambar 4.41 juga terlihat tidak ada penghalang antara Tx dan Rx dengan jarak 30370 meter, ketinggian Tx 262 mdpl dan Rx 4 mdpl, *field strength* terukur

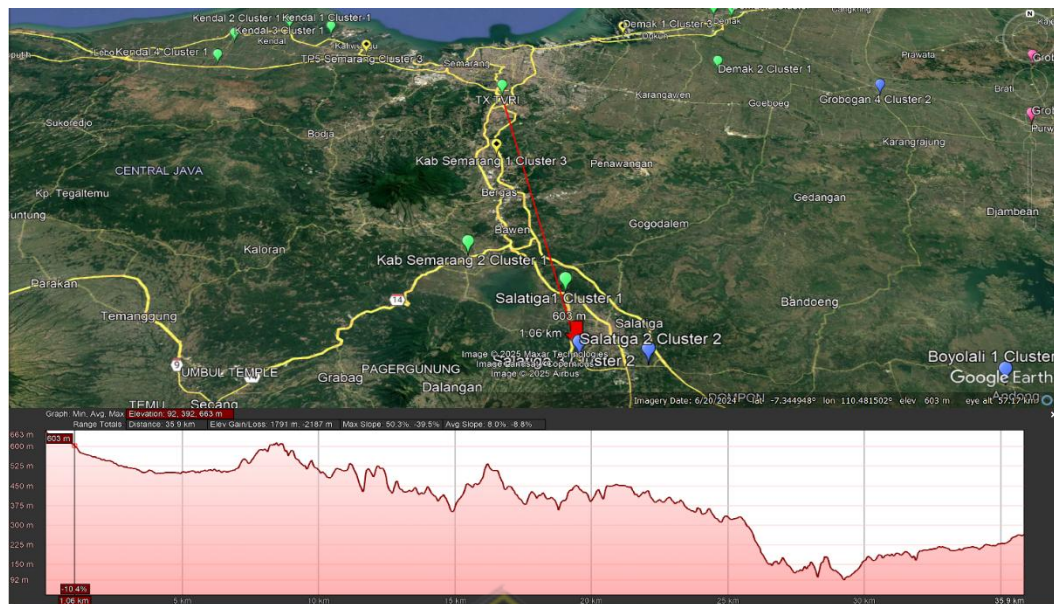
sebesar 27,87 dB μ V/m sehingga kualitas penerimaan sinyal TV di titik lokasi Kendal 3 dan Demak 2 kategori **Bagus**.

- **Cluster 2**

Berdasarkan hasil *clustering* diperoleh 5 titik lokasi (Kudus 3, Grobogan 4, Salatiga 2, Salatiga 3 dan Boyolali) yang termasuk cluster 2 kategori kualitas penerimaan sinyal TV digital **Cukup Bagus** dengan kuat sinyal kecil, jarak sedang, ketinggian lokasi tinggi. Analisa titik lokasi Salatiga 2 dan Boyolali yang masuk cluster 2 terhadap adanya penghalang (*obstacle*) antara Tx dan Rx dapat dilihat pada gambar 4.42 dan gambar 4.43 berikut :



Gambar 4. 42 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Boyolali

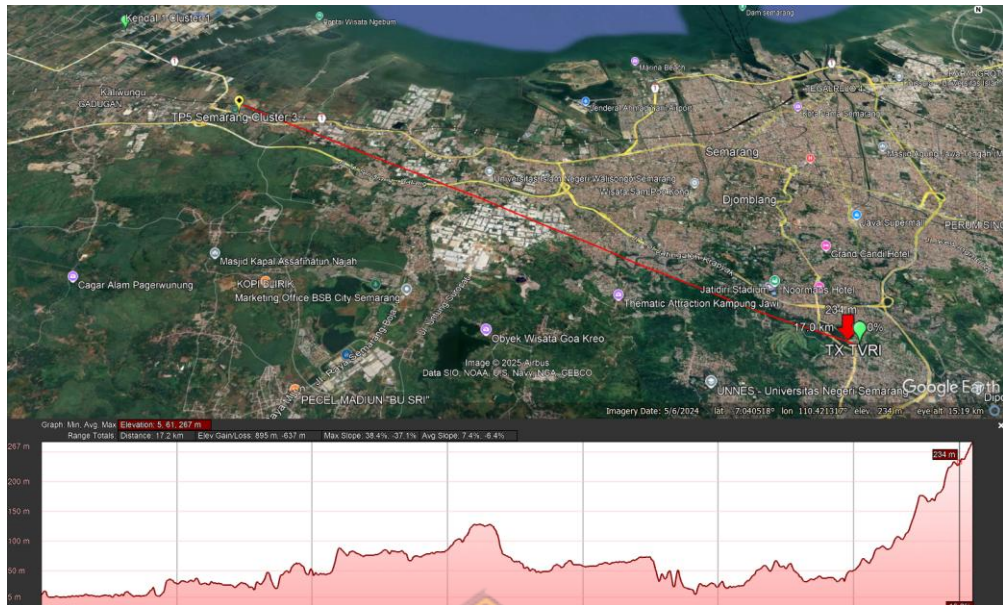


Gambar 4. 43 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Salatiga 2

Pada gambar 4.42 terlihat ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 31530 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 154 mdpl atau jarak sedang, posisi ketinggian Rx sedang, *field strength* terukur sebesar 6,51 dB μ V/m. Pada gambar 4.43 juga terlihat ada penghalang antara Tx dan Rx dengan jarak 35557 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 677 mdpl, *field strength* terukur sebesar 19,29 dB μ V/m, walaupun ada penghalang namun posisi Rx lebih tinggi dari Tx sehingga *field strength* yang terukur lebih besar di banding lokasi Boyolali. Kualitas penerimaan sinyal TV di titik lokasi Salatiga 2 dan Boyolali kategori **Cukup Bagus**.

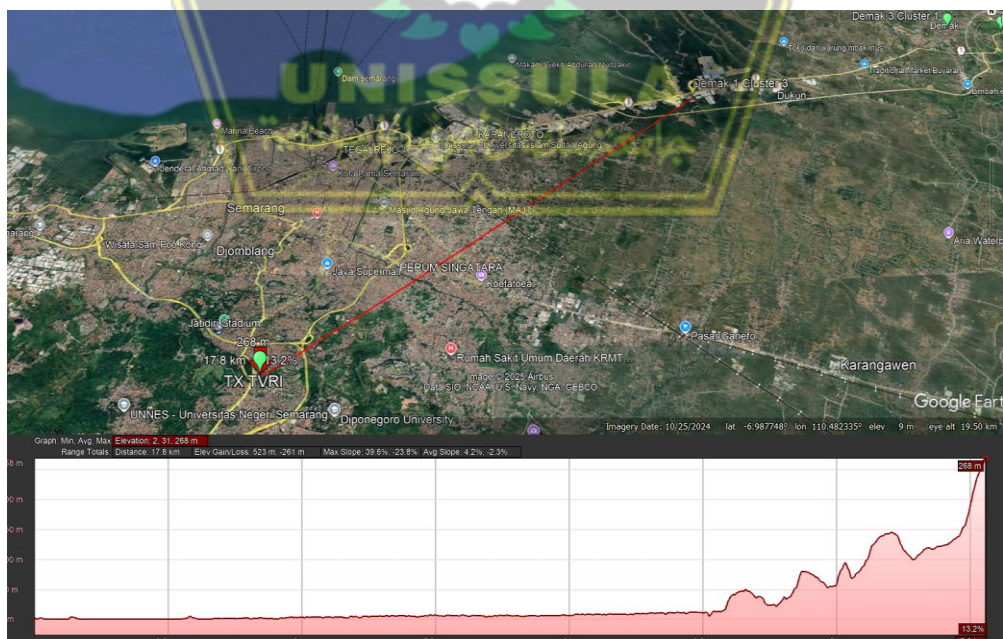
- **Cluster 3**

Berdasarkan hasil *clustering* diperoleh 3 titik lokasi (TP5 Semarang, Kab Semarang1, dan Demak 1) yang termasuk cluster 3 kategori kualitas penerimaan sinyal TV digital **Sangat Bagus** dengan kuat sinyal besar, jarak dekat, ketinggian lokasi rendah. Analisa titik lokasi TP5 Semarang dan yang masuk cluster 3 terhadap adanya penghalang (*obstacle*) antara Tx dan Rx dapat dilihat pada gambar 4.36 dan gambar 4.37 berikut :



Gambar 4. 44 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi TP5 Semarang

Pada gambar 4.44 terlihat ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 16873 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 19 mdpl atau jarak dekat, posisi ketinggian Rx rendah, *field strength* terukur sebesar 16,41 dBμV/m, namun penghalang antara Tx dan Rx tidak signifikan mempengaruhi kualitas penerimaan sinyal dikarenakan ketinggian penghalang maksimal 35 mdpl lebih kecil dari posisi ketinggian Tx 264 mdpl.

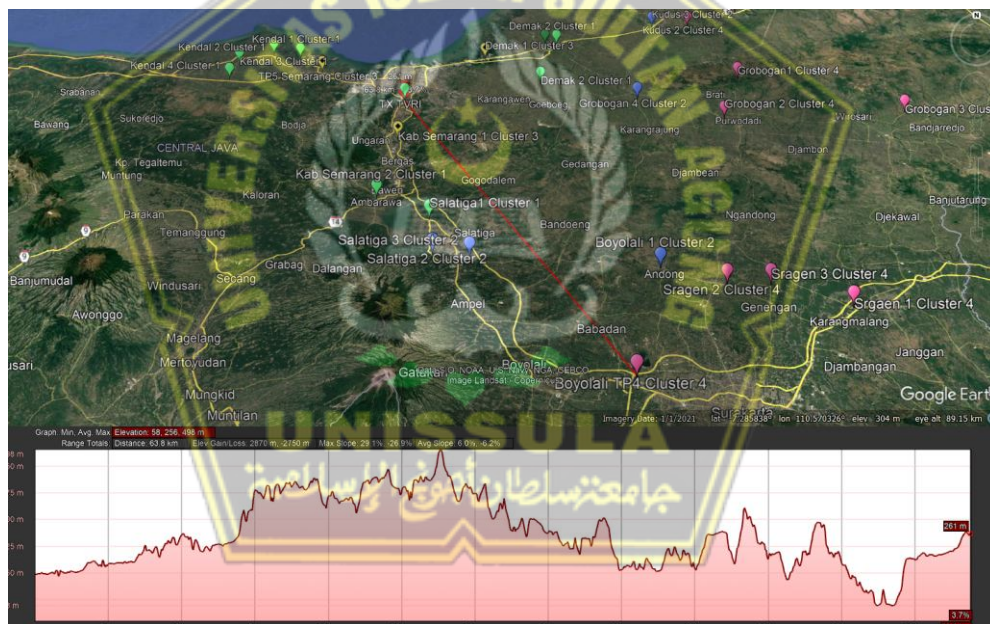


Gambar 4. 45 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Demak 1

Pada gambar 4.45 terlihat tidak ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 17704 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 4 mdpl atau jarak dekat, posisi ketinggian Rx rendah, *field strength* terukur sebesar 41,51 dB μ V/m, sehingga kualitas penerimaan sinyal TV digital pada titik lokasi TP5 Semarang dan Demak 1 kategori **Sangat Bagus**

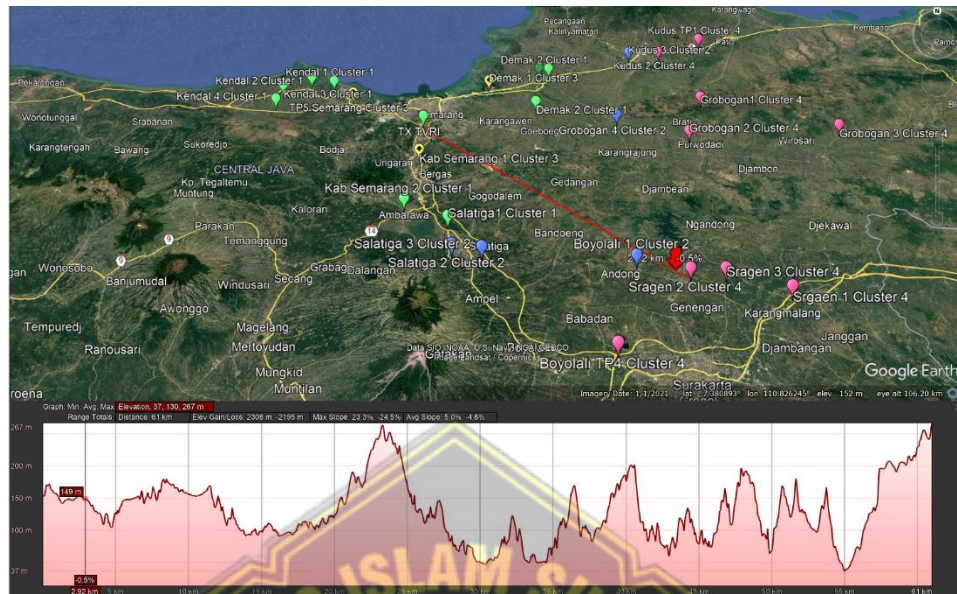
- **Cluster 4**

Berdasarkan hasil *clustering* diperoleh 9 titik lokasi (Kudus TP1, Kudus 2, Grobogan1, Grobogan 2, Grobogan 3, Boyolali TP4, Sragen1, Sragen2 dan Sragen 3) yang termasuk cluster 4 kategori kualitas penerimaan sinyal TV digital **Kurang Bagus** dengan kuat sinyal kecil, jarak jauh, ketinggian lokasi rendah. Analisa titik lokasi TP4 Boyolali dan yang masuk cluster 4 terhadap adanya penghalang (*obstacle*) antara Tx dan Rx dapat dilihat pada gambar 4.46 berikut :



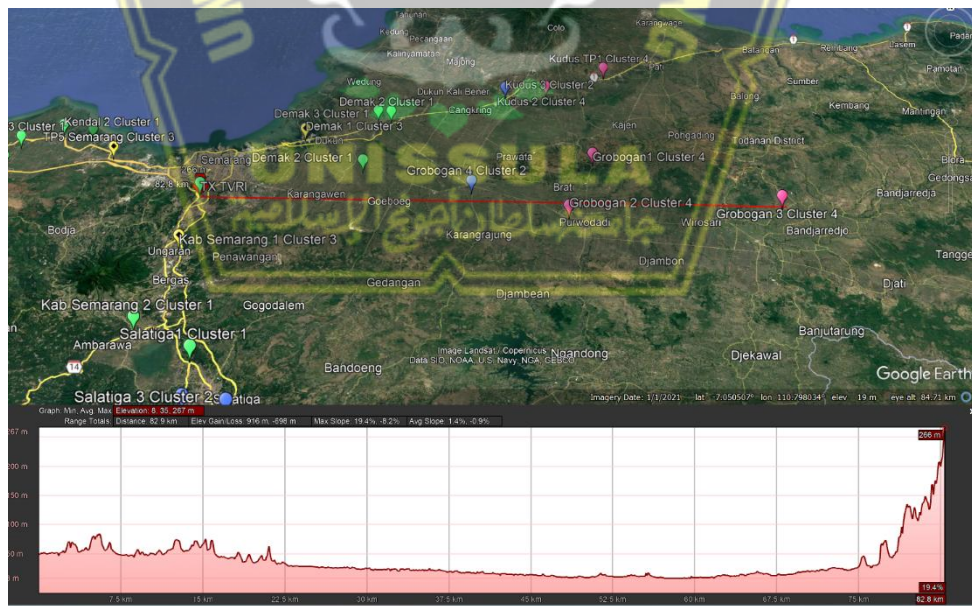
Gambar 4. 46 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi TP4 Boyolali

Pada gambar 4.46 terlihat ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 63571 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 148 mdpl atau jarak jauh, posisi ketinggian Rx rendah, *field strength* terukur sebesar 7,54 dB μ V/m.



Gambar 4. 47 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Sragen 2

Pada gambar 4.47 terlihat ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 60876 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 168 mdpl atau jarak jauh, posisi ketinggian Rx rendah, *field strength* terukur sebesar 7,82 dB μ V/m.



Gambar 4. 48 Visualisasi Jalur Antara Tx dan Rx Titik Lokasi Grobogan 3

Pada gambar 4.48 terlihat tidak ada penghalang antara Tx dan Rx, dengan jarak 81900 meter, ketinggian Tx 264 mdpl dan Rx 49 mdpl atau jarak jauh, posisi

ketinggian Rx rendah, *field strength* terukur sebesar 7,82 dB μ V/m, walaupun tidak ada penghalang dikarenakan jarak antara Tx dan Rx jauh, nilai *field strength* terukur kecil sehingga kualitas penerimaan sinyal TV digital pada titik lokasi TP4 Boyolali, Sragen 2 dan Grobogan 3 kategori **Kurang Bagus**.

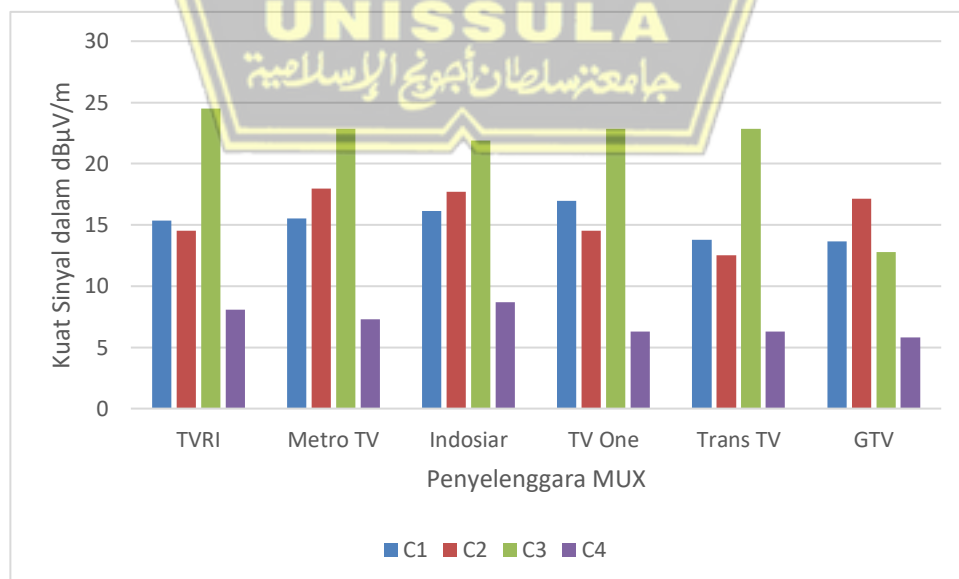
d. Analisa Perbandingan Hasil Perhitungan K-Means *Clustering* Terhadap 6 Penyelenggara Mux.

Berdasarkan perhitungan K Means *Clustering* telah diperoleh hasil perhitungan yang konvergen pada iterasi ketujuh, berikut dapat disajikan perbandingan nilai *centroid* akhir dari 6 penyelenggara Mux :

- Untuk variabel penerimaan kuat sinyal di lokasi pengukuran, dapat dilihat perbandingan nilai *centroid* akhir 6 penyelenggara pada tabel 4.50 berikut ini :

Tabel 4. 51 Hasil Centroid Akhir Variabel Kuat Sinyal (dB μ V/m)

No.	Pemancar	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
1	TVRI	15,345	14,52	24,51	8,08
2	Metro TV	15,523	17,982	22,867	7,304
3	Indosiar	16,152	17,696	21,873	8,693
4	TV One	16,958	14,544	22,867	6,294
5	Trans TV	13,766	12,508	22,867	6,294
6	GTV	13,653	17,142	12,803	5,797



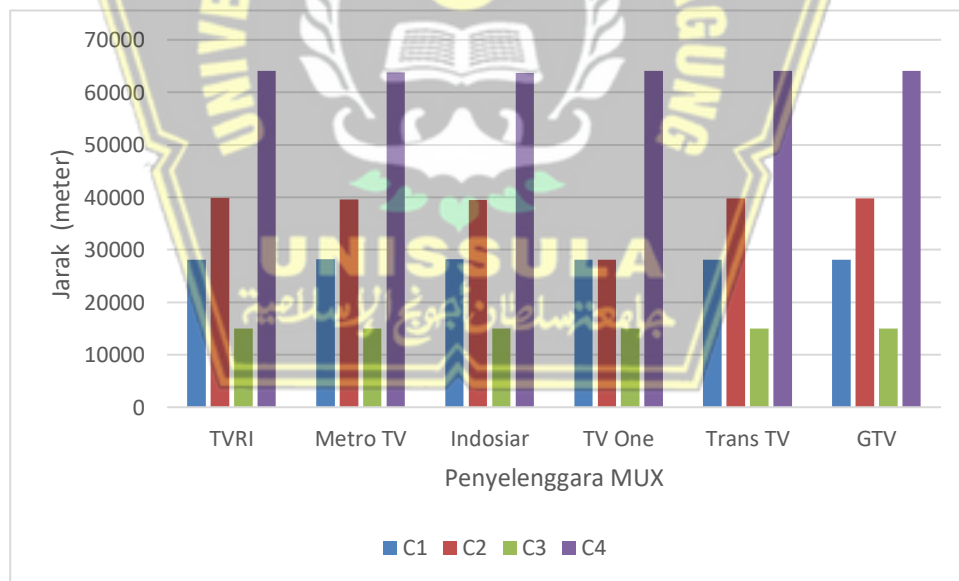
Gambar 4. 49 Perbandingan Penerimaan Kuat Sinyal

Pada gambar 4.49 dapat dilihat perbandingan penerimaan kuat sinyal di titik lokasi pengukuran, kualitas penerimaan sinyal televisi digital dari pemancar TVRI dengan kuat sinyal (field strength) paling besar (Cluster3) dibandingkan pemancar televisi digital lainnya dan pemancar GTV dengan kuat sinyal paling kecil terutama di cluster 4.

- Untuk variabel jarak dari stasiun pemancar ke titik lokasi pengukuran, nilai *centroid* akhir dapat dilihat pada tabel 4.52 berikut :

Tabel 4. 52 Hasil Centroid Akhir Variabel Jarak (meter)

No.	Pemancar	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
1	TVRI	28093,5	39854,6	14954,7	64053,7
2	Metro TV	28179,6	39554,2	14989,3	63781,1
3	Indosiar	28205,6	39491,4	14997,3	63687,9
4	TV One	28091,5	28091,5	14958,7	64076
5	Trans TV	28091,5	39818,8	14958,7	64076
6	GTV	28090,6	39837,8	14956,3	64072,4



Gambar 4. 50 Perbandingan Variabel Jarak (meter)

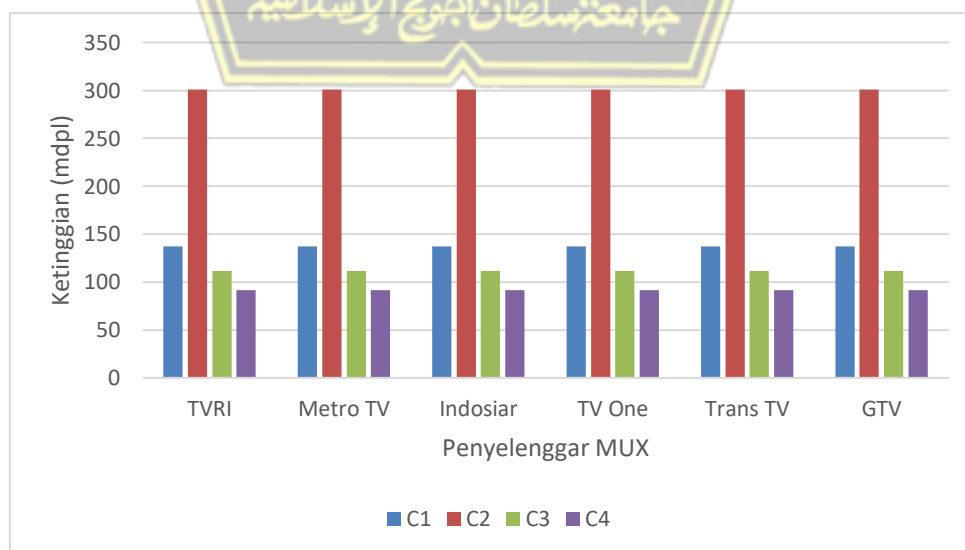
Pada gambar 4.50 terlihat lokasi penerimaan sinyal televisi digital berdasarkan jarak hasil perhitungan k-means *clustering* dimana C4 adalah cluster dengan jarak paling jauh, C2 adalah cluster dengan jarak jauh, C1 adalah cluster dengan jarak sedang dan C3 adalah cluster dengan jarak dekat.

Variabel jarak semua penyelenggara MUX pada penelitian ini relatif sama untuk masing-masing cluster sehingga kualitas penerimaan sinyal Rx berbanding lurus dengan jarak Rx dari Tx, semakin jauh lokasi Rx dari Tx, kualitas penerimaan sinyal semakin kurang bagus dan semakin dekat lokasi Rx dari Tx semakin bagus kualitas penerimaan sinyal televisi digital. Dari tabel 4.51 diketahui bahwa jarak lokasi Tx GTV ke lokasi Rx terjauh sebesar 64072,4 meter (Cluster 4) dan jarak terdekat lokasi Tx ke lokasi Rx adalah TVRI (Cluster 1) sebesar 14954,7 meter.

- Untuk variabel ketinggian lokasi pengukuran penerimaan sinyal televisi digital memiliki ketinggian yang sama terhadap 6 stasiun pemancar TV, sedangkan tiap *cluster* mempunyai perbedaan kontur ketinggian lokasi dari permukaan laut. Berikut disajikan *centroid* akhir dari variabel ketinggian hasil perhitungan K means *Clustering* pada tabel 4.53 :

Tabel 4. 53 Hasil Centroid Akhir Variabel Ketinggian (mdpl)

No.	Pemancar	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
1	TVRI	137,125	301	111,67	91,33
2	Metro TV	137,125	301	111,67	91,33
3	Indosiar	137,125	301	111,67	91,33
4	TV One	137,125	301	111,67	91,33
5	Trans TV	137,125	301	111,67	91,33
6	GTV	137,125	301	111,67	91,33



Gambar 4. 53 Perbandingan Variabel Ketinggian (mdpl)

Pada gambar 4.51 dapat diketahui bahwa titik lokasi dengan ketinggian paling tinggi berada pada cluster 2 dan titik lokasi dengan ketinggian sedang berada pada cluster 1 dan cluster 3, sedangkan titik lokasi dengan ketinggian paling rendah berada pada cluster 4.

- Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode k means *clustering*, maka dapat dilakukan analisa *coverage performace* dan kualitas penerimaan sinyal televisi digital di wilayah layanan Jawa Tengah-1, dimana kualitas penerimaan sinyal digital dapat dipengaruhi oleh letak geografis atau kontur lokasi penerima sinyal TV digital, dan jarak lokasi penerima dari stasiun pemancar TV. Cluster yang terbentuk mengelompokkan lokasi penerimaan sinyal televisi digital menjadi 4 kategori yaitu lokasi dengan kualitas penerimaan sinyal sangat bagus, bagus, cukup bagus dan kurang bagus. Kualitas penerimaan sinyal yang sangat bagus, bagus dan cukup bagus menunjukkan performansi penerimaan gambar dan suara yang dapat dinikmati dengan baik oleh masyarakat, sedangkan kualitas penerimaan sinyal yang kurang bagus berpotensi menampilkan gambar dan atau suara yang tidak muncul di *receiver* televisi digital.
- **Interpretasi Hasil dan Implikasi**

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

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini membahas mengenai analisa *coverage performance* dan kualitas sinyal televisi digital di wilayah layanan Jawa Tengah-1 menggunakan metode *K-Means Clustering*. Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Algoritma *K-Means Clustering* yang diterapkan pada tiga variabel dengan nilai K yang terbaik/optimal = 4 berdasarkan *Metode Elbow*, menghasilkan 4 cluster dengan kualitas penerimaan sinyal kategori sangat bagus, bagus, cukup bagus dan kurang bagus.
2. Untuk *coverage performance* dengan kualitas penerimaan sinyal kategori sangat bagus berada pada cluster 3 sebanyak 3 lokasi dengan kuat sinyal optimal, berada lebih dekat dari pemancar, lokasi lebih rendah serta sedikit hambatan geografis. Kuat sinyal terbesar TVRI nilai 24,51 dB μ V/m dan kuat sinyal terkecil GTV nilai 12,803 dB μ V/m.
3. Untuk *coverage performance* dengan kualitas penerimaan kategori sinyal bagus berada pada cluster 1 sebanyak 8 lokasi dengan kuat sinyal sedang, jarak dekat dengan pemancar dan ketinggian rendah. Kuat sinyal terbesar TV One nilai 16,958 dB μ V/m dan kuat sinyal terkecil GTV nilai 12,803 dB μ V/m.
4. Untuk *coverage performance* dengan kualitas penerimaan kategori sinyal cukup bagus berada pada cluster 2 sebanyak 5 lokasi dengan kuat sinyal lebih rendah, jarak sedang dari pemancar dan ketinggian sedang. Kuat sinyal terbesar Metro TV nilai 17,982 dB μ V/m dan kuat sinyal terkecil GTV nilai 12,508 dB μ V/m.
5. Untuk *coverage performance* dengan kualitas penerimaan kategori sinyal kategori kurang bagus berada pada cluster 4 sebanyak 9 lokasi dengan kuat sinyal rendah, dengan jarak jauh dari pemancar serta topografi yang mempengaruhi penerimaan sinyal, kuat sinyal terbesar Indosiar nilai 8,693 dB μ V/m dan kuat sinyal terkecil GTV nilai 5,797 dB μ V/m.

6. Distribusi *coverage* sinyal TV digital tidak merata, dan wilayah yang termasuk cluster 4 membutuhkan optimalisasi untuk meningkatkan kualitas penerimaan sinyal.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah terkait dengan lokasi pengukuran dapat dilakukan pada wilayah yang berbeda agar dapat mengetahui *coverage performance* dan kualitas penerimaan sinyal di wilayah dengan kontur geografis yang berbeda. Sedangkan untuk proses analisa dalam penelitian dapat dilakukan dengan beberapa metode *clustering* lainnya untuk mengetahui kualitas penerimaan sinyal yang bagus di beberapa lokasi dari beberapa algoritma pada persoalan yang sama.

Rekomendasi yang dapat diberikan meliputi:

- a. Penyesuaian konfigurasi pemancar untuk meningkatkan daya pancar di wilayah dengan sinyal rendah.
- b. Pemasangan repeater atau stasiun *relay* untuk memperluas *coverage* di area dengan hambatan geografis.
- c. Monitoring spektrum frekuensi secara berkala untuk menjaga stabilitas dan kualitas sinyal televisi digital di berbagai wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] soffya ranti, “Sejarah Penemuan Televisi hingga Perkembangannya dimasa sekarang.”
- [2] K. Karsono, “Propagasi di Udara Free Space Loss.-O,” 2013. [Online]. Available: <http://kundang.weblog.esaunggul.ac.id/2013/07/18/propagasi-di-udara-free-space-loss/>.
- [3] 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.
- [4] M. H. Ramdhan, “Analog Switch Off Dalam Perspektif Regulator,” *Unikom*, vol. 21, no. 1, 2020.
- [5] A. N. Ikhwan and G. He, “Optimisasi Coverage SFN pada Pemancar TV Digital DVB-T2 dengan Metode Simulated Annealing,” vol. V, no. 2, 2013.
- [6] U. I. Pujo., “Perancangan Stasiun Relay Tv Digital Tetap Berbasis Dvb-T2 Di Area Gap Filler Kabupaten Batang Jawa Tengah,” *unissula.ac.id*, 2016.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] A. Budiono, “Uji Kualitas dan Kinerja Daya Pancar Transmitter Jenis T-DMB,” *unissula.ac.id*, no. May, pp. 31–48, 2013.
- [10] M. Marwiyati and A. Wahyudin, “Implementasi Sistem Siaran Televisi Digital Di Lpp Tvri Stasiun Jawa Tengah,” *J. Ilmu Komun.*, vol. 17, no. 2, p. 156, 2020, doi: 10.31315/jik.v17i2.3697.
- [11] Y. Prayoga, “Implementasi TV digital DEM-1 dan Persiapan Migrasi Digital DEM-2,” no. 11, pp. 5–7, 2012.
- [12] G. K. Novita Purwaningsih, Endro yono, “Optimalisasi Network Gain Jaringan Digital Melalui Pemanfaatan Kombinasi MFN dan SFN di Pulau Jawa dengan Metode Monte Carlo,” vol. 4, no. 1, pp. 95–100, 2018.
- [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] C. T. Solution, “WP3-Network&Channels - Deliverable D11-Part 3 – DVB-T2 Network Planning. B21C WP3 Network.,” *Celt. Telecommunication Solut.*, vol.

- 12, no. 2, pp. 81–86, 2007.
- [15] A. Purnama, “Propagasi Gelombang Radio (Gelombang Elektromagnetik).,” *elektronika-dasar.web.id*, vol. 2, no. 1, p. 24, 2012, doi: 10.24002/ijis.v2i1.2354.
- [16] 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/>.
- [17] F. Syahruman, “Path Losse,” 2010, [Online]. Available: http://firmansyahruman.blogspot.com/2010/10/path-loss_02.html.
- [18] M. Purba, “Path Loss dan Link Budget,” 2012, [Online]. Available: <http://telekomunikasibymichaelpurba.blogspot.co.id/2012/01/pathloss-dan-link-budget.html>.
- [19] I. Rubiyanti, “EIRP dan Perhitungan Link Budget,” 2012, [Online]. Available: <http://irarubiyanti.blogspot.co.id/2011/02/eirp-dan-perhitungan-link-budget.html>.
- [20] Y. Agusta, “K-Means-Penerapan, Permasalahan dan Metode Terkait,” *J. Sist. dan Inform.*, vol. 3, no. Pebruari, pp. 47–60, 2007.
- [21] Aprilla Dennis, “Belajar Data Mining dengan RapidMiner,” *Innov. Knowl. Manag. Bus. Glob. Theory Pract. Vols 1 2*, vol. 5, no. 4, pp. 1–5, 2013, [Online]. Available: http://esjournals.org/journaloftechnology/archive/vol1no6/vol1no6_6.pdf%5Cn <http://www.airccse.org/journal/nsa/5413nsa02.pdf>
- [22] E. B. I. B. Nurliana, “Implementasi Data Mining Algoritma K-Means Untuk Klasifikasi Penduduk Miskin Berdasarkan Tingkat Kemiskinan Di Jawa Barat.pdf,” 2024, *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, Cirebon*.
- [23] Z. F. Ainul fadil, “Algoritma K-Means *Clustering* Untuk Menentukan Siswa Unggulan Berdasarkan Hasil Ujian Di Sekolah.pdf,” 2025, *Jurnal Riset Sistem Informasi, Situbondo*. [Online]. Available: <https://journal.smartpublisher.id/index.php/jissi/article/view/396>
- [24] 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>