

PEMETAAN TINGKAT KUALITAS JARINGAN INTERNET *MOBILE* BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN UNGARAN BARAT, KABUPATEN SEMARANG

Dara Jati Septiningdiah*, Arief Laila Nugraha, Nurhadi Bashit

Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jawa Tengah Indonesia
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia-75123 Telp./Faks: (024) 736834
e-mail : darajatisepi01@gmail.com

(Diterima 26 Agustus 2024, Disetujui 11 Oktober 2024)

ABSTRAK

Pengguna internet di Indonesia menurut hasil survei oleh Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) pada periode 2022-2023 meningkat secara signifikan. Salah satu penyebab tingginya pengguna internet adalah kebutuhan akses terhadap berbagai informasi dan jumlah penduduk yang tinggi. Salah satu kecamatan yang memiliki jumlah penduduk tinggi dan menjadi pusat pemerintahan Kabupaten Semarang adalah Kecamatan Ungaran Barat. Pentingnya kebutuhan akan layanan internet, maka dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi dan memetakan kualitas jaringan internet di Kecamatan Ungaran Barat berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan empat *provider*. Metode yang digunakan untuk menganalisis kualitas jaringan internet adalah *Quality of Service* (QoS), sedangkan metode untuk memetakan kualitas jaringan internet adalah interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan *Ordinary Kriging* (OK). Metode interpolasi terbaik ditentukan menggunakan uji validasi berdasarkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Error* (ME). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *provider* yang memiliki kualitas jaringan internet paling baik adalah Tri dengan indeks sebesar 3,179, sedangkan *provider* yang memiliki kualitas jaringan internet kurang baik adalah Telkomsel dengan indeks sebesar 2,759. Sementara metode interpolasi yang paling baik untuk memetakan kualitas jaringan internet Smartfren adalah metode IDW, Telkomsel adalah metode *ordinary kriging*, Tri adalah metode IDW, dan XL adalah metode IDW.

Kata kunci : *Interpolasi, Jaringan Internet, QoS, SIG*

ABSTRACT

The results of a survey conducted by the Association of Indonesian Internet Service Providers (APJII) indicate a notable increase in the number of internet users in Indonesia during the period spanning 2022 to 2023. One of the factors contributing to the high number of internet users is the necessity for access to a diverse range of information, coupled with a large population. West Ungaran District, which has a high population and serves as the administrative center of Semarang Regency, is one such district. Given the significance of internet service, a study was undertaken to ascertain and delineate the quality of internet networks in the West Ungaran district, employing a Geographic Information System (GIS) and four providers. The methodology employed to assess the quality of internet networks is based on the Quality of Service (QoS) approach. To map the quality of these networks, two methods were utilized: the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation and the Ordinary Kriging (OK) method. The optimal interpolation method was identified through a validation process, with the Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Error (ME) values serving as the key performance indicators. The results demonstrate that the provider with the optimal internet network quality is Tri, which has an index value of 3,179. Conversely, the provider with the least favorable internet network quality is Telkomsel, which has an index value of 2,759. The optimal interpolation method for mapping the quality of the Smartfren internet network provider is the IDW method, while the Telkomsel provider is best represented by the ordinary kriging method, the Tri provider by the IDW method, and the XL provider by the IDW method.

Keywords : *Interpolation, Internet Network, QoS, SIG*

1. PENDAHULUAN

Pada era kemajuan teknologi saat ini, keberadaan internet tidak dapat dipisahkan di setiap kehidupan manusia. Internet mudah diakses dan

digunakan oleh masyarakat melalui sebuah jaringan yang menghubungkan antara internet dengan jaringan komputer mereka (Ananda & Prasetyo, 2022). Jaringan internet digunakan hampir di

seluruh negara di dunia ini. Penggunaan internet di Indonesia menurut hasil survei oleh Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan secara signifikan. Pada periode 2022-2023, pengguna internet di Indonesia mencapai angka 215,63 juta pengguna. Jumlah tersebut meningkat 2,67% dibandingkan pengguna pada periode sebelumnya, yaitu sebesar 210,03 juta pengguna. Jumlah tersebut setara dengan 78,19% dari populasi negara Indonesia sebesar 275,77 juta jiwa. Tingginya pengguna internet di Indonesia menunjukkan bahwa internet menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting untuk setiap orang dalam berkomunikasi, mengakses berbagai informasi, dan terhubung dengan dunia luar (Ernawati & Pratama, 2020). Hal tersebut mendorong adanya perkembangan teknologi jaringan internet untuk meningkatkan kecepatan dan kualitas layanan internet.

Salah satu teknologi jaringan internet yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah teknologi 4G. Jaringan 4G (*Fourth Generation*) merupakan jaringan keempat menggantikan jaringan 3G (*Third Generation*). Jaringan 4G memiliki kekuatan sinyal yang lebih stabil dibanding jaringan 3G untuk mendukung aktivitas masyarakat (Maulana dkk., 2021). Pengguna teknologi internet 4G tersebar hampir di seluruh wilayah di Indonesia, baik di wilayah perkotaan maupun wilayah pedesaan. Namun, jumlah pengguna internet di wilayah perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan pedesaan. Hal tersebut disebabkan karena wilayah perkotaan memiliki populasi penduduk yang lebih tinggi dan pemukiman yang lebih padat. Pujakesuma dkk., (2023) menjelaskan bahwa penduduk yang padat dan jumlah bangunan yang tinggi dapat mempengaruhi performa suatu jaringan karena adanya interferensi pada pengiriman sinyal suatu jaringan. Salah satu kota yang memiliki penduduk yang padat adalah Kota Ungaran. Kota Ungaran merupakan ibukota dari Kabupaten Semarang yang terdiri dari dua kecamatan, yaitu Kecamatan Ungaran Barat dan Ungaran Timur. Pada tahun 2022, Kecamatan Ungaran Barat memiliki jumlah penduduk yang paling tinggi di Kabupaten Semarang. Jumlah penduduk yang tinggi berpengaruh terhadap kebutuhan dan penggunaan layanan internet yang semakin meningkat. Selain itu, Kecamatan Ungaran Barat menjadi pusat pemerintahan di Kabupaten Semarang. Oleh karena itu, sektor komunikasi dan layanan internet

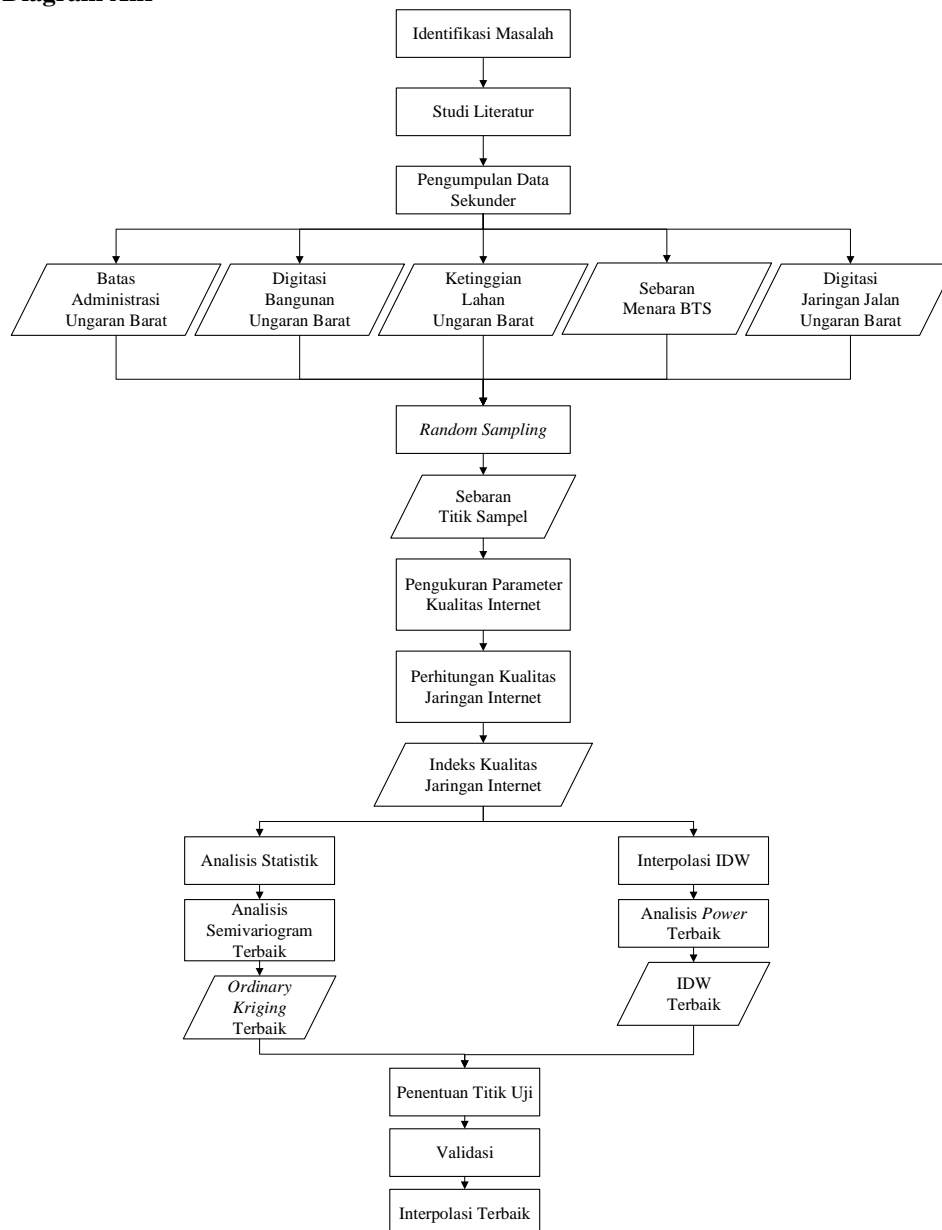
merupakan suatu hal yang sangat penting untuk dikembangkan di wilayah tersebut. Penelitian mengenai kualitas jaringan internet di wilayah tersebut dapat membantu pemerintah daerah untuk mengidentifikasi kualitas jaringan internet di Kecamatan Ungaran Barat. Selain itu, dapat membantu merancang perbaikan *bandwidth* jaringan internet di Kecamatan Ungaran Barat menjadi lebih baik. Penelitian ini juga dapat menjadi masukan dan bahan evaluasi bagi perusahaan-perusahaan penyedia jasa layanan internet untuk meningkatkan kualitas jaringan internet pada *provider* mereka. Hal tersebut akan berdampak pada peningkatan pengguna suatu *provider*, sehingga berdampak pada perkembangan bisnis perusahaan penyedia jasa layanan internet.

Berdasarkan urgensi mengenai pentingnya kebutuhan akan layanan internet, maka dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi dan memetakan kualitas jaringan internet di Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang. Penelitian ini mengumpulkan data berupa parameter-parameter kualitas jaringan internet menggunakan *software* Wireshark di titik-titik sampel. Selanjutnya dilakukan analisis kualitas jaringan internet 4G menggunakan metode *Quality of Service* (QoS) pada masing-masing *provider* internet berdasarkan nilai parameter QoS. QoS merupakan metode untuk mengukur performa atau kualitas suatu layanan jaringan komputer atau jaringan telekomunikasi (Pujakesuma dkk., 2023). Parameter QoS yang digunakan pada penelitian ini untuk mengukur kualitas jaringan internet adalah *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Kualitas jaringan internet ditentukan menggunakan standarisasi TIPHON. Nilai dari hasil perhitungan parameter QoS dilakukan pengolahan lebih lanjut menggunakan metode interpolasi spasial untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet di Kecamatan Ungaran Barat. Metode interpolasi yang digunakan adalah metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan *Ordinary Kriging* (OK).

Berdasarkan latar belakang di atas, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan memetakan tingkat kualitas jaringan internet setiap *provider* berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kecamatan Ungaran Barat. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan hasil interpolasi menggunakan metode IDW dan OK serta menentukan metode interpolasi terbaik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet di Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Data Penelitian

Berikut ini alat yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan adalah Laptop ASUS Vivobook S K3402ZA, *smartphone*, dan kartu prabayar *provider* Smartfren, Telkomsel, Tri, dan XL.
2. Perangkat Lunak yang digunakan antara lain:
 - a. Wireshark
 - b. ArcGIS 10.8
 - c. GPS Map Camera

d. Microsoft Excel 2021

e. Microsoft Word 2021

Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data Primer yang didapatkan melalui pengukuran parameter kualitas jaringan internet di lapangan.
2. Data Sekunder antara lain:
 - a. Data batas administrasi Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang dan kecamatan di sekitarnya dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang.

- b. Data persebaran menara BTS di Kecamatan Ungaran Barat dan wilayah di sekitarnya dari Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Semarang.
- c. Data persebaran menara BTS di Kecamatan Banyumanik dan Kecamatan Gunung Pati dari Dinas Komunikasi, Informatika, Statistik dan Persandian Kota Semarang.
- d. Data topografi di Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang.
- e. Peta digitasi bangunan dan jaringan jalan di Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang dari Open Street Map

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

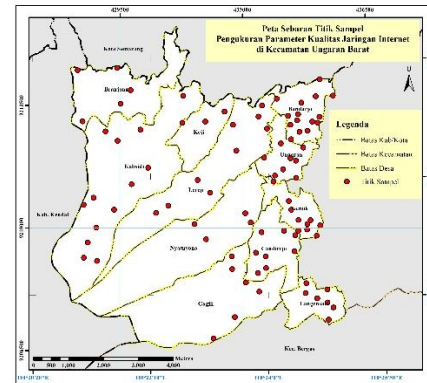
1. Tahap Persiapan
Tahapan persiapan pelaksanaan penelitian Tugas Akhir meliputi identifikasi masalah dan studi literatur.
2. Tahap Pengumpulan Data
Data awal yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh dari beberapa instansi.
3. Tahap Desain Sampel
Titik sampel digunakan sebagai lokasi pengukuran untuk pengumpulan data primer berupa parameter-parameter kualitas jaringan internet. Tujuan pengambilan sampel adalah menganalisis hubungan antara distribusi variabel dalam populasi sasaran dan distribusi variabel pada sampel penelitian (Firmansyah & Dede, 2022). Pada penelitian ini, persebaran titik sampel didasarkan pada digitasi bangunan di Kecamatan Ungaran Barat. Populasi sampel adalah jumlah bangunan, sedangkan ukuran sampel ditentukan menggunakan rumus Slovin (Santoso, 2023). Berikut ini rumus Slovin untuk menentukan ukuran sampel:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- n = besar sampel yang dibutuhkan
 N = besar populasi
 e = batas kesalahan yang diijinkan
 Langkah selanjutnya adalah membagi rata persebaran titik sampel berdasarkan ketinggian lahan, kemudian jarak menara Base Transceiver Station (BTS). Masing-

masing menara BTS memuat informasi koordinat menara BTS, nama *site*, tinggi menara, dan alamat lokasi menara. Selanjutnya dilakukan pengurangan pada titik sampel yang berdekatan dan titik yang tidak memiliki akses jalan. Hasil akhir titik sampel sebanyak 88 titik sampel yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta Persebaran Titik Sampel

4. Tahap Pengukuran
Tahap pengukuran merupakan tahapan pengumpulan data primer. Pengukuran dilakukan pada masing-masing titik sampel menggunakan *software open source*, yaitu Wireshark. *Software* tersebut berfungsi untuk merekam dan menganalisis lalu lintas jaringan secara *real time* (Ubaedila dkk., 2021). Pengukuran dilakukan pada 88 titik sampel menggunakan empat *provider*. Pengukuran tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter *Quality of Service* (QoS). Parameter QoS digunakan untuk menilai tingkat kualitas penyedia layanan dan jaringan (Ernawati & Pratama, 2020). Selain itu, QoS merupakan sistem jaringan yang memungkinkan aplikasi-aplikasi atau layanan dapat beroperasi dengan lebih baik (Zikri dkk., 2022). Hal tersebut penting dipahami oleh pelanggan untuk membandingkan kualitas antar penyedia layanan (Ernawati & Pratama, 2020).
5. Tahap Pengolahan Data
Tahap pengolahan pada penelitian Tugas Akhir ini diawali dengan perhitungan hasil pengukuran parameter-parameter *Quality of Service* (QoS) berdasarkan hasil *capture* menggunakan Wireshark dan Microsoft Excel. Nilai pada masing-masing parameter dilakukan pengklasifikasian untuk mendapatkan nilai indeks masing-masing parameter. Klasifikasi tersebut berdasarkan pada standarisasi

Telecommunications and Internet Protocol Over Network (TIPHON) yang dikeluarkan oleh badan standar *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* (Utami, 2020). Parameter QoS meliputi *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. *Throughput* adalah nilai yang menunjukkan kesanggupan suatu jaringan dalam mengirimkan data (Pujakesuma dkk., 2023). Berikut ini kategori *throughput*:

Tabel 1. Kategori *Throughput*

Kategori	Nilai	Indeks
Sangat Bagus	>2,1 Mbps	4
Bagus	1200-2,1 Mbps	3
Cukup	>700-1200 Kbps	2
Buruk	338-700 Kbps	1
Sangat Buruk	0-338 Kbps	0

Packet loss adalah parameter yang menunjukkan jumlah total paket data yang hilang (Pujakesuma dkk., 2023). Berikut ini kategori *packet loss*:

Tabel 2. Performansi *Packet Loss*

Kategori Penurunan	Nilai (%)	Indeks
Sangat Bagus	0-2	4
Bagus	3-14	3
Cukup	15-24	2
Sangat Buruk	>25	1

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari titik asal ke titik tujuan (Pujakesuma dkk., 2023). Berikut ini kategori *delay*:

Tabel 3. Kategori *Delay*

Kategori	Nilai (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<150	4
Bagus	150-300	3
Sedang	>300-450	2
Buruk	>450	1

Jitter adalah selisih antara *delay* pertama dengan *delay* selanjutnya (Pujakesuma dkk., 2023). Berikut ini kategori *jitter*:

Tabel 4. Kategori *Jitter*

Kategori	Nilai (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<0	4
Bagus	1-75	3
Sedang	76-125	2
Buruk	>125	1

Langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata dari nilai indeks pada empat parameter QoS untuk mendapatkan nilai indeks QoS di setiap titik sampel. Lalu kategorikan nilai indeks tersebut untuk

mengetahui kualitas jaringan internet. Berikut ini kategori QoS:

Tabel 5. Kategori QoS

Indeks	Persentase (%)	Kategori
3,8-4	95-100	Sangat Bagus
3-3,79	75-94,99	Bagus
2-2,99	50-74,99	Sedang
1-1,99	25-49,99	Buruk

Tahap pengolahan selanjutnya adalah mengolah nilai indeks QoS menggunakan metode interpolasi. Metode interpolasi merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi estimasi pada lokasi tertentu menggunakan rata-rata tertimbang dari data terdekat (Robinson & Metternicht, 2006). Metode interpolasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Inverse Distance Weighting (IDW)* dan *Ordinary Kriging (OK)*. Metode IDW menggunakan fungsi Matematika untuk melakukan interpolasi. Sementara metode OK menggunakan statistika dan fungsi Matematika untuk menghasilkan permukaan dan menghasilkan prediksi yang akurat (Ouabo dkk., 2020). Metode IDW hanya menggunakan pembobotan berdasarkan hubungan terbalik jarak antara masing-masing titik sampel dengan titik yang akan diprediksi (Kurniawan dkk., 2021). Pengolahan IDW menggunakan parameter *power 1*, *power 2*, dan *power 3*. Pembobotan pada metode OK menggunakan parameter-parameter struktur spasial, yaitu semivariogram. Akurasi hasil prediksi ditentukan berdasarkan nilai *Residual Sum of Squares (RSS)* dan koefisien determinasi (R^2) (Purnomo dan Wijaya, 2022). Model yang digunakan pada pengolahan OK adalah model *spherical*, *exponential*, dan *gaussian*. Setiap model dirancang untuk menyesuaikan dengan berbagai jenis kasus untuk menghasilkan interpolasi yang akurat (Anggara dkk., 2021). Pengolahan interpolasi menggunakan ekstensi *Geostatistical Analyst* pada ArcGIS. *Geostatistical* dapat menghasilkan estimasi yang akurat di lokasi yang tidak tersampel (Ouabo dkk., 2020).

6. Tahap Analisis Data

Analisis hasil interpolasi diawali dengan melakukan analisis statistik. Analisis ini digunakan untuk mengetahui karakteristik data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Salah satu nilai statistik

yang digunakan untuk mengetahui distribusi data normal adalah nilai *skewness*. Apabila nilai *skewness* lebih dari 1, maka dilakukan transformasi *logarithmic* agar data terdistribusi normal atau mendekati normal untuk digunakan dalam interpolasi *ordinary kriging*. Apabila nilai *skewness* berada diantara 0,5 hingga 1, maka dilakukan transformasi *square-root* (Robinson & Metternicht, 2006). Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis hasil interpolasi untuk menentukan parameter terbaik IDW dan model terbaik OK. Parameter *power* terbaik pada IDW ditentukan menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang paling kecil. Sementara model terbaik pada OK ditentukan menggunakan nilai RSS yang lebih kecil. Nilai R² digunakan apabila model interpolasi OK menunjukkan nilai RSS yang sama (Purnomo dan Wijaya, 2022).

7. Tahap Validasi

Tahap yang dilakukan setelah diperolehnya hasil interpolasi adalah melakukan validasi menggunakan metode *overlay* antara hasil dua interpolasi yang terpilih. Hasil validasi menggunakan parameter statistik *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Error* (ME). RMSE menunjukkan seberapa baik nilai hasil prediksi dengan nilai observasi. Sementara ME digunakan untuk menentukan derajat bias hasil estimasi (Ouabo dkk., 2020). Tahapan validasi dilakukan pada masing-masing *provider*. Tahap validasi ini dilakukan untuk mengetahui metode interpolasi terbaik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet di lokasi penelitian. Berikut ini persamaan untuk menghitung RMSE dan ME:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Z}(x_i) - Z(x_i))^2} \dots (2)$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - \hat{Z}(x_i)] \dots (3)$$

Keterangan:

- $\hat{Z}(x_i)$ = nilai estimasi
- $Z(x_i)$ = nilai pengukuran
- n = jumlah data prediksi

3. Hasil dan Analisis

3.1 Analisis Kualitas Jaringan Internet

Analisis kualitas jaringan internet terdiri dari analisis parameter QoS dan analisis persebaran

tingkat kualitas jaringan internet pada masing-masing *provider* internet.

3.1.1 Analisis Parameter QoS

Hasil pengolahan parameter kualitas jaringan internet menghasilkan nilai parameter *Quality of Service* (QoS) dan nilai indeks kualitas jaringan internet pada 88 titik sampel. Berikut ini nilai rata-rata parameter QoS pada masing-masing *provider*.

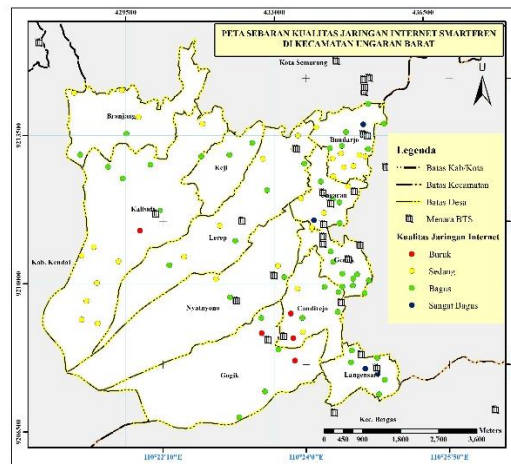
Tabel 6. Rata-Rata Parameter QoS

<i>Provider</i>	<i>Throughput</i> (kbps)	<i>Packet Loss</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)
Smartfren	2165,8	0	978,8	969,9
Telkomsel	5541,4	0	898,6	881,3
Tri	1691,7	0,1	83,4	75,6
XL	3320	0,5	1105,2	637,4

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan bahwa *provider* Telkomsel memiliki kecepatan data yang dapat dikirim melewati jaringan yang paling baik. *Provider* Telkomsel memiliki keberhasilan pengiriman paket yang paling baik. Pengiriman paket data menggunakan *provider* Tri membutuhkan waktu yang paling singkat. *Provider* Tri variasi *delay* yang paling kecil.

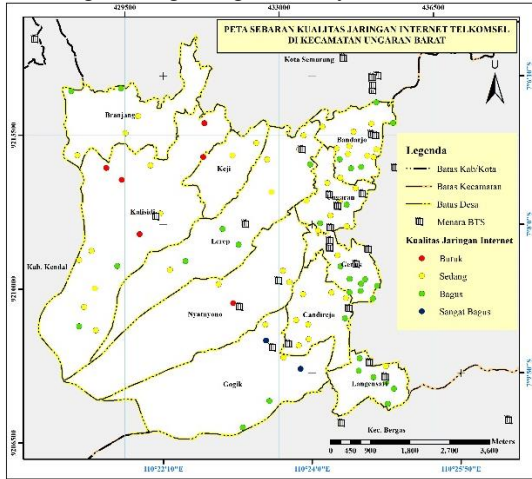
3.1.2 Analisis Persebaran Tingkat Kualitas Jaringan Internet

Nilai parameter QoS pada masing-masing titik sampel dikategorikan ke dalam nilai indeks kualitas jaringan internet sesuai dengan standarisasi TIPHON. Gambar 3 menunjukkan sebaran kualitas jaringan internet Smartfren di Kecamatan Ungaran Barat. Tingkat kualitas jaringan internet yang tersebar pada 88 titik sampel terdiri dari kategori buruk, sedang, bagus, dan sangat bagus. Titik yang memiliki kategori buruk sebanyak 5 titik, kategori sedang berjumlah 32 titik, kategori bagus sebanyak 47 titik, dan kategori sangat bagus sebanyak 4 titik.



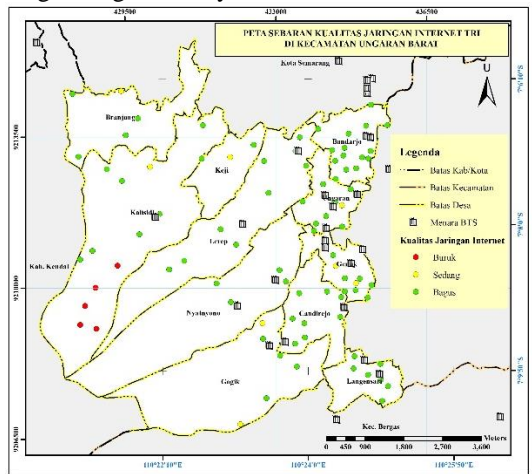
Gambar 3. Peta Sebaran Kualitas Jaringan Internet Smartfren Setiap Sampel

Gambar 4 menunjukkan sebaran kualitas jaringan internet Telkomsel di Kecamatan Ungaran Barat. Tingkat kualitas jaringan internet yang tersebar pada 88 titik sampel terdiri dari kategori buruk, sedang, bagus, dan sangat bagus. Titik yang memiliki kategori buruk sebanyak 6 titik, kategori sedang berjumlah 48 titik, kategori bagus sebanyak 32 titik, dan kategori sangat bagus sebanyak 2 titik.



Gambar 4. Peta Sebaran Kualitas Jaringan Internet Telkomsel Setiap Sampel

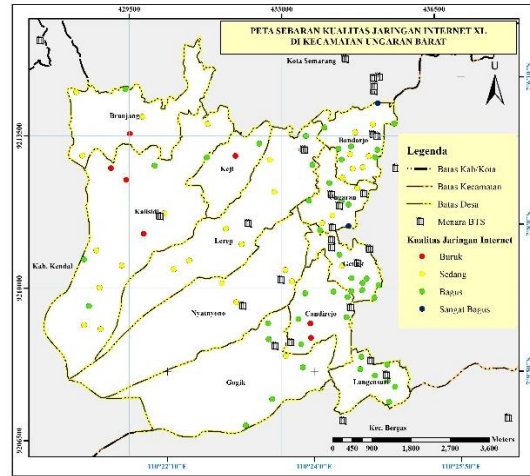
Gambar 5 menunjukkan sebaran kualitas jaringan internet Tri di Kecamatan Ungaran Barat. Tingkat kualitas jaringan internet yang tersebar pada 88 titik sampel terdiri dari kategori buruk, sedang, dan bagus. Titik yang memiliki kategori buruk sebanyak 5 titik, kategori sedang berjumlah 8 titik, dan kategori bagus sebanyak 75 titik.



Gambar 5. Peta Sebaran Kualitas Jaringan Internet Tri Setiap Sampel

Gambar 6 menunjukkan sebaran kualitas jaringan internet XL di Kecamatan Ungaran Barat. Tingkat kualitas jaringan internet yang tersebar pada 88 titik sampel terdiri dari kategori buruk, sedang, bagus, dan sangat bagus. Titik yang memiliki kategori buruk sebanyak 7 titik, kategori sedang berjumlah

32 titik, kategori bagus sebanyak 47 titik, dan kategori sangat bagus sebanyak 2 titik.



Gambar 6. Peta Sebaran Kualitas Jaringan Internet XL Setiap Sampel

Berdasarkan hasil keempat nilai indeks QoS pada **Tabel 7** menunjukkan bahwa *provider* yang memiliki kualitas internet paling baik di Kecamatan Ungaran Barat adalah *provider* Tri dengan nilai indeks QoS sebesar 3,179 yang dikategorikan bagus. Sementara *provider* yang memiliki kualitas jaringan internet kurang baik di Kecamatan Ungaran Barat adalah *provider* Telkomsel dengan nilai indeks QoS sebesar 2,759 yang dikategorikan sedang.

Tabel 7. Rata-Rata Indeks QoS Ungaran Barat

Provider	Rata-Rata	Kategori
Smartfren	2,969	Sedang
Telkomsel	2,759	Sedang
Tri	3,179	Bagus
XL	2,909	Sedang

3.2 Pemetaan Kualitas Jaringan Internet

3.2.1 Analisis Statistik

Tabel 8 menunjukkan hasil analisis statistik nilai indeks kualitas jaringan internet pada masing-masing *provider*. Nilai indeks kualitas jaringan internet pada seluruh *provider* memiliki nilai kemencengan (*skewness*) negatif. Oleh karena itu, data indeks kualitas jaringan internet seluruh *provider* tidak perlu dilakukan transformasi.

Tabel 8. Hasil Analisis Statistik

Provider	Mean	SD	CV	Skew
Smartfren	2,969	0,748	25,205	-0,248
Telkomsel	2,759	0,693	13,142	-0,254
Tri	3,179	0,520	16,345	-1,633
XL	2,909	0,731	25,135	-0,195

3.2.2 Hasil dan Analisis *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Pengolahan IDW menggunakan 3 nilai *power*, yaitu *power* 1, *power* 2, dan *power* 3.

Pemilihan nilai *power* terbaik didasarkan pada nilai RMSE terkecil.

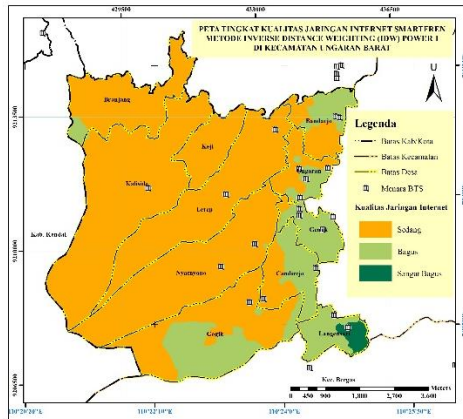
1. Smartfren

Berdasarkan **Tabel 9** nilai RMSE terkecil pada *provider* Smartfren dimiliki oleh *power* 1 sebesar 0,660. Hal tersebut menunjukkan bahwa *power* 1 memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* Smartfren dibandingkan *power* lainnya.

Tabel 9. RMSE Interpolasi IDW Smartfren

<i>Power</i>	RMSE
1	0,660
2	0,694
3	0,751

Pada hasil interpolasi Smartfren menggunakan IDW *power* 1 yang ditunjukkan pada **Gambar 7** menghasilkan 3 kategori kualitas jaringan internet, yaitu sedang, bagus, dan sangat bagus. Area dengan kualitas jaringan sangat bagus di Kelurahan Langensari memiliki jarak yang berdekatan dengan menara BTS sekitarnya. Kondisi topografi pada area tersebut cenderung lebih landai yaitu berada pada ketinggian lahan 251-500 mdpl. Selain itu, area tersebut berada pada pemukiman yang padat.



Gambar 7. Smartfren IDW 1

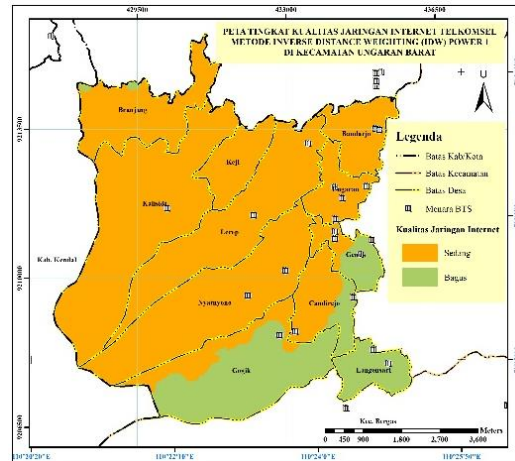
2. Telkomsel

Berdasarkan **Tabel 10** nilai RMSE terkecil pada *provider* Telkomsel dimiliki oleh *power* 1 sebesar 0,585. Hal tersebut menunjukkan bahwa *power* 1 memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* Telkomsel dibandingkan *power* lainnya.

Tabel 10. RMSE Interpolasi IDW Telkomsel

<i>Power</i>	RMSE
1	0,660
2	0,694
3	0,751

Pada hasil interpolasi Telkomsel menggunakan IDW *power* 1 yang ditunjukkan pada **Gambar 8** menghasilkan 2 kategori kualitas jaringan internet, yaitu sedang dan bagus. Kecamatan Ungaran Barat didominasi oleh kualitas jaringan internet sedang dengan area seluas ±81% dari wilayah penelitian. Sebagian besar area dengan kualitas jaringan internet bagus di Kelurahan Langensari, Kelurahan Genuk, dan Kelurahan Candirejo memiliki topografi landai yaitu berada pada ketinggian lahan 251-500 mdpl. Jarak BTS pada area tersebut tergolong berjauhan dan tidak tersebar secara merata, sedangkan area dengan kualitas sedang di Kelurahan Ungaran dan Kelurahan Bandarjo memiliki jarak BTS yang cenderung saling berdekatan. Kondisi pemukiman di Kelurahan Bandarjo, Kelurahan Ungaran, dan Kelurahan Genuk memiliki pemukiman yang padat dan tersebar secara merata.



Gambar 8. Telkomsel IDW 1

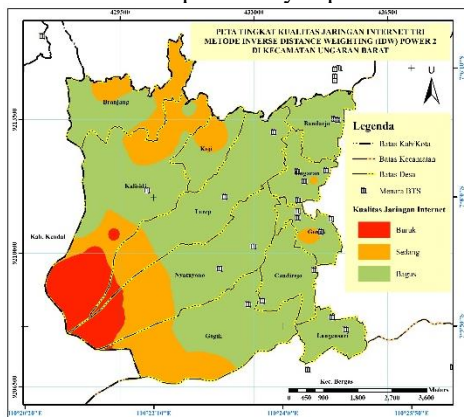
3. Tri

Berdasarkan **Tabel 11** nilai RMSE terkecil pada *provider* Tri dimiliki oleh *power* 2 sebesar 0,414. Hal tersebut menunjukkan bahwa *power* 2 memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* Tri dibandingkan *power* lainnya.

Tabel 11. RMSE Interpolasi IDW Tri

Power	RMSE
1	0,420
2	0,414
3	0,434

Pada hasil interpolasi Tri menggunakan IDW *power* 2 yang ditunjukkan pada **Gambar 9** menghasilkan 3 kategori kualitas jaringan internet, yaitu buruk, sedang, dan bagus. Kualitas jaringan kategori buruk menempati sebagian kecil area di Desa Kalisidi, Desa Lerep, dan Desa Nyatnyono. Area dengan kualitas jaringan internet buruk yang terletak di sebagian kecil wilayah Desa Kalisidi merupakan tempat wisata alam padat vegetasi. Selain itu, area tersebut memiliki ketinggian lahan yang relatif tinggi dibandingkan desa lainnya, yaitu berkisar antara 1001 hingga 1500 mdpl. Area tersebut juga tidak memiliki menara BTS dan tidak berada pada wilayah pemukiman.



Gambar 9. Tri IDW 2

4. XL

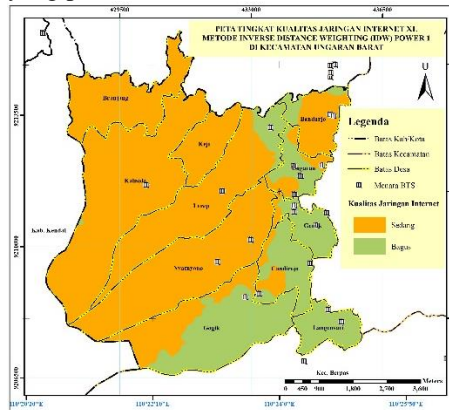
Berdasarkan **Tabel 12** nilai RMSE terkecil pada *provider* XL dimiliki oleh *power* 1 sebesar 0,631. Hal tersebut menunjukkan bahwa *power* 1 memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* XL dibandingkan dengan *power* 2 dan *power* 3.

Tabel 12. RMSE Interpolasi IDW XL

Power	RMSE
1	0,631
2	0,656
3	0,702

Pada hasil interpolasi Telkomsel menggunakan IDW *power* 1 yang ditunjukkan pada **Gambar 10** menghasilkan 2 kategori kualitas jaringan

internet, yaitu sedang dan bagus. Area dengan kualitas jaringan internet bagus di Kelurahan Ungaran, Kelurahan Candirejo, Kelurahan Langensari, Kelurahan Bandarjo, Desa Gogik, dan Desa Lerep memiliki topografi landai dengan ketinggian lahan 251-500 mdpl. Area tersebut memiliki sebaran menara BTS yang cenderung saling berdekatan. Selain itu, area tersebut memiliki pemukiman yang padat.



Gambar 10. XL IDW 1

3.2.3 Hasil dan Analisis *Ordinary Kriging* (OK)

Pengolahan OK menggunakan tiga model semivariogram, yaitu *spherical*, *exponential*, dan *gaussian*. Pemilihan model terbaik didasarkan pada nilai RSS yang terkecil.

1. Smartfren

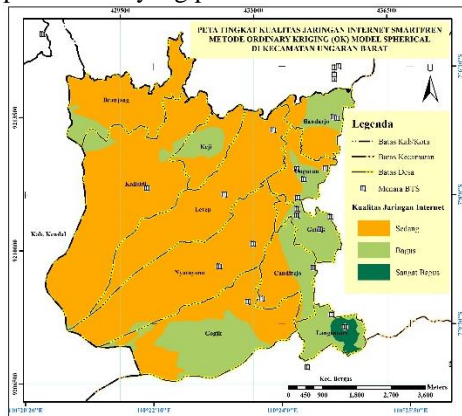
Berdasarkan **Tabel 13** nilai RSS terkecil pada *provider* Smartfren dimiliki oleh model *spherical* sebesar 42,134. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode OK model *spherical* memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* Smartfren.

Tabel 13. RSS Interpolasi OK Smartfren

Model	RSS
<i>Spherical</i>	42,134
<i>Exponential</i>	43,212
<i>Gaussian</i>	42,608

Peta tingkat kualitas jaringan internet Smartfren di Kecamatan Ungaran Barat menggunakan metode OK model *spherical* ditunjukkan pada **Gambar 11**. Kategori kualitas jaringan internet terdiri dari 3 kategori, yaitu sedang, bagus, dan sangat bagus. Kualitas jaringan kategori sangat bagus menempati sebagian kecil area di Kelurahan Langensari yang memiliki 2 menara BTS saling berdekatan. Area

tersebut memiliki topografi yang landai dan berada pada ketinggian lahan 251-500 mdpl. Selain itu, area tersebut memiliki pemukiman yang padat.



Gambar 11. Smartfren OK Spherical

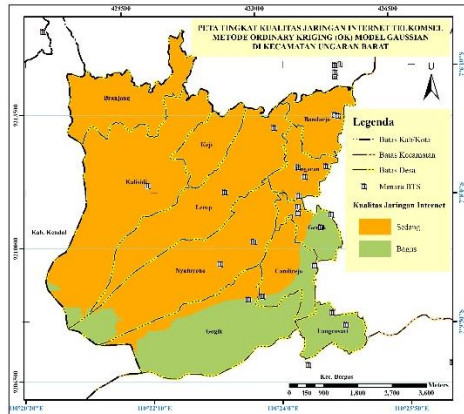
2. Telkomsel

Berdasarkan **Tabel 14** Nilai RSS terkecil pada *provider* Telkomsel dimiliki oleh model *gaussian* sebesar 28,899. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode OK model *gaussian* memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* Telkomsel.

Tabel 14. RSS Interpolasi OK Telkomsel

Model	RSS
<i>Spherical</i>	29,058
<i>Exponential</i>	29,998
<i>Gaussian</i>	28,899

Peta tingkat kualitas jaringan internet Tri di Kecamatan Ungaran Barat menggunakan metode OK model *gaussian* ditunjukkan pada **Gambar 12**. Kategori kualitas jaringan internet terdiri dari 2 kategori, yaitu sedang dan bagus. Area dengan kualitas jaringan internet bagus di Desa Nyantnyono dan Desa Kalisidi tidak terdapat menara BTS dan berada topografi yang curam, yaitu berada pada ketinggian lahan 1001-1500 mdpl. Selain itu, area tersebut tidak berada pada wilayah pemukiman.



Gambar 12. Telkomsel OK Gaussian

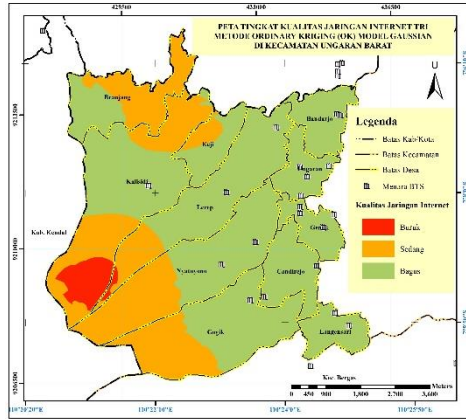
3. Tri

Berdasarkan **Tabel 15** nilai RSS terkecil pada *provider* Tri dimiliki oleh model *gaussian* sebesar 15,521. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode OK model *gaussian* memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet *provider* Tri.

Tabel 15. RSS Interpolasi OK Tri

Model	RSS
<i>Spherical</i>	15,599
<i>Exponential</i>	15,936
<i>Gaussian</i>	15,521

Peta tingkat kualitas jaringan internet Tri di Kecamatan Ungaran Barat menggunakan metode OK model *gaussian* ditunjukkan pada **Gambar 13**. Kategori kualitas jaringan internet terdiri dari 3 kategori, yaitu buruk, sedang, dan bagus. Kualitas jaringan internet buruk menempati sebagian kecil area di Desa Kalisidi dan Desa Lerep. Area dengan kualitas jaringan internet buruk yang terletak di sebagian kecil wilayah Desa Kalisidi merupakan tempat wisata alam berupa air terjun yang padat vegetasi. Selain itu, area tersebut memiliki ketinggian lahan yang relatif tinggi dibandingkan desa lainnya, yaitu berkisar antara 1001 hingga 1500 mdpl. Selain itu, area tersebut tidak berada pada wilayah pemukiman.



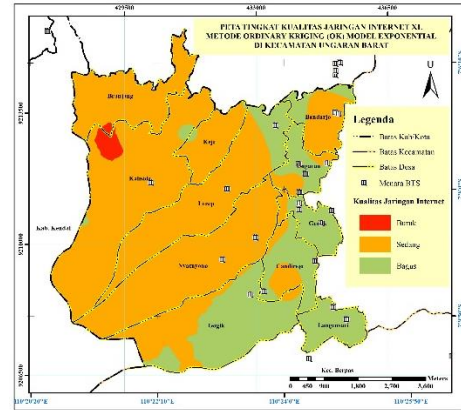
Gambar 13. Tri OK Gaussian

4. XL
 Berdasarkan Tabel 16 nilai RSS terkecil pada provider XL dimiliki oleh model *exponential* sebesar 37,576. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode OK model *exponential* memiliki akurasi hasil interpolasi yang paling baik untuk memetakan tingkat kualitas jaringan internet provider XL.

Tabel 16. RSS Interpolasi OK XL

Model	RSS
<i>Spherical</i>	38,656
<i>Exponential</i>	37,576
<i>Gaussian</i>	40,323

Peta tingkat kualitas jaringan internet XL di Kecamatan Ungaran Barat menggunakan metode OK model *exponential* ditunjukkan pada Gambar 14. Kategori kualitas jaringan internet terdiri dari 3 kategori, yaitu buruk, sedang, dan bagus. Kualitas jaringan internet buruk menempati sebagian kecil area di Desa Branjang dan Desa Kalisidi. Area dengan kualitas jaringan buruk tidak memiliki menara BTS dan berada pada topografi yang cukup landai, yaitu berada pada ketinggian lahan 251-750 mdpl. Selain itu, area tersebut memiliki pemukiman yang jarang.



Gambar 14. XL OK Exponential

3.3 Analisis Uji Validasi

Berdasarkan Tabel 17 menunjukkan bahwa metode IDW menghasilkan peta tingkat kualitas jaringan internet Smartfren yang lebih baik dibandingkan metode OK. Metode OK menghasilkan peta tingkat kualitas jaringan internet Telkomsel yang lebih baik dibandingkan metode IDW. Metode IDW menghasilkan peta tingkat kualitas jaringan internet Tri yang lebih baik dibandingkan metode OK. Metode IDW menghasilkan peta tingkat kualitas jaringan internet XL yang lebih baik dibandingkan metode OK.

Tabel 17. Hasil Uji Validasi IDW dan OK

Provider	Metode	RMSE	ME
Smartfren	IDW Power 1	0,788	0,641
	OK Spherical	1,002	0,799
Telkomsel	IDW Power 1	0,992	0,986
	OK Gaussian	0,487	0,391
Tri	IDW Power 2	0,714	-0,370
	OK Gaussian	0,752	-0,320
XL	IDW Power 1	0,682	0,295
	OK Exponential	0,760	0,379

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa layanan provider internet yang memiliki kualitas jaringan paling baik di Kecamatan Ungaran Barat adalah provider Tri, sedangkan layanan provider internet yang memiliki kualitas jaringan kurang baik di Kecamatan Ungaran Barat adalah provider Telkomsel.

Pemetaan kualitas jaringan internet terbaik untuk Smartfren menggunakan IDW power 1 dan OK *spherical*, untuk Telkomsel menggunakan IDW power 1 dan OK *gaussian*, untuk Tri menggunakan IDW power 2 dan OK *gaussian*, dan untuk XL menggunakan IDW power 1 dan OK *exponential*.

Model interpolasi terbaik untuk pemetaan tingkat kualitas jaringan internet berdasarkan hasil uji validasi pada Smartfren menunjukkan bahwa metode IDW lebih baik dibandingkan dengan metode OK, Telkomsel menunjukkan bahwa metode OK lebih baik dibandingkan dengan metode IDW, Tri menunjukkan bahwa metode IDW lebih baik dibandingkan dengan metode OK, dan XL menunjukkan bahwa metode IDW lebih baik dibandingkan dengan metode OK.

4.2 Saran

Saran yang diberikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya agar memberikan hasil dan analisis yang lebih baik sebagai berikut:

1. Kelengkapan data pada informasi setiap menara BTS seperti layanan provider yang dibawa oleh masing-masing menara BTS dapat dilengkapi untuk menjadi tambahan analisis hasil pemetaan kualitas jaringan internet, sehingga analisis kualitas jaringan internet menjadi lebih mendalam.
2. Parameter kualitas jaringan internet seperti jangkauan menara BTS dan topografi dapat dilakukan analisis regresi untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh terhadap kualitas jaringan internet. Selain itu, parameter lain seperti cuaca dan waktu pengukuran dapat dijadikan sebagai bahan analisis hasil pemetaan kualitas jaringan internet.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, Y., & Prasetyo, A. (2022). Pengukuran Kualitas Jaringan Internet dengan Sinyal 4G LTE Operator Telkomsel di Jalan Imam Bonjol Kota Medan dengan Metode Quality of Service (QoS). *Jurnal Elektro Dan Komunikasi*, 8, 82–89.
- Anggara, B., Marwanza, I., & Azizi, M. A. (2021). Penentuan Model Variogram Berdasarkan Root Mean Square Error di PT X, Sulawesi Utara. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 4(1), 11–21.
- Ernawati, T., & Pratama, B. D. (2020). Comparative Analysis of 4G Network Internet Data Connectivity Based on Quality of Service (QoS) Method (Case Study West Bandung Regency Tourism Area). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/879/1/012017>
- Firmansyah, D., & Dede. (2022). Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*, 1(2), 85–114. <https://doi.org/10.55927>
- Kurniawan, A., Makmur, E., & Supari. (2021). Menentukan Metode Interpolasi Spasial Curah Hujan Bulanan Terbaik di Jawa Timur. *Seminar Nasional Geomatika*, 263. <https://doi.org/10.24895/sng.2020.0-0.1142>
- Maulana, A. R., Walidainy, H., Irhamsyah, M., Fathurrahman, & Akhyar. (2021). Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Pada Website e-Learning Universitas Syiah Kuala Berbasis Wireshark. *KITEKTRO: Jurnal Komputer, Teknologi Informasi, Dan Elektro*, 6(2), 27–30.
- Ouabo, R. E., Sangodoyin, A., & Ogundiran, M. B. (2020). Assessment of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighting Methods for Modeling Chromium and Cadmium Soil Pollution in E-waste Sites in Douala, Cameroon. *Journal of Health and Pollution*, 10(26). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.26.200605>
- Pujakesuma, I. A., Iwan Iskandar, Novriyanto, & Pizaini. (2023). Analisis Kualitas Jaringan Internet 4G Menggunakan Metode Quality of Service. *Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 3(6), 798–805. <https://doi.org/10.30865/klik.v3i6.897>
- Purnomo, H., & R. Andy Erwin Wijaya. (2022). Pemetaan Sebaran Kadar Al₂O₃ dan RSiO₂ Pada Endapan Laterit Bauksit Menggunakan Pendekatan Metode Interpolasi Ordinary Kriging Dan Inverse Distance Weighting. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 14(1), 75–86. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v14i1.1227>
- Robinson, T. P., & Metternicht, G. (2006). Testing The Performance of Spatial Interpolation Techniques for Mapping Soil Properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(2), 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.07.003>
- Santoso, A. (2023). Rumus Slovin: Panacea Masalah Ukuran Sampel? *Suksma: Jurnal Psikologi Universitas Sanata Dharma*, 4(2), 24–43.
- Ubaedila, I., Odi Nurdiawan, Yudhistira Arie Wijaya, & Jaelani Sidik. (2021). Layanan Jaringan Menggunakan Metode Sniffing Berbasis Wireshark. *INFORMATICS FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS*, 6(1), 95–104.
- Utami, P. R. (2020). Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (ISP) Indihome dan First Media. *Jurnal Ilmiah*

Teknologi Dan Rekayasa, 25(2), 125–137.
<https://doi.org/10.35760/tr.2020.v25i2.2723>

Zikri, H., Iwan Iskandar, & Pizaini. (2022). Analisis Kualitas Jaringan Internet Kampus Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Menerapkan Metode Quality of Service(QoS). *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(5), 1502.
<https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i5.4930>