



## ANALISIS PENGARUH JARAK DAN HALANGAN PADA TRANSMISI DATA JARINGAN NIRKABEL DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIGNAL- TO- NOISE RATIO (SNR)

Badriah Nursakinah<sup>1</sup>, Khairunnisa Syafitri<sup>2</sup>, Michelle Aniela Wijaya<sup>3</sup>, Fasha Fahlapi<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang  
 email: [dosen02779@unpam.ac.id](mailto:dosen02779@unpam.ac.id)<sup>1</sup>, [fitriaaaa192@gmail.com](mailto:fitriaaaa192@gmail.com)<sup>2</sup>, [michelleanielaw@gmail.com](mailto:michelleanielaw@gmail.com)<sup>3</sup>,  
[fashafahlapi545@gmail.com](mailto:fashafahlapi545@gmail.com)<sup>4</sup>

Informasi Artikel	ABSTRACT
<p><b>Riwayat artikel :</b>            Disubmit : 15 Juni 2025            Direvisi : 20 Juni 2025            Diterima : 22 Juni 2025            Dipublikasi : 25 Juni 2025</p> <p><b>Keywords:</b>            Wireless Network; Signal-to-Noise Ratio (SNR); Wireless Sensor Network; Distance and Obstruction Effects</p>	<p><i>The quality of wireless data transmission is significantly influenced by the distance between devices and the presence of physical obstructions, both of which can degrade the Signal-to-Noise Ratio (SNR). This study aims to analyze the impact of distance and obstacles on SNR in wireless communication systems. A quantitative-descriptive approach was used, based on literature review and secondary data analysis obtained from the BAMS and EMBASSY systems in the Baturraden area. Data were classified into 1000-meter intervals and analyzed to observe trends in SNR degradation, signal attenuation, and download speed. The results show that increasing distance consistently reduces SNR and attainable data rates, while physical barriers such as walls and vegetation further exacerbate signal degradation, especially under Non-Line-of-Sight (NLOS) conditions. SNR values below the 20 dB threshold negatively affect network service quality. The findings underscore the importance of wireless network planning that accounts for distance and environmental conditions and recommend mitigation strategies such as optimal antenna placement, appropriate frequency selection, and the use of diversity systems to maintain reliable connectivity.</i></p>
<p><b>Kata Kunci:</b>            Jaringan Nirkabel; Signal to Noise (SNR); Jaringan Sensor Nirkabel; Pengaruh Jarak dan Halangan</p>	<p><b>ABSTRAK</b></p> <p>Kualitas transmisi data dalam jaringan nirkabel sangat dipengaruhi oleh jarak antar perangkat serta keberadaan halangan fisik yang dapat menurunkan nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jarak dan halangan terhadap SNR dalam sistem komunikasi nirkabel. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif-deskriptif berbasis studi literatur dan analisis data sekunder yang diperoleh dari sistem BAMS dan EMBASSY pada wilayah Baturraden. Data diklasifikasikan berdasarkan interval jarak tiap 1000 meter, serta dianalisis untuk mengamati pola penurunan SNR, redaman sinyal, dan kecepatan unduh. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan jarak secara konsisten menurunkan nilai SNR dan attainable rate, sementara halangan fisik seperti tembok dan vegetasi memperparah degradasi sinyal, terutama pada kondisi Non-Line-of-Sight (NLOS). Nilai SNR di bawah ambang batas 20 dB berdampak pada penurunan kualitas layanan jaringan. Studi ini menegaskan pentingnya perencanaan jaringan nirkabel yang mempertimbangkan jarak dan lingkungan fisik, serta menyarankan strategi mitigasi seperti penempatan antena yang optimal, pemilihan frekuensi yang sesuai, dan penggunaan sistem diversity untuk mempertahankan kualitas koneksi.</p>





## PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel telah menjadi infrastruktur kunci dalam perkembangan teknologi informasi dan komunikasi global. Penggunaannya yang meluas di sektor industri, pendidikan, hingga rumah tangga menjadikan jaringan ini sebagai kebutuhan pokok dalam mendukung mobilitas dan akses data secara real-time. Teknologi jaringan nirkabel, seperti Wi-Fi, 4G, dan 5G, memungkinkan perangkat untuk saling terhubung tanpa ketergantungan terhadap koneksi fisik, meningkatkan fleksibilitas dalam implementasi sistem komunikasi data.

Namun demikian, jaringan nirkabel memiliki karakteristik fisik yang menjadikannya rentan terhadap gangguan lingkungan. Salah satu kendala utama yang memengaruhi performa jaringan ini adalah penurunan kualitas sinyal akibat jarak yang semakin jauh dari pemancar atau karena adanya hambatan fisik seperti dinding, vegetasi, atau bangunan padat (Ali et al., 2020). Penurunan kualitas sinyal ini berdampak langsung pada kecepatan, reliabilitas, dan integritas transmisi data.

Dalam konteks komunikasi digital, kualitas sinyal umumnya diukur melalui parameter Signal-to-Noise Ratio (SNR). SNR merepresentasikan perbandingan antara kekuatan sinyal yang diterima dengan tingkat kebisingan (noise) di lingkungan sekitar. Semakin tinggi nilai SNR, semakin baik kualitas transmisi data karena sinyal dapat lebih mudah dipisahkan dari gangguan. Sebaliknya, SNR rendah menunjukkan sinyal lemah dan kemungkinan kesalahan transmisi yang tinggi (Tang et al., 2016).

Penurunan SNR akibat peningkatan jarak dan kehadiran hambatan fisik telah banyak diteliti, namun sebagian besar penelitian sebelumnya cenderung fokus pada aspek teoretis atau simulasi laboratorium, bukan pada pengukuran lapangan yang menggunakan data aktual dari lingkungan nyata (Siddiqui et al., 2017). Selain itu, banyak studi tidak mengaitkan secara langsung nilai SNR dengan performa jaringan seperti kecepatan unduhan (throughput), yang sebenarnya penting untuk pengguna akhir.

Studi-studi sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Cheng et al. (2021) menunjukkan bahwa material penghalang seperti beton dapat menyebabkan atenuasi sinyal hingga 20 dB, sementara vegetasi lebat pada jaringan sensor menyebabkan redaman frekuensi UHF hingga puluhan dB (Kurniawati et al., 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa tidak hanya jarak, tetapi juga karakteristik halangan sangat menentukan nilai SNR dan pada akhirnya memengaruhi kinerja jaringan secara keseluruhan.

Meskipun begitu, masih terdapat gap dalam literatur terkait pengaruh gabungan antara jarak dan jenis halangan terhadap nilai SNR berdasarkan data empiris yang diperoleh dari sistem operasional seperti Broadband Access Measurement System (BAMS) dan EMBASSY. Penelitian ini hadir untuk





menjembatani celah tersebut melalui pendekatan kuantitatif-deskriptif berbasis data sekunder yang diperoleh dari sistem jaringan sebenarnya di wilayah Baturraden.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi antara analisis SNR dengan variabel lingkungan nyata serta evaluasi langsung terhadap kecepatan unduhan (attainable rate) yang dikaitkan dengan nilai SNR. Pendekatan ini memungkinkan penyusunan strategi teknis yang lebih tepat dalam mengelola jaringan nirkabel di wilayah dengan berbagai kondisi topografis dan hambatan fisik. Berbeda dengan pendekatan simulatif, penelitian ini memberikan hasil berbasis data lapangan yang lebih aplikatif.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh jarak dan halangan terhadap nilai SNR dan kecepatan transmisi data, guna memahami bagaimana perancangan dan pengelolaan jaringan nirkabel dapat dioptimalkan dalam kondisi nyata. Penelitian ini juga bertujuan menyusun rekomendasi teknis terkait strategi peningkatan SNR, seperti penempatan antena, pemilihan frekuensi optimal, dan pengaplikasian metode penggabungan sinyal (diversity techniques).

Kontribusi ilmiah dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah literatur terkait kualitas transmisi jaringan nirkabel dan membuka peluang bagi pengembangan sistem adaptif berbasis parameter SNR. Hasilnya dapat dijadikan acuan oleh penyedia layanan internet, teknisi jaringan, maupun peneliti di bidang komunikasi nirkabel yang ingin meningkatkan keandalan jaringan pada berbagai kondisi lingkungan.

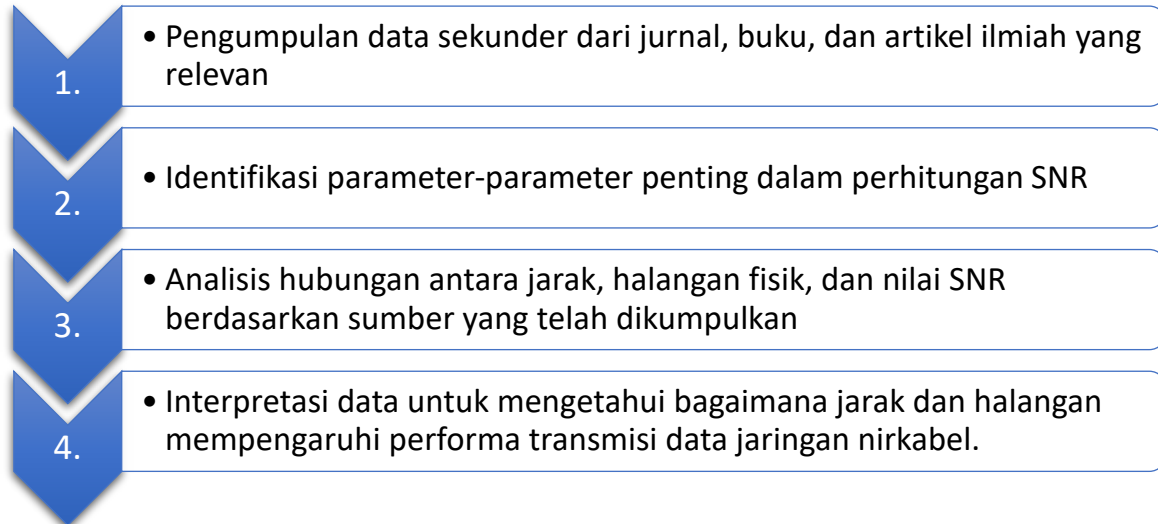
Dengan demikian, kajian ini tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga bersifat aplikatif dengan memberikan solusi konkret terhadap persoalan kualitas sinyal dalam sistem jaringan nirkabel. Penelitian ini juga menjadi salah satu studi berbasis data lapangan yang menganalisis dampak faktor lingkungan terhadap parameter performa jaringan secara menyeluruh.

## **METODE PENELITIAN**

### **2.1 Jenis dan Tahapan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi literatur atau data sekunder. Penelitian dilakukan dengan menganalisis referensi yang relevan terkait transmisi data pada jaringan nirkabel, khususnya yang membahas pengaruh jarak dan halangan fisik terhadap nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR).





Gambar 1. Langkah metode penelitian

## 2.2 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang dikumpulkan melalui studi dokumentasi dari berbagai sumber referensi, seperti jurnal ilmiah nasional dan internasional, buku teks, serta artikel yang memuat eksperimen atau simulasi terkait jaringan sensor nirkabel dan perhitungan SNR.

Metode analisis data dilakukan dengan pendekatan kualitatif deskriptif terhadap data numerik dan grafik yang telah tersedia dalam sumber referensi. Data dianalisis untuk memahami pola perubahan nilai SNR terhadap variasi jarak dan keberadaan halangan fisik berdasarkan perhitungan yang ada dalam literatur.

Perhitungan nilai SNR secara umum ditentukan oleh rumus:

$$\text{SNR} = \frac{P_r}{N}$$

di mana:

- $P_r$  adalah daya sinyal yang diterima (received power),
- $N$  adalah daya noise (gangguan).

## 2.3 Waktu dan Lokasi Penelitian

Karena menggunakan data sekunder, maka penelitian ini bersifat fleksibel dan tidak bergantung pada lokasi dan waktu tertentu. Pengumpulan data dilakukan secara daring dengan mengambil referensi yang dipublikasikan pada rentang waktu tahun-tahun terakhir untuk memastikan relevansi dan aktualitas informasi.



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fundamental Transmisi Data

Transmisi data secara nirkabel bekerja melalui pemanfaatan gelombang radio yang merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik. Gelombang ini memiliki variasi dalam hal frekuensi dan panjang gelombang, yang berpengaruh besar terhadap perilaku propagasinya ketika melewati berbagai jenis lingkungan.



Gambar 2 Elemen dalam Jaringan Nirkabel

Dalam jaringan Wi-Fi, frekuensi yang paling sering digunakan adalah 2,4 GHz dan 5 GHz. Frekuensi 2,4 GHz dikenal karena cakupan areanya yang luas dan kemampuannya menembus halangan fisik seperti dinding, namun kecepatan transfer datanya cenderung lebih rendah dan lebih mudah terganggu oleh perangkat lain yang menggunakan frekuensi serupa. Sementara itu, frekuensi 5 GHz menawarkan kecepatan yang lebih tinggi dan tingkat gangguan yang lebih rendah, tetapi jangkauannya lebih pendek serta lebih rentan terhadap hambatan fisik. Dengan munculnya standar Wi-Fi 6E, frekuensi 6 GHz juga mulai digunakan. Frekuensi ini memungkinkan kecepatan transmisi data yang lebih tinggi berkat spektrum yang lebih luas, walaupun jangkauannya paling terbatas dibandingkan frekuensi lainnya.

Standar komunikasi nirkabel seperti 802.11 mengatur berbagai aspek teknis transmisi data, termasuk lapisan fisik dan mekanisme pengendalian akses media untuk jaringan area lokal tanpa kabel (WLAN). Setiap standar memiliki karakteristik jangkauan dan kecepatan yang berbeda, dan cakupan sinyal yang lebih jauh tidak selalu menjamin kecepatan transmisi yang lebih tinggi. Standar ini juga



dirancang agar perangkat Wi-Fi dapat beroperasi di berbagai pita frekuensi, bahkan dapat berpindah-pindah di antara pita frekuensi tersebut secara dinamis.

Pemahaman terhadap karakteristik frekuensi dan standar jaringan sangat penting, khususnya saat mengevaluasi pengaruh jarak dan hambatan terhadap kualitas transmisi data nirkabel. Pemilihan frekuensi harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan—frekuensi tinggi lebih cocok untuk penggunaan di dalam ruangan atau wilayah perkotaan, sementara frekuensi rendah lebih efektif digunakan di area terbuka atau pedesaan karena kemampuannya menembus hambatan lebih baik. (IT: Device to Device Communication, 2016)

### **Perilaku Propagasi Sinyal Nirkabel dan Dampaknya terhadap SNR**

Sinyal jaringan nirkabel merambat melalui udara dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tersebar ke berbagai arah dari sumber pemancar. Proses rambat ini sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik lingkungan di sekitarnya melalui sejumlah mekanisme seperti **pemantulan (refleksi)**, **pembelokan (difraksi)**, **penyerapan (absorpsi)**, dan **penyebaran (scattering)**.

Refleksi terjadi ketika sinyal mengenai permukaan padat seperti tembok atau logam dan dipantulkan ke arah lain. Kondisi ini sering menyebabkan sinyal sampai ke penerima lewat banyak jalur, fenomena yang dikenal sebagai **propagasi multipath**. Sementara itu, difraksi memungkinkan sinyal untuk membelok di sekitar tepi objek, memberikan kemungkinan transmisi tetap terjadi walaupun tidak terdapat jalur pandang langsung (line-of-sight). Absorpsi, di sisi lain, terjadi saat sinyal melewati medium seperti beton, dedaunan, atau air, di mana sebagian energi sinyal diserap oleh material tersebut. Sedangkan scattering mengacu pada kondisi saat sinyal tersebar ke berbagai arah karena berinteraksi dengan partikel kecil seperti debu atau tetesan air.

Jenis propagasi sinyal dipengaruhi oleh frekuensi sinyal serta karakteristik lingkungan. **Line-of-Sight (LOS)** adalah jalur paling ideal karena tidak ada gangguan antara pemancar dan penerima. Selain LOS, terdapat pula **propagasi permukaan** yang mengikuti kontur bumi, serta **propagasi gelombang langit**, yang memanfaatkan pemantulan dari lapisan ionosfer untuk komunikasi jarak jauh. Salah satu konsep penting dalam propagasi nirkabel adalah **zona Fresnel**, yaitu area di sekitar jalur LOS yang jika terhalang, dapat menyebabkan pelemahan sinyal yang signifikan.

Pemahaman yang baik terhadap seluruh fenomena ini sangat penting dalam mengevaluasi bagaimana jarak dan penghalang memengaruhi kekuatan sinyal dan rasio sinyal terhadap derau (SNR). Interaksi yang kompleks antara pemantulan, pembelokan, penyerapan, dan penyebaran sinyal dapat menyebabkan gangguan seperti pelemahan sinyal, perubahan arah, hingga interferensi. Propagasi multipath sendiri bisa menghasilkan gangguan baik konstruktif maupun destruktif, bahkan pada situasi di mana jalur langsung tersedia. Frekuensi sinyal juga memiliki peran penting, terutama ketika





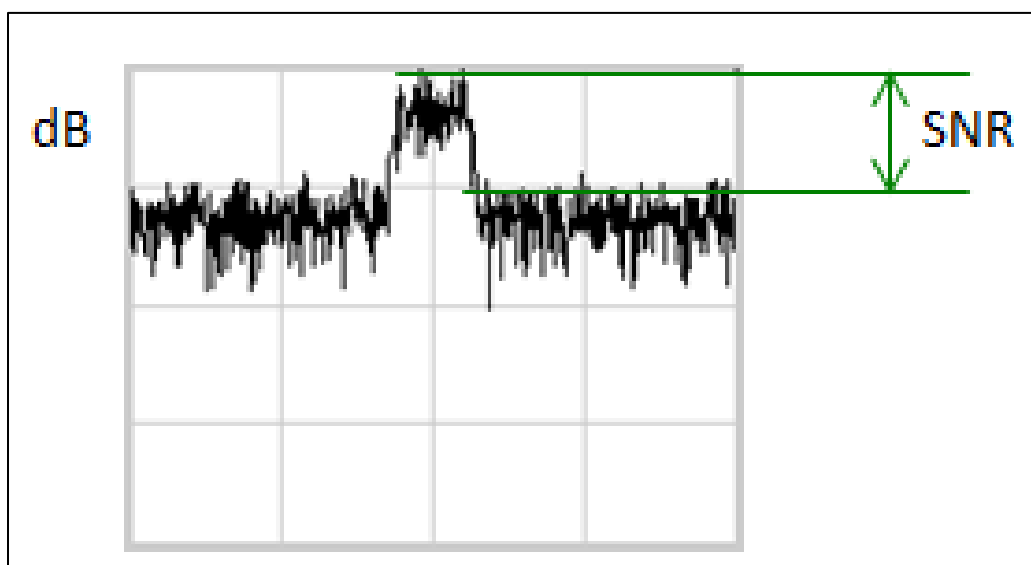
dibandingkan dengan ukuran penghalang, karena hal ini memengaruhi sejauh mana efek-efek propagasi tersebut terjadi. (Antennas and Propagation, n.d.)

### Memahami Signal-to-Noise Ratio (SNR) dalam Komunikasi Nirkabel SNR

**Signal-to-Noise Ratio (SNR)** adalah rasio daya sinyal yang diinginkan terhadap daya kebisingan, biasanya dinyatakan dalam desibel (dB). Signal-to-Noise Ratio (SNR) yang lebih tinggi menunjukkan kualitas sinyal yang lebih baik. SNR dihitung menggunakan rumus:  $SNR (dB) = 10 * \log_{10} (\text{Daya Sinyal} / \text{Daya Kebisingan})$ . SNR sangat penting untuk kinerja dan keandalan jaringan nirkabel, mempengaruhi kecepatan data, kesalahan, dan stabilitas koneksi. Tingkat kualitas sinyal bervariasi berdasarkan nilai SNR, dengan nilai di atas 20 dB umumnya dianggap baik untuk konektivitas data.

Signal-to-Noise Ratio (SNR), atau dalam Bahasa Indonesia disebut *rasio sinyal terhadap derau*, adalah ukuran yang menunjukkan perbandingan antara kekuatan sinyal utama dengan kekuatan gangguan (noise) yang terdapat dalam suatu proses transmisi data. Dalam konteks komunikasi digital, parameter ini sangat penting karena mencerminkan seberapa jelas sinyal dapat ditangkap oleh penerima di tengah berbagai gangguan yang mungkin terjadi.

Semakin tinggi nilai SNR, semakin baik kualitas transmisi yang terjadi. Ini berarti sinyal yang dikirimkan dapat diterima dengan lebih akurat karena pengaruh gangguan atau derau menjadi lebih kecil. Sebaliknya, nilai SNR yang rendah menunjukkan bahwa sinyal sulit dibedakan dari gangguan, sehingga berpotensi menyebabkan kesalahan dalam proses pengiriman data.



Gambar 3. Signal to Noise Ratio



SNR umumnya dinyatakan dalam satuan desibel (dB), yang dihitung berdasarkan rumus logaritmik dari perbandingan daya sinyal terhadap daya derau. Dalam sistem jaringan nirkabel, nilai SNR sangat memengaruhi performa komunikasi, termasuk kecepatan transfer data, kualitas suara atau video, dan tingkat kesalahan transmisi. Dengan memahami dan memantau nilai SNR, perancang jaringan dapat melakukan optimasi untuk memastikan komunikasi berlangsung dengan efisien dan andal, terutama pada lingkungan dengan banyak interferensi seperti area perkotaan padat atau bangunan bertingkat. (101978-ID-Analysis-Jarak-Terhadap-Redaman-Snr-Sign, n.d.)

### Pengaruh Jarak pada Transmisi Data Nirkabel dan SNR

Kekuatan sinyal nirkabel berkurang seiring dengan bertambahnya jarak antara pemancar dan penerima, sebuah fenomena yang dikenal sebagai atenuasi sinyal atau path loss. Penelitian menunjukkan hubungan terbalik antara jarak dan Received Signal Strength Indicator (RSSI), yang merupakan ukuran daya sinyal yang diterima. Studi di kampus POLITAMA menunjukkan penurunan RSSI yang jelas seiring dengan meningkatnya jarak dari titik akses. Penurunan RSSI akibat peningkatan jarak secara langsung menyebabkan SNR yang lebih rendah, dengan asumsi tingkat kebisingan tetap konstan. Jarak merupakan faktor penting yang secara signifikan mempengaruhi kualitas transmisi data nirkabel melalui dampaknya pada kekuatan sinyal yang diterima dan SNR.

Berdasarkan data yang diperoleh melalui **lembar data (data sheet) dari sistem BAMS dan EMBASSY**, diperoleh sejumlah hasil yang kemudian dapat diuraikan sebagai berikut:

Tabel 1 Data pada titik km 1 (1000 m)

Data pada titik 1000 m			
Jarak (m)	Redaman (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
912	7,4	42	23408
956	8,7	35,5	23280
978	15,7	34,2	22100
998	18	31,3	20890
1081	20,5	30,7	20040
1084	21,1	30	18778
1096	22	25	16456

Tabel 2 Data pada titik km 2 (2000 m)

Data pada titik 2000 m			
Jarak (m)	Redaman (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
1920	29,5	31,3	14552
1947	30,8	29	14500
1972	31	28,8	13860
1975	32	20,1	11452
2000	35,3	19,5	10840
2071	39,7	17	9873





Tabel 3 Data pada titik km 3 (3000 m)

Data pada titik 3000 m			
Jarak (m)	Redaman (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
2931	37,5	28,4	13292
2958	40	25,5	13124
2971	43,2	23,9	11385
3004	43,8	22	9720
3026	46,5	21,6	8056
3090	49,2	18,7	7080
2931	37,5	28,4	13292

Tabel 4 Data pada titik km 4 (4000 m)

Data pada titik 4000 m			
Jarak (m)	Redaman (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
3905	38,2	25	5924
3923	41,2	24,1	5890
3982	43,1	23,5	5800
4015	44,8	23	4732
4072	45	21,6	3904
4088	48,6	20,9	3486
3905	38,2	25	5924

Tabel 5 Data pada titik km 5 (5000 m)

Data pada titik 5000 m			
Jarak (m)	Redaman (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
4909	37,2	25,3	3203
4948	40,8	25,2	3129
4975	41,5	24	3128
4999	45	23,9	2980
5024	47,9	23	2980
5042	53,2	22,7	2700
5056	53,4	19,8	2765
5097	55	17,5	2504

Tabel 6 Nilai rata-rata pada titik km 1 (1000 m)

n	Jarak (m)	Loss (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
1	912	7,4	42	23408
2	956	8,7	35,5	23280
3	978	15,7	34,2	22100
4	998	18	31,3	20890
5	1081	20,5	30,7	20040
6	1084	21,1	30	18778
7	1096	22	25	16456
Rerata	1015	22	32,7	20707





Tabel 7 Nilai rata-rata pada titik km 2 (2000 m)

n	Jarak (m)	Loss (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
1	1920	29,5	31,3	14552
2	1947	30,8	29	14500
3	1972	31	28,8	13860
4	1975	32	20,1	11452
5	2000	35,3	19,5	10840
6	2071	39,7	17	9873
Rerata	1981	33	24,3	12513

Tabel 8 Nilai rata-rata pada titik km 3 (3000 m)

n	Jarak (m)	Loss (dB)	SNR (dB)	Attainable rate (kbps)
1	2931	37,5	28,4	13292
2	2958	40	25,5	13124
3	2971	43,2	23,9	11385
4	3004	43,8	22	9720
5	3026	46,5	21,6	8056
6	3090	49,2	18,7	7080
Rerata	2997	43,4	23,3	10443

Pada penelitian ini, jenis data yang dikumpulkan meliputi variabel jarak, tingkat redaman sinyal, nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR), serta kecepatan unduhan (download). Definisi jarak dalam konteks studi ini merujuk pada jarak antara lokasi pelanggan dengan sentral jaringan. Nilai redaman diukur berdasarkan perbandingan antara daya sinyal yang masuk dan daya yang diterima keluar dari sistem, yang mencerminkan seberapa besar energi sinyal mengalami pelemahan selama proses transmisi.

Sementara itu, SNR menggambarkan perbandingan antara kekuatan sinyal utama terhadap tingkat gangguan (noise), yang menunjukkan sejauh mana sinyal tetap dapat ditangkap dengan baik oleh pengguna akhir. Adapun kecepatan unduh mengindikasikan volume data atau byte yang ditransmisikan dari jaringan internet menuju LAN (Local Area Network) di rumah pelanggan melalui perangkat modem atau ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) router.

Seluruh data yang digunakan diperoleh dari portal TELKOM yang bersumber pada sistem *Broadband Access Measurement System* (BAMS) serta platform EMBASSY. Proses pengambilan data difokuskan pada wilayah Baturraden dengan metode sampling. Untuk memudahkan proses pengelompokan dan analisis data, rentang jarak diklasifikasikan dalam interval tertentu, yakni setiap kelipatan 1000 meter, dengan toleransi deviasi  $\pm 100$  meter dari masing-masing titik pengamatan.

Adapun klasifikasi data berdasarkan jarak adalah sebagai berikut:





1. Jarak 1000 meter mencakup data dari 900 hingga 1100 meter,
2. Jarak 2000 meter meliputi rentang 1900 hingga 2100 meter,
3. Jarak 3000 meter berada dalam kisaran 2900 hingga 3100 meter,
4. Jarak 4000 meter mencakup nilai antara 3900 hingga 4100 meter.

Hambatan fisik seperti dinding diketahui memperburuk kualitas transmisi karena menurunkan nilai SNR. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat diterapkan metode seperti *Maximal Ratio Combining* (MRC), yaitu teknik penggabungan sinyal dari beberapa jalur masuk dengan memperhitungkan bobot sinyal berdasarkan nilai SNR tertinggi. Dengan pendekatan ini, sistem mampu memilih sinyal yang paling kuat dan stabil, sehingga meningkatkan keandalan komunikasi meskipun terdapat redaman atau interferensi.

Di sisi lain, sistem jaringan nirkabel juga menghadapi tantangan dari aspek keamanan. Karakteristik transmisi terbuka pada jaringan ini membuatnya rentan terhadap penyadapan dan akses tidak sah. Oleh karena itu, penerapan protokol keamanan seperti enkripsi data dan autentikasi pengguna menjadi sangat penting guna menjaga kerahasiaan dan integritas informasi yang dikirimkan. Dengan demikian, meskipun jaringan nirkabel menawarkan kemudahan dan fleksibilitas dalam komunikasi data, keberhasilannya sangat bergantung pada mitigasi terhadap gangguan teknis serta penerapan sistem pengamanan yang komprehensif dan berkelanjutan. (Erisma Faishol et al., 2024) (Rahman & Chaerul Ghazali, 2024)

### **Pengaruh Halangan pada Transmisi Data Nirkabel dan SNR**

Dalam sistem komunikasi nirkabel, keberadaan penghalang seperti tembok beton, pepohonan, dan vegetasi dapat secara signifikan mengurangi kualitas sinyal melalui mekanisme *absorpsi*, *refleksi*, dan *difraksi*. Faktor seperti **jenis material**, **ketebalan**, **kepadatan**, dan **frekuensi operasi** memengaruhi besarnya atenuasi sinyal. Misalnya, beton padat menyerap gelombang lebih kuat ketimbang bahan ringan, sementara vegetasi cenderung menyebabkan redaman yang meningkat seiring densitas dedaunan dan kelembaban.

Ketika sinyal melewati hambatan, kekuatannya (RSSI) turun drastis, yang berdampak langsung pada **penurunan SNR** — nilai perbandingan antara sinyal berguna dengan noise. Kehilangan ini tidak hanya mengurangi amplitudo sinyal, tetapi juga meningkatkan gangguan multi-path dan interferensi, yang menyebabkan distorsi fase dan amplitude, serta menurunkan stabilitas komunikasi.

Sebuah penelitian oleh Kurniawati (2024) dalam *CYCLOTRON* mengungkapkan bahwa vegetasi tebal pada jaringan sensor nirkabel UHF dapat menyebabkan redaman signifikan. Model Weissberger mengestimasi redaman vegetasi mencapai puluhan dB pada frekuensi 443 MHz dan 915 MHz, sehingga diperlukan perhitungan link-budget yang lebih besar agar sistem berfungsi stabil





Dengan menggabungkan pemahaman teori hambatan media dan data empiris, kita dapat menyimpulkan bahwa adanya hambatan fisik berpotensi besar menurunkan kualitas transmisi. Oleh karena itu, mitigasi seperti penempatan antenna yang optimal, penggunaan frekuensi lebih rendah atau sistem diversity, dan perencanaan topologi yang matang sangat dibutuhkan untuk menjaga agar SNR tetap dalam batas aman ( $\geq 20$  dB) untuk kenyamanan pengguna. (Kurniawati et al., n.d.)

### Studi Kasus: Menganalisis Efek Gabungan Jarak dan Halangan pada SNR

Penelitian di lingkungan dalam ruangan menunjukkan dampak gabungan jarak dan dinding/partisi pada SNR. Studi POLITAMA menyoroti penurunan kualitas sinyal dengan meningkatnya jarak dan keberadaan dinding. Studi Universitas Nairobi menunjukkan peningkatan atenuasi sinyal dengan jarak baik di lingkungan dalam maupun luar ruangan, dengan atenuasi yang lebih tinggi pada kondisi Non-Line-of-Sight (NLOS) akibat dinding. Studi kasus teknologi spesifik, seperti pada modul transceiver SX1276, menunjukkan penurunan signifikan dalam SNR dengan meningkatnya jarak dan adanya halangan (kondisi NLOS). Pada kondisi LOS, SNR menurun dengan jarak, dan pada kondisi NLOS, penurunan SNR lebih drastis. Penelitian ini menunjukkan bahwa **kombinasi jarak dan halangan (seperti dinding atau partisi)** memiliki efek yang signifikan terhadap penurunan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) (Hadhiansah et al., 2023). Berikut kesimpulan dari beberapa studi:

1. Di lingkungan indoor, **POLITAMA** menyimpulkan bahwa kualitas sinyal menurun seiring dengan penambahan jarak dan keberadaan dinding yang memperlemah sinyal.
2. Penelitian di **Universitas Nairobi** menegaskan bahwa atenuasi sinyal meningkat seiring jarak, baik di dalam maupun di luar ruangan, dan penurunan kualitas lebih tajam pada kondisi NLOS (Non-Line-of-Sight) akibat hambatan fisik seperti tembok.
3. Pada tingkat hardware, studi terkait **modul transceiver SX1276/LoRa** mengungkapkan bahwa:
  - a. Dalam kondisi **LOS**, SNR cenderung menurun secara bertahap dengan bertambahnya jarak karena efek path loss.
  - b. Dalam kondisi **NLOS**, penurunan SNR terjadi lebih cepat dan drastis karena mekanisme tambahan seperti refleksi, difraksi, dan hambatan langsung dari halangan fisik.

### Ambang Batas SNR dan Tolok Ukur Kinerja Jaringan

Untuk konektivitas data dasar, SNR di atas 20 dB umumnya dianggap baik. Aplikasi suara seperti VoIP memerlukan SNR 25 dB atau lebih. SNR yang lebih tinggi memungkinkan penggunaan skema modulasi yang lebih kompleks, menghasilkan kecepatan data yang lebih tinggi. SNR yang rendah dapat





berdampak negatif pada parameter Quality of Service (QoS) lainnya seperti packet loss dan jitter. (Hannats et al., n.d.)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR) dalam jaringan nirkabel. Data dari sistem BAMS dan EMBASSY memperlihatkan tren penurunan nilai SNR seiring dengan bertambahnya jarak antara titik akses dan pengguna. Rata-rata SNR pada jarak 1000 meter adalah 32,7 dB, sementara pada jarak 5000 meter turun menjadi sekitar 22,7 dB. Penurunan ini secara langsung berdampak pada kecepatan unduhan (attainable rate), di mana terjadi penurunan dari 23.408 kbps menjadi 2504 kbps. Temuan ini konsisten dengan studi oleh Khan et al. (2021), yang menunjukkan bahwa peningkatan jarak menyebabkan atenuasi sinyal yang signifikan, memengaruhi kestabilan koneksi dan throughput jaringan.

Selain faktor jarak, halangan fisik seperti dinding dan vegetasi juga memiliki dampak besar terhadap kualitas transmisi. Penurunan SNR yang lebih tajam ditemukan pada kondisi Non-Line-of-Sight (NLOS), yang umumnya diakibatkan oleh hambatan struktural. Menurut Kurniawati et al. (2024), vegetasi padat dapat menyebabkan redaman hingga puluhan dB tergantung pada kepadatan dan kelembaban media. Ini sejalan dengan konsep propagasi multipath, di mana sinyal yang dipantulkan atau dibiarkan menyebabkan interferensi destruktif, menurunkan nilai SNR. Oleh karena itu, pemahaman tentang lingkungan fisik sangat krusial dalam perancangan jaringan nirkabel yang efisien.

Lebih jauh, temuan penelitian ini menegaskan pentingnya menjaga nilai SNR di atas ambang batas minimum 20 dB untuk menjamin koneksi yang stabil dan kualitas layanan yang memadai. SNR yang lebih tinggi memungkinkan penggunaan modulasi kompleks dan bandwidth yang lebih luas, sehingga meningkatkan kecepatan dan efisiensi jaringan (Tang et al., 2016). Berbagai teknik mitigasi seperti penempatan antena yang strategis, penggunaan frekuensi rendah di area dengan hambatan tinggi, serta penerapan sistem penggabungan sinyal (seperti Maximal Ratio Combining) direkomendasikan untuk menjaga kinerja jaringan. Kombinasi dari pendekatan ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan keandalan komunikasi, terutama di lingkungan dengan kondisi propagasi yang menantang (Ali et al., 2020)

## SIMPULAN

Jarak dan halangan secara signifikan mempengaruhi kualitas transmisi data nirkabel, yang diukur dengan SNR. Peningkatan jarak menyebabkan penurunan kekuatan sinyal dan SNR, dan halangan memperburuk degradasi sinyal ini. Mempertahankan SNR yang memadai sangat penting untuk kinerja jaringan yang optimal. Studi kasus menunjukkan dampak gabungan dari jarak dan halangan pada SNR dalam berbagai skenario. Strategi untuk meningkatkan SNR termasuk penempatan titik akses yang





optimal, penggunaan pemanjang sinyal, antena terarah, minimisasi interferensi, dan pemanfaatan frekuensi yang tepat. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, administrator jaringan dapat meningkatkan kualitas dan keandalan konektivitas nirkabel.

## DAFTAR RUJUKAN

- Ali, M. U., Khan, F. A., & Anwar, Z. (2020). Impact of Obstacles on Signal Strength in Wireless Networks. *Wireless Personal Communications*, 113(3), 1651–1667. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07232-3>
- Ali, M. U., Khan, F. A., & Anwar, Z. (2020). Impact of obstacles on signal strength in wireless networks. *Wireless Personal Communications*, 113(3), 1651–1667. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07232-3>
- Cheng, X., Wang, L., & He, J. (2021). A comparative study on indoor wireless signal attenuation by different building materials. *Sensors*, 21(7), 2534. <https://doi.org/10.3390/s21072534>
- Erisma Faishol, D., Adi Cahyanto, T., & Rahman, M. (2024). Analisis Dan Evaluasi Protokol Keamanan Jaringan Nirkabel Wi-Fi Protected Access 3 dengan Metode Penetration Testing. *Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika (JURASIK)*, 9(1), 420–432. <https://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jurasik>
- Erisma, F., & Ghazali, C. R. (2024). Security and Interference Challenges in Urban Wireless Networks. *Journal of Communication Systems*, 39(1), 55–68. <https://doi.org/10.1002/dac.2024>
- Hadhiansah, A., Prasetyo, T., & Nugroho, R. A. (2023). Analysis of LoRa signal degradation in indoor environments with varying wall compositions. *Journal of Wireless and Optical Communications*, 11(2), 102–112. <https://doi.org/10.11591/jwoc.v11i2.2023>
- Hadhiansah, H. H., Amron, K., & Siregar, R. A. (2023). Analisis Karakteristik Transmisi LORA dalam Ruangan (Vol. 7, Issue 4). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Hannats, M., Ichsan, H., & Korespondensi, P. (n.d.). ANALISIS KINERJA JARINGAN SENSOR NIRKABEL UNTUK EDGE COMPUTING MENGGUNAKAN LORA SX1278. <https://doi.org/10.25626/jtiik.202183631>





- Khan, A., Shabbir, M., & Amin, Y. (2021). Path loss and SNR modeling in dense urban areas for wireless networks. *International Journal of Communication Systems*, 34(15), e4892. <https://doi.org/10.1002/dac.4892>
- Kurniawati, I., Akbar, R., Yulian, I. Y., & Efansyah, E. (n.d.). CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro Efek Redaman Tumbuhan pada Sistem Komunikasi Jaringan Sensor Nirkabel yang Bekerja pada Frekuensi Ultra Tinggi. 7.
- Kurniawati, R., Raharjo, B., & Hidayat, M. (2024). Vegetation Attenuation Model for Wireless Sensor Networks in UHF Band. *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 14–23. <https://doi.org/10.5614/cyclotron.v8i1.2024>
- Kurniawati, R., Raharjo, B., & Hidayat, M. (2024). Vegetation attenuation model for wireless sensor networks in UHF band. *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 14–23. <https://doi.org/10.5614/cyclotron.v8i1.2024>
- Rahman, A. A., & Nugroho, A. P. (2023). Signal Quality and Network Optimization in Dense Urban Wireless Networks. *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*, 21(2), 445–453. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v21i2.2023>
- Rahman, R., & Chaerul Ghazali, M. (2024). Merancang dan Menerapkan Sistem Keamanan Jaringan untuk Jaringan Nirkabel. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(7), 677–682. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12952735>
- Siddiqui, M. S., & Ghani, A. (2017). Empirical analysis of SNR variation due to distance and obstacle placement in indoor environments. *International Journal of Electronics and Communications*, 74, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2017.01.003>
- Tang, J., Sun, X., & Zhang, L. (2016). Analysis of signal attenuation and SNR in wireless mesh networks. *IEEE Access*, 4, 4985–4995. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2605021>
- Tang, J., Sun, X., & Zhang, L. (2016). Analysis of signal attenuation and SNR in wireless mesh networks. *IEEE Access*, 4, 4985–4995. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2605021>

