

OPTIMALISASI KINERJA REPEATER SINYAL GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE DENGAN METODE HIGH-MULTI SERIAL (STUDI KASUS : PEGUNUNGAN PEGANTENAN, PAMEKASAN)

Achmad Ubaidillah^{*)1}, Kiki Handoko² dan S. Ida Kholida³

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang, Kamal, Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia

³Pendidikan Fisika Elektro, Universitas Islam Madura

Jl. Pondok Pesantren Miftahul Ulum Betet, Pamekasan, Jawa Timur, Indonesia

^{*)E-mail: ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id}

Abstrak

Daerah pegunungan kecamatan Pegantenan kabupaten Pamekasan, sampai saat ini memiliki jaringan seluler *Global System for Mobile* (GSM) yang kurang baik. Jaringan tersebut baik di sebagian daerah, dan buruk di daerah yang lain. Hal ini karena kontur tanah di daerah pegunungan yang tinggi dan rendah dan mengitari pegunungan serta ketersediaan *Base Transceiver Station* (BTS) yang relatif kurang memadai. Padahal di zaman ini, seluruh warga masyarakat memiliki ketergantungan pada media dan peralatan digital, seperti *hand phone*, laptop dan sebagainya. Penggunaan *repeater* bisa dijadikan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Namun, jangkauan *repeater* sangat terbatas, dalam pengertian diperlukan teknik untuk meningkatkan dan memaksimalkan performansinya agar dihasilkan jangkauan semaksimal mungkin. Penelitian ini menguji dan mengoptimalkan kinerja *repeater* sinyal GSM dengan metode *High-Multi Serial* agar penggunaan *repeater* menjadi optimal dan menghasilkan jangkauan lebih luas serta menghasilkan *Quality of Service* (QoS) sinyal yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian antenna sangat berpengaruh pada jangkauan dan QoS dari sinyal keluaran *repeater*. Ketinggian optimal dari antenna *repeater* internal yang digunakan adalah sekitar 8 m dengan jumlah bar rata-rata 3 bar, *Signal to Noise Ratio* rata-rata 5,25 dB, *delay* rata-rata 78,63 ms, *jitter* rata-rata 31,50 ms, *throughput* rata-rata 793,75 Kbps dan *packet loss* rata-rata 1,38%. Selain itu, penggunaan *multi-repeater* yang disusun secara serial juga dapat meningkatkan jangkauan maupun QoS dengan peningkatan kinerja mendekati n kali lipat.

Kata kunci: optimalisasi, repeater, GSM, High-Multi Serial

Abstract

The mountainous area of the Pegantenan sub-district, Pamekasan district, has a poor Global System for Mobile (GSM) cellular network. The network was good in some areas, and bad in others. This condition is due to the contours of the land in the high and low mountainous areas surrounding the mountains and the relatively inadequate availability of Base Transceiver Stations (BTS). In fact, in this digital era, all citizens are dependent on digital media and equipment, such as cell phones, laptops and other. Repeater can be used as a solution to overcome this problem. However, the range of repeaters is very limited, in the sense that techniques are needed to improve and maximize their performance in order to produce the maximum possible range. This research tests and optimizes the performance of GSM signal repeaters using the High-Multi Serial method so that the use of repeaters is optimal and produces wider coverage and produces a better signal Quality of Service (QoS). The results showed that the height of the antenna greatly affects the range and QoS of the repeater output signal. The optimal height of the internal repeater antenna used is around 8 m with an average number of bars of 3 bars, an average Signal to Noise Ratio of 5.25 dB, an average delay of 78.63 ms, an average jitter of 31.50 ms, average throughput of 793.75 Kbps and average packet loss of 1.38%. Apart from that, the use of multi-repeaters arranged in series can also increase range and QoS with a performance increase of nearly n times.

Keywords: optimization, repeater, GSM, High-Multi Serial

1. Pendahuluan

Kebutuhan masyarakat akan teknologi telekomunikasi di era ini sangat mendesak di manapun mereka berada, baik

di perkotaan maupun pedesaan bahkan di daerah terpencil [1]. Namun ketersediaan sumber daya jaringan telekomunikasi untuk menyediakan layanan kepada masyarakat tidak merata [2]. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, seperti kepadatan penduduk, tipikal

kebutuhan penduduk akan telekomunikasi, kontur daerah bahkan keadaan perekonomian masyarakat [3].

Pegantenan adalah salah satu kecamatan di kabupaten Pamekasan, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Pegantenan adalah daerah pegunungan dan masyarakatnya adalah masyarakat pedesaan yang sedang berkembang. Namun ketersediaan sumber daya jaringan telekomunikasi di daerah tersebut kurang memadai. Hal itu disebabkan karena jumlah penduduk yang tidak sepadat perkotaan, karakter perekonomian penduduk serta kontur daerah pegunungan yang naik turun serta posisi rumah-rumah penduduk yang mengelilingi pegunungan, sehingga diperlukan perencanaan penyediaan jaringan telekomunikasi yang khusus [4].

Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan sumberdaya jaringan telekomunikasi adalah penggunaan *repeater* [5]. *Repeater* sinyal seluler berfungsi dalam menguatkan dan menyiarkan kembali sinyal seluler yang sudah lemah [6]. Sistem biasanya menggunakan antena *directional* eksternal untuk mengumpulkan sinyal seluler terbaik yang kemudian ditransmisikan ke unit penguat untuk menguatkan kembali sinyal dan mentransmisikannya kembali secara lokal serta memberikan secara signifikan peningkatan kekuatan sinyal [7]. Jenis *repeater* yang digunakan dalam penelitian ini adalah HP EDC MIFI Triband *Repeater Booster*.

HP EDC MIFI Triband *Repeater Booster* memiliki karakter performansi tertentu. Namun jika diterapkan di lapangan, performansi yang dihasilkan sering tidak sesuai atau di bawah standar performansi yang ditawarkan. Sehingga dibutuhkan teknik-teknik yang dapat mengoptimalkan performansinya [8][9]. Teknik optimalisasi kinerja *repeater* yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *High-Multi Serial*.

High-Multi Serial terdiri dari dua kata atau frasa, yaitu *High* dan *Multi Serial*. *High* berarti upaya optimalisasi kinerja *repeater* melalui pengaturan tinggi antena, baik antena penerima dan antena pemancar [10][11]. Tinggi antena sangat berpengaruh pada kualitas sinyal yang akan diterima [12]. Persamaan 1 berikut menunjukkan pengaruh tinggi antena terhadap jangkauan sinyal.

$$A = \sqrt{2Rh + h^2} \quad (1)$$

Dengan, A : Jangkauan Antena (m)
R : Radius bumi ($6,37 \times 10^6$ m)
h : Tinggi antena (m)

Beberapa penelitian sebelumnya tentang pengaturan tinggi antena, diantaranya adalah [13] yang membahas pengaruh tinggi *substrat* antena dan lebar *patch* pada performansi antena mikrostrip. Penelitian [14] juga hampir sama, yaitu menganalisa kinerja antena *rectangular patch* dengan pengaturan tinggi antena.

Frasa yang kedua adalah *Multi Serial*. *Multi Serial* berarti penggunaan *multi repeater* yang diterapkan secara *serial*, yaitu penerapan *repeater* setelah *repeater*. *Repeater* pertama mengulang dan menguatkan sinyal dari BTS, sedangkan *repeater* kedua mengulang dan menguatkan sinyal dari *repeater* pertama.

Penerapan metode *High-Multi Serial* diharapkan mampu mengoptimalkan performansi *repeater* yang diwujudkan dengan peningkatan jangkauan dan QoS, seperti *Signal to Noise Ratio* (SNR), *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* [15][16][17]. Sedangkan perangkat yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter tersebut adalah *G-Net Track Lite*, *SpeedTest* dan *Net Tools*.

G-Net Track Lite adalah aplikasi untuk memonitor jaringan dan *walk test* pada perangkat dengan *Operating System* (OS) Android. Pengukuran bisa dilakukan pada lokasi *indoor* dan *outdoor*. *G-Net Track Lite* digunakan untuk mengetahui kekuatan sinyal jaringan nirkabel [18]. Salah satu yang bisa diketahui dari aplikasi *G-Net Track Lite* adalah nilai SNR, yaitu nilai perbandingan antara daya sinyal terhadap daya *noise* [19]. Semakin tinggi nilai SNR, semakin baik QoS suatu jaringan nirkabel [20]. Persamaan (2) adalah rumus menghitung SNR dalam dB.

$$SNR = P_S - P_N \quad (2)$$

Dengan,

SNR : *Signal to Noise Ratio*

P_S : Daya sinyal

P_N : Daya *noise*

Aplikasi pengukuran QoS berikutnya adalah *SpeedTest* [21]. Beberapa metrik QoS yang bisa diketahui melalui *SpeedTest* adalah *throughput* dan *jitter* [22]. *Throughput* adalah *bandwidth* aktual yang terukur tiap satuan waktu [23]. *Throughput* jaringan merupakan tingkat rata-rata keberhasilan pengiriman data melalui saluran komunikasi tiap satuan waktu [24]. Semakin tinggi nilai *throughput*, maka semakin baik QoS [25]. Sedangkan *jitter* adalah variasi *delay* antar paket yang diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, waktu pengolahan data dan waktu penghimpunan ulang paket-paket [26]. Semakin besar nilai *jitter* menunjukkan QoS yang semakin buruk. Persamaan (3) dan (4) secara berurutan adalah rumus untuk menghitung *throughput* dan *jitter* [27].

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Data diterima}}{\text{Waktu pengamatan}} \quad (3)$$

$$\text{Jitter} = \frac{\sum(\text{Delay} - \text{Rerata delay})}{\text{Total paket data} - 1} \quad (4)$$

Aplikasi pengukuran QoS terakhir yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Net Tools*, yaitu kompilasi alat jaringan dengan *user interface* yang sangat sederhana dan efisien cmd pada komputer yang dapat memberikan hasil *delay* dan *packet loss* dengan perintah *Ping* pada *server* yang dituju [28]. *Delay* (*Latency*) merupakan waktu yang

dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan [29]. Sedangkan *packet loss* adalah kegagalan transmisi data untuk mencapai tujuannya [30]. *Packet loss* bisa terjadi karena *overload* di dalam suatu jaringan atau tabrakan (*congestion*) dalam jaringan [31]. *Packet loss* diukur dalam satuan Persen (%) [32]. Persamaan (5) merupakan rumus dari *delay*, sedangkan persamaan (6) adalah rumus dari *packet loss* [33].

$$\text{Delay} = \text{Waktu terima} - \text{Waktu kirim} \quad (5)$$

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Data kirim} - \text{Data terima}}{\text{Data kirim}} \times 100\% \quad (6)$$

Penelitian ini pada dasarnya melanjutkan dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian [34], yang menguji penggunaan *repeater* sinyal GSM *outdoor* di daerah pedesaan. Penelitian tersebut membandingkan QoS menggunakan *repeater* dan tanpa *repeater*. Penelitian ini tidak hanya membandingkan QoS jaringan menggunakan *repeater* dan tanpa *repeater*, tetapi juga mencari optimalisasi penggunaan *repeater* tersebut. Jenis *repeater* yang digunakan pada penelitian ini adalah *repeater* sinyal GSM yang penggunaannya bersifat *indoor*. Optimalisasi penggunaan *repeater* dilakukan dengan mencari titik optimal ketinggian antenna dan penggunaan *multi-repeater* secara *serial* dan ini adalah keterbaruan sekaligus kontribusi dari penelitian ini. Bagi penduduk desa terutama di daerah kecamatan Pegantenan kabupaten Pamekasan yang minim dalam sumber daya jaringan, penelitian ini menjadi kontribusi penting, terlebih era sekarang dan ke depan akan semakin mengarah pada era informasi digital.

2. Metode

Bagian ini menjelaskan metodologi proses observasi dan pengambilan data. Gambar 1 adalah penampakan HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster* yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 1. Tampilan HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster*

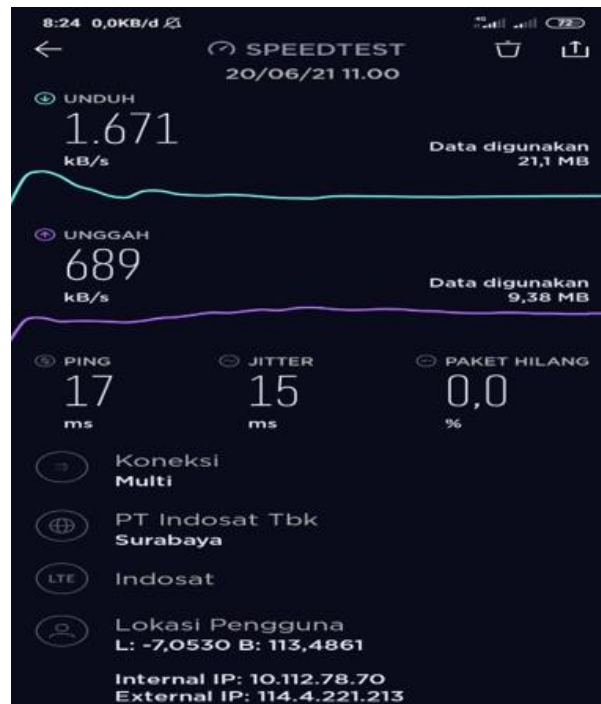
Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, QoS dalam penelitian ini diukur dari 6 metrik, yaitu :

1. Jumlah *bar*.
2. SNR.
3. *Delay*.
4. *Packet Loss*.
5. *Throughput*.
6. *Jitter*.

Telah dijelaskan pada bab pendahuluan, bahwa beberapa *tools* yang digunakan dalam pengambilan data QoS adalah *G-Net Track Lite*, *SpeedTest* dan *Net Tools*. Gambar 2 menunjukkan tampilan dari *G-Net Track Lite*, gambar 3 menunjukkan tampilan dari *SpeedTest* dan gambar 4 merupakan tampilan dari *Net Tools*.



Gambar 2. Tampilan *G-Net Track Lite*



Gambar 3. Tampilan *SpeedTest*



Gambar 4. Tampilan Net Tools

Langkah optimalisasi penggunaan *repeater* dilakukan dengan 2 cara, yaitu mencari titik optimal ketinggian antenna penerima dan pemancar serta penggunaan *multi-repeater* secara *serial*.

Adapun observasi dan pengambilan data optimalisasi ketinggian antenna dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

1. Mengukur QoS jaringan yang sudah ada.
2. Memasang antenna *repeater* penerima dan pemancar pada ketinggian 4 m, lalu diukur QoS-nya.
3. Memasang antenna *repeater* penerima dan pemancar pada ketinggian 8 m, lalu diukur QoS-nya.
4. Terus menaikkan ketinggian antenna *repeater* hingga nilai-nilai QoS mengalami penurunan, maka diketahui ketinggian optimalnya.

Adapun pengujian *multi-repeater* secara serial dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

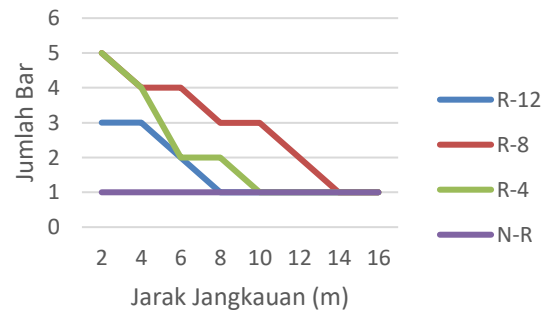
1. Mengukur QoS jaringan yang sudah ada.
2. Memasang satu *repeater* pada ketinggian optimal berdasarkan pengujian “optimalisasi ketinggian antenna, lalu diukur nilai-nilai QoS-nya.
3. Memasang satu lagi *repeater* pada ketinggian optimal secara *serial* (*repeater* kedua dipasang pada posisi jumlah *bar* dari *repeater* pertama tinggal satu *bar*) sehingga menjadi dua *repeater*, lalu diukur nilai-nilai QoS-nya, sehingga diketahui sifat dan keuntungan penggunaan *multi-repeater* secara *serial*.

3. Hasil dan Analisis

Bagian ini menjelaskan tentang data hasil observasi berikut dengan analisisnya. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian [34] yang mengukur QoS jaringan seluler berdasarkan jumlah *bar*, SNR, *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Bedanya adalah penelitian tersebut membandingkan QoS antara jaringan seluler yang berpusat di BTS yang sudah lemah dengan kondisi setelah digunakan *repeater*. Penelitian ini membahas optimalisasi penggunaan *repeater indoor*.

3.1. Ketinggian Optimal

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab metode, bahwa pengujian pertama adalah untuk mengetahui sifat ketinggian optimal dari penggunaan HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster*. Gambar 5 menunjukkan data hasil observasi jumlah *bar* hubungannya dengan jarak.



Gambar 5. Hubungan jarak terhadap jumlah *bar* pada observasi ketinggian optimal

Pengertian N-R pada Gambar 5 adalah *Non-Repeater* atau kondisi jaringan *existing*, R-4 berarti *Repeater* dengan ketinggian antenna 4 m, R-8 berarti *Repeater* dengan ketinggian antenna 8 m, sedangkan R-12 berarti *Repeater* dengan ketinggian antenna 12 m. Jumlah *bar* pada N-R adalah 1 pada jarak 2 m dari episentrum posisi antenna hingga jarak 16 m dan itu menunjukkan tangkapan sinyal jaringan *existing* yang berpusat pada BTS. Pada R-4, sinyal dikuatkan sehingga jumlah *bar* 5 hingga jarak 2 m, jumlah *bar* 4 dari 2 m hingga 4 m, jumlah *bar* 2 dari 4 m hingga 8 m dan selanjutnya sama dengan kekuatan sinyal jaringan *existing*. Pada R-8, jumlah *bar* 5 hingga 2 m, jumlah *bar* 4 dari 2 m hingga 6 m, jumlah *bar* 3 dari 6 m hingga 10 m, jumlah *bar* 2 dari 10 m hingga 12 m dan selanjutnya sama dengan jumlah *bar* jaringan *existing*. Dari data-ata tersebut terlihat bahwa semakin jauh dari episentrum, daya tangkapan sinyal semakin lemah. Selain itu, secara keseluruhan *repeater* dengan ketinggian 8 m lebih baik daripada 4 m. Namun pada kondisi R-12, QoS menurun. Hal ini terlihat dari jumlah *bar* R-12 tertingginya hanya 3 *bar* pada jarak 0-4 m dari episentrum, 2 *bar* dari 4 m hingga 6 m dan selanjutnya sama dengan jaringan *existing*. Artinya penggunaan HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster* optimal pada ketinggian antenna 8 m.

Berikutnya adalah Gambar 6 yang merupakan hasil observasi optimalisasi ketinggian antenna dengan QoS SNR.

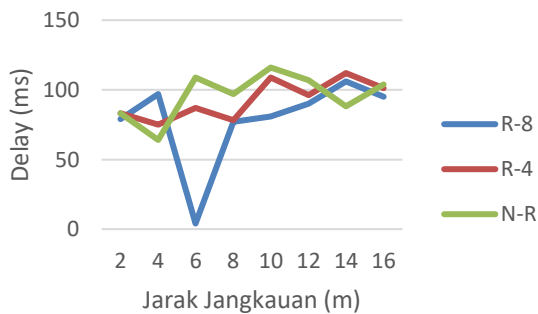
Analisis dari Gambar 6, bahwa semakin jauh jarak dari episentrum, semakin kecil SNR yang menunjukkan QoS semakin menurun. SNR pada N-R atau jaringan seluler *existing* secara keseluruhan lebih rendah dari dibandingkan

SNR pada R-4 dan SNR pada R-8 lebih bagus daripada pada R-4. Hal ini sangat logis sesuai hasil yang ditunjukkan oleh Gambar 6, di mana R-8 adalah ketinggian yang optimal dari pemasangan antenna HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster*.



Gambar 6. Hubungan jarak terhadap SNR pada observasi ketinggian optimal

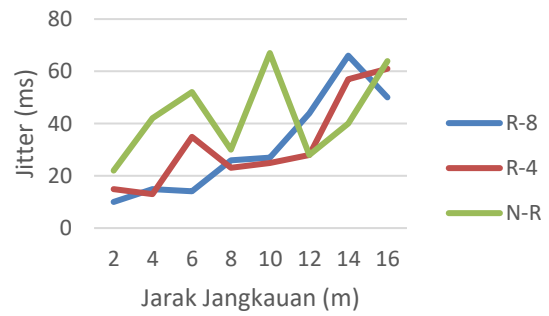
Berikutnya adalah Gambar 7 yang merupakan hasil observasi optimalisasi ketinggian antenna dengan QoS *delay*.



Gambar 7. Hubungan jarak terhadap delay pada observasi ketinggian optimal

Berbeda halnya dengan Gambar 5 dan Gambar 6 yang memiliki kecenderungan QoS yang semakin menurun seiring bertambahnya jarak terhadap episentrum. Gambar 7 memiliki nilai *delay* yang sepiantas tidak beraturan atau naik turun seiring bertambahnya jarak terhadap episentrum. Namun yang menarik adalah rata-rata *delay*. Rata-rata *delay* pada R-4 yaitu 92,63 ms lebih rendah daripada kondisi N-R yaitu 96,01 ms, yang berarti QoS-nya lebih baik. Sedangkan saat ketinggian optimal yaitu R-8, rata-rata *delay* lebih baik lagi yaitu 78,63 ms.

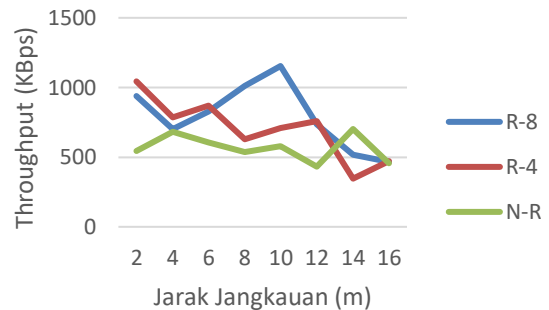
Hasil observasi ketinggian berikutnya adalah Gambar 8 yang menunjukkan hubungan jarak terhadap *jitter*.



Gambar 8. Hubungan jarak terhadap jitter pada observasi ketinggian optimal

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa *jitter* berbanding terbalik terhadap QoS. Semakin rendah nilai *jitter*, maka QoS semakin baik. Gambar 8 menunjukkan nilai *jitter* naik turun seolah tidak berpola. Akan tetapi apabila dilihat rata-ratanya, nilai rata-rata *jitter* terbaik adalah pada R-8 yaitu 31,5 ms, kemudian R-4 yaitu 32,13 ms dan terakhir N-R sebesar 43,13 ms. Artinya kecenderungannya sama dengan hasil pada Gambar-Gambar sebelumnya.

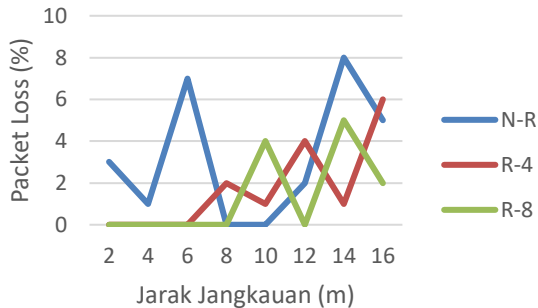
Hasil observasi berikutnya tentang ketinggian optimal ditunjukkan oleh Gambar 9 yang menggambarkan hubungan antara jarak dengan *throughput*.



Gambar 9. Hubungan jarak terhadap throughput pada observasi ketinggian optimal

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa *Throughput* berbanding lurus terhadap QoS. Semakin tinggi nilai *Throughput*, maka QoS semakin baik. Gambar 9 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan Gambar 8. Yang pertama, nilai *Throughput* naik turun seolah tidak beraturan terhadap perubahan jarak. Akan tetapi rata-ratanya menunjukkan kecenderungan bahwa nilai *Throughput* terbaik adalah pada R-8 yaitu 793,75 KBps, diikuti R-4 yaitu 701,5 KBps dan terakhir adalah N-R yaitu 567,5 KBps.

Observasi terakhir dari ketinggian optimal adalah hubungan jarak terhadap *packet loss* sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan jarak terhadap *packet loss* pada observasi ketinggian optimal

Packet Loss berbanding terbalik dengan QoS. Semakin rendah nilai *Packet Loss*, QoS semakin baik. Seperti halnya Gambar 9, data observasi *Packet Loss* pada Gambar 10 juga fluktuatif, dalam artian naik turun. Namun secara keseluruhan yaitu dilihat dari rata-ratanya, nilai *Packet Loss* terkecil (QoS paling baik) terjadi pada R-8 yaitu 1,38%, lalu kemudian R-4 sebesar 1,75% dan yang terbesar N-R sebesar 3,25%. Selain itu, jika mengamati Gambar 5 dan Gambar 10, dapat dilihat bahwa terjadinya *packet loss* sangat jarang. *Packet loss* biasanya terjadi saat daya tangkap sinyal rendah, yaitu pada saat jumlah bar 1. Sedangkan saat daya tangkap sinyal kuat, tidak terjadi *packet loss*.

3.2. Multi-Repeater Secara Serial

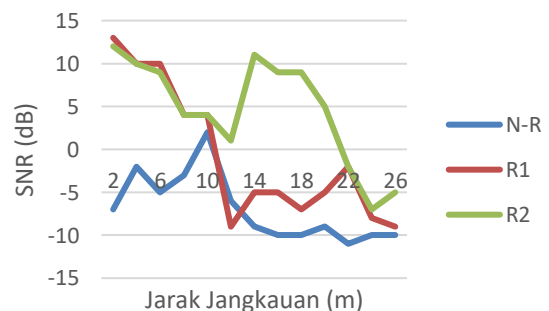
Observasi kedua dalam penelitian ini adalah penggunaan *repeater* secara berulang atau lebih dari satu yang dipasang secara *serial*, artinya *repeater* kedua dipasang pada posisi setelah sinyal *repeater* pertama melemah. Sebagaimana observasi ketinggian optimal, metrik QoS yang diujikan adalah jumlah *bar*, SNR, *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Ketinggian antenna pada pengujian ini menggunakan ketinggian optimal yaitu 8 m. Tabel 1 menunjukkan hubungan jarak terhadap jumlah *bar* pada pengujian *serial multi-repeater*.

Kolom N-R pada Tabel 1 berarti *non-repeater* artinya sinyal yang terdeteksi adalah sinyal jaringan seluler *existing*. Jumlah *bar* pada N-R dari episentrum hingga jarak 26 m sebanyak 1 *bar* dan itu adalah kondisi sinyal dari jaringan *existing*. Kolom R1 berarti penggunaan satu *repeater*, di mana dari episentrum hingga jarak 2 m terdeteksi 5 *bar*, pada jarak 2 m sampai 6 m terdeteksi 4 *bar*, jarak 6 m hingga 10 m terdeteksi 3 *bar*, jarak 10 m hingga 12 m terdeteksi 2 *bar* dan selanjutnya terdeteksi 1 *bar*, sama dengan sinyal jaringan *existing*.

Tabel 1. Hubungan jarak terhadap jumlah *bar* pada pengujian *serial multi-repeater*

Jarak (m)	Σ Bar		
	N-R	R1	R2
2	1	5	5
4	1	4	4
6	1	4	4
8	1	3	3-4
10	1	3	3-4
12	1	2	2-5
14	1	1	1-5
16	1	1	1-5
18	1	1	1-4
20	1	1	1-3
22	1	1	1-2
24	1	1	1
26	1	1	1

Kolom R2 berarti penggunaan dua *repeater* secara *serial*. Pada kolom R2 tepatnya hingga jarak 2 m dari episentrum terdeteksi 5 *bar*, jarak 2 m hingga 6 m terdeteksi 4 *bar*, jarak 6 m sampai 10 m terdeteksi 3 *bar* dan berubah menjadi 4 *bar* setelah pemasangan *repeater* kedua, jarak 10 m sampai 12 m terdeteksi 2 *bar* dan menjadi 5 *bar* setelah pemasangan *repeater* kedua di sekitarnya. Setelah jarak 12 m, deteksi sinyal melemah menjadi 1 *bar* dan di situ sinyal dikuatkan lagi dengan pemasangan *repeater* yang kedua, sehingga deteksi sinyal menguat kembali menjadi 5 *bar* dari jarak 12 m hingga 16 m. Deteksi sinyal pada jarak 16 m sampai 18 m berubah dari 1 *bar* menjadi 4 *bar*. Pada jarak 18 m sampai 20 m terdeteksi perubahan kekuatan sinyal dari 1 *bar* menjadi 3 *bar*. Pada jarak 20 m sampai 22 m terdeteksi perubahan kekuatan sinyal dari 1 *bar* menjadi 2 *bar*. Dan pada jarak selanjutnya terdeteksi 1 *bar* sama dengan jaringan *existing*. Hal yang menarik untuk diperhatikan berdasarkan data-data tersebut adalah bahwa penguatan pada R1 terjadi hingga jarak 12 m, sedangkan setelah penerapan R2, penguatan sinyal terjadi hingga jarak 22 m atau hampir/sekitar dua kali lipat R1.



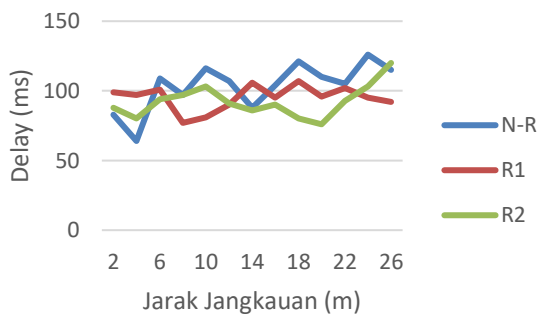
Gambar 11. Hubungan jarak terhadap SNR pada pengujian *serial multi-repeater*

Observasi berikutnya dalam pengujian *serial multi-repeater* adalah hubungan antara jarak dengan SNR yang ditunjukkan oleh Gambar 11. Data-data pada Gambar 11 dan Gambar-Gambar berikutnya, hanya ditampilkan sekali pada penerapan R1 dan R2. Artinya setelah penerapan R2,

data-data pada jarak sebelumnya (wilayah R1) tidak diubah lagi untuk memudahkan analisa dan mendukung hipotesa.

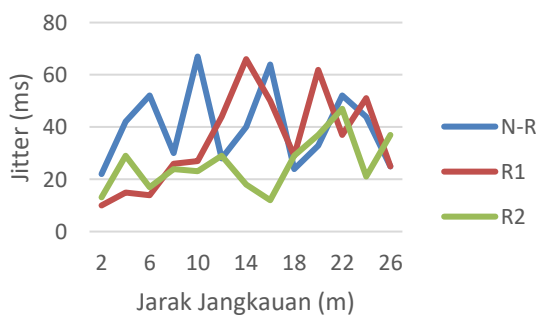
Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai SNR pada N-R bervariasi antara 2 dB sampai -10 dB. Nilainya relatif rendah dengan rata-rata -6,9 dB. Pada penerapan R1 ada penguatan sehingga rata-ratanya menjadi -0,7 dB dan lebih meningkat lagi pada penerapan R2 dengan rata-rata SNR 5 dB. Gambar 11 memiliki kecenderungan yang sama dengan Tabel 1 dalam hal urutan QoS dari yang paling baik hingga terburuk.

Selanjutnya adalah observasi hubungan antara jarak dengan *delay* yang ditunjukkan oleh Gambar 12.



Gambar 12. Hubungan jarak terhadap *delay* pada pengujian *serial multi-repeater*

Nilai *delay* pada Gambar 12 naik turun dan bervariasi. Namun rata-rata *delay* terbaiknya adalah pada penerapan R2 dengan rata-rata *delay* 92,38 ms, kemudian penerapan R1 dengan rata-rata *delay* 95,23 ms dan yang terburuk adalah pada N-R dengan rata-rata *delay* 103,46 ms. Gambar 12 memiliki kecenderungan yang sama dengan Tabel 1 dan Gambar 11 dalam hal urutan QoS dari yang terbaik hingga terburuk.

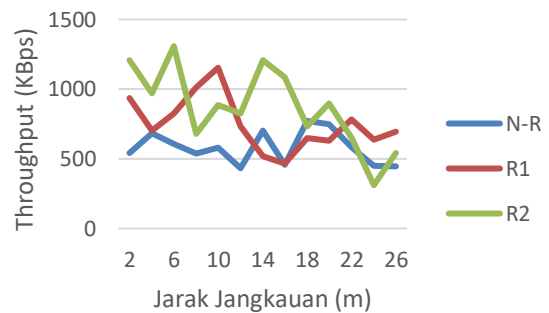


Gambar 13. Hubungan jarak terhadap *jitter* pada pengujian *serial multi-repeater*

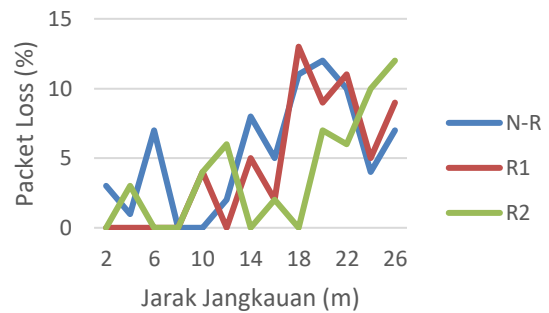
Observasi selanjutnya dalam pengujian *serial multi-repeater* adalah hubungan antara jarak dengan *jitter* yang ditunjukkan oleh Gambar 13. Seperti halnya Gambar

sebelumnya, Gambar 13 menunjukkan QoS pada R2 adalah yang terbaik dengan rata-rata *jitter* 25,85 ms, kemudian R1 dengan rata-rata *jitter* 35,08 ms dan yang terakhir adalah N-R dengan rata-rata *jitter* paling besar yaitu 40,23 ms.

Berikutnya adalah analisa hubungan antara jarak dengan *throughput* serta hubungan antara jarak dan *packet loss* pada pengujian *serial multi-repeater* yang ditunjukkan oleh Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Hubungan jarak terhadap *throughput* pada pengujian *serial multi-repeater*



Gambar 15. Hubungan jarak terhadap *packet loss* pada pengujian *serial multi-repeater*

Gambar 14 dan Gambar 15 menunjukkan kecenderungan QoS yang sama dengan Gambar-Gambar sebelumnya pada pengujian *serial multi-repeater*, yaitu QoS terbaik adalah pada penerapan R2, kemudian R1 dan terakhir adalah N-R. Hal ini terbukti dari angka rata-rata *throughput* pada Gambar 14, bahwa terbaik adalah R2 dengan rata-rata *throughput* 869,69 KBps, R1 sebesar 749,23 KBps dan N-R sebesar 579,92 KBps. Sedangkan rata-rata *packet loss* yang ditunjukkan oleh Gambar 15 menunjukkan bahwa rata-rata *packet loss* terbaiknya adalah pada R2 sebesar 3,85%, R1 sebesar 4,46% dan N-R sebesar 5,38%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data-data dan analisa hasil observasi dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa HP EDC MIFI

Triband *Internal Repeater Booster* terbukti dapat menguatkan sinyal jaringan seluler GSM. Ketinggian yang optimal untuk antena HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster* adalah sekitar 8 m dengan data QoS jumlah bar rata-rata 3 bar, *Signal to Noise Ratio* rata-rata 5,25 dB, *delay* rata-rata 78,63 ms, *jitter* rata-rata 31,50 ms, *throughput* rata-rata 793,75 Kbps dan *packet loss* rata-rata 1,38%. Selain itu penerapan *serial multi-repeater* dari HP EDC MIFI Triband *Internal Repeater Booster* terbukti dapat menguatkan sinyal jaringan seluler GSM. Penerapan dua *repeater* secara *serial* bisa meningkatkan jarak jangkauan dua kali. Demikian pula pemakaian tiga *repeater* dan seterusnya.

Referensi

- [1]. A. V Ryzhkov and A. Y. Nasonov, "Frequency and Time Provision in Telecommunication Networks," *Systems Signal Synchronization, Gener. Process. Telecommun.*, pp. 1–4, 2018.
- [2]. J. Mei, X. Wang, and K. Zheng, "An intelligent self-sustained RAN slicing framework for diverse service provisioning in 5G-beyond and 6G networks," *Intell. Conver. Networks*, vol. 1, no. 3, pp. 281–294, 2021, doi: 10.23919/icn.2020.0019.
- [3]. E. Setiawan, "The Potential Use of High Altitude Platform Station in Rural Telecommunication Infrastructure," *Proceeding - 2018 Int. Conf. ICT Rural Dev. Rural Dev. through ICT Concept, Des. Implic. IC-ICTRuDev 2018*, pp. 35–37, 2018, doi: 10.1109/ICICTR.2018.8706563.
- [4]. D. Xie, R. Guo, H. Li, Y. Jing, and W. He, "The effect of vegetation on the propagation loss of v2i network in high altitude and mountainous area," *J. Commun.*, vol. 16, no. 10, pp. 437–443, 2021, doi: 10.12720/jcm.16.10.437-443.
- [5]. Z. Fan, X. Wang, and M. Lin, "A Multimode RF Test Control System with Repeater," *Int. Conf. Commun. Technol. Proceedings, ICCT*, pp. 1175–1178, 2019, doi: 10.1109/ICCT46805.2019.8947084.
- [6]. A. B. Gladyshev, D. D. Dmitriev, and V. N. Tyapkin, "Software and hardware development and testing of repeaters of communication satellites," *2019 Int. Sib. Conf. Control Commun. SIBCON 2019 - Proc.*, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/SIBCON.2019.8729616.
- [7]. S. Lentz and B. Howe, "Scientific monitoring and reliable telecommunications (SMART) cable systems: Integration of sensors into telecommunications repeaters," *2018 Ocean. - MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans, Ocean. - Kobe 2018*, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1109/OCEANSKOB.2018.8558862.
- [8]. F. Li, S. Hong, Y. Gu, and L. Wang, "An Optimization-Oriented Algorithm for Sparse Signal Reconstruction," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 26, no. 3, pp. 515–519, 2019, doi: 10.1109/LSP.2019.2897458.
- [9]. B. Liu, J.Q. Hu, Y.P. Xiao, "Radial Basis Function Network-Based Pipeline Monitoring Signal Optimization," *IEEE Fast East NDT New Technology & Application Forum*, 2020, pp. 5–9, doi: 10.1109/FENDT50467.2020.9337531.
- [10]. D. Meng, L. Xiao, and H. Y. Kong, "Characterizing OMNI-Directional Antenna by Complex Normalized Effective Height Based on Broadband Calculable Antennas," *CPEM 2018 - Conf. Precis. Electromagn. Meas.*, pp. 1–2, 2018, doi: 10.1109/CPEM.2018.8500934.
- [11]. D. Meng and L. Xiao, "Characterization of Omnidirectional Antennas by Measurement of Their Complex Normalized Effective Height," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 69, no. 5, pp. 2239–2247, 2020, doi: 10.1109/TIM.2019.2921136.
- [12]. M. Zhou, W. Liu, J. Zhang, and X. Chu, "Joint Impact of BS Height and Downtilt on Downlink Data Rate in mmWave Networks with 3D Large-Scale Antenna Arrays," *2020 Int. Symp. Networks, Comput. Commun. ISNCC 2020*, 2020, doi: 10.1109/ISNCC49221.2020.9297236.
- [13]. R. Mishra, P. Kuchhal, and A. Kumar, "Effect of height of the substrate and width of the patch on the performance characteristics of microstrip antenna," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 5, no. 6, pp. 1441–1445, 2015, doi: 10.11591/ijece.v5i6.pp1441-1445.
- [14]. V. Hanumante *et al.*, "Performance Analysis of Rectangular Patch Antenna for Different Substrate Heights Management View project Internet of Things View project Performance Analysis of Rectangular Patch Antenna for Different Substrate Heights," vol. 2, no. 1, 2014, [Online]. Available: www.ijireeice.com
- [15]. G. C. Alexandropoulos, R. Khayatzaeh, M. Kamoun, Y. Ganghua, and M. Debbah, "Indoor Time Reversal Wireless Communication: Experimental Results for Localization and Signal Coverage," *ICASSP, IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. - Proc.*, vol. 2019-May, pp. 7844–7848, 2019, doi: 10.1109/ICASSP.2019.8683188.
- [16]. A. Ubaidillah, M. Ulum, H. Astutik, and S. I. Kholida, "The Influence of Node Velocity and Traffic Congestion on The Performance of AODV in MANET," vol. 1, no. 1cst, pp. 715–719, 2018, doi: 10.2991/icst-18.2018.145.
- [17]. S. Sanjeev, "Genetic Algorithm and Multiple QoS Aspects," *2018 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics*, pp. 922–927, 2018.
- [18]. Y. R. Yungka and D. C. Widiyanto, "4G LTE Network Walk Test Analysis using Android Application G-Net Track on SWCU FTI Building," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 441–448, 2023.
- [19]. G. Carluccio, G. Haemer, and C. Collins, "SNR improvement when a High Permittivity Material helmet-shaped former is used with a close-fitting Head Array," *Proc. 2018 20th Int. Conf. Electromagn. Adv. Appl. ICEAA 2018*, pp. 304–306, 2018, doi: 10.1109/ICEAA.2018.8520382.
- [20]. I. Correa, B. Dortschy, and A. Klautau, "SNR-Based Pre-Emphasis for Transmission of Frequency-Multiplexed Radio Signals in Fronthaul," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 24, no. 9, pp. 2034–2037, 2020, doi: 10.1109/LCOMM.2020.2994767.
- [21]. J. Han, M. Lyu, and V. Sivaraman, "On the Validity of Internet Speed Test Tools and Broadband Measurement Programs," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1145/3570748.3570749.

- [22]. P. Nayak and E. W. Knightly, "Virtual speed test: An AP tool for passive analysis of wireless LANs," *Comput. Commun.*, vol. 192, pp. 185–196, 2022, doi: 10.1016/j.comcom.2022.05.031.
- [23]. A. H. Sodhro, A. S. Malokani, G. H. Sodhro, M. Muzammal, and L. Zongwei, "An adaptive QoS computation for medical data processing in intelligent healthcare applications," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 3, pp. 723–734, 2020, doi: 10.1007/s00521-018-3931-1.
- [24]. M. Y. Simargolang and A. Widarma, "Quality of Service (QoS) for Network Performance Analysis Wireless Area Network (WLAN)," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 7, no. 1, p. 162, 2022, doi: 10.24114/cess.v7i1.29758.
- [25]. S. S. Mohamed, A. F. I. Abdel-Fatah, and M. A. Mohamed, "Performance evaluation of MANET routing protocols based on QoS and energy parameters," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 3635–3642, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i4.pp3635-3642.
- [26]. B. Robert and E. B. Brown, "Analysis of Quality of Service (QoS) wi-fi Network in UNNES Digital Center Building Using Wireshark," *Journal of Student Research Exploration*, no. 1, pp. 1–14, 2004.
- [27]. G. D. Ramady, G. M. Rahmatullah, M. C. T. Manullang, A. F. Zulkarnain, R. Sufyani, and R. Hidayat, "QoS Analysis on Campus Building Network Infrastructure with WDS Technique using PCQ Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1783, no. 1, pp. 0–6, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1783/1/012023.
- [28]. D. Li, X. Wang, Y. Jin, and H. Liu, "Research on QoS routing method based on NSGAII in SDN," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1656, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1656/1/012027.
- [29]. A. Charisma, A. D. Setiawan, G. M. Rahmatullah, and M. R. Hidayat, "Quality of Service (QoS) n 4G Telkomsel Networks In Soreang," pp. 145–148.
- [30]. I. Strelkovskaya and R. Zolotukhin, "Research of Low-Bandwidth Radionetworks QoS Parameters," *Inf. Telecommun. Sci.*, vol. 0, no. 1, pp. 77–81, 2020, doi: 10.20535/2411-2976.12020.77-81.
- [31]. H. Hendrawan, P. Sukarno, and M. A. Nugroho, "Quality of service (QoS) comparison analysis of snort IDS and Bro IDS application in software define network (SDN) architecture," *2019 7th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2019*, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1109/ICoICT.2019.8835211.
- [32]. N. Rao *et al.*, "Analysis of the effect of QoS on video conferencing QoE," *2019 15th Int. Wirel. Commun. Mob. Comput. Conf. IWCMC 2019*, pp. 1267–1272, 2019, doi: 10.1109/IWCMC.2019.8766591.
- [33]. A. S. Sadeq, R. Hassan, S. S. Al-Rawi, A. M. Jubair, and A. H. M. Aman, "A QoS Approach for Internet of Things (IoT) Environment Using Mqtt Protocol," *2019 Int. Conf. Cybersecurity, ICoCSec 2019*, pp. 59–63, 2019, doi: 10.1109/ICoCSec47621.2019.8971097.
- [34]. A. Ubaidillah, A. Fiqhi, K. Handoko, and S. I. Kholida, "Improving Coverage and Signal Quality in Cellular Communications for Rural Areas," *Int. Jour. of Science Engineering and Information Technology*, vol. 07, no. 01, 2022.