

## **Pembahasan Rancang Bangun dengan Metode Ray Tracing berbasis HTML5 untuk Visualisasi Path Loss Propagation Model**

**Salim, S. Kartika\*<sup>1</sup> Miyata, Andrew Febrina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Kalijudan 37, Surabaya, 60114, Indonesia, shierly.kartika@ukwms.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Informatika, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Kalijudan 37, Surabaya, 60114, Indonesia, andrew.m@ukwms.ac.id

\*Corresponding Author: shierly.kartika@ukwms.ac.id (085172444839)

---

### **Abstrak**

Penggunaan teknologi wi-fi sebagai salah satu teknologi wireless merupakan hal yang umum dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa hal mempengaruhi rambatan gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam teknologi wi-fi, pembatas antara pengguna dan router adalah salah satu contohnya (dinding). Selain itu material penyusun dari pembatas juga memberi pengaruh terhadap rambatan gelombang yang menyebabkan penurunan daya yang disebut path loss dan besarnya dinyatakan dalam satuan dB. Hal ini menjadi sebab sulitnya mendapatkan infrastruktur optimal untuk wi-fi. Pembangunan aplikasi visualisasi yang akan dibahas ditujukan untuk menjadi salah satu solusi atas peletakan transmitter (router atau access point) untuk wi-fi. Sebaran sinyal akan digambarkan dengan metode ray tracing untuk menggambarkan apa yang terjadi terhadap gelombang saat berhadapan dengan penghalang (dalam kasus ini refleksi). Cakupan dari sebaran sinyal akan dapat terlihat dengan visualisasi yang dihasilkan oleh aplikasi berdasar dari penempatan routernya. Wi-fi analyzer dengan mode signal meter akan menjadi sarana untuk memperoleh data yang selanjutnya menjadi acuan validasi dengan dibandingkan dengan hasil path loss dari program dengan hasil valid karena tidak lebih dari margin error 5dB. Perlu diadakan pengkajian kembali dengan teknologi yang paling baru untuk cek sejauh mana sistem bisa valid.

**Keywords:** aplikasi, path loss, ray tracing, visualisasi

### **Abstract**

Wi-fi as a type of wireless technology is a common technology that being used on daily basis. There are things involves in the electromagnetic waves propagation of wi-fi. Divider (ex: walls) and its material, affects the waves propagation and cause path loss that defined in dB. This problems are causing difficulties to get the best infrastructure for wi-fi. This visualisation application development meant to be a solution for wi-fi transmitter allocation. The distribution of signals will be drawn based on ray tracing method to picturize on what is happening when signals hit the wall (reflection). The coverage of signals distributions will be visualized by the application based on the router placement. Wi-fi analyzer on signal meter mode will be the tool to validate output of the program by comparing the path loss and it turns out valid, since the result is less than the declared margin of error of 5dB. The system need to be tested with the latest technology to know how far it could give valid response.

**Keywords:** application, path loss, ray tracing, visualization

---

## **PENDAHULUAN**

Teknologi wi-fi adalah salah satu contoh teknologi wireless yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari saat ini. Penurunan gelombang sinyal yang disebabkan oleh penghalang (misalnya: dinding) antara *receiver* dan *router* wi-fi menjadi salah satu penyebab sulit tercipta infrastruktur yang optimal bagi wi-fi. Material penyusun dari penghalang antara penerima sinyal dan router juga mempengaruhi perambatan gelombang (Smith, 2024). Selain hal-hal tersebut, faktor spasial seperti posisi tinggi peletakan router juga menjadi faktor lainnya. Penyusutan kepadatan gelombang yang diakibatkan oleh faktor-faktor yang telah tertulis mengakibatkan penurunan kekuatan sinyal, peristiwa inilah yang disebut sebagai path loss. Dalam kata lain path loss merupakan selisih dari daya (dalam dB) yang diperoleh dari daya yang berasal dari sumber gelombang dengan daya yang ditangkap oleh receiver.

Perkembangan wi-fi untuk saat ini juga sangat pesat, saat ini Wi-Fi 6 sudah digunakan oleh masyarakat dimana jika dilihat dari klasifikasinya menurut protokol IEEE 802.11 sudah berkode ax atau kelas high efficiency dengan kecepatan

yang berkembang jauh menurut Hewlett Packard Enterprise Development LP (2025). Sedangkan Wi-Fi 4 masih dalam klasifikasi High Throughput. Sebagai protokol yang memungkinkan komunikasi secara nirkabel untuk router dan receivernya, Wi-Fi terus dikembangkan seturut dengan permintaan kebutuhan jaringan. Sedangkan secara seluler perkembangan yang sedang terjadi adalah terciptanya 5G yang merupakan revolusi dan perubahan yang mendasar menurut Andalisto, Saragih, dan Ibrahim (2022).

Penggambaran sinyal perlu dilakukan karena sebagai sebuah gelombang elektromagnetik, gelombang wi-fi tidak terlihat secara kasat mata. Hasil dari penggambaran diharapkan bisa mem-visualisasikan sebaran dari gelombang sinyal wi-fi agar lokasi peletakan yang optimal bisa didapatkan. Ray tracing merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk membentuk visualisasi sinyal.

Refleksi, difraksi, dan refraksi merupakan 3 hal yang dapat terjadi pada gelombang bila menemui perubahan kondisi pada lingkungannya. Ray tracing dengan persamaan tertentu dapat diaplikasikan untuk mengolah data dan memvisualisasikan gambaran yang diinginkan untuk mengetahui tingkat kekuatan sinyal dari sebuah access point dengan komponen tertentu. Metode Ray Tracing dapat membantu visualisasi dengan mengolah data refleksi (pemantulan) dan refraksi (pembiasan) maupun difraksi (hamburan) yang nantinya akan dialami oleh gelombang elektromagnetik (dalam hal ini gelombang wi-fi). Ray Tracing digunakan dalam program untuk mencari tiap ray path yang didapat dari pancaran radiasi dari titik access point ke receiver, dalam kasus ini ray tracing dengan metode brute force (pencarian segala kemungkinan) dapat mengatasi masalah keterbatasan rendering perangkat ketimbang dengan teori penggambaran elektromagnetik (Schaubach, Davis, dan Rappaport, 1992).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama merupakan literature reviews yang dilakukan dengan mempelajari jurnal tentang *path loss propagation model* dan komponen lain yang ingin dijadikan referensi penyusunan sistem pada saat itu. Dilajut dengan dilakukannya *benchmarking* dari aplikasi-aplikasi sejenis yang sudah ada. Aplikasi TAP 6 dari Softwright dan WinProp dari Altair Engineering menjadi pilihan untuk *benchmark*. Tahap *benchmarking* menghasilkan beberapa hal dari masing-masing aplikasi.

Keunggulan produk dari TAP6:

- Tersedia 2 jenis tampilan yaitu 2D dan 3D yang dapat saling melengkapi.
- Penyebaran sinyal dapat digambarkan dengan baik dengan pembagian cakupan serta warna dan pemilihan visualisasi yang baik.

Hal yang bisa dikembangkan atau dipertimbangkan dari TAP6:

- Fitur memerlukan pemahaman yang baik dari sisi pengguna aplikasi, dengan kata lain dibutuhkan pelatihan atau demo terlebih dahulu sebelum digunakan.
- Lebih cocok untuk industri yang besar karena memerlukan dana yang cukup besar namun dari segi ini stabil dari tahun 2018 hingga 2025 harganya tetap sama US\$199.00 perbulan dan US\$1,999.00 pertahun.

Keunggulan produk dari WinProp-ProMan:

- Visualisasi beragam baik 2D maupun 3D.
- Menyediakan pilihan untuk keadaan yang akan diatur propagasinya.
- Ada fitur multi lantai dan pemilihan materi penyusun propagasi.

Hal yang bisa dikembangkan atau dipertimbangkan dari WinProp-ProMan:

- Visualisasi yang baik memerlukan perangkat pendukung yang baik pula (spesifikasi tinggi).
- Sama dengan TAP 6, karena fitur yang lanjut, diperlukan pengenalan pengguna terlebih dahulu untuk penggunaan aplikasi.
- Bahasa yang digunakan dalam sistem memerlukan pengecekan lagi karena ada yang belum konsisten.

Registrasi pengguna, login pengguna, dan penambahan denah untuk pengguna, dan fitur utama yaitu perubahan denah dilengkapi dengan komponen penyusun path loss propagationnya menjadi fitur-fitur yang ada di dalam sistem. Beberapa proses perhitungan dimanfaatkan dalam pembangunan aplikasi, sudut-sudut refleksi dan *ray* baru diolah dari *ray tracing* maupun pencarian jarak yang dipengaruhi dengan arah vektor *ray* yang akan diolah kembali. Beberapa proses yang akan digunakan untuk membangun karya ilmiah ini menurut Salim (2018), antara lain.

### 1. Proses Pencarian Titik dengan Koordinat Kutub

Guna mendapatkan titik tujuan diperlukan beberapa variabel pendukung. Alur algoritma perhitungan titik tujuan. Diasumsikan bentuk dari cakupan router adalah lingkaran yang akan dipengaruhi oleh tembok sebagai factor yang mempengaruhi perhitungannya. Proses ini memiliki beberapa tahapan meliputi:

- Inisialisasi  $d$  dan  $I$ , dimana  $d$  merupakan diameter cakupan signal outer sementara  $I$  adalah variabel yang menyimpan derajat perulangan saat ini pada pencarian yang akan bertambah tiap perulangan perhitungan titik tujuan.
- Jika  $x$  dan  $y$  yang menjadi komponen penyusun titik pusat sudah didapat, data akan diolah menggunakan rumus koordinat kutub.
- Titik  $x$  posisinya didapat dari perhitungan dengan rumus  $d/2 \cdot \cos(i)$  dan posisi  $y$  didapat dari rumus  $d/2 \cdot \sin(i)$ .
- $X_t$  dan  $y_t$  adalah output dari proses ini dan menjadi titik tujuan.

### 2. Mencari hasil dari pancaran vektor berupa titik-titik sinyal

Diasumsikan pada kasus ini perulangan akan dilakukan setiap 1m dengan skala awal  $16px = 1m$ . Proses berikut merupakan algoritma perhitungan untuk mendapat titik pada perulangan tertentu. Perulangan diperlukan untuk cek besar loss pada jarak yang ditentukan setelah dapat titik cakupan maksimal router. Dengan variabel dan asumsi yang telah disebutkan sebelumnya, berikut algoritma perhitungan titik untuk sinyal.

- Inisialisasi jumlah titik di sistem, variabel  $x,y$  sebagai pusat dari sinyal dan juga  $x_t, y_t$ .
- Variabel  $n$  saat ini akan masuk ke perhitungan begitu perulangan dimulai.
- $X_p$  yang merupakan letak titik di sumbu  $x$  saat perulangan didapat dari penjumlahan  $x$  pada titik pusat dan perkalian

n dengan  $x_t$  yang dibagi dengan jumlah titik yang sudah dihasilkan perulangan. Hal serupa terjadi pada  $Y_p$  dengan  $y$  milik titik pusat dan  $y_t$ .

- koordinat titik pada perulangan sinyal  $x_p, y_p$  menjadi luaran dari proses ini.

### 3. Proses mencari Jarak Tiap Titik ke Titik Pusat

Setelah mendapat nilai dari koordinat yang ada agar perhitungan path loss bisa di proses terhadap titik pusat.

Dengan  $r$  sebagai variabel yang menggambarkan jari-jari, berikut algoritma untuk alur jarak per titik ke pusat.

- Input  $x_p, y_p, x_t$ , dan  $y_t$  diproses agar dapat  $r$  (jari-jari).
- Substitusi variabel yang ada di langkah sebelumnya ke dalam rumus  $r = \sqrt{(x_p - x_t)^2 + (y_p - y_t)^2}$
- Jari-jari atau  $r$  menjadi luaran dari proses.

### 4. Pencarian Besar Path Loss

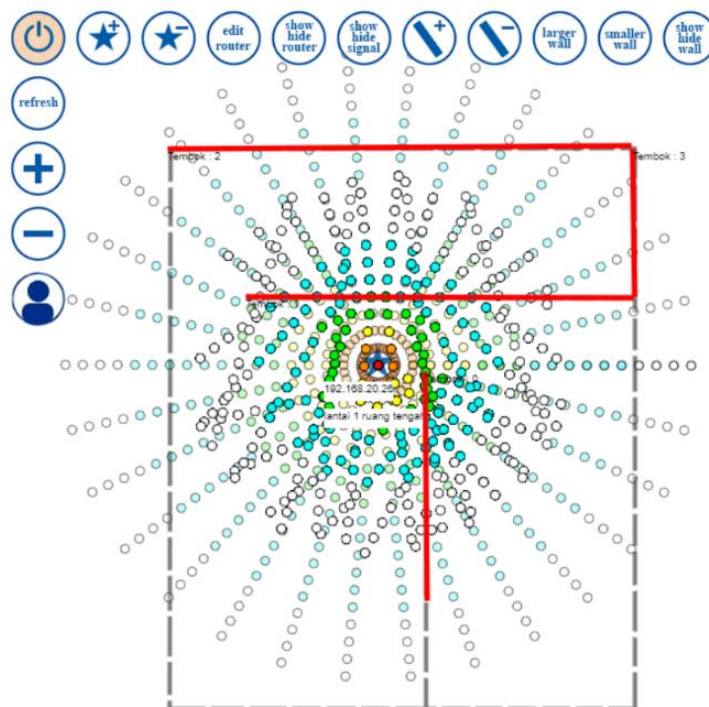
Pengecekan path loss baru bisa dilakukan saat semua komponen sudah lengkap. Algoritma perhitungan besar path loss adalah sebagai berikut.

- Inisialisasi  $L_i$  sebagai variabel yang menampung nilai path loss pada jarak 1m dan  $a$  adalah variabel yang menampung penurunan daya yang dipengaruhi pembatas (tembok) yang akan di substitusi perhitungan path loss.
- $L_i$  dan  $a$  selanjutnya akan diproses dengan input berupa  $r$  dan  $n$ . Rumus yang akan digunakan adalah  $L = L_i + 20 \log r + a \cdot n$ .
- Penggambaran  $L$  hasil dari pengolahan rumus akan dibedakan dengan warna seturut kekuatannya dikelompokkan sesuai dengan dasar teori.

Aplikasi akan berbasis web dengan framework Phaser dan berbasis HTML5, material pembatas saat ini berbahan beton menyebabkan penurunan daya terhadap sinyal 15dB. Garis lurus digunakan untuk menyimbolkan pembatas bukan berupa kurva atau lingkaran. Saat ini pengecekan dilakukan satu kali terhadap dinding dan berlaku untuk 1 lantai, diproses dengan metode *ray tracing* tanpa memperhitungkan refraksi dan difraksi.

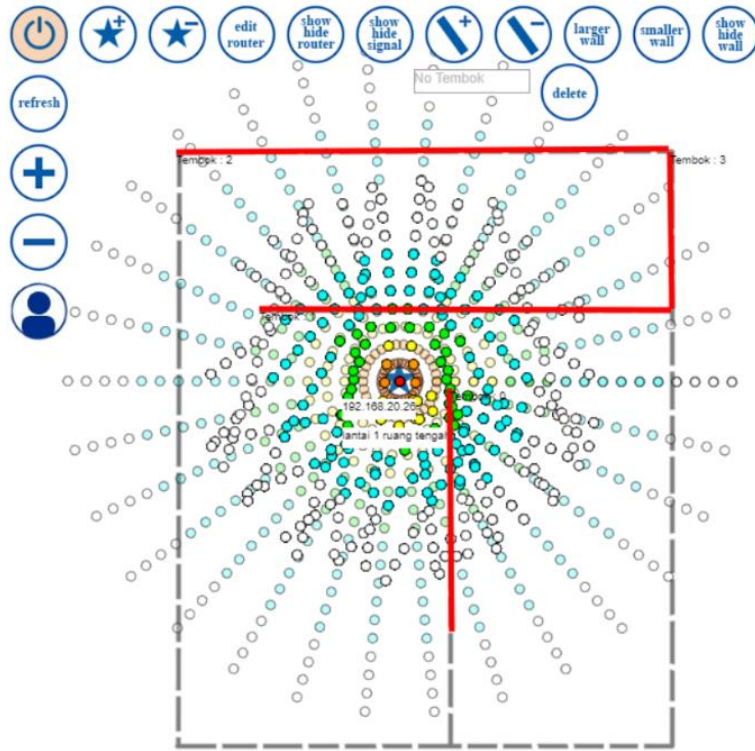
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang akan dibahas adalah inti dari sistem yang merupakan perubahan denah. Uji coba yang akan dilakukan pada sebuah kondisi digambarkan sebagai berikut. Peta yang akan dipakai untuk simulasi memiliki ukuran nyata 31m x 26.25m. Skala pada sistem adalah 16px = 1m. Gambar 1. adalah gambaran awal cakupan sinyal router pada peta untuk uji coba.



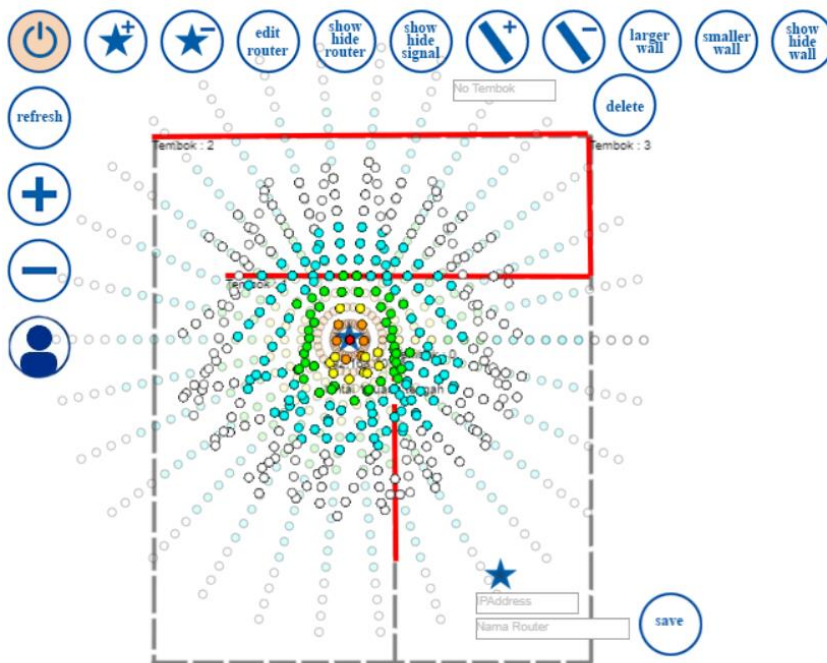
Gambar 1. Map, Router dan Pembatas (Dinding)

Ikon garis miring menyimbolkan tembok, dengan tambahan tanda “+” digunakan untuk menambahkan tembok, dengan tanda “-” untuk menghapus tembok. Tampilan untuk menghapus tembok dapat dilihat pada Gambar 2. input yang diperlukan id tembok. Selain menu untuk visualisasi, sistem juga menyediakan satu menu navigasi menuju ke halaman profil pengguna yang terletak di bawah ikon minus pada menu vertical.



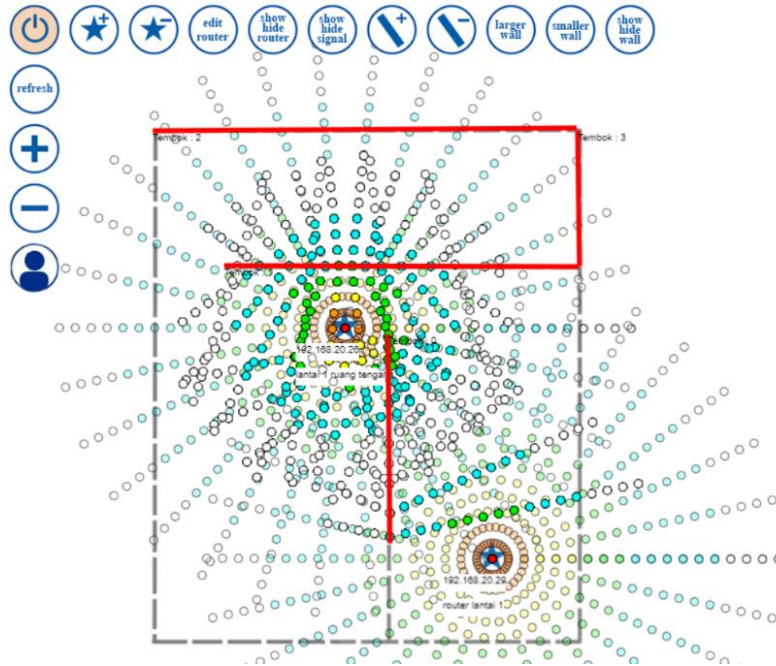
Gambar 2. Input untuk Penghapusan Tembok

Beberapa ikon digunakan untuk membantu menu penyuntingan pada sistem. Ikon bintang untuk router, sedangkan ikon bintang yang diberi tanda "+" adalah menu untuk menambah router, dan penghapusan router dengan ikon bintang dengan tanda "-". Input penambahan router perlu 'nama' dan 'ip address' router, seperti tampilan pada Gambar 3.



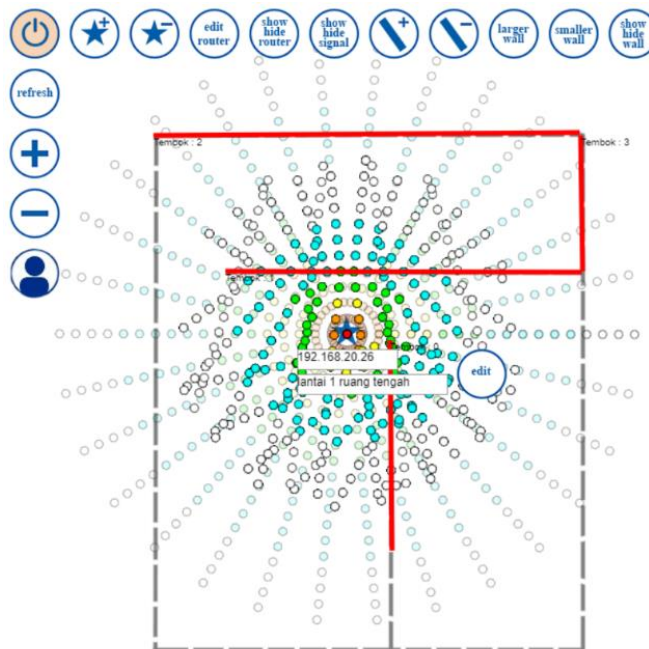
Gambar 3. Fitur *add* router baru

Hasil dari penambahan router dapat dilihat pada Gambar 4. Selain dapat menambahkan router. Pengguna juga dapat menampilkan dan menyembunyikan tampilan sinyal.



Gambar 4. Hasil dari Penambahan Router

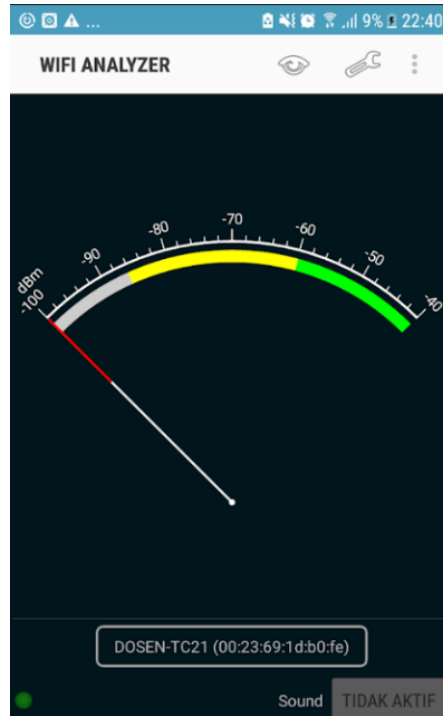
Selain menambahkan dan menghapus router, pengguna juga dapat melakukan pengeditan data pada router. Data yang bisa diedit adalah data yang ditampilkan pada router terkecuali posisinya. Untuk mengubah posisi dari router maka pengguna perlu menghapus lalu menambahkan router lagi ke lokasi yang diinginkan. Pengeditan data router dapat dilakukan dengan menekan tombol edit router. Setelah menekan tombol edit router akan muncul tampilan seperti Gambar 5. Setelah menekan tombol “save” maka data akan berubah sesuai input.



Gambar 5. Tampilan Fitur Edit Router

Hasil dari sistem yang dihasilkan aplikasi Wifimap atau aplikasi visualisasi *path loss propagation model* dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara *interface* yang dipilih dari aplikasi wifi analyzer untuk validasi tugas akhir ini adalah *signal meter* dengan *margin error* 5dB. Tabel 1 menampilkan data dengan interval jarak setengah meter sampai dengan 4 meter. Hal ini disebabkan oleh kondisi lapangan saat pengamatan langsung di lapangan yang hanya memungkinkan pengukuran hingga jarak maksimal 4 meter.

Penentuan margin error didapat dari selisih antar batasan kekuatan sinyal dibagi dua. Pembagian kelompok batasan sinyal pada bab dasar teori. Tampilan signal meter dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan *Signal Meter*

Tabel 1. Tabel Hasil Sistem

Jarak ke Router (m)	Besar <i>Path Loss</i> (dB)
1	40
2	53.8629
3	61.9722
4	67.7258

Hasil yang terlampir pada Tabel 2 adalah hasil rata-rata dari 2 kali pengukuran menggunakan *signal meter interface*. Pengukuran validasi menggunakan *signal meter interface* dilakukan 2 kali dengan 4 jarak berbeda. Tiap-tiap jarak mengalami pengukuran selama 1 menit.

Validasi dilakukan dengan router Tenda N300 FH303 2,4 GHz Wi-Fi4. Pengukuran validasi mengambil data dengan nilai tertinggi dengan kemunculan data lebih dari satu kali, dengan asumsi untuk mengambil kemungkinan terburuk yang ada. Hal ini dikarenakan proses visualisasi yang ada bersifat statis dengan perhitungan perkiraan tertentu sehingga diperlukan validasi data dengan kemungkinan yang paling buruk.

Tabel 2. Hasil Perbandingan *Path Loss*

Jarak ke Router (m)	Hasil dari Sistem (dB)	Hasil Pengamatan (dB)
1	40	42
2	53.8629	50
3	61.9722	57
4	67.7258	65

Selisih antara besar *path loss* pada kondisi asli lebih kecil dari *margin error*, berdasar dari hasil pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan yang digunakan untuk menjalankan proses visualisasi valid.

## KESIMPULAN

Visualisasi *path loss propagation model* berhasil dilakukan dengan memanfaatkan fitur dari framework Phaser, yaitu objek circle dan penggambaran perubahan kekuatan sinyal ditampilkan dengan pergantian warna di tiap tingkatannya berdasar *path loss*. Kegiatan validasi dilakukan dengan pengukuran riil *path loss propagation model* terhadap router. Namun perlu diadakan peninjauan kembali karena router dan software yang digunakan sudah keluaran tahun 2018. Wi-Fi yang digunakan masih dengan Wi-Fi 4 sementara saat ini perkembangan jaringan sudah pesat mencapai Wi-Fi 6 dan seluler sudah dalam sinyal 5G. Spesifikasi perangkat juga bisa ditambah untuk uji coba.

Setelah dilakukan evaluasi didapat beberapa saran untuk pengembangan sistem yang sudah dibangun.

- Menambahkan berbagai jenis material tembok dan perhitungan refraksi serta difraksi pada sistem, apa yang terjadi bila materialnya kayu atau sekat yang lainnya.
- Menambah fitur untuk router: *drag* dan *drop*, fitur *capture* untuk tampilan setelah dan sebelum perubahan posisi router.
- Fitur penghitungan *path loss* multilantai agar bisa melihat apakah dapat mencakup lantai berikut atau sebelumnya seperti fungsi yang ada pada aplikasi *benchmark*.

- Fitur peletakan router terhadap ketinggiannya.

## REFERENSI

- Altair Engineering. (2025). WinProp Propagation Modeling. <https://altairhyperworks.com/product/FEKO/WinProp-Propagation-Modeling>.
- Andalisto, D., Saragih, Y., & Ibrahim, I. (2022). Analisis Kualitatif Teknologi 5G Pengganti 4G Di Indonesia. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(1), 01-09.
- Hewlett Packard Enterprise Development LP. (2025). What is Wi-Fi? <https://www.hpe.com/us/en/what-is/wi-fi.html>
- Ranvier, S. (2004). Path loss models. Helsinki University of Technology.
- Schaubach, K. R., Davis, N. J., & Rappaport, T. S. (1992, May). A ray tracing method for predicting path loss and delay spread in microcellular environments. In *Vehicular Technology Conference, 1992, IEEE 42nd* (pp. 932-935). IEEE.
- Salim, S. K. (2018).
- Softwright. (2018). TAP 6 Demo Quick Tour. Softwright LLC.
- Softwright. (2025). TAP Mapper. <https://www.softwright.com/products/tap-mapper/>.
- Smith, C. (2024, April 14). Three worst places to put your wi-fi router at home that'll slow it down. *Yahoo! News*. <https://uk.news.yahoo.com/three-worst-places-put-wi-075942126.html>