

## PERANCANGAN DAN ANALISIS COVERAGE AREA JARINGAN WIFI PADA GERBONG KERETA API PENUMPANG EKSEKUTIF JAKARTA-BANDUNG

### DESIGN AND ANALYSIS OF COVERAGE AREA WIFI NETWORK ON CARRIAGE EXECUTIVE RAILWAY PASSENGER DEPART JAKARTA-BANDUNG

Luh Putu Ayu Sri Aryaningrum<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Arfianto Fahmi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>ayusri@gmail.com, <sup>2</sup>rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>arfiantof@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Kebutuhan layanan internet pada kereta eksekutif sulit untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan belum adanya jaringan yang dapat mendukung layanan internet pada transportasi berkecepatan tinggi seperti kereta api. Pada Penelitian sebelumnya telah dilakukan perencanaan *Coverage Dan Capacity Jaringan Long Term Evolution (LTE)* sepanjang jalur kereta api Jakarta-Bandung. Dengan teknologi LTE yang mendukung akses data dengan kecepatan tinggi, makro sel sepanjang jalur kereta dapat mendukung koneksi internet pada kereta penumpang dengan performansi yang baik.

Pada Kereta Penumpang diinstalasi perangkat *Outdoor Antenna WiFi*, Modem USB 3G/4G dan *Wireless Router* pada tiap gerbong yang terkoneksi dengan *core network* melalui eNodeB. Perencanaan *capacity planning* dan *coverage planning* dilakukan dengan perhitungan *bandwidth per user*, *offered bit quantity* dan *link budget*. Model propagasi yang digunakan adalah *COST 231 Multiwall* dengan simulasi menggunakan software RPS (*Radiowave Propagation Simulator*).

Dari hasil perhitungan didapatkan 2 hasil jumlah *access point*. Pada simulasi menggunakan 1 *access point* didapatkan hasil terbaik dengan 95% daerah *tercover* dengan *received signal level* diatas -72 dBm dan pada simulasi menggunakan 2 *access point* hasil menunjukkan area *tercover* dengan 98% *received signal* diatas -72 dBm. Pada simulasi menggunakan 2 *access point* diperlukan adanya alokasi *channel* untuk mengurangi interferensi pada gerbong kereta.

**Kata Kunci :** *Coverage area WiFi, COST 231 Multiwall, Radiowave Propagation Simulator, Received Signal Level.*

#### Abstract

*Internet connection on executive trains hard to do. This is because there is no network that can support internet services on high-speed transport such as trains. In previous studies have been conducted Coverage And Capacity planning Network Long Term Evolution ( LTE ) along the railway line Jakarta – Bandung. With the LTE technology that supports high-speed data access, macro cells along the railway line can support Internet connections on passenger trains with good performance.*

*On passenger Carriage device installed the Outdoor Antenna WiFi, USB modem 3G/4G and Wireless Router on each carriage which is connected to the core network through the eNodeB. Calculation of capacity planning and coverage planning is done by calculating the bandwidth per user, offered bit quantity and link budget. Propagation model used is COST 231 Multiwall with simulations using software RPS (Radiowave Propagation Simulator).*

*From the results of the calculation, the number of access points 2 results. In simulations using one access point obtained the best results with 95% of the area covered by the received signal level above -72 dBm and the simulation results using a second access point indicates the area covered by the 98 % received signal above -72 dBm. In simulations using two access points necessary to channel allocation to reduce interference on the train carriage.*

**Keywords :** *Coverage area WiFi, COST 231 Multiwall, Radiowave Propagation Simulator, Received Signal Level.*

#### 1. Pendahuluan

Belum adanya perencanaan koneksi WiFi pada kereta penumpang menyebabkan tidak tersedianya layanan internet yang dapat dimanfaatkan penumpang selama perjalanan kereta api sampai saat ini. Perkembangan Teknologi yang semakin berkembang sangat mendukung adanya koneksi internet pada transportasi

berkecepatan tinggi seperti kereta api. Untuk menyediakan layanan internet pada kereta penumpang diperlukan adanya perencanaan koneksi WiFi, dengan melakukan analisa *coverage area* WiFi pada kereta penumpang untuk mendapatkan hasil *coverage area* yang mampu meng-cover semua sisi gerbong penumpang secara merata dengan tidak adanya *blank spot area*.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan *capacity planning* dan *coverage planning* dengan memperhatikan karakteristik kereta, pemilihan teknologi dan perangkat, jumlah *user*, *kapasitas bandwidth*, *offered bit quantity* dan perhitungan *link budget*. Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk menentukan jumlah *access point* yang akan diletakkan pada kereta. Hasil dari jumlah *access point* akan disimulasikan menggunakan software RPS (*Radio Propagation Simulation*) version 5.4.

Hasil simulasi pada tugas akhir ini akan dibandingkan dengan model propagasi COST 231 *Multiwall* melalui tahap validasi. Penentuan posisi *access point* terbaik adalah dengan hasil *coverage* yang mencakup 90% sisi kereta dengan *blank spot area* yang minimum.

**2. Dasar Teori**

**2.1 Pengertian WiFi**

WiFi (*Wireless Fidelity*) merupakan bentuk pemanfaatan teknologi Wireless Local Area Network (WLAN) pada lokasi-lokasi publik. WiFi memiliki pengertian yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel (*Wireless Local Area Networks - WLAN*) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11[8].

**2.2 Standar WiFi 802.11n**

IEEE 802.11n-2009 adalah sebuah perubahan standar jaringan nirkabel untuk meningkatkan *throughput* lebih dari standar sebelumnya, seperti 802.11b dan 802.11g, dengan peningkatan *data rate* maksimum dalam lapisan fisik OSI (PHY) dari 54 Mbit/s ke maksimum 600 Mbit/s dengan menggunakan empat ruang aliran di bandwidth 40 MHz. IEEE 802.11n melakukan penambahan *multiple-input multiple-output* (MIMO) serta *bandwidth* yang menjadi dua kali lipat sebesar 40 MHz ke lapisan saluran fisik (PHY) [2].

**2.3 Propagasi Radio Indoor**

Mekanisme dari perambatan sebuah propagasi gelombang radio didalam ruangan dapat disebabkan oleh berbagai penghalang, difraksi dan refleksi [9][4].

Redaman *free space loss* merupakan penurunan level daya gelombang radio selama merambat diruang bebas. Penurunan level ini dipengaruhi oleh frekuensi kerja dengan jarak tempuhnya[9][4].

Besar *free space loss* ini dapat dinyatakan dengan persamaan [9][4] :

$$FSL = 32,5 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \tag{1}$$

Dimana:

d = Jarak antara pemancar dengan penerima (km)

f = Frekuensi kerja (MHz)

**2.4 Perhitungan Jumlah Access Point**

Terdapat 2 pendekatan yang dilakukan untuk mendapatkan jumlah *access point* yang dibutuhkan yaitu:

**1. Berdasarkan kapasitas dan bandwidth[7][3]**

$$BW \text{ per user} = \frac{Data \text{ rate} / 2}{MaxUser} \tag{2}$$

Dimana :

- *Data Rate* : Maksimum *data rate* yang disediakan perangkat.
- *Max User* : Jumlah *user* di area tersebut.

Dengan perhitungan jumlah *access point* sebagai berikut [7][3]

$$N_{AP} = \frac{BW_{user} \times N_{user} \times \% \text{ Activity}}{\% \text{ Efficiency} \times \text{rate association}} \tag{3}$$

Dimana:

- *N AP* : Jumlah AP yang diperlukan untuk melayani kapasitas yang diperlukan.
- *BW user* : *Bandwidth* yang diperlukan per *user*.
- *N user* : Jumlah *user* di area tersebut (keseluruhan).
- *% Activity* : Jumlah *user* aktif pada saat yang bersamaan.
- *% Efficiency* : *Efisiensi channel* yang ditunjukkan sebagai rasio dari *rate* yang sebenarnya terhadap *association rate* (90%) [3]
- *Rate association* : *Data rate* minimum yang diterima oleh suatu *user* pada suatu *area coverage* (d disesuaikan dengan perangkat).

**2. Berdasarkan Perhitungan *Link Budget***

Nilai maksimum pelemahan sinyal ini biasa disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL). Untuk mencari nilai MAPL dilakukan perhitungan berikut [3][6]

$$MAPL = P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - P_r \tag{4}$$

Dimana,

- $P_t$  = *Transmit Power*.
- $G_t$  = *Antenna Gain transceiver*.
- $L_t$  = *Cable loss transceiver*.
- $G_r$  = *Antenna Gain receiver*.
- $L_r$  = *Cable loss receiver*.
- $P_r$  = *Sensitivitas Access Point*.

Dengan perhitungan jumlah *Access Point* sebagai berikut [7][3]

$$N_{AP} = \frac{C_{area}}{C_{AP}} \tag{5}$$

Dimana:

- $N_{AP}$  : Jumlah *access point* yang diperlukan.
- $C_{area}$  : Luas area yang direncanakan.
- $C_{AP}$  : Luas area *coverage access point*.

**2.5 Perhitungan Jumlah *Access Point* berdasarkan *Offered Bit Quantity* dan *Forecast AP*.**

OBQ adalah total permintaan trafik pada area layanan yang diinginkan yang menyatakan jumlah bit yang diperlukan pada daerah tersebut. Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan OBQ adalah sebagai berikut [5][6]

$$OBQ = C_t \times C(u;t) \times P \times R_b(service) \times B \times H \tag{6}$$

Dimana,

- $C_t$  : Persentase *Potensial User*.
- $C(u;t)$  : Jumlah *User* pengguna WiFi.
- $P$  : *Penetrasi User of Service*.
- $R_b(service)$ : *Bearer rate of service*.
- $B$  : *Busy Hour Service Attempts* (BHSA).
- $H$  : *Duration of Using a Service*.

Dengan perhitungan jumlah *access point* sebagai berikut [5][6]

$$N_{AP} = \frac{OBQ_{Total}}{Peak\ Data\ Rate\ AP} \tag{7}$$

**2.6 Model Propagasi COST 231 *Multiwall***

Persamaan Model Propagasi COST 231 *Multiwall* [9][1]

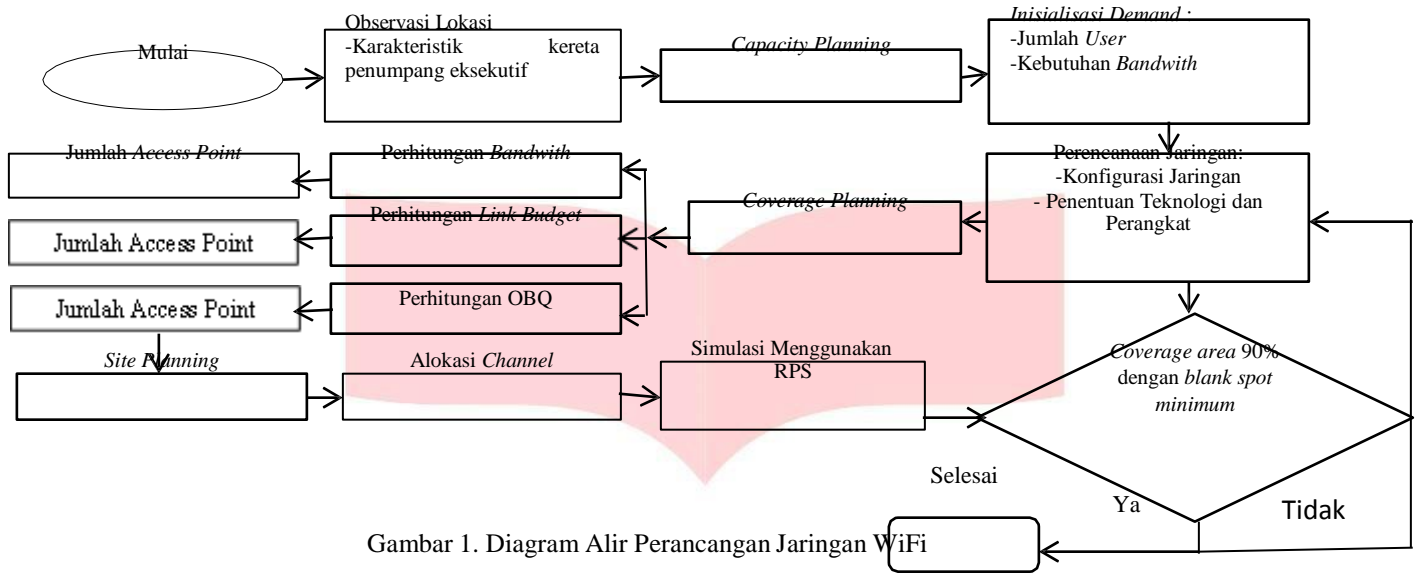
$$PL_{(d)} = PL_{FSL} + \sum_{i=1}^w k_{wi} L_{wi} + L_f \times n^{\left[ \frac{(a+2)}{(n+1)} \right]} \tag{8}$$

Dimana,

- $PL(d)$  : *Path loss* pada jarak d (dB).
- $PL_{FSL}$  : *Free-space loss*.
- $k_{wi}$  : Jumlah dinding tipe I antara *transmitter* dan *receiver*.
- $L_{wi}$  : Redaman dinding tipe i.
- $L_f$  : Redaman antar lantai f.
- $K_f$  : Jumlah lantai antara *transmitter* dan *receiver*.
- $b$  : Parameter pengukuran (0,46).

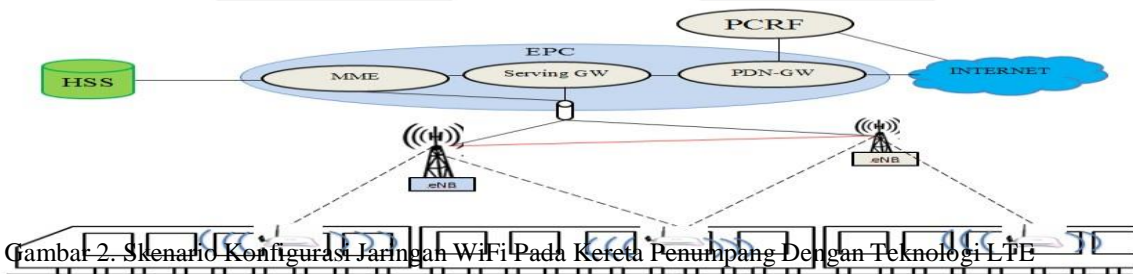
3. Pembahasan

3.1 Diagram Alir Perancangan Jaringan WiFi Pada Kereta Penumpang Eksekutif Jakarta-Bandung



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Jaringan WiFi

3.2 Skenario Konfigurasi Jaringan WiFi Pada Kereta Penumpang Dengan Teknologi LTE



Gambar 2. Skenario Konfigurasi Jaringan WiFi Pada Kereta Penumpang Dengan Teknologi LTE

Pada gerbong kereta penumpang, perangkat WiFi yang diinstalasi adalah *Outdoor Antenna WiFi*, Modem USB 3G/4G dan *Wireless Router*. Modem USB 3G/4G berfungsi sebagai penghubung ke *Operator Service* dan Internet sedangkan *Wireless Router* adalah perangkat yang akan menyebarkan koneksi internet kepada penumpang menggunakan frekuensi 2,4 GHz. Modem USB dan *Wireless Router* terinstalasi dalam kondisi terhubung melalui USB port dan diletakkan pada setiap gerbong kereta. *Outdoor Antenna WiFi* berfungsi sebagai penghubung dan juga untuk menerima dan menyalurkan sinyal WiFi melalui eNodeB ke dalam kereta penumpang.

3.3 Data Awal

3.3.1 Karakteristik Kereta Penumpang

Tabel 1. Karakteristik Kereta Penumpang

Parameter	Nilai
Panjang Kereta	20,370 m
Tinggi Kereta	2,023 m
Lebar Kereta	2,990 m

**3.2 Proses Perancangan**

**3.2.1 Capacity Planning**

Jumlah *user* pada kereta penumpang eksekutif adalah sebanyak 50 orang. Pada tugas akhir ini, digunakan 2 asumsi dari potensial *user* yaitu 75% dan 100% potensial *user*. Potensial *user* 75% adalah persentase *user* dimana 38 orang dari 50 orang penumpang merupakan *user* aktif yang akan menggunakan layanan internet pada saat yang bersamaan sedangkan Potensial *user* 100% adalah persentase *user* dimana 50 orang/semua penumpang merupakan *user* aktif yang akan menggunakan layanan internet pada saat yang bersamaan.

**3.2.2 Capacity Planning Berdasarkan Perhitungan Bandwith Per User.**

**3.2.2.1 Perhitungan jumlah bandwith per user dengan potensial user 75%**

Perhitungan jumlah *bandwith* per *user* berdasarkan persamaan (2) dengan potensial *user* 75% adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Bandwith per user} &= \frac{\text{Data rate} / 2}{\text{Maksimal user aktif}} \\ &= \frac{150 / 2}{38} = 2,0 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

**3.2.2.2 Perhitungan jumlah bandwith per user dengan potensial user 100%**

Perhitungan jumlah *bandwith* per *user* berdasarkan persamaan (2) dengan potensial *user* 100% adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Bandwith per user} &= \frac{\text{Data rate} / 2}{\text{Maksimal user aktif}} \\ &= \frac{150 / 2}{50} = 1,5 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

**3.2.3 Capacity Planning Berdasarkan Perhitungan Offered Bit Quantity**

**3.2.3.1 Perhitungan OBQ dengan potensial user 75%**

Perhitungan OBQ dengan potensial *user* 75% dari persamaan (6) adalah sebagai berikut :

$$OBQ = Ct \times C(u;t) \times P \times Rb \text{ (service)} \times B \times H$$

Dengan  $Ct : 0,75$  dari  $C(u;t) : 50$ .

**Tabel 2.** Perhitungan OBQ dengan potensial *user* 75%

<i>OBQ Type</i>	<i>Total Kbit</i>
<i>OBQ Downlink</i>	181852,7548
<i>OBQ Uplink</i>	14508,0825
<b><i>OBQ Total</i></b>	<b>196360,8373</b>

**3.2.3.2 Perhitungan OBQ dengan potensial user 100%**

Perhitungan OBQ dengan potensial *user* 100% dari persamaan (6) adalah sebagai berikut :

$$OBQ = Ct \times C(u;t) \times P \times Rb \text{ (service)} \times B \times H$$

Dengan  $Ct : 1$  dari  $C(u;t) : 50$ .

**Tabel 3.** Perhitungan OBQ dengan potensial *user* 100%

<i>OBQ Type</i>	<i>Total Kbit</i>
<i>OBQ Downlink</i>	242470,3398
<i>OBQ Uplink</i>	19344,11
<b><i>OBQ Total</i></b>	<b>261814,4498</b>

**3.2.4 Capacity Planning Berdasarkan Perhitungan Link Budget**

Dalam menentukan panjang jari-jari dari *coverage* sebuah *access point* perlu diketahui nilai MAPL (*Maximum Allowed Path Lost*) yaitu nilai propagasi maksimum yang diperbolehkan agar hubungan *user* dengan *access point* dapat berjalan baik

**3.2.4.1 Model Propagasi COST 231 Multiwall**

Perhitungan model propagasi COST 231 *Multiwall* pada persamaan (8) adalah sebagai berikut:

$$PL_{(d)} = PL_{FSL} + \sum_{i=1}^W k_{Wi} L_{Wi} + Lf \times n^{\left[ \frac{(n+2)}{(n+1)} - b \right]}$$

$$PL_{FSL} = \frac{(\frac{4\pi r}{20 \log(0,125)})}{20 \log(0,125)}$$

$$PL_{FSL} = \frac{20 \log(12,56 \times r)}{20 \log(0,125)}$$

r = 7,8 m

Dari hasil tersebut kita dapat menghitung Luas sel dengan rumus berikut :

$$L = 2,6 \times r^2$$

$$L = 2,6 \times (7,8)^2$$

$$L = 158,18 \text{ m}^2$$

**3.2.5 Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan Jumlah Bandwith Per User**

**3.2.5.1** Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan Jumlah Bandwith Per User pada persamaan (3) :

$$N_{AP} = \frac{BW_{user} \times N_{user} \times \% \text{ Activity}}{\% \text{ Efficiency} \times \text{rate association}}$$

**3.2.5.2 Perhitungan Coverage Planning Dengan Bandwith 2,0 Mbps Pada Potensial User 75%**

Perhitungan Coverage Planning User Dengan Bandwith 2,0 Mbps Pada Potensial User 75% berdasarkan persamaan (3) adalah sebagai berikut :

**3.2.5.3 Perhitungan Coverage Planning Dengan Bandwith 1,5 Mbps Pada Potensial User 100%**

Perhitungan Coverage Planning User Dengan Bandwith 1,5 Mbps Pada Potensial User 100% berdasarkan persamaan (3) adalah sebagai berikut :

**3.2.6 Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan OBQ**

**3.2.6.1** Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan OBQ pada persamaan (7) adalah sebagai berikut :

$$N_{AP} = \frac{OBQ_{Total}}{Peak \text{ Data Rate } AP}$$

**3.2.6.2 Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan OBQ Dengan Persentase Potensial user 75%**

Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan OBQ Dengan Persentase Potensial user 75% berdasarkan persamaan (7) adalah sebagai berikut :

**3.2.6.3 Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan OBQ Dengan Persentase Potensial user 100%**

Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan OBQ Dengan Persentase Potensial user 100% berdasarkan persamaan (7) adalah sebagai berikut :

**3.2.7 Perhitungan Coverage Planning Berdasarkan Perhitungan Link Budget**

Perhitungan Jumlah Access Point pada persamaan (5) adalah sebagai berikut:

=

$\frac{C}{T}$   
 $\frac{a}{t}$

C  
A  
c  
c  
e  
s  
P  
o  
i  
n  
t

$$NAP = \frac{60,9063}{158,18} = 0,4 \sim 1 \text{ AP}$$

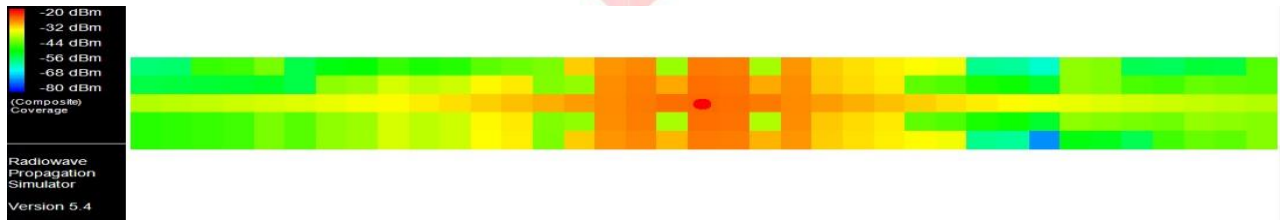
4 Hasil Simulasi Dan Analisis

4.1 Hasil simulasi dan analisis percobaan 1 Access Point

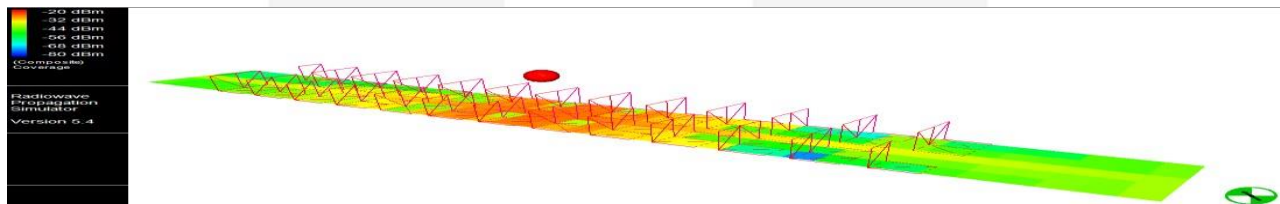
Tabel 4 Hasil simulasi dan analisis percobaan 1 Access Point

Percobaan	Posisi Access Point	Coverage Plot	Best Server Plot	Signal To Interference Ratio	Delay Spread	Angular Spread
I	3,00 m	70%	1	-	0 ns	0,0 deg
II	10,00 m	95%	1	-	0 ns	0,0 deg
III	17,00 m	70%	1	-	0 ns	0,0 deg

Dari hasil simulasi dan analisis percobaan 1 access point dapat diketahui hasil coverage paling baik adalah pada percobaan II. Pada percobaan II, posisi access point diletakkan pada titik 10,0 m, kursi 7 (ditengah kereta). Hasil coverage plot yaitu 95% kereta ter-cover dengan received signal level diatas -72 dBm



Gambar 3 Coverage Plot 2D Pada Percobaan II



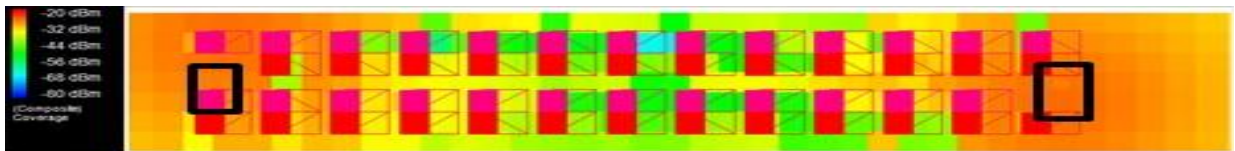
Gambar 4 Coverage Plot 3D Pada Percobaan II

4.2 Hasil simulasi dan analisis percobaan 2 Access Point

Tabel 5 Hasil simulasi dan analisis percobaan 2 Access Point

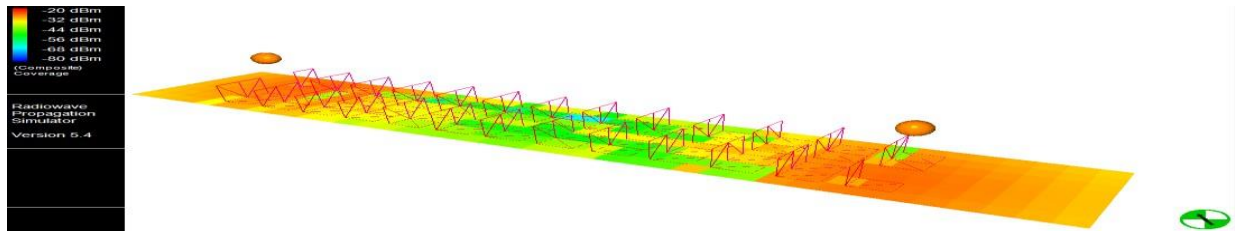
Percobaan	Posisi Access Point	Coverage Plot	Best Server Plot	Signal To Interference Ratio	Delay Spread	Angular Spread
1	3,00 m dan 17,00 m	98%	2	30%	0 ns	0,0 deg

Dari hasil simulasi dan analisis percobaan 2 access point dapat diketahui hasil coverage yaitu 98% kereta ter-cover dengan signal received diatas -72 dBm dengan posisi access point diletakkan pada titik 3,0 m dan titik 17,0 (diantara kursi 1 dan diantara kursi 13). Meskipun 98% area ter-cover dengan baik tetapi signal to interference yang dihasilkan dibawah 25 dB, yaitu sebesar 30%. Oleh karena itu, perlu adanya pengaturan channel frekuensi dan transmit power untuk mengatasi interferensi antar 2 access point pada gerbong kereta penumpang.

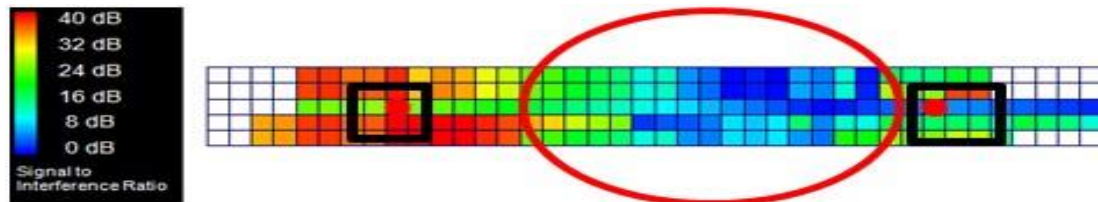


Gambar 5 Coverage Plot 2D Pada Percobaan 2 Access Point





Gambar 6 Coverage Plot 2D Pada Percobaan 2 Access Point

Gambar 7 Percobaan Pengaturan Dengan Menurunkan Dan Membedakan *Power Transmit Access Point* (15 dBm dan 5 dBm) Untuk Mengurangi Interferensi Pada Posisi *Access Point* Sejajar

#### 4.3 Alokasi Channel WiFi Frekuensi 2,4 GHz

Pemilihan alokasi *channel* bertujuan agar dapat mengurangi interferensi antar sel yang masuk kedalam range interferensi lainnya.

#### 4.4 Pengaturan *Power Transmit* Pada *Access Point* Terhadap Radius Sel

Pengaturan *power transmit* pada *access point* dilakukan untuk memperhitungkan radius sel yang dihasilkan. Pengaturan ini dilakukan dengan cara mengurangi *power transmit* pada *access point*.

### 5 Kesimpulan dan Saran

Penempatan *access point* terbaik pada kereta penumpang dengan menggunakan 1 *access point* adalah pada bagian tengah kereta dengan *access point* diletakkan pada titik 10,0 m dengan hasil *coverage plot* yaitu 95% kereta ter-cover dengan *received signal level* diatas -72 dB. Penempatan *access point* menggunakan 2 *access point* adalah pada titik 3,0 m dan 17,0 m dengan hasil *coverage* yaitu 98% kereta ter-cover dengan *signal received* diatas -72 dBm. Meskipun 98% area ter-cover dengan baik tetapi *signal to interference* yang dihasilkan dibawah 25 dB cukup tinggi, yaitu sebesar 30%. Oleh karena itu, perlu adanya pengaturan frekuensi *channel* dan pengaturan *transmit power* untuk menurunkan dan membedakan nilai masing-masing *access point* dalam mengatasi interferensi antar 2 *access point* pada gerbong kereta penumpang.

#### Daftar Pustaka :

- [1] Andrede,C.B.(n.d.). IEEE 802.11 WLAN :A comparison on indoor coverage models.
- [2] Azhar,M.(n.d).IEEE 802.11n.Yogyakarta:UGM.
- [3] Dhias, Gasi.2016. Perancangan Dan Analisis Coverage Area Jaringan WiFi Pada Kapal Laut. Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom.Bandung.
- [4] Hashemi.1999. *The Indoor Radio Propagation Channel.IEEE Journal*. [Online] Available at: [www.IEEEJournal.com](http://www.IEEEJournal.com). [Accessed 30 Mei 2015].
- [5] Huawei Technologies Co.Ltd..2010. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. Shenzen : Huawei.
- [6] Huawei Technologies Co.Ltd..2010. *LTE Radio Network Coverage Dimensioning*. Shenzen : Huawei
- [7] Network.,Trapeze.2003.*Designing Enterprise Wireless Lans for Capacity vs Coverage.White Paper*.
- [8] Sandi,M. (2013). Lebih Dekat Mengenal Wi-Fi.
- [9] Santoso, Puji Edriany. 2013. Analisis Perencanaan Coverage Area WiFi 802.11g di Dalam Pesawat Udara Boeing 737-900ER. Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom. Bandung.