

# Perancangan High Density Wireless LAN 802.11n 2.4 GHz di Ruang Kelas Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom

Tafta Zani

Program Studi D3 Teknik Komputer  
Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
tafta@tass.telkomuniveristy.ac.id

**Abstrak**—Peserta kegiatan belajar mengajar (KBM) di ruang kelas gedung Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom (FIT UT) sering kali sulit terkoneksi ke jaringan karena keterbatasan kapasitas jaringan Wi-Fi. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan jumlah *access point* (AP) yang disediakan untuk melayani pengguna di kelas. Pada penelitian ini dirancang sebuah infrastruktur *high density wireless LAN* (HDWLAN) untuk sebuah kelas FIT UT untuk mendukung KBM untuk 50 pengguna. Rancangan yang dihasilkan memperlihatkan kebutuhan hingga 3 buah AP untuk melayani 50 pengguna dengan kebutuhan throughput aplikasi 5 Mbps pada ruangan dengan ukuran kurang lebih (P x L x T) 9 m x 7,2 m x 3,2 m. Selain itu diperlukan antena *patch panel*, pengaturan penggunaan lebar kanal di 20 MHz, dan pengaturan kuat sinyal serta *antenna gain* untuk menghindari *adjacent channel interference* (ACI). Simulasi performa jaringan hasil perancangan dengan variabel-variabel seperti pada tabel III menunjukkan bahwa untuk mendapatkan performa jaringan yang baik, *noise* pada jaringan yang dibuat sebaiknya tidak lebih tinggi dari -62,87 dBm.

**Kata Kunci**—*hi-density wireless LAN*; IEEE 802.11n 2.4 GHz

**Abstract**—Learning activity participants in classroom at FIT UT building often have difficulty connecting to the Wi-Fi network because of its limited capacity. In this research a HD WLAN infrastructure was designed for one of FIT classroom to support learning activity for 50 users. The resulting design showed the need of up to 3 number of APs to serve 50 users with 5 Mbps application throughput requirement in a room with the size of approximately (L x W x H) 9 m x 7,2 m x 3,2 m. In addition, patch panel antenna, 20 MHz channel wide usage configuration, and signal strength and antenna gain to avoid ACI. Designed Network performance simulation with variables as listed in table III shows that to gain good network performance, the noise in the network should not higher than -62,87 dBm.

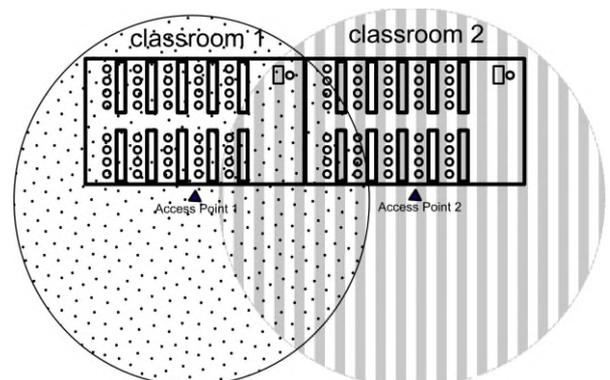
**Keywords**—*hi-density wireless LAN*; IEEE 802.11n 2.4 GHz

## I. PENDAHULUAN

Fakultas Ilmu Terapan (FIT) Universitas Telkom (UT) adalah fakultas yang luarannya adalah tenaga kerja bergelar diploma terutama di bidang teknologi informasi. Kurikulumnya dirancang dengan bobot kegiatan praktikum hingga di atas 50%. Untuk mendukung efektivitas dan

kelancaran kegiatan belajar mengajar, para pengajar dan mahasiswa dilengkapi dengan komputer *notebook/laptop* masing-masing.

Saat ini komunikasi data antar komputer pada kelas-kelas reguler yang tidak dilayani jaringan kabel sulit untuk dilakukan dan membutuhkan banyak waktu dikarenakan keterbatasan kapasitas jaringan Wi-Fi kampus di area kelas reguler. Akibatnya komunikasi data dilakukan dengan menghubungkan komputer-komputer secara bergantian ke jaringan Wi-Fi atau menggunakan USB *flashdrive*. Dengan cara-cara tersebut potensi komputer *notebook/laptop* yang dimiliki untuk mendukung kegiatan belajar mengajar juga menjadi sulit dimanfaatkan. Dari hasil pengamatan didapatkan masalah ini disebabkan oleh jumlah perangkat yang mengakses layanan jaringan Wi-Fi berada jauh di atas kapasitas yaitu dua hingga tiga *Access Point* (AP) melayani sekitar 80 perangkat pengguna pada ruangan kelas yang masing-masing berukuran (P x L x T) 9 m x 7,2 m x 3,2 m seperti pada gambar 1. Akibatnya hanya sebagian kecil perangkat yang berhasil terkoneksi dengan kualitas koneksi yang buruk karena seringkali terputus dan harus dikoneksi ulang.



Gambar 1. Dua AP Melayani 2 Ruang Kelas dengan Lebih dari 80 Pengguna

Solusi membangun jaringan komputer yang sifatnya permanen menggunakan jaringan kabel dinilai tidak tepat. Meskipun memiliki kapasitas dan potensi yang besar namun biaya pembangunan dan pemeliharaannya relatif besar padahal kegiatan belajar mengajar di kelas reguler tidak selalu membutuhkan fasilitas jaringan komputer. Selain itu disain awal kelas reguler di gedung kampus FIT tidak menyediakan

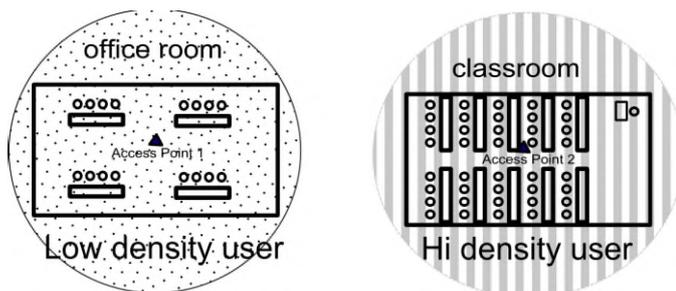
ruang khusus untuk meletakkan jaringan kabel untuk jumlah koneksi hingga 40 s.d. 50 peserta kegiatan belajar mengajar. Solusi lainnya adalah dengan membangun infrastruktur jaringan 3G [1] yang dinilai lebih tepat untuk area dengan kepadatan pengguna tinggi namun sering terkendala oleh biaya investasi awal yang tidak murah dan regulasi pemerintah tentang pita frekuensi yang ingin digunakan. Di masa depan untuk memenuhi kebutuhan koneksi dalam ruangan dapat digunakan teknologi Li-Fi [2] yang kecepatannya mencapai orde *gigabit*.

Solusi yang diambil untuk mengatasi masalah di atas diputuskan menggunakan HD WLAN dikarenakan investasi awalnya lebih murah dengan skalabilitas dan fleksibilitas yang baik. Perangkat pengguna pun hampir semua sudah mendukung Wi-Fi pada standar 802.11n 2.4 GHz yang lebih cepat dari pendahulunya. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah jaringan area lokal nirkabel berkepadatan tinggi (*hi density wireless LAN*) untuk ruang lingkup sebuah kelas di gedung FIT UT.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Hi Density Wireless LAN

*Hi density wireless LAN* memiliki karakteristik yang berbeda dengan *wireless LAN* pada umumnya. Pada HD WLAN terdapat jauh lebih banyak pengguna pada area yang lebih kecil seperti dicontohkan pada Gambar 2. Pada contoh kasus ruang kelas di gedung FIT UT, satu ruang kelas dapat diisi oleh hingga 40 siswa dan 1 atau 2 orang dosen ditambah beberapa orang asisten dengan luas kelas yang kurang dari 60 m<sup>2</sup>. Pada kasus ini pemasangan AP berkapasitas biasa dengan antenna *omni directional* dan standar 802.11n 2,4 GHz akan menyebabkan pemasangan banyak AP untuk memenuhi permintaan pengguna menjadi sulit dikarenakan sebaran sinyal dari antenna *omni directional* dan terbatasnya pita kanal di 2.4 GHz memudahkan terjadinya *co-channel interference* (CCI). Pada kasus ini dibutuhkan sebuah infrastruktur HD WLAN yang dirancang dengan memperhitungkan kebutuhan *bandwidth* pengguna, jumlah AP, dan jenis antenna untuk sebaran sinyal yang minim CCI.



Gambar 2. Perbedaan *Low Density WLAN* dengan *Hi Density WLAN*

### B. Metode Perancangan Hi Density Wireless LAN

Vendor-vendor perangkat jaringan nirkabel terkenal seperti: Aerohive [3], Cisco [4], dan Ruckus [5] sudah mengeluarkan panduan untuk merancang sebuah HD WLAN. Secara garis besar langkah-langkah utama dalam merancang HD WLAN adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kemampuan komunikasi perangkat pengguna.
2. Mengidentifikasi kebutuhan *throughput* dari aplikasi pengguna yang akan dilayani AP.
3. Menentukan jumlah AP dan jenis serta lokasi antena yang akan digunakan.
4. Konfigurasi penggunaan pita frekuensi, lebar kanal, frekuensi kanal.

## III. PERANCANGAN HI DENSITY WIRELESS LAN

### A. Identifikasi Kemampuan Perangkat Pengguna

Berdasarkan Rahman [6], perangkat untuk mengakses jaringan Wi-Fi yang digunakan oleh mahasiswa di FIT UT terutama pada kelas yang dijadikan studi kasus adalah *notebook* yang dikategorikan oleh dokumen panduan Aerohive [5] sebagai *low-end laptop* dengan kemampuan perangkat jaringan nirkabelnya dapat dilihat pada Tabel I. Perangkat pengguna meskipun mendukung standar 802.11n namun kebanyakan beroperasi hanya di frekuensi 2.4 GHz. Selain itu jumlah pengguna maksimal adalah 50 orang (40 mahasiswa, 1 atau 2 dosen, dan 8 asisten).

TABEL I. SPESIFIKASI PERANGKAT JARINGAN NIRKABEL *LOW END LAPTOP* [4]

Elemen Spesifikasi	Nilai Spesifikasi
<i>Wifi Radio Type</i>	802.11n 2x2:2
<i>Channel Support</i>	1-11
<i>Channel Width</i>	20 MHz only
<i>Transmit Power Output</i>	17-20 dBm
<i>Maximum Data Rate</i>	144 Mbps

### B. Identifikasi Kebutuhan Throughput Aplikasi Pengguna

Penggunaan jaringan Wi-Fi dimaksudkan untuk mempermudah proses kegiatan belajar mengajar seperti melakukan tes secara daring, membuka materi yang tersedia di *internet*, berbagi materi ajar, mengakses layanan *e-learning*, hingga mengakses *video streaming* berkualitas standar seperti *video conference* dari pengajar di lokasi lain. standar *throughput* dapat diambil dari dokumen panduan oleh Aerohive oleh Nagy [3] seperti pada Tabel II.

TABEL II. STANDAR KEBUTUHAN THROUGHPUT APLIKASI JARINGAN

<i>Application Class</i>	<i>Required Throughput</i>
<i>Web-browsing/email</i>	500 Kbps–1 Mbps
<i>Video Conferencing (example: WebEx 2)</i>	384 Kbps–1 Mbps
<i>SD video streaming (example: Netflix 3, Hulu 4)</i>	1–1.5 Mbps
<i>YouTube video streaming</i>	500 Kbps
<i>Printing</i>	1 Mbps
<i>File Sharing</i>	5 Mbps
<i>E-Learning and Online Testing</i>	2–4 Mbps

### C. Perhitungan Jumlah AP yang Dibutuhkan

Nagy [5] menyatakan jumlah AP yang diperlukan dihitung berdasarkan *airtime per device* dan *airtime utilization*. *Airtime per device* adalah lama waktu komunikasi antara perangkat dan AP yang dibutuhkan agar kebutuhan *throughput* aplikasi

tercapai. *Airtime per device*, APD, dihitung berdasarkan formula,

$$APD = AppT/CDR \quad (1)$$

AppT adalah rekomendasi *throughput* yang dibutuhkan oleh aplikasi yang menggunakan jaringan agar dapat berfungsi dengan normal sedangkan *client data rate*, CDR, adalah *bandwidth* maksimal dari kemampuan komunikasi perangkat pengguna.

*Airtime utilization* adalah total kebutuhan waktu komunikasi (*airtime*) dari seluruh perangkat pengguna dan akan dibulatkan ke atas menjadi jumlah AP yang dibutuhkan. *Airtime utilization*, AU, dihitung berdasarkan formula,

$$AU = APD \times NoD \quad (2)$$

dimana NoD adalah *number of device* atau jumlah perangkat pengguna.

Aplikasi dengan kebutuhan *throughput* terbesar dijadikan sebagai *baseline* untuk menentukan jumlah AP yang diperlukan. Berdasarkan ketentuan tersebut dan Tabel II maka aplikasi berbagi pakai berkas (*file sharing*) dengan kebutuhan *throughput* hingga 5 Mbps dijadikan *base line*.

Dengan demikian kebutuhan *airtime per device* berdasarkan (1) adalah:

$$APD = 5Mbps/144Mbps$$

$$APD = 3,47\%$$

Dengan mengasumsikan kasus terburuk adalah terdapat 50 pengguna (40 mahasiswa, 2 dosen, 8 asisten) dalam satu area maka *airtime utilization* berdasarkan (2) memiliki nilai:

$$AU = 3,47\% \times 50$$

$$AU = 173,6\% \cong 200\%$$

yang artinya jika sebuah AP memiliki *airtime* 100% maka dibutuhkan lebih dari 2 buah AP untuk memenuhi kebutuhan 200% *airtime utilization*.

Seringkali pada prakteknya AP hanya dapat menggunakan 80% *airtime*-nya pada kondisi penggunaan yang padat sehingga *airtime utilization* pada kondisi yang realistis, RAU, adalah

$$RAU = 200\%/80\%$$

$$RAU = 250\% \cong 300\%$$

yang berarti secara realistis dibutuhkan 3 buah AP.

AP yang dipilih sebaiknya memiliki fitur MIMO dengan spesifikasi minimal sama dengan perangkat pengguna, yaitu 2x2:2.

#### D. Pemilihan Pita Frekuensi, Lebar Kanal, dan Kanal Frekuensi

Dengan keterbatasan kemampuan komunikasi nirkabel perangkat pengguna yang hanya dapat bekerja di frekuensi 2.4 GHz dengan standar 802.11n maka pita frekuensi yang digunakan adalah 2,4 GHz. Lebar kanal disesuaikan dengan perangkat pengguna yang hanya mendukung lebar kanal 20 MHz.

Pada pita frekuensi 2.4 GHz hanya terdapat 13 kanal sedangkan yang dapat digunakan berdekatan hanya 3 kanal. Kanal yang biasa digunakan berdekatan dengan cukup aman dari *Co-Channel Interference* (CCI) adalah kanal 1, 6, dan 11. Pada kasus HD WLAN yang membutuhkan lebih banyak AP memang lebih disarankan untuk bermigrasi ke pita frekuensi 5 GHz dengan jumlah kanal yang jauh lebih banyak atau melakukan pengaturan yang ketat terhadap jenis dan posisi antenna, sebaran dan kuat sinyal, dan *gain* antenna.

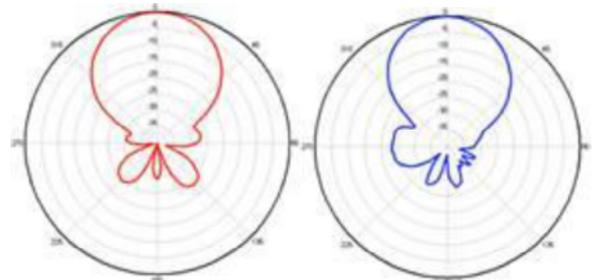
#### E. Pemilihan Jenis dan Posisi Antena serta Pemilihan Kanal AP

Antena *omni* memiliki jangkauan layanan yang luas namun beresiko menimbulkan masalah CCI jika diletakkan dalam posisi berdekatan. Untuk membuat HD WLAN lebih disarankan untuk menggunakan antenna sektoral seperti *patch panel* maupun *yagi* [7].

Antena sektoral *patch panel* (Gambar 3) sebaran sinyalnya lebih luas di depan antenna namun tidak sejauh antenna *yagi* dan sebaran di samping dan di belakang antenna tidak seluas antenna *omni* (Gambar 4).



Gambar 3. Antena Patch Panel (sumber: www.cisco.com)

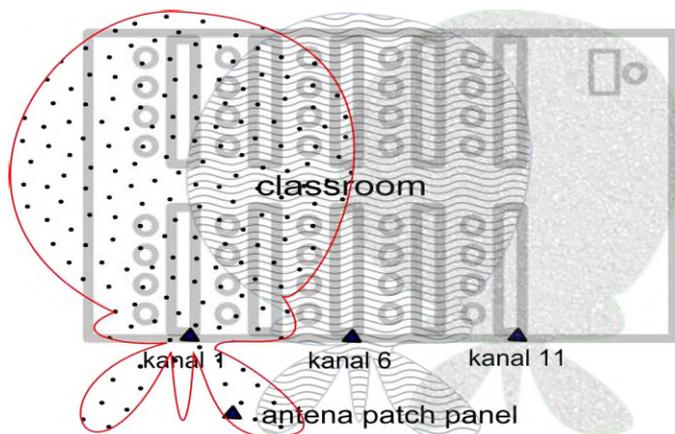


Gambar 4. Pola Sebaran Sinyal Antena Patch Panel Azimuth dan Elevation Plane (sumber: www.cisco.com)

Antena *patch panel* dipilih karena jika dipasang di sisi kelas dengan pengaturan sudut dan kekuatan sinyal yang baik dapat melayani seluruh area kelas dan sebarannya tidak mengganggu area lain seperti gang di luar kelas dan ruangan kelas yang lain. Antena yang akan digunakan juga sebaiknya memiliki kemampuan MIMO untuk minimal 2 SS sesuai kemampuan komunikasi perangkat pengguna.

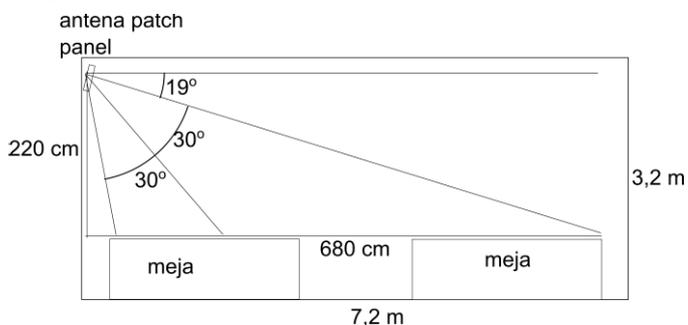
#### F. Pemasangan Antena

Untuk menghindari CCI dan menyebarnya sinyal ke luar kelas dengan kuat maka antenna *patch panel* ini dipasang di sisi yang paling panjang sehingga terdapat jarak yang tidak dekat antar antenna seperti pada Gambar 5. Antena dipasang di dinding dengan ketinggian sekitar 3 meter dengan pertimbangan pola sebaran sinyal antenna *patch panel* di area dekat antenna tidak memiliki kuat sinyal yang baik.



Gambar 5. Pemasangan Antena, Perkiraan Pola Sebaran sinyal, dan Pengalokasian Kanal pada HD WLAN Ruang Kelas

Sudut kemiringan vertikal dari antena disesuaikan dengan dimensi ruangan dan posisi pengguna. Berdasarkan pengamatan jarak terdekat dan terjauh pengguna dari dinding tempat dipasangnya AP dan antena adalah kurang lebih 40 cm dan 680 cm. Ketinggian perangkat pengguna yang diletakkan di atas meja kelas adalah sekitar 80 cm. Jika diharapkan sebanyak mungkin pengguna mendapatkan sinyal yang baik maka kemiringan vertikal (*downtilt*) dari antena adalah  $\arcsin\left(\frac{220}{680}\right) \cong 19^\circ$  ditambah dengan  $\frac{\text{vertical beamwidth}}{2}$  dari antena yang akan digunakan. Contoh jika *vertical beamwidth* antena adalah  $60^\circ$  maka *downtilt* antena adalah  $49^\circ$  seperti pada gambar 6. Jika ingin mengurangi interferensi terhadap sinyal di ruangan di bawah lantai kelas maka sudut *downtilt* dapat dikurangi namun antena yang digunakan harus memiliki *vertical beamwidth* yang lebih besar karena pengguna yang dekat dengan antena akan mendapatkan sinyal yang lebih buruk.



Gambar 6. Kemiringan Vertikal Antena Patch Panel

Sebagai catatan tambahan perlu diatur kuat sinyal dan *gain* dari antena untuk menghindari *Adjacent Channel Interference* (ACI) yang dapat disebabkan oleh sinyal yang terlalu kuat atau *gain* antena yang terlalu besar.

G. Pemilihan Koneksi Uplink

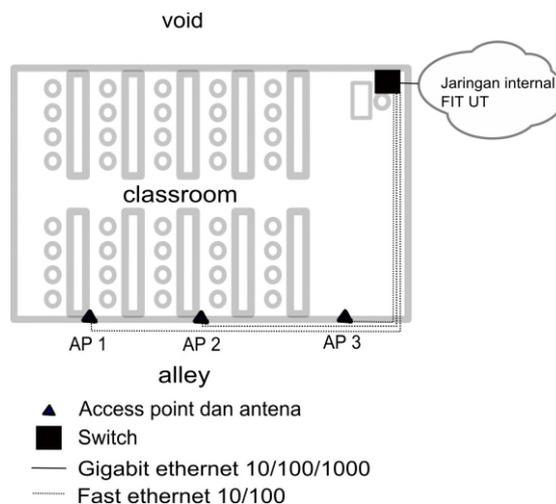
Setiap AP nantinya akan dikoneksikan dengan jaringan FIT UT menggunakan teknologi yang sudah tersedia di kelas yaitu Ethernet. Setiap AP akan dikoneksikan dengan sebuah *switch* yang dikoneksikandengan jaringan internal FIT UT. Jika setiap AP melayani sekitar 15 hingga 17 user dengan *application throughput* di 5 Mbps maka *aggregate throughput*

adalah 75 hingga 85 Mbps. Koneksi *fast ethernet* dengan kabel UTP Cat 5 atau Cat5e dengan bandwidth 100 Mbps dinilai cukup.

Jika setiap AP memiliki *throughput* agregat di sekitar 85 Mbps maka 3 buah AP akan memiliki *aggregate throughput* sekitar 255 Mbps. Dengan demikian koneksi yang menghubungkan *switch* dengan jaringan internal FIT UT harus berupa gigabit ethernet dengan spesifikasi kabel minimal UTP CAT 5e.

H. Topologi Hasil Rancangan

Topologi fisik hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Topologi Jaringan HD WLAN Hasil Rancangan

IV. PENGUJIAN DENGAN SIMULASI

Pengujian dengan simulasi dilakukan untuk memastikan pengguna pada daerah cakupan sinyal dengan kuat sinyal terendah mendapatkan kuat sinyal yang cukup dan perangkat pengguna dapat mengirimkan sinyal yang cukup kuat untuk diterima antena AP agar mendapatkan kualitas koneksi sesuai kebutuhan aplikasi. Berdasarkan Nagy [3] vendor perangkat rata-rata menyarankan minimal kuat sinyal di -65 hingga -67 dBm dengan SNR 25-30 dB agar mendapatkan performa jaringan yang baik.

Data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III. VARIABEL DAN NILAI PADA SIMULASI

Variabel	Nilai	Satuan
<i>Gain</i> antena patch panel	6	dBi
<i>Gain</i> antena perangkat pengguna	2	dBi
Kuat sinyal dari AP dan perangkat pengguna (TxP)	20	dBm
<i>Connector and cable loss (CCL)</i>	0.75	dB
Jarak perangkat dari antena (d)	7,14	m
<i>Loss</i> sinyal di luar <i>vertical beamwidth</i>	-3	dB
Frekuensi (f)	2400	MHz
Kecepatan cahaya (c)	$3 \times 10^8$	m/s

Rumus untuk menghitung kuat sinyal yang diterima [7] adalah

$$RP = TxP + TxAG + RxAG - FSPL - CCL - 3dB \quad (3)$$

dimana RP adalah kuat sinyal yang diterima (dBm), TxP adalah kuat sinyal (dBm), TxAntG adalah *gain* antena *transmitter* (dBi), RxAntG adalah *gain* antena *receiver* (dBi), dan FSPL adalah *free space path loss* (dB). Rumus FSPL [1] dihitung berdasarkan formula:

$$FSPL = 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi df}{c} \right)^2 \quad (4)$$

Menggunakan formula (3) dan (4) didapatkan kuat sinyal di sisi pengguna dan AP adalah

$$RP = 20 + 6 + 2 - 57,12 - 0,75 - 3 = -32,87dBm$$

Jika mengharapkan performa yang baik SNR sebaiknya bernilai 30 dB sehingga nilai maksimum *noise* yang diperbolehkan adalah:

$$\begin{aligned} noise &= RP - SNR = -32,87dBm - 30dB \\ &= -62,87dBm \end{aligned}$$

## V. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dibutuhkan hingga 3 buah AP untuk melayani 50 pengguna dengan kebutuhan *throughput* aplikasi 5 Mbps di ruang kelas FIT UT yang masing-masing berukuran (P x L x T) 9 m x 7,2 m x 3,2 m. Selain itu diperlukan antena *patch panel*, pengaturan penggunaan lebar kanal di 20 MHz, dan pengaturan kuat sinyal serta *antenna gain* untuk menghindari ACL. Simulasi performa jaringan hasil perancangan dengan variabel-variabel seperti pada Tabel III menunjukkan bahwa untuk mendapatkan performa jaringan yang baik, *noise* pada jaringan yang dibuat sebaiknya tidak lebih tinggi dari -62,87 dBm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shin. Seunghaje, Weiss. Martin B.H., "Analysis of Mobile Broadband Competition: 3G vs Wifi", International Journal of Mobile Communications vol.8 issue 5, 2010
- [2] Rani. Jyoti, Chauhan. Prerna, Tripathi. Ritika, "Li-Fi (Light Fidelity)-The future technology In Wireless communication", Internal Journal of Applied Engineering Research Vol 7 No 12, 2012
- [3] Nagy. Andrew Von, "High-Density Wi-Fi Design and Configuration Guide", Aerohive Network, 2012
- [4] Anonymous, "Wireless LAN Design Guide for High Density Client Environments in Higher Education", Cisco, 2011
- [5] Anonymous, "Deploying Very High Density Wi-Fi DESIGN AND CONFIGURATION GUIDE FOR STADIUMS", Ruckus Wireless Inc, 2012
- [6] Rahman. Muhammad Aulia, "Implementasi High Density Wireless LAN Menggunakan Mikrotik Access Point Portable di Ruang Kelas

- Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom", Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom, Bandung, 2015
- [7] Anonymous, "Wireless Link Budget Analysis",Tranzeo Wireless Technologies Inc., 2010