

## ANALISIS COVERAGE WLAN (WIRELESS LOCAL AREA NETWORK) 802.11a MENGUNAKAN OPNET MODELER

**Gede Sukadarmika, Ngurah Indra ER, Linawati, Nyoman Wendy Saputra**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

email : sukadarmika@unud.ac.id

### Abstract

Nowadays, the development tendency of information and communication technology is toward its flexibility and ease of deployment. Cable networks require higher installation cost than wireless network. Therefore, implementation of wireless network, especially a Wireless Local Area Network (WLAN), becomes more popular due to its coverage and flexibility. The 802.11a is the first published WLAN standard from IEEE which offers wide coverage to stationary consumer terminals. In this paper OPNET Modeler Simulator was used to analyze the application standard of 802.11a. Simulation was done to study the characteristic of WLAN 802.11a with several measured parameters such as data dropped (bits/sec), media access delay (sec), delay (sec), and throughput (bits/sec). The simulation was based on the scenario to study the coverage of an access point with the recommended transmitted power, and the effect of data rate on the access point's

**Keywords:** Wireless network, WLAN, OPNET, Coverage.

### 1. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi wireless dewasa ini tidak terlepas dengan kebutuhan masyarakat akan mobilitas yang tinggi. Salah satunya adalah jaringan wireless yaitu WLAN (Wireless Local Area Network) sesuai dengan standar IEEE 802.11. Sistem ini memberikan layanan komunikasi data bagi pengguna dengan menggunakan medium udara baik secara arsitektur ad-hoc maupun infrastruktur yang menggunakan access point. Perkembangan standar WLAN berdasarkan publikasi IEEE adalah 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan 802.11n dimana tiap standar memiliki kelebihan maupun kelemahan dalam penerapannya.

Suatu perencanaan jaringan memerlukan pertimbangan dan analisa teoritis sebelum diimplementasikan. Untuk itu berbagai bentuk aplikasi pendukung telah dikembangkan untuk mempermudah perancang jaringan dalam memilih bentuk protokol, arsitektur, maupun karakteristik dari jaringan yang akan dikembangkan. Salah satu solusi dalam perencanaan tersebut adalah dengan menggunakan software simulator. OPNET Modeler merupakan simulator yang dikembangkan oleh OPNET Technologies Incorporation, dimana simulator tersebut memiliki kemampuan yang mempermudah pengguna dalam membangun arsitektur jaringan melalui skenario serta kemudahan dalam membaca hasil simulasi.

Dalam upaya mengembangkan jaringan WLAN, maka diperlukan analisis karakteristik hasil standar yang telah ditetapkan melalui skenario dalam simulator. Standar IEEE 802.11a yang telah dipublikasikan pada tahun 1999 kurang mendapat perhatian dalam implementasinya dibandingkan standar lainnya karena penggunaan frekuensi 5 GHz yang memberikan batasan bagi pengguna dalam hal

coverage, namun protokol tersebut masih dapat diterapkan pada kondisi skenario tertentu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka di sini akan dibahas tentang analisis karakteristik standar IEEE 802.11a menggunakan simulator OPNET Modeler dalam bentuk analisis jangkauan access point, pengaruh beban trafik, dan pengaruh interferensi sehingga hasil dari simulasi dapat dijadikan acuan dalam pengembangan perencanaan dan implementasi jaringan WLAN 802.11a.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Jaringan Komunikasi Wireless

Jaringan komunikasi wireless merupakan jaringan yang menggunakan udara sebagai media transmisi, atau dengan kata lain jaringan yang mampu menghubungkan satu atau lebih peralatan untuk berkomunikasi tanpa koneksi fisik.

Komunikasi wireless dapat diterapkan di berbagai bidang, baik bidang komunikasi suara hingga jaringan data. Hal ini digunakan untuk memudahkan pengguna dalam hal mobilitas penggunaan perangkat yang tidak dipengaruhi oleh keterbatasan penggunaan akibat media transmisi fisik. Teknologi wireless dapat dikategorikan berdasarkan coverage, yaitu WPAN (*Wireless Personal Area Network*), WLAN (*Wireless Local Area Network*), WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), dan WWAN (*Wireless Wide Area Network*).

#### 1. Wireless personal area network (WPAN)

WPAN merupakan bentuk jaringan sesuai dengan standar IEEE 802.15. Jaringan ini memiliki range 0-15 meter dengan penggunaan power yang rendah yaitu 20 mW dan alokasi bandwidth 2,4

- GHz. Teknologi WPAN antara lain Bluetooth dan Zigbee.
2. Wireless local area network (WLAN)  
WLAN merupakan bentuk jaringan sesuai dengan standar IEEE 802.11. Arsitektur jaringan WLAN dapat dikonfigurasi menjadi tiga jenis yaitu IBSS (Independent Based Service Set), BSS (Based Service Set), dan ESS (Extended Service Set).
  3. Wireless metropolitan area network (WMAN)  
WMAN merupakan bentuk jaringan yang dapat mengkoneksikan berbagai jaringan dalam suatu area metropolitan sesuai dengan standar IEEE 802.16 atau yang sering dikenal dengan sebutan WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). WiMAX memiliki kecepatan data hingga 40 Mbps dengan alokasi frekuensi pada range 2,3-2,5 GHz dan 3,4-3,5 GHz.
  4. Wireless Wide Area Network  
WWAN merupakan bentuk jaringan yang meliputi daerah jangkauan yang luas. WWAN menggunakan teknologi jaringan selular dalam transmisi data seperti UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) dan GSM (Global System for Mobile Communications).

**2.2 Wireless Local Area Network**

WLAN merupakan sistem komunikasi dengan udara sebagai media transmisinya. WLAN menggunakan teknologi frekuensi radio sebagai media penyimpanan data dan memiliki berbagai kemudahan bagi pengguna dalam penerapannya, antara lain :

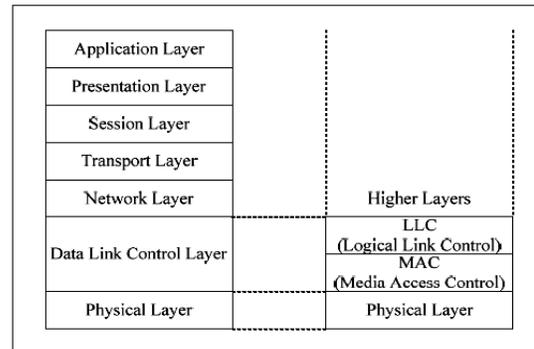
1. Mobilitas yang tinggi : Pengguna dapat mengakses informasi dimanapun sepanjang masih dalam coverage jaringan WLAN.
2. Kemudahan dan kecepatan instalasi : Instalasi jaringan WLAN lebih cepat dibandingkan jaringan dengan menggunakan kabel karena perangkat yang digunakan tidak terlalu banyak dan mudah untuk dikonfigurasi.
3. Fleksibel dalam instalasi : Instalasi jaringan dapat dilakukan ditempat dimana jaringan LAN (Local Area Network) tidak dapat dipasang karena kendala kondisi geografis.
4. Skalabilitas : Jaringan WLAN dapat dikonfigurasi dengan beberapa bentuk topologi tergantung kebutuhan pengguna seperti bentuk topologi IBSS (IndependentService Set), BSS (Based Service Set), maupun ESS (Extended Service Set).

Berdasarkan kemudahan yang didapat dengan menggunakan teknologi WLAN, pengguna dapat pula mempertimbangkan kelemahan yang ada pada teknologi tersebut dalam implementasinya dimana terdapat pengaruh interferensi radiodan halangan akibat bangunan maupun pohon dan lain-lain.

**2.2.1 Arsitektur WLAN**

**A. Arsitektur Logika**

Arsitektur logika WLAN bekerja pada dua lapisan terbawah model OSI (Open System Interconnection).



**Gambar 2.1 Arsitektur Logika IEEE 802.11 Berdasarkan Model OSI (Walke, 2002)**

Pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa WLAN menggunakan arsitektur logika physical layer dan data link layer yang dibagi menjadi dua bagian pada arsitektur WLAN yaitu LLC (Logical Link Layer) dan MAC (Medium Access Control), namun hanya MAC yang digunakan sebagai fungsi logika WLAN (Singh, 2009).

**Sub layer medium access control**

Sub layer MAC memiliki tanggung jawab untuk akses medium, pengalamatan, pembangkitan frame, dan mengecek deretan frame untuk konfigurasi pembagian media fisik (Iqbal, 2003). Standar IEEE 802.11 menggunakan CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) pada MAC. CSMA/CA dapat membuat sebuah grup perangkat wireless untuk berkomunikasi dengan membagi frekuensi dan ruang yang sama.

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa apabila sebuah client akan mengirimkan data maka terlebih dahulu akan dilakukan pengecekan pada kanal transmisi untuk memastikan tidak ada perangkat lain yang sedang mengirimkan data, apabila kondisi tersebut dipenuhi maka perangkat tersebut akan mengirimkan data.

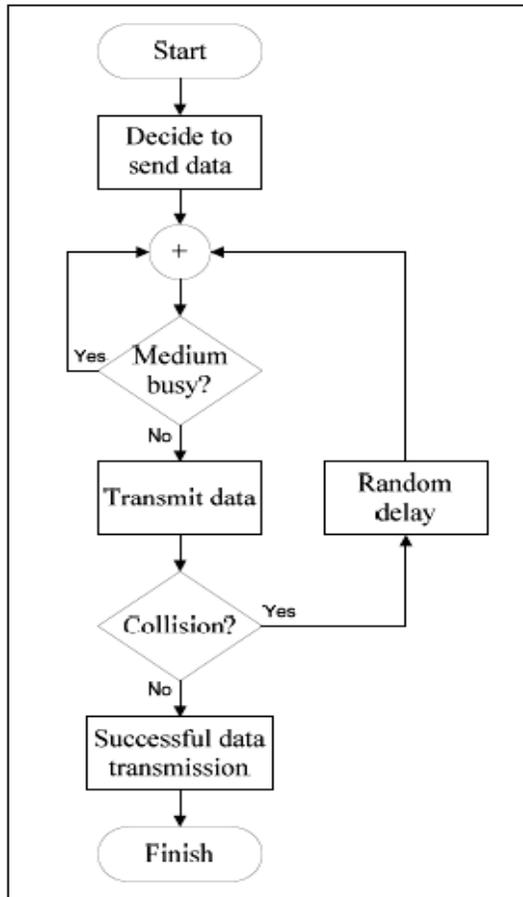
**Physical layer**

Physical layer berfungsi untuk menjaga transmisi data yang dilakukan pada kanal komunikasi. Layer ini merupakan interface antara media wireless dengan MAC layer. Physical layer dalam IEEE 802.11 dibagi menjadi lima kategori (IEEE, 2007), yaitu:

**a. Frequency hopping spread spectrum**

IEEE 802.11 mendukung konfigurasi physical FHSS (Frequency Hoping Spread Spectrum) pada

frekuensi 2,4 GHz dimana pada teknik ini sebuah frequency hopping (frekuensi berpindah) pada beberapa kanal frekuensi yang merupakan pembagian band frekuensi menjadi narrow channel. Urutan perpindahan frekuensi pada kanal telah ditentukan dan diketahui baik oleh transmitter maupun receiver. Data rate yang dihasilkan dari teknik ini adalah 1 Mbps dan 2 Mbps. Teknik ini digunakan pada standar IEEE 802.11.



Gambar 2.2 Diagram Alir CSMA/CA pada MAC (Singh, 2009)

**b. Direct sequence spread spectrum**

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) bekerja pada band frekuensi 2,4 GHz, lebar frekuensi 22 MHz, serta mendukung data rate 1 Mbps dan 2 Mbps. Perangkat dalam sistem ini menggunakan frekuensi center yang sama namun sinyal menyebar melalui teknik multiplexing dengan kode penyebaran yang berbeda untuk mengurangi interferensi sinyal dan noise, proses ini disebut dengan istilah chipping code. Teknik ini digunakan pada standar IEEE 802.11b.

**c. Infrared**

Infrared merupakan bentuk teknologi dalam jaringan wireless dimana memiliki jangkauan

maksimum hingga 20 meter. Sinar infrared digunakan untuk mentransmisikan data biner menggunakan pola modulasi PPM (Pulse Position Modulation) dimana biner yang berbeda direpresentasikan dengan memvariasikan posisi dari pulsa. Teknik ini digunakan pada standar IEEE 802.11.

**d. Orthogonal Frequency Division Multiplexing**

OFDM merupakan teknik transmisi yang menggunakan beberapa frekuensi yang saling tegak lurus. Masing-masing sub-carrier dimodulasikan dengan teknik modulasi tertentu pada rasio symbol yang rendah. Teknik OFDM mendukung WLAN untuk dapat mencapai data rate 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps, dan 54 Mbps dengan menggunakan 52 sub-carrier yang berbeda dan ditransmisikan secara paralel. Teknik ini digunakan pada standar IEEE 802.11a.

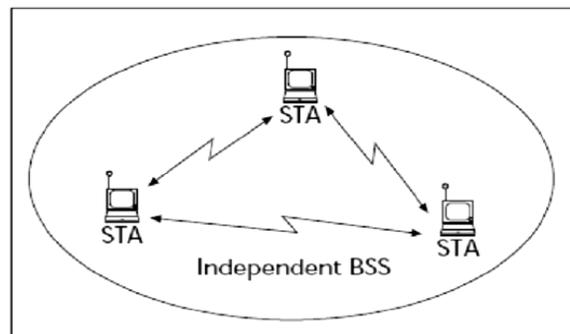
**e. High Rate Direct Sequence Spread Spectrum (HR/DSSS)**

HR/DSSS merupakan penambahan dari sistem DSSS yang bekerja pada band frekuensi 2,4 GHz untuk mendukung data rate 5,5 Mbps dan 11 Mbps. Untuk mendapatkan data rate yang lebih tinggi maka ditambahkan CCK (Complementary Code Keying) pada pola modulasi. Teknik ini digunakan pada standar IEEE 802.11b.

**B. Arsitektur fisik**

Arsitektur fisik WLAN terdiri dari dua kategori yaitu arsitektur IBSS (*Independent Based Service Set*) dan arsitektur infrastruktur.

**1. Arsitektur independent based service set**



Gambar 2.3 Arsitektur IBSS

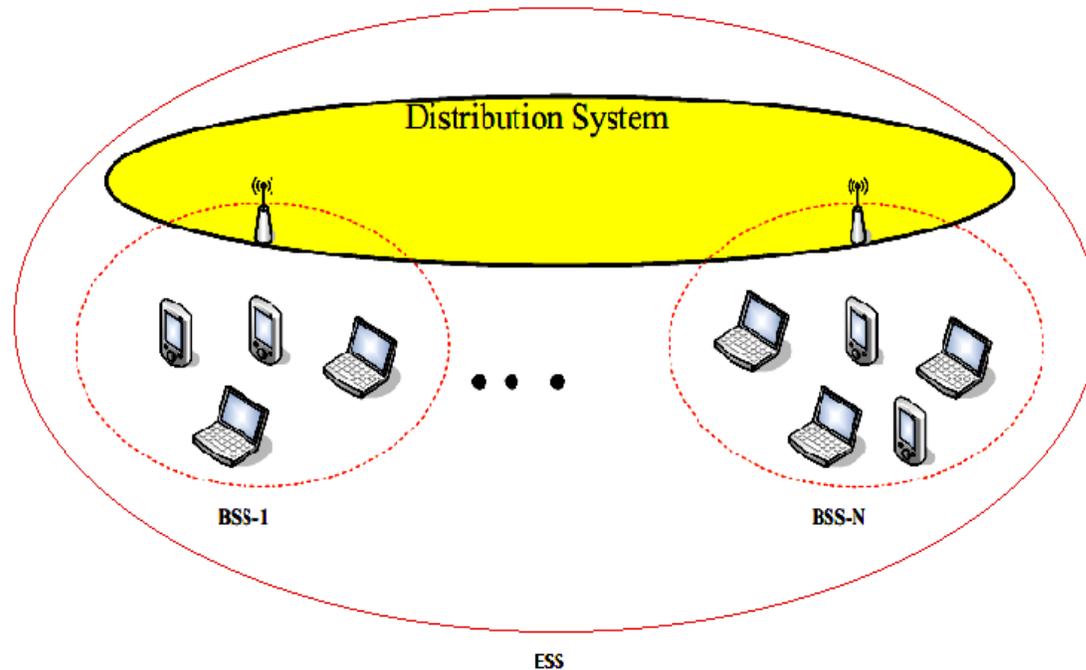
Gambar 2.3 menunjukkan konfigurasi arsitektur IBSS atau *ad-hoc* yang merupakan konfigurasi WLAN *peer-to-peer*, dimana dua atau lebih perangkat dapat terkoneksi melalui jaringan *wireless* tanpa memerlukan *access point*. Pada arsitektur ini, perangkat akan mengkonfigurasi sendiri pada kanal radio yang sama untuk mengaktifkan komunikasi *peer-to-peer* (Singh, 2009).

## 2. Arsitektur infrastruktur

Arsitektur infrastruktur dalam WLAN terdiri dari BSS (*Basic Service Set*) dan ESS (*Extended Service Set*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Pada arsitektur infrastruktur terdapat *access point* yang berfungsi untuk melayani komunikasi pada jaringan *wireless*, dimana *access point* tersebut terhubung dengan suatu *backbone* (*distribution system*).

BSS merupakan arsitektur dengan konfigurasi sebuah *access point* dengan *client* yang

berkomunikasi di dalam *coverage*. Sebuah BSS memiliki Id (*Identifier*) yang unik dan berbeda dengan BSS lainnya. Perangkat yang ingin terkoneksi pada suatu WLAN diharuskan memiliki nilai Id yang sama sesuai dengan Id BSS tersebut. Konfigurasi dua atau lebih BSS yang terhubung dengan suatu *backbone* yang sama maka akan membentuk sebuah *subnet* dipandang sebagai ESS.



Gambar 2.4 Arsitektur Infrastruktur

### 2.2.3 Komponen *wireless local area network*

WLAN memiliki beberapa komponen dalam arsitektur jaringannya yaitu *access point* dan *wireless station/client*.

#### 1. *Access point*

*Access point* merupakan perangkat yang berfungsi sebagai penghubung antara jaringan LAN dengan WLAN. Perangkat ini dapat berkomunikasi dengan *wireless station/client* yang telah terkoneksi menggunakan antena.

#### 2. *Wireless station/client*

*Wireless station/client* merupakan perangkat yang dapat digunakan sebagai media komunikasi data. Pertukaran informasi dapat dilakukan baik melalui arsitektur jaringan *ad-hoc* maupun infrastruktur yang menggunakan *access point*.

### 2.2.4 Standar *wireless local area network*

#### A. IEEE 802.11

Standar WLAN mengacu pada IEEE 802.11 yang pertama kali dipublikasikan pada tahun 1997. IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) merupakan lembaga independen yang berfokus pada pengembangan inovasi teknologi dan perbaikan untuk kebaikan manusia (<http://www.ieee.org/about/index.html>).

Tabel 2.1 menunjukkan perkembangan standar IEEE 802.11 dimana perkembangan WLAN berawal pada penetapan standar 802.11 pada tahun 1997 yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan *data rate* maksimum hingga 2 Mbps, kemudian pada tahun 1999 kembali dipublikasikan standar IEEE 802.11b dan 802.11a. Standar 802.11b bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan *data rate* hingga 11 Mbps, namun memiliki kekurangan berupa pengaruh interferensi akibat penggunaan peralatan dengan frekuensi yang sama. Standar 802.11a yang menggunakan frekuensi

5 GHz memiliki *data rate* hingga 54 Mbps, namun memiliki kelemahan pada *coverage* area dimana jangkauannya lebih rendah dibandingkan standar 802.11b.

Pada tahun 2002, IEEE mempublikasikan standar 802.11g yang menggabungkan kelebihan antara standar 802.11a dengan 802.11b. Standar 802.11g bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan memiliki *data rate* hingga 54 Mbps dengan *coverage* area mendekati jangkauan 802.11b. Penggunaan frekuensi yang sama antara 802.11g dengan 802.11b menjadikan kedua standar tersebut kompatibel apabila diimplementasikan dalam perangkat komunikasi *wireless*.

Pengembangan WLAN berikutnya ditandai dengan publikasi standar 802.11n yang menggabungkan teknologi 802.11b dengan 802.11g. Teknologi yang digunakan dikenal dengan istilah MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) yang menawarkan peningkatan *throughput*, keunggulan reliabilitas, dan peningkatan *client* yang terkoneksi.

### B. 802.11a

Standar IEEE 802.11a merupakan protokol jaringan WLAN yang dipublikasikan pada tahun 1999. Standar ini bekerja pada band frekuensi 5 GHz dengan pola OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) menggunakan 52 *sub-carrier* yang dimodulasi menggunakan teknik BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), 16-QAM (*16-Quadrature Amplitude Modulation*), atau 64-QAM (*64-Quadrature Amplitude Modulation*). *Data rate* pada IEEE 802.11a adalah 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps, dan hingga 54 Mbps.

Berikut ini merupakan penjelasan dari karakteristik standar IEEE 802.11a yang meliputi teknik OFDM, teknik modulasi, pembagian *channel*, *transmit power level*, dan *receiver sensitivity level*.

#### 1. Teknik *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM)

OFDM merupakan salah satu teknik *multiplexing* yang menggunakan sejumlah besar *narrow-band* yang paralel dari *sub-carrier*. Pada teknik ini, sejumlah besar *sub-carrier* secara orthogonal dengan jarak yang sempit digunakan untuk membawa data. Data dibagi menjadi beberapa berkas data/*channel* yang paralel, satu untuk setiap *sub-carrier*. Tiap *sub-carrier* dimodulasikan dengan teknik modulasi tertentu (BPSK, QPSK, 16-QAM atau 64-QAM) pada *symbol rate* yang rendah.

Data pada teknik ini dibagi ke dalam 52 *sub-carrier* yang ditransmisikan secara paralel. Empat dari 52 *sub-carrier* adalah *pilot sub-carrier* yang digunakan untuk mengabaikan pergeseran fase, sedangkan 48 *sub-carrier* lainnya berfungsi untuk menyediakan jalur *wireless* yang terpisah untuk mengirim informasi secara paralel. Keuntungan

dalam penggunaan teknik ini adalah durasi *symbol* dapat lebih lama sehingga kelemahan sistem terhadap *error* dari interferensi *intersymbol* selama waktu penyebaran *multipath* dapat dikurangi dengan sangat besar.

**Tabel 2.1 Perkembangan Standar IEEE 802.11 (Sugianta, 2007)**

Standar	Fungsi
802.11	Standar dasar WLAN yang mendukung transmisi data 1 Mbps hingga 2 Mbps.
802.11a	Standar <i>High Speed</i> WLAN untuk 5 GHz band yang mendukung transfer data hingga 54 Mbps.
802.11b	Standar WLAN untuk 2,4 GHz yang mendukung transmisi data hingga 11 Mbps.
802.11e	Perbaikan dari QoS ( <i>Quality of Service</i> ) pada semua 802.11 <i>interface</i> radio IEEE WLAN.
802.11f	Mendefinisikan komunikasi <i>inter-access point</i> untuk memfasilitasi beberapa vendor yang mendistribusikan WLAN.
802.11g	Menetapkan teknik modulasi tambahan untuk 2,4 GHz band, untuk kecepatan transfer data hingga 54 Mbps.
802.11h	Mendefinisikan pengaturan spektrum 5 GHz band yang digunakan di Eropa dan Asia Pasifik.
802.11i	Menyediakan keamanan yang lebih baik. Penentuan alamat untuk mengantisipasi kelemahan keamanan pada protokol autentikasi dan enkripsi.
802.11j	Penambahan pengalamatan pada kanal 4,9 GHz hingga 5 GHz untuk standar 802.11a di Jepang.

#### 2. Teknik modulasi

Teknik modulasi pada WLAN 802.11a menggunakan BPSK, QPSK, 16-QAM, atau 64-QAM sesuai dengan standar IEEE yang bergantung pada penggunaan *data rate* seperti pada tabel 2.2.

#### 3. Pembagian *channel*

IEEE 802.11a yang menggunakan *band* frekuensi 5 GHz dengan lebar pita 20 MHz dimana dalam regulasi telah ditetapkan nilai kanal operasi maupun frekuensi *center* berdasarkan U-NII (*Unlicensed National Information Structure*) dari *United States Code of Federal Regulations*, kanal yang beroperasi tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.2 Parameter Konfigurasi Data Rate IEEE 802.11a (IEEE, 1999)**

Data rate (Mbit/s/ secon)	Modulation	Coding rate (R)	Coded bits per subcarrier (N <sub>BPS</sub> C)	Coded bits per OFDM symbol (N <sub>CPSC</sub> )	Data bits per OFDM symbol (N <sub>DPS</sub> C)
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

**Tabel 2.3 Pembagian Kanal Operasi U-NII pada IEEE 802.11a (IEEE, 1999)**

Regulatory domain	Band (GHz)	Operating channel numbers	Channel center frequencies (MHz)
United States	U-NII lower band (5,15-5,25)	36	5180
		40	5200
		44	5220
		48	5240
United States	U-NII middle band (5,25-5,35)	52	5260
		56	5280
		60	5300
		64	5320
United States	U-NII upper band (5,725-5,825)	149	5745
		153	5765
		157	5785
		161	5805

**4. Transmit power level**

Konfigurasi komponen WLAN berdasarkan IEEE 802.11a telah ditetapkan nilai *transmit power level*, dimana nilai *transmit power* tersebut untuk daerah United States sebagai acuan dapat dilihat pada tabel 2.4.

**5. Receiver sensitivity level**

*Receiver signal sensitivity level* menunjukkan besarnya sensitivitas *receiver* sebagai tolak ukur penerimaan sinyal yang ditransmisikan. Nilai *maximum sensitivity* adalah -30 dBm sedangkan untuk nilai *minimum sensitivity* dibedakan

berdasarkan *data rate* yang dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2.4 Nilai Transmit Power Level IEEE 802.11a Wilayah United States (IEEE, 1999)**

Frequency band (GHz)	Maximum output power with up to 6 dBi antenna gain (mW)
5,15-5,25	40 (2,5 mW/MHz)
5,25-5,35	200 (12,5 mW/MHz)
5,725-5,825	800 (50 mW/MHz)

**Tabel 2.5 Nilai Kebutuhan Performasi Receiver IEEE 802.11a (IEEE, 1999)**

Data rate (Mbits/s)	Minimum sensitivity (dBm)	Adjacent channel rejection (dB)	Alternate channel rejection (dB)
6	-82	16	32
9	-81	15	31
12	-79	13	29
18	-77	11	27
24	-74	8	24
36	-70	4	20
48	-66	0	16
54	-65	-1	15

**6. Physical Characteristic**

*Physical Characteristic* menunjukkan nilai dari respon WLAN 802.11a terhadap parameter-parameter waktu maupun panjang data yang dapat dilihat pada tabel 2.6.

**2.2.5 Quality of Service wireless local area network**

*Quality of Service (QoS)* merupakan kemampuan dalam menyediakan tingkatan layanan untuk transmisi data pada suatu jaringan. QoS jaringan *wireless* antara lain berdasarkan *data dropped*, *media access delay*, *delay*, dan *throughput* (Walke, 2002).

**1. Data dropped**

*Data dropped* menunjukkan besar data yang hilang selama proses transmisi berlangsung. Besarnya data yang hilang dapat berupa satuan *bits/second*.

**2. Media access delay**

*Media access delay* menunjukkan nilai total *delay* akibat antrian dan *contention* paket data yang diterima oleh MAC WLAN dari *layer* yang lebih tinggi. *Delay* dari media akses dihitung untuk tiap paket ketika paket dikirimkan ke *physical layer* pada waktu tertentu.

3. Delay

Delay menunjukkan waktu tunda yang terjadi pada suatu data ketika ditransmisikan dari transmitter menuju receiver.

4. Throughput

Throughput menunjukkan jumlah bit yang diterima dengan sukses perdetik melalui sebuah sistem atau media komunikasi dalam selang waktu tertentu yang pada umumnya dilihat dalam satuan bits/sec.

Tabel 2.6 IEEE 802.11a Physical Characteristic (IEEE, 1999)

Characteristic	Value
aSlotTime	9 μs
aSIFSTime	16 μs
aDIFSTime	34 μs
aCCATime	< 4 μs
aRxTxTurnaroundTime	< 2 μs
aTxPLCPDelay	Implementation dependent
aRxPLCPDelay	Implementation dependent
aRxTxSwitchTime	<< 1 μs
aTxRampOnTime	Implementation dependent
aTxRampOffTime	Implementation dependent
aTxRFDelay	Implementation dependent
aRxRFDelay	Implementation dependent
aAirPropagationTime	<< 1 μs
aMACProcessingTime	< 2 μs
aPreambleLength	20 μs
aPLCPHeaderLength	4 μs
aMPDUMaxLength	4095
aCWmin	15
aCWmax	1023
T <sub>BO</sub>	67,5 μs
T <sub>Preamble</sub>	16 μs
T <sub>Signal</sub>	4 μs
T <sub>SYM</sub>	4 μs
T <sub>EX</sub>	6 μs
L <sub>Tail</sub>	6 bytes
L <sub>Service</sub>	16 bytes
L <sub>ACK</sub>	14 bytes
L <sub>MAC</sub>	34 bytes

2.3 Jangkauan Jaringan Wireless

WLAN memiliki konfigurasi fisik dimana sebuah access point dapat melayani komunikasi data client yang berada dalam coverage area. Coverage area suatu access point bergantung pada jangkauan maksimum yang dapat ditangani dan berpengaruh pada konektivitas client terhadap suatu access point. Model propogasi dalam WLAN untuk kondisi outdoor dapat menggunakan FSL (Free Space Loss) (Ahmad, 2007).

FSL merupakan model propagasi yang digunakan dengan mengkondisikan transmitter dan receiver berada pada lingkungan tanpa bangunan ataupun halangan lain yang dapat menimbulkan difraksi, refraksi, absorpsi maupun blocking. Model propagasi tersebut baik apabila digunakan untuk perancangan tahap awal suatu jaringan sehingga dapat diketahui karakteristik jaringan sesuai standar yang diterapkan. Besar redaman ruang bebas secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$L_{fs} = 32,45 + 20 \log d + 20 \log f$$

$$20 \log d = L_{fs} - 32,45 - 20 \log f$$

$$d = \log^{-1} \left( \frac{L_{fs} - 32,45 - 20 \log f}{20} \right) \dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- L<sub>fs</sub> = Free space loss (dB)
- d = Jarak antara transmitter dan receiver (Km)
- F = Frekuensi (MHZ)

WLAN menggunakan FSL sebagai model propagasinya sehingga nilai FSL dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RSL = EIRP - Lt$$

$$Lt = EIRP - RSL$$

$$= Pt + Gt - RSL \dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- EIRP = Effective Isotropic Radiated Power (dBm)
- RSL = Reicived Level Signal (dBm)
- P<sub>t</sub> = Power transmit (dBm)
- G<sub>t</sub> = Gain antena sisi pengirim (dB)
- L<sub>t</sub> = Redaman saluran transmisi (dB)

3. PEMBAHASAN

3.1 Umum

WLAN 802.11a merupakan salah satu standar konfigurasi jaringan wireless yang bekerja pada band frekuensi 5 GHz serta memiliki data rate hingga 54 Mbps. Penerapan standar 802.11a saat ini telah ditinggalkan karena kelemahannya dalam kebutuhan perangkat yang bernilai ekonomi tinggi serta jangkauan access point yang lebih rendah dibandingkan standar 802.11 lainnya.

Pada penelitian ini dibahas lebih lanjut mengenai karakteristik WLAN 802.11a melalui analisis simulasi menggunakan simulator OPNET Modeler. Simulator ini merupakan salah satu software simulator yang dapat membantu user dalam kajian teori sebelum melakukan implementasi teknologi di lapangan. Melalui simulator, user dapat melakukan perencanaan sesuai skenario yang diinginkan. OPNET Modeler mendukung teknologi WLAN 802.11a dan memberikan pilihan statistik data seperti data dropped, delay, media access delay, dan throughput yang berguna untuk mendukung analisis dalam penelitian.

Analisis karakteristik WLAN 802.11a dengan dua skenario, menggunakan simulator OPNET Modeler. Skenario pertama dilakukan untuk

mengetahui jangkauan maksimum *access point* WLAN 802.11a dengan *data rate* yang divariasikan sesuai standar. Skenario ke dua dilakukan untuk mengetahui kompatibilitas WLAN 802.11a terhadap perubahan beban trafik serta jumlah *client* pada suatu *access point* dengan menganalisis *data dropped*, *media access delay*, *delay*, dan *throughput*.

**3.2 Analisa jangkauan Access Point**

Pada skenario I dirancang simulasi untuk mengetahui besar jangkauan maksimum dari WLAN 802.11a. Skenario berupa satu buah *access point* dan dua buah *client* yang saling berkomunikasi. Posisi *client* akan disesuaikan menjauhi *access point* hingga parameter *throughput* pada hasil simulasi bernilai nol, hal ini berarti *client* telah berada diluar *coverage access point* dan menjadi jangkauan maksimum dari WLAN. Hasil jangkauan maksimum dari simulasi akan dibandingkan besarnya dengan hasil perhitungan jangkauan WLAN secara teoritis.

**3.3 Parameter dari Standar WLAN 802.11a**

WLAN 802.11a bekerja pada *band* frekuensi 5 GHz dimana alokasi frekuensi serta penamaan *channel* ditetapkan berdasarkan U-NII (*Unlicensed National Information Structure*) sesuai tabel 2.3. Penentuan penggunaan *channel* pada penelitian berdasarkan skenario yang dilakukan oleh *user*. Pada skenario digunakan *channel* 36 dengan frekuensi *center* 5.180 MHz. Penggunaan *channel* akan mempengaruhi penentuan penggunaan besar daya pancar (*transmit power*) pada penelitian. Hal ini dikarenakan standar *transmit power* ditetapkan berdasarkan *band* frekuensi sesuai IEEE seperti pada tabel 2.4.

Penerapan *data rate* pada WLAN 802.11a dapat ditentukan berdasarkan skenario yang disimulasikan. Berdasarkan IEEE, penerapan *data rate* akan mempengaruhi penentuan *receiver sensitivity level* sesuai dengan tabel 2.5. Pada skenario dilakukan simulasi dengan kondisi penerapan *data rate* 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps, dan 54 Mbps sehingga dapat diketahui jangkauan maksimum *access point* WLAN 802.11a tiap *data rate* yang diujikan.

**3.4 Jangkauan Access Point WLAN 802.11a**

**3.4.1 Perhitungan jangkauan access point WLAN 802.11a**

Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan jangkauan *access point* WLAN 802.11a sesuai dengan *data rate* serta besar *transmit power* yang telah ditentukan menggunakan persamaan 2.1 dengan terlebih dahulu menghitung *loss transmit* secara teori menggunakan persamaan 2.2.

Hasil perhitungan teoritis digunakan sebagai acuan peletakan *client* terhadap *access point* pada skenario simulasi jangkauan *access point* sebanyak lima simulasi tiap penerapan *data rate* yang berbeda.

Skenario simulasi yang dilakukan berdasarkan peletakan *client* sejauh 1 meter, ¼ hasil perhitungan teoritis, ½ hasil perhitungan teoritis, sama dengan perhitungan teoritis, dan diletakkan lebih jauh dari hasil perhitungan teoritis hingga *access point* mencapai batas maksimum jangkauannya.

Pada skenario jangkauan *access point* 802.11a dengan *data rate* 6 Mbps digunakan parameter perhitungan teori dengan besar:

$$\text{Transmit power (EIRP)} = 16,02 \text{ dBm}$$

$$\text{Receiver sensitivity level (RSL)} = -82 \text{ dBm}$$

Berikut ini merupakan langkah perhitungan jangkauan *access point* untuk skenario penerapan *data rate* sebesar 6 Mbps. Perhitungan dilakukan dua tahap yaitu perhitungan *loss transmit* dan perhitungan jangkauan *access point*.

**a. Perhitungan loss transmit**

*Loss transmit* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2, sehingga untuk *data rate* 6Mbps didapat *loss transmit* sebesar:

$$\begin{aligned} L_t &= \text{EIRP} - \text{RSL} \\ &= 16,02 - (-82) \\ &= 98,02 \text{ dB} \end{aligned}$$

**b. Perhitungan jangkauan access point**

Perhitungan jangkauan *access point* didapat dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga jangkauan *access point* sebesar:

$$\begin{aligned} d &= \log^{-1} \left( \frac{L_{fs} - 32,45 - 20 \log f}{20} \right) \\ &= \log^{-1} \left( \frac{98,02 - 32,45 - 20 \log 5180}{20} \right) \\ &= 0,36658 \text{ Km} = 366,53 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan ini selanjutnya digunakan sebagai acuan peletakan *client* terhadap *access point* dalam simulasi.

Dengan menggunakan perhitungan seperti a dan b untuk *data rate* 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps, dan 54 Mbps, maka didapat jangkauan *access point* WLAN 802.11a sebagai berikut.

**Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Jangkauan Access Point WLAN 802.11a**

Data Rate (Mbps)	Jarak (m)
6	366,58
9	326,71
12	259,52
18	206,14
24	145,94
36	92,08
48	58,10
54	51,78

Dari tabel 3.1 dapat dilihat bahwa jangkauan *access point* WLAN 802.11a semakin menurun seiring dengan peningkatan *data rate*.

### 3.4.2 Simulasi jangkauan *access point* WLAN 802.11a

Simulasi jangkauan *access point* dilakukan dengan menggunakan simulator OPNET Modeler 14.0 – Educational Version. Pada skenario ini, terdapat dua buah *client* dan sebuah *access point* berupa wlan\_workstation. Model tersebut dikonfigurasi dengan untuk pengaturan trafik yang digunakan pada simulasi. *Access point* diletakkan sebagai pusat WLAN, Tx1 sebagai *transmitter* diletakkan pada posisi sama dengan *access point*, sedangkan Rx1 sebagai *receiver* diletakkan sejauh 1 meter,  $\frac{1}{4}$  hasil perhitungan teoritis,  $\frac{1}{2}$  hasil perhitungan teoritis, sama dengan perhitungan teoritis dan diletakkan lebih jauh dari hasil perhitungan teoritis sehingga *access point* mencapai batas maksimum jangkauannya.

Simulasi dilakukan sebanyak lima kali setiap pemilihan *data rate* WLAN 802.11a yang berbeda

sesuai perubahan peletakkan Rx1 terhadap *access point* dengan mengamati hasil simulasi berupa *throughput*. Hasil simulasi jangkauan *access point* untuk *data rate* 6 Mbps dengan posisi Rx1 sejauh 1 meter terhadap *access point*.

Selanjutnya, simulasi jangkauan *access point* WLAN 802.11a dengan pemilihan *data rate* 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps, dan 54 Mbps, didapat hasil *throughput* pada Rx1 dan jangkauan maksimum dari *access point* tersebut seperti pada table 3.2. Pada tabel terlihat bahwa Jangkauan maksimal dari *access point* juga menurun seiring dengan peningkatan *data rate*. Parameter simulasi yang digunakan untuk mengetahui jangkauan *access point* adalah *throughput*. Hasil simulasi berupa *throughput* untuk tiap kondisi peletakkan Rx1 adalah sama dengan data yang dikirimkan yaitu sebesar 10.484,8 bps di setiap penerapan *data rate*.

**Tabel 3.2 Throughput pada Rx1 dan Jangkauan Access Point WLAN 802.11a Trafik 8.192 bps**

Data Rate (Mbps)	Jangkauan Teori (m)	Throughput pada Rx1 (bps)				Jarak Rx1 = Maksimum Jangkauan Simulasi
		Jarak Rx1= 1 m	Jarak Rx1= $\frac{1}{4}$ Jangkauan Teori	Jarak Rx1= $\frac{1}{2}$ Jangkauan Teori	Jarak Rx1 = Jangkauan Teori	
6	366,58	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	366,95
9	326,71	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	327,04
12	259,52	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	259,78
18	206,14	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	206,35
24	145,94	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	146,00
36	92,08	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	92,17
48	58,10	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	58,15
54	51,78	10.484,8	10.484,8	10.484,8	10.484,8	51,83

## 4. SIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada karakteristik WLAN (*Wireless Local Area Network*) 802.11a menggunakan OPNET Modeler, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada hasil perhitungan teoritis maupun analisa melalui simulasi dengan OPNET Modeler sama-sama menunjukkan bahwa *data rate* berpengaruh terhadap *coverage access point* WLAN 802.11a.
2. Jangkauan maksimum *access point* WLAN 802.11a dengan daya pancar (*transmit power*) yang direkomendasi-kan akan menurun seiring dengan peningkatan *data rate*.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ekpenyong, M dan Joseph Isabona. 2010. *Modeling Throughput Performance in 802.11 WLAN*. Nigeria: Department of Computer Science University of Uyo Uyo.
- [2] IEEE. 1999. *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)*

*Specifications High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band*. United States: IEEE.

- [3] Kim, Youngsoo. \_\_\_\_\_. *Throughput Enhancement of IEEE 802.11 WLAN via Frame Aggregation*. Seoul: Samsung Advanced Institute of Technology.
- [4] Mahmoud, A S. \_\_\_\_\_. *Network Simulation Tools – OPNET Modeler (Wi-Fi Network Implementation)*. \_\_\_\_\_. Computer Engineering Department King Fahd University of Petroleum and Minerals
- [5] Prokkola, J. 2006. *Simulations and Tools for Telecommunications 521365S: OPNET-Network Simulator*. Finland: VTT Technical Research Centre of Finland.
- [6] Singh, J. 2009. *Quality of Service in Wireless LAN Using OPNET MODELER*. Patiala: Computer Science and Engineering Department Thapar University.
- [7] Walke, B H.2002. *Mobile Radio Networks (Networking, Protocols and Traffic Performance)*. England: John Wiley & Sons, Ltd.