

**ANALISIS PENGARUH BEAMFORMING TERHADAP  
PERFORMANSI ACCESS POINT IEEE 802.11N DENGAN USER  
YANG BERGERAK**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**SAIFUL FATHAN**

**NIM. 145060307111014**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2021**





**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS PENGARUH BEAMFORMING TERHADAP**  
**PERFORMANSI ACCESS POINT IEEE 802.11N DENGAN USER**  
**YANG BERGERAK**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**SAIFUL FATHAN**  
**NIM. 145060307111014**

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 27 Juli 2021

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Ali Mustofa, S.T., M.T., IPM.**  
**NIP. 19710601 200003 1 001**

**Mengetahui,**  
**Pt Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Azza Muslim, S.T., M.T., Ph.D**  
**NIP. 19741203 200012 1 001**



JUDUL SKRIPSI:  
ANALISIS PENGARUH *BEAMFORMING* TERHADAP PERFORMANSI *ACCESS POINT* IEEE 802.11N DENGAN *USER* YANG BERGERAK

Nama Mahasiswa : Saiful Fathan  
NIM : 145060307111014  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi

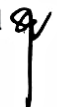
DOSEN PEMBIMBING

Pembimbing : Ir. Ali Mustofa, S.T., M.T., IPM.




TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Ir. Sigit Kusmaryanto, M.Eng.

Disetujui tanggal 27 Juli 2021 

Dosen Penguji II : Dwi Fadila Kurniawan, S.T., M.T.

Disetujui tanggal 27 Juli 2021 

Tanggal Ujian : 22 Juli 2021

SK Penguji : No. 1255 Tahun 2021





*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:  
Mamah, Papah, dan Adik*





## LEMBAR KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan ditulis di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apalagi ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 26 Juli 2021

**Mahasiswa,**

**Saiful Fathan**

**NIM 145060307111014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## RINGKASAN

**Saiful Fathan**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2021, Analisis Pengaruh *Beamforming* Terhadap Performansi *Access Point* IEEE 802.11n Dengan *User* Yang Bergerak. Dosen Pembimbing: Ir. Ali Mustofa, S.T., M.T., IPM

*Wi-fi* merupakan sebuah media penghantar komunikasi data tanpa kabel yang menggunakan sinyal radio sebagai media penghantarnya. *Wi-fi* merupakan standar yang digunakan untuk jaringan lokal tanpa kabel (Wireless LAN), salah satu contohnya adalah IEEE 802.11n. Untuk dapat menggunakan *Wi-fi* dibutuhkan perangkat *access point*. Namun, karena sinyal yang dipancarkan *access point* menyebar ke segala arah (*omnidirectional*) maka digunakan teknologi *Beamforming*, di mana sinyal yang dipancarkan oleh *access point* dapat difokuskan pada *user* yang terhubung.

*Beamforming* merupakan teknik pengolahan sinyal untuk memfokuskan sinyal yang ditransmisikan ke arah penerima. Pergerakan *user* saat terhubung pada sebuah *access point* berpengaruh terhadap nilai parameter *Quality of service (QoS)* yang didapatkannya. Parameter *QoS* pada teknologi jaringan *Wi-fi* yaitu *packet loss*, *throughput* dan *delay*. Dengan menggunakan *beamforming* dapat menguatkan sinyal yang dipancarkan sesuai dengan arah pergerakan *user*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam skripsi ini akan membahas pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan *user* yang bergerak.

Dalam skripsi ini dilakukan eksperimen dengan skenario menggunakan aplikasi *streaming video VLC* untuk menciptakan trafik antara server yang terhubung dengan *access point* ke *user* yang bergerak, dengan jarak antara server dan *user* tetap. Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1) Penggunaan *beamforming* dapat memfokuskan sinyal ke arah *user* yang bergerak sehingga dapat menghindari terjadinya paket-paket data yang hilang saat pentransmisian; 2) Penggunaan *beamforming* dapat menghasilkan nilai *delay* yang lebih rendah; dan 3) Penggunaan *beamforming* dapat meningkatkan kekuatan sinyal pada *user* yang bergerak.

Kata kunci: *Beamforming*, IEEE 802.11n, *Quality of Service*



## SUMMARY

*Saiful Fathan, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, July 2021, Analysis of the Effect of Beamforming on the Performance of an IEEE 802.11n Access Point with Mobile Users. Advisor: Ir. Ali Mustofa, S.T., M.T., IPM*

*Wi-Fi is a wireless data communication medium that uses radio signals as the delivery medium. Wi-fi is a standard used for wireless local networks (Wireless LAN), one example is IEEE 802.11n. To be able to use Wi-Fi, you need an access point device. However, because the signal emitted by the access point spreads in all directions (omnidirectional), then Beamforming technology is used, where the signal emitted by the access point can be focused on the connected user.*

*Beamforming is a signal processing technique to focus the transmitted signal towards the receiver. The movement of the user when connected to an access point affects the value of the Quality of service (Qos) parameter he gets. Qos parameters on Wi-fi network technology are packet loss, throughput and delay. By using beamforming can amplify the signal emitted according to the direction of movement of the user. Based on this background, this thesis will discuss the effect of beamforming on the performance of an IEEE 802.11n access point with a mobile user.*

*In this thesis, experiments are carried out with scenarios using the VLC video streaming application to create traffic between servers connected to the access point to mobile users, with a fixed distance between the server and the user. Based on the results of experiments and analyzes conducted, it can be concluded that: 1) The use of beamforming can focus the signal towards a moving user so as to avoid the occurrence of lost data packets during transmission; 2) The use of beamforming can result in lower delay values; and 3) The use of beamforming can increase the signal strength of moving users.*

*Keywords: Beamforming, IEEE 802.11n, Quality of Service*





DAFTAR ISI

Halaman

**KATA PENGANTAR** ..... i

**DAFTAR ISI** ..... iii

**DAFTAR TABEL** ..... vii

**DAFTAR GAMBAR** ..... ix

**DAFTAR LAMPIRAN** ..... xi

**BAB I PENDAHULUAN** ..... 1

    1.1 Latar Belakang ..... 1

    1.2 Rumusan Masalah ..... 2

    1.3 Batasan Masalah ..... 2

    1.4 Tujuan Penelitian ..... 3

    1.5 Sistematika Penulisan ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** ..... 5

    2.1 *Wireless LAN* ..... 5

    2.2 Topologi LAN ..... 5

        2.2.1 Mode *Adhoc* ..... 5

        2.2.2 Mode *Infrastructure* ..... 6

    2.3 Model TCP/IP ..... 7

        2.3.1 TCP (*Transmission Control Protocol*) ..... 7

        2.3.2 UDP (*User Datagram Protocol*) ..... 8

    2.4 Standar WLAN IEEE 802.11 ..... 9

        2.4.1 Standar IEEE 802.11n ..... 10

    2.5 *Beamforming* ..... 11

        2.5.1 Prinsip Kerja *Beamforming* ..... 12

        2.5.2 Transmit *Beamforming* ..... 13

        2.5.3 *Adaptive Beamforming* ..... 14





2.5.3.1 Prinsip Kerja <i>Adaptive Beamforming</i> .....	15
2.6 Parameter Wi-Fi.....	16
2.6.1 Parameter <i>Throughput</i> .....	16
2.6.2 Parameter <i>Delay End-to-End</i> .....	16
2.6.3 Parameter <i>Packet loss</i> .....	17
2.7 <i>Wireshark</i> .....	17
2.8 VLC Media <i>Player</i> .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Umum.....	21
3.2 Studi Literatur.....	21
3.3 Pengambilan Data.....	22
3.4 Analisis Kebutuhan.....	22
3.5 Perancangan Jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	22
3.5.1 Konfigurasi Jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	22
3.5.2 Skenario Pengujian.....	23
3.5.3 Diagram Alir Perancangan Jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	24
3.6 Pengukuran Parameter Jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	25
3.6.1 Proses Pengambilan Data.....	25
3.7 Analisis Data.....	26
3.8 Pengolahan Data Primer.....	26
3.8.1 <i>Throughput</i> .....	27
3.8.2 <i>Delay</i> .....	28
3.8.3 <i>Packet loss</i> .....	29
3.9 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>31</b>
4.1 Umum.....	31
4.2 Konfigurasi Perangkat dan Prosedur.....	31

4.2.1 Spesifikasi Perangkat Penelitian .....	31
1. Penggunaan Perangkat Keras .....	31
2. Penggunaan Perangkat Lunak .....	32
4.2.2 Prosedur Konfigurasi Perangkat .....	32
4.3 Instalasi Video Streaming .....	36
4.4 Hasil dan Pembahasan .....	43
4.4.1 Access Point Tanpa Beamforming .....	43
4.4.2 Access Point Dengan Beamforming .....	43
4.4.3 Analisis Perbandingan <i>Packet loss</i> pada <i>Beamforming</i> dan Tanpa <i>Beamforming</i> .....	44
4.4.4 Analisis Perbandingan <i>Delay</i> pada <i>Beamforming</i> dan Tanpa <i>Beamforming</i> .....	45
4.4.5 Analisis Perbandingan <i>Throughput</i> pada <i>Beamforming</i> dan Tanpa <i>Beamforming</i> .....	46
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>53</b>



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi standar IEEE 802.11 pada 2,4 GHz.....	10
Tabel 2.2	Parameter <i>Throughput</i> .....	16
Tabel 2.3	Parameter <i>Delay</i> .....	17
Tabel 2.4	Parameter <i>Packet Loss</i> .....	17
Tabel 3.1	Skenario Pengujian Performansi <i>Access Point</i> .....	24
Tabel 4.1	Spesifikasi Perangkat Keras.....	31
Tabel 4.2	Spesifikasi Perangkat Lunak.....	32
Tabel 4.3	Skenario Pengujian Performansi <i>Access Point</i> .....	33
Tabel 4.4	Nilai Rata-rata Parameter <i>Access Point</i> Tanpa <i>Beamforming</i> .....	43
Tabel 4.5	Nilai Rata-rata Parameter <i>Access Point</i> Dengan <i>Beamforming</i> .....	43
Tabel 4.6	Nilai <i>Packet Loss Access Point</i> Tanpa <i>Beamforming</i> .....	44
Tabel 4.7	Nilai <i>Packet Loss Access Point</i> Dengan <i>Beamforming</i> .....	44
Tabel 4.8	Nilai <i>Delay Access Point</i> Tanpa <i>Beamforming</i> .....	45
Tabel 4.9	Nilai <i>Delay Access Point</i> Dengan <i>Beamforming</i> .....	45
Tabel 4.10	Nilai <i>Throughput Access Point</i> Tanpa <i>Beamforming</i> .....	46
Tabel 4.11	Nilai <i>Throughput Access Point</i> Dengan <i>Beamforming</i> .....	47





DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Topologi mode Adhoc .....	6
Gambar 2. 2	Topologi mode Infrastructure .....	6
Gambar 2. 3	Proses pembuatan koneksi TCP .....	8
Gambar 2. 4	Teknologi <i>Beamforming</i> .....	11
Gambar 2. 5	<i>Constructive Combination</i> dan <i>Destructive Combination</i> .....	12
Gambar 2. 6	Pengaturan fasa sinyal.....	13
Gambar 2. 7	<i>Channel Sounding</i> .....	13
Gambar 2. 8	Transmit <i>Beamforming</i> .....	14
Gambar 2. 9	Adaptive <i>Beamforming</i> .....	14
Gambar 2. 10	Blok diagram <i>Adaptive Beamforming</i> .....	15
Gambar 2. 11	Tampilan <i>Wireshark</i> yang sedang meng-capture paket.....	18
Gambar 2. 12	Logo <i>VLC Media Player</i> .....	19
Gambar 3. 1	Konfigurasi jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	23
Gambar 3. 2	Diagram alir perancangan jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	25
Gambar 3. 3	Proses pengambilan data menggunakan <i>Wireshark</i> .....	26
Gambar 3. 4	Diagram alir pengolahan data <i>Throughput</i> .....	27
Gambar 3. 5	Diagram alir pengolahan data <i>Delay</i> .....	28
Gambar 3. 6	Diagram alir pengolahan data <i>Packet loss</i> .....	29
Gambar 4. 1	Konfigurasi jaringan <i>Wireless LAN</i> .....	33
Gambar 4. 2	Tampilan pengaturan <i>IP Address</i> laptop .....	34
Gambar 4. 3	Tampilan <i>Login</i> pada <i>Access point</i> .....	34
Gambar 4. 4	Tampilan Submenu Radio 2.4 Ghz .....	35
Gambar 4. 5	Tampilan Submenu Radio 2.4 GHz <i>Wireless</i> .....	35
Gambar 4. 6	Tampilan <i>VLC Media Player</i> .....	36
Gambar 4. 7	Kotak dialog <i>Open Media</i> .....	36
Gambar 4. 8	Kotak dialog <i>Source</i> .....	37
Gambar 4. 9	Pengaturan destinasi baru.....	37
Gambar 4. 10	Pengaturan <i>Port</i> dan <i>Path live streaming</i> .....	38
Gambar 4. 11	Pengaturan <i>transcoding</i> .....	38
Gambar 4. 12	Pengaturan akhir <i>live streaming</i> .....	39
Gambar 4. 13	Kotak dialog <i>Open Media</i> di sisi user.....	39

Gambar 4. 14	Tampilan live streaming di sisi user .....	40
Gambar 4. 15	Kotak dialog <i>Capture Interface</i> .....	40
Gambar 4. 16	Tampilan <i>wireshark</i> setelah capturing selesai .....	41
Gambar 4. 17	Kotak dialog <i>Decode As</i> .....	41
Gambar 4. 18	Kotak dialog <i>Capture File Properties</i> .....	42
Gambar 4. 19	Tampilan <i>Sream Analysis</i> .....	42
Gambar 4. 20	Grafik perbandingan rata-rata <i>packet loss</i> .....	44
Gambar 4. 21	Grafik perbandingan rata-rata <i>delay</i> .....	46
Gambar 4. 22	Grafik perbandingan rata-rata <i>throughput</i> .....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Datasheet*..... 53  
Lampiran 2 Pengambilan Data..... 61  
Lampiran 3 Dokumentasi..... 65







## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Wi-fi* merupakan sebuah media penghantar komunikasi data tanpa kabel yang menggunakan sinyal radio sebagai media penghantarnya. *Wi-fi* merupakan standar yang digunakan untuk jaringan lokal tanpa kabel (*Wireless LAN*) berdasar pada aturan IEEE 802.11, salah satu contohnya adalah IEEE 802.11n. IEEE 802.11n merupakan peningkatan dari standar sebelumnya yaitu 802.11b dan 802.11g dengan kecepatan transfer data mencapai 72 Mbit/s. IEEE 802.11n dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz atau 5 GHz.

Untuk dapat menggunakan *Wi-fi* dibutuhkan perangkat *access point*. Secara umum sinyal yang dipancarkan *access point* menyebar ke segala arah (*omnidirectional*) sehingga daya sinyal yang dipancarkan akan sama ke segala arah. Oleh karena itu digunakan teknologi *Beamforming*, di mana sinyal yang dipancarkan oleh *access point* dapat difokuskan pada *user* yang terhubung. Menurut Ruckus *Wireless Inc.*, dengan teknologi *beamforming* dapat meningkatkan daya sinyal yang dipancarkan sebesar 6 dB.

*Beamforming* merupakan teknik pengolahan sinyal untuk memfokuskan sinyal yang ditransmisikan ke arah penerima. *Beamforming* dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *fixed beamforming* dan *adaptive beamforming*. Pada *fixed beamforming*, sistem antena membentuk banyak *beam* tetap dengan sensitivitas yang tinggi pada arah tertentu. Maka dari itu, sinyal dapat ditransmisikan pada suatu arah yang telah ditentukan. *Adaptive beamforming* adalah sistem yang menggunakan *adaptive spatial signal processing* dengan *array* pada *transmitter* yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan melacak berbagai tipe sinyal secara efektif. Pergerakan *user* saat terhubung pada sebuah *access point* berpengaruh terhadap nilai parameter *Quality of service (Qos)* yang didapatkannya. Parameter *Qos* pada teknologi jaringan *Wi-fi* yaitu *packet loss*, *throughput* dan *delay*.

Pergerakan *user* saat terkoneksi pada *access point* akan memberikan pengaruh pada parameter *packet loss*, dimana semakin cepat pergerakan *user* maka akan semakin besar peningkatan *packet loss*. Hal ini dikarenakan saat *user* bergerak menjauh dari *access point* maka sinyal atau frekuensi gelombang radio yang diterima *user* akan semakin menurun.

Dengan penggunaan *beamforming* dapat menguatkan sinyal yang dipancarkan sesuai dengan arah pergerakan *user*.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam skripsi ini akan membahas pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan *user* yang bergerak.

Dalam skripsi ini dilakukan eksperimen dengan skenario menggunakan aplikasi *streaming* video VLC untuk menciptakan trafik antara server yang terhubung dengan *access point* ke *user* yang bergerak, dengan jarak antara server dan *user* tetap. Parameter yang dibahas yaitu *throughput*, *delay* dan *packet loss* yang dihasilkan tanpa dan menggunakan teknologi *beamforming*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Melihat dari masalah yang ada pada latar belakang, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan mengkonfigurasi server dan *access point* 802.11n agar terhubung dengan *user* yang bergerak.
2. Bagaimana pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan *user* yang bergerak yang meliputi *throughput*, *delay* dan *packet loss* ?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan penelitian, maka batasan yang dipakai dalam melakukan penelitian sebagai berikut :

1. Hanya menggunakan *Access point* IEEE 802.11n
2. Pengujian dilakukan *outdoor*
3. Parameter performansi yang diamati adalah *throughput*, *delay* dan *packet loss*
4. Jarak antara *user* dengan *access point* adalah 5 meter dan 10 meter
5. Kecepatan pergerakan *user* adalah  $1 \text{ feet/second} = 0,3048 \text{ meter/second}$ , setara dengan orang berjalan normal.
6. Video yang digunakan dalam pengujian memiliki resolusi 1080p
7. Aplikasi yang digunakan sebagai video *live streaming* adalah VLC media *player* pada sisi server dan *user*.
8. Tidak membahas *handover* dan *wireless sensor network*.
9. Rangkaian elektronik pada komponen sistem tidak akan dibahas
10. Tidak membahas penurunan rumus

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan *user* yang bergerak yang meliputi *throughput*, *delay* dan *packet loss*.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dan gambaran untuk setiap bab dalam skripsi ini akan mengikuti sistematika sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, maksud dan tujuan pembahasan, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang konsep dasar WLAN (*Wireless Local Area network*), topologi WLAN, model TCP/IP, klasifikasi WLAN IEEE 802.11, *beamforming*, parameter *Qos* (*Quality of service*) (*throughput*, *delay*, dan *packet loss*), perangkat lunak *Wireshark*.

### BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang skenario jaringan untuk mendapatkan pengaruh interferensi pada *access point* IEEE 802.11n dan menjelaskan parameter-parameter pengukuran (*throughput*, *delay*, dan *packet loss*).

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di bahas mengenai konfigurasi jaringan, hasil pengukuran data melalui pengujian dan pengamatan kinerja *access point* IEEE 802.11n, analisis hasil pengukuran berdasarkan data yang diperoleh melalui standar perangkat *access point* ataupun literatur-literatur yang ada, dan membandingkan hasil perhitungan (*throughput*, *delay*, dan *packet loss*) antar *access point* IEEE 802.11n yang menggunakan dan tidak menggunakan teknologi *beamforming*.

### BAB V PENUTUP

Pada bab ini diuraikan beberapa kesimpulan dari hasil pembahasan, dan saran-saran yang mungkin bermanfaat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Wireless LAN

Seiring perkembangan teknologi dan kebutuhan untuk akses jaringan mobile (bergerak) yang tidak membutuhkan kabel sebagai media transmisinya, maka muncul *Wireless Local Area Network (Wireless LAN/WLAN)*. Jaringan WLAN adalah suatu jaringan area lokal nirkabel yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisinya, link terakhir yang digunakan adalah nirkabel, untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area sekitar. *Wireless LAN* dapat mengirim dan menerima data melalui media udara dengan menggunakan teknologi frekuensi radio. WLAN juga memiliki berbagai kelebihan yang ditawarkan, antara lain :

1. Mobilitas : Pengguna dapat mengakses jaringan WLAN dimanapun selama masih berada dalam *coverage* jaringan WLAN.
2. Kemudahan Instalasi : Instalasi sistem WLAN bisa cepat dan sangat mudah dibandingkan dengan menggunakan kabel karena perangkat yang digunakan tidak terlalu banyak dan mudah dikonfigurasi.
3. Fleksibilitas Tempat : Teknologi *wireless* memungkinkan suatu jaringan untuk bisa mencapai tempat-tempat yang tidak dapat dicapai dengan jaringan kabel.
4. Skalabilitas : Jaringan WLAN dapat dikonfigurasi dengan beberapa bentuk topologi tergantung kebutuhan pengguna.

Berdasarkan kemudahan yang didapat dengan menggunakan teknologi WLAN, pengguna dapat pula mempertimbangkan kelemahan yang ada pada teknologi tersebut dalam implementasinya di mana terdapat pengaruh interferensi radio dan halangan akibat bangunan maupun pohon dan lain-lain. (Gede Sukadarmika, 2010).

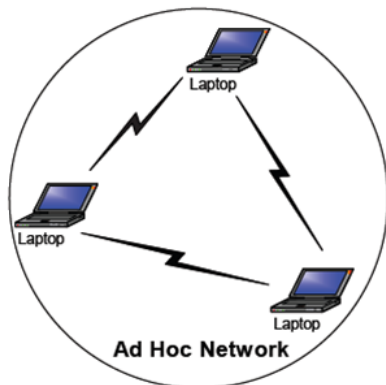
#### 2.2 Topologi LAN

*Wireless LAN* memungkinkan dua bentuk koneksi, yang dikenal sebagai *Adhoc* dan mode *Infrastructure*.

##### 2.2.1 Mode Adhoc

Mode *Adhoc* yang konfigurasinya ditunjukkan pada Gambar 2.1 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 mengonfigurasi sendiri pada kanal radio yang sama untuk mengaktifkan komunikasi *peer-to-peer* (Singh, 2009).



Gambar 2. 1 Topologi mode Adhoc

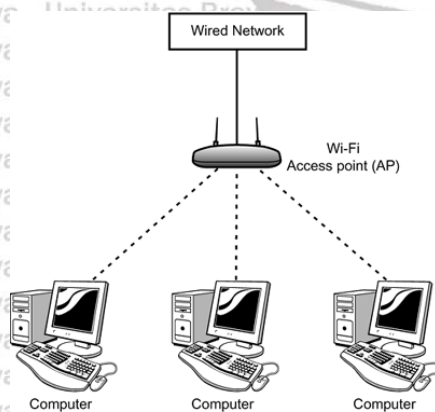
Sumber: Tri Arianto (2009)

### 2.2.2 Mode Infrastructure

Model *infrastructure* adalah kondisi suatu jaringan dengan menggunakan suatu titik pusat yaitu *access point*, yang berfungsi untuk melayani komunikasi pada jaringan *wireless*, dimana *access point* tersebut terhubung dengan suatu *backbone (distribution system)*.

Untuk topologi infrastruktur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, tiap PC mengirim dan menerima data dari sebuah titik akses, yang dipasang di dinding atau langit-langit berupa sebuah kotak kecil berantena. Saat titik akses menerima data, ia akan mengirimkan kembali sinyal radio tersebut (dengan jangkauan yang lebih jauh) ke PC yang berada di area cakupannya, atau dapat mentransfer data melalui jaringan *Ethernet* kabel.

Titik akses pada sebuah jaringan infrastruktur memiliki area cakupan yang lebih besar. (Tri Arianto, 2009).



Gambar 2. 2 Topologi mode Infrastructure

Sumber: <http://etutorials.org/>

## 2.3 Model TCP/IP

Arsitektur protocol *Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP)* merupakan hasil dari penelitian dan pengembangan protokol yang dilakukan pada jaringan percobaan *packet switched* dan secara umum ditujukan sebagai satu set protokol TCP/IP. Set protokol ini terdiri atas sekumpulan besar protokol yang telah diajukan sebagai standar internet oleh *Internet Architecture Board*. (Aldya Dwiki, 2015). Model TCP/IP terdiri atas empat *layer* yaitu:

1. *Application Layer*, merupakan *layer* program aplikasi yang menggunakan protokol TCP/IP. Beberapa di antaranya adalah: *Telnet*, *FTP (File Transfer Protocol)*, *SMTP (Simple Mail transport Protocol)*, *SNMP (Simple Network Management Protocol)*, *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)*, *DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)* dan *DNS (Domian Name System)*.
2. *Transport Layer*, berisi protokol yang bertanggung jawab untuk mengadakan komunikasi antar dua komputer. Pada *layer* ini terdiri atas dua protokol, yaitu: *TCP (Transport Control Protocol)* dan *UDP (User Datagram Protocol)*.
3. *Internet Layer*, berfungsi untuk menangani pergerakan paket data dalam jaringan dari komputer pengirim ke komputer tujuan. Protokol yang berada dalam fungsi ini antara lain: *IP (Internet Protocol)*, *ICMP (Internet Control Message Protocol)*, dan *IGMP (Internet Group Management Protocol)*.
4. *Network Layer*, merupakan *layer* paling bawah yang bertanggung jawab mengirim dan menerima data dari dan ke media fisik.

### 2.3.1 TCP (*Transmission Control Protocol*)

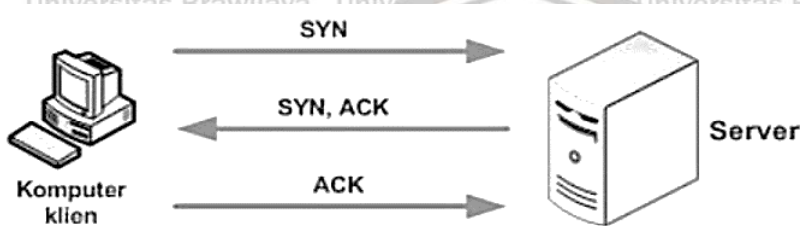
*TCP (Transmission Control Protocol)* merupakan protokol yang berada pada *layer transport* dari *layer* TCP/IP. *TCP* adalah protokol yang bersifat *byte stream*, *connection oriented* dan *reliable* dalam pengiriman data. *TCP* menggunakan komunikasi *byte stream*, yang berarti bahwa data dinyatakan sebagai suatu urutan-urutan *byte*. *Connecton oriented* berarti sebelum terjadi proses pertukaran data antar komputer terlebih dahulu harus dibentuk suatu hubungan. Hal ini dapat dianalogikan dengan proses *dial-up* nomor telepon dan akhirnya terbentuk hubungan.

Keandalan *TCP* dalam mengirimkan data didukung oleh mekanisme yang disebut *Positive Acknowledgement with Re-transmission (PAR)*. Data yang dikirim dari *layer* aplikasi akan dipecah-pecah dalam bagian-bagian yang lebih kecil dan diberi nomor urut sebelum dikirim ke *layer* berikutnya. Unit data yang sudah dipecah-pecah tadi disebut



*segment*. TCP selalu meminta konfirmasi setiap kali selesai mengirimkan data, apakah data tersebut sampai pada komputer tujuan dan tidak rusak. Jika data berhasil sampai tujuan, TCP akan mengirimkan data urutan berikutnya. Jika tidak berhasil, maka TCP akan melakukan pengiriman ulang urutan data yang hilang atau rusak tersebut. (Aldya Dwiki, 2015).

Dalam kenyataannya TCP menggunakan sebuah *acknowledgement* (ACK) sebagai suatu pemberitahuan antara komputer pengirim dan penerima. Proses pembuatan koneksi TCP disebut juga dengan *Three-way Handshake*. Tujuan metode ini adalah agar dapat melakukan sinkronisasi terhadap nomor urut dan nomor *acknowledgement* yang dikirimkan oleh kedua pihak dan saling bertukar ukuran TCP Window. Prosesnya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Proses pembuatan koneksi TCP

Sumber: Dwiki (2015)

Keterangan dari Gambar 2.3 adalah sebagai berikut:

- *Host* pertama (yang ingin membuat koneksi) akan mengirimkan sebuah segmen TCP dengan *flag* SYN diaktifkan kepada *host* kedua (yang hendak diajak untuk berkomunikasi).
- *Host* kedua akan meresponsnya dengan mengirimkan segmen dengan *acknowledgment* dan juga SYN kepada *host* pertama.
- *Host* pertama selanjutnya akan mulai saling bertukar data dengan *host* kedua. TCP menggunakan proses *handshake* yang sama untuk mengakhiri koneksi yang dibuat.

Hal ini menjamin dua *host* yang sedang terkoneksi tersebut telah menyelesaikan proses transmisi data dan semua data yang ditransmisikan telah diterima dengan baik.

Itulah sebabnya, mengapa TCP disebut dengan koneksi yang *reliable*.

### 2.3.2 UDP (*User Datagram Protocol*)

UDP merupakan protokol yang juga berada pada *layer transport* selain TCP. Protokol ini bersifat *connectionless* dan *unreliable* dalam pengiriman data. *Connectionless* berarti tidak diperlukannya suatu bentuk hubungan terlebih dahulu untuk mengirimkan data.

*Unreliable* berarti pada protokol ini tidak dijamin akan sampai pada tujuan yang benar dan

dalam kondisi yang benar pula. *Kehandalan* pengiriman data pada protokol ini menjadi tanggung jawab dari program aplikasi pada *layer* atasnya. Jika dibandingkan dengan TCP, UDP adalah protokol yang lebih sederhana dikarenakan proses yang ada *didalamnya* lebih sedikit. Dengan demikian aplikasi yang memanfaatkan UDP sebagai protokol *transport* dapat mengirimkan data tanpa melalui proses pembentukan koneksi terlebih dahulu. Hal ini pun terjadi pada saat mengakhiri suatu koneksi, sehingga dalam banyak hal proses yang terjadi sangat sederhana dibanding jika mengirimkan data melalui protokol TCP. (Aldya Dwiki, 2015).

Beberapa hal yang harus diperhatikan jika suatu program aplikasi akan menggunakan protokol UDP sebagai protokol *transport* :

- Tidak ada pembentukan koneksi. Protokol UDP hanya mengirim informasi begitu saja tanpa melakukan proses awal sebelumnya.
- Tidak ada pengkondisian koneksi. Protokol UDP tidak melakukan penentuan kondisi koneksi yang berupa parameter-parameter seperti *buffer* kirim dan terima, nomor urutan *segment*, dan *acknowledgement*.
- Memiliki *header* kecil. Protokol UDP memiliki 8 *byte header* dibanding 20 *header byte* pada TCP.
- Tidak ada pengaturan laju pengiriman. Protokol UDP hanya menekankan kecepatan kirim pada laju program aplikasi dalam menghasilkan data dan *bandwidth* akses menuju Internet.

#### 2.4 Standar WLAN IEEE 802.11

Bermula pada tahun 1997, IEEE sebagai lembaga standarisasi internasional untuk perangkat elektronik menginisiasi dan menetapkan sebuah standar IEEE 802.11 sebagai standar regulasi pertama untuk teknologi jaringan nirkabel. IEEE 802.11. Dalam rangka meningkatkan keandalan WLAN, IEEE merilis IEEE 802.11a pada tahun 1999 sebagai amandemen pertama terhadap standar IEEE 802.11. Ada dua hal utama yang direvisi yaitu: metode modulasi dan alokasi pita frekuensi. Metode modulasi yang digunakan untuk IEEE 802.11a adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), sedangkan alokasi pita frekuensi yang ditetapkan untuk pengoperasiannya adalah 5 GHz.

Pada bulan Juli 1999, IEEE kembali mengeluarkan spesifikasi baru bernama 802.11b. Peralatan yang menggunakan standar 802.11b juga bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Salah satu kekurangan peralatan *wireless* yang bekerja pada frekuensi ini adalah kemungkinan

terjadinya interferensi dengan *microwave* oven atau peralatan lain yang menggunakan gelombang radio pada frekuensi sama. (Aldya Dwiki, 2015).

Pada tahun 2002, IEEE membuat spesifikasi baru yang dapat menggabungkan kelebihan 802.11b dan 802.11a. Spesifikasi yang diberi kode 802.11g ini bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan kecepatan transfer data maksimal 54 Mbps. Peralatan 802.11g kompatibel dengan 802.11b. Misalkan saja sebuah komputer yang menggunakan jaringan 802.11g dapat memanfaatkan *access point* 802.11b, dan sebaliknya. (Aldya Dwiki, 2015). Pada Tabel 2.1 dijelaskan standar IEEE 802.11 yang bekerja pada 2,4 GHz.

Tabel 2. 1 Spesifikasi standar IEEE 802.11 pada 2,4 GHz

Standar	Data Rate		Jarak Jangkauan		Frekuensi	Kompatibel
	<i>Typical</i>	<i>Maximum</i>	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>		
802.11b	4,5 Mbps	11 Mbps	± 38 meter	± 125 meter	2,4 GHz	802.11b
802.11g	19 Mbps	54 Mbps	± 38 meter	± 125 meter	2,4 GHz	802.11b/g
802.11n	74 Mbps	150 Mbps	± 70 meter	± 230 meter	2,4 GHz	802.11b/g/n

Sumber: Sandi (2013)

#### 2.4.1 Standar IEEE 802.11n

IEEE 802.11n adalah sebuah perubahan standar jaringan nirkabel 802.11 untuk meningkatkan *throughput* lebih dari standar sebelumnya. IEEE 802.11n meningkatkan data *rate* maksimum dalam lapisan fisik OSI (PHY) sampai 300 Mbit/s dengan lebar saluran 40 MHz. MIMO adalah teknologi yang menggunakan beberapa antena untuk menyelesaikan informasi lebih lanjut secara koheren dari pada menggunakan satu antena. Dua manfaat penting MIMO adalah menyediakan keragaman antena dan spasial *multiplexing* untuk 802.11n.

Kemampuan lain teknologi MIMO adalah menyediakan *Spatial Division Multiplexing* (SDM). SDM secara spasial *multiplexes* beberapa *stream* data independen, ditransfer secara serentak dalam satu saluran *spektral bandwidth*. MIMO SDM dapat meningkatkan *throughput* data seperti jumlah dari pemecahan *stream* data *spatial* yang ditingkatkan. Setiap aliran spasial membutuhkan antena yang terpisah baik pada pemancar dan penerima.

*Channel* 40 MHz adalah teknologi yang dipasang pada standar IEEE 802.11n yang secara simultan menggunakan dua *channel* terpisah yang *non-overlapping* untuk mentransfer data. *Channel* 40 MHz menaikkan jumlah data yang dapat ditransmisikan.

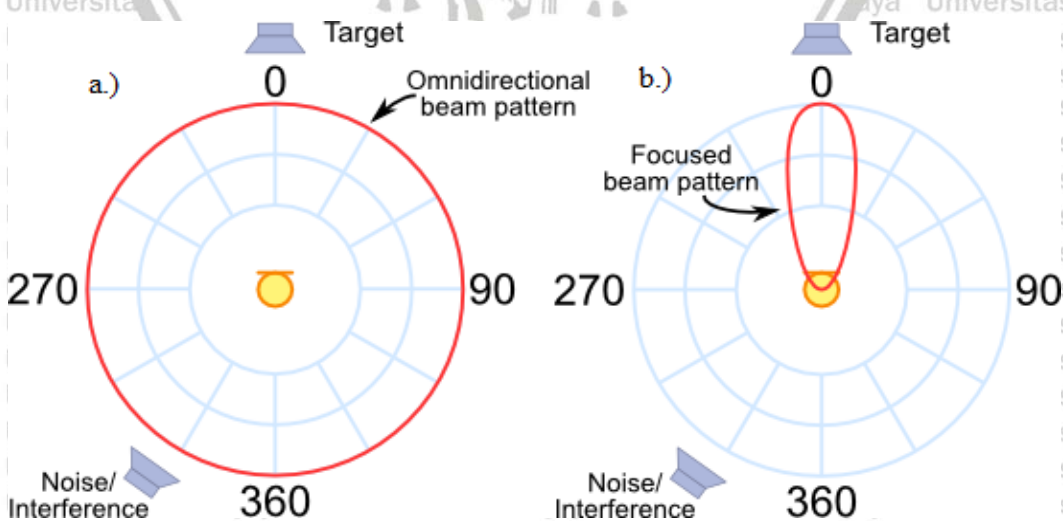
*Channel* 40 MHz menggunakan dua band 20 MHz yang berdekatan. Hal ini dapat diaktifkan

di 5 GHz mode, atau dalam 2,4 GHz. Arsitektur *coupling* MIMO dengan saluran *bandwidth* yang lebih luas menawarkan peningkatan fisik transfer *rate* melebihi 802.11a (5 GHz) dan 802.11g (2,4 GHz). (Mariza Azhar, 2010)

## 2.5 Beamforming

*Beamforming* adalah sebuah metode pengolahan sinyal menggunakan sensor *array* untuk mengarahkan pentransmisian sinyalnya. Dengan menggunakan *beamforming* dapat mengarahkan daya sinyal pada daerah atau sudut yang ditentukan. Metode ini dilakukan dengan membuat pola radiasi dari antena *array* dengan cara menambahkan fasa dari sebuah sinyal pada arah target yang diinginkan, dan *nulling* pola pada target yang tidak diinginkan. *Beamforming* melakukan penggabungan sinyal dari masing-masing elemen *array* dengan mengoptimalkan respon *array* terhadap arah tertentu, sehingga dapat menaikkan SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*). Arah tertentu dimana *array* memiliki respon maksimum ini disebut sebagai arah *beam-pointing*.

Pada Gambar 2.4, ditunjukkan perbedaan antara penggunaan teknologi *beamforming* dan tidak menggunakan teknologi *beamforming*. Pada Gambar 2.4 a, merupakan pola radiasi dari *access point* tanpa menggunakan teknologi *beamforming*, dimana memiliki pola radiasi *omnidirectional*. *Access point* memancarkan gelombang radio ke segala arah. Hal itu dapat mengakibatkan terjadinya interferensi. Pada Gambar 2.4 b, merupakan pola radiasi dari *access point* menggunakan teknologi *beamforming*. Saat menggunakan teknologi *beamforming*, *access point* memancarkan gelombang dengan fokus pada satu arah yang diinginkan dan dapat menghindari interferensi dari arah lain.

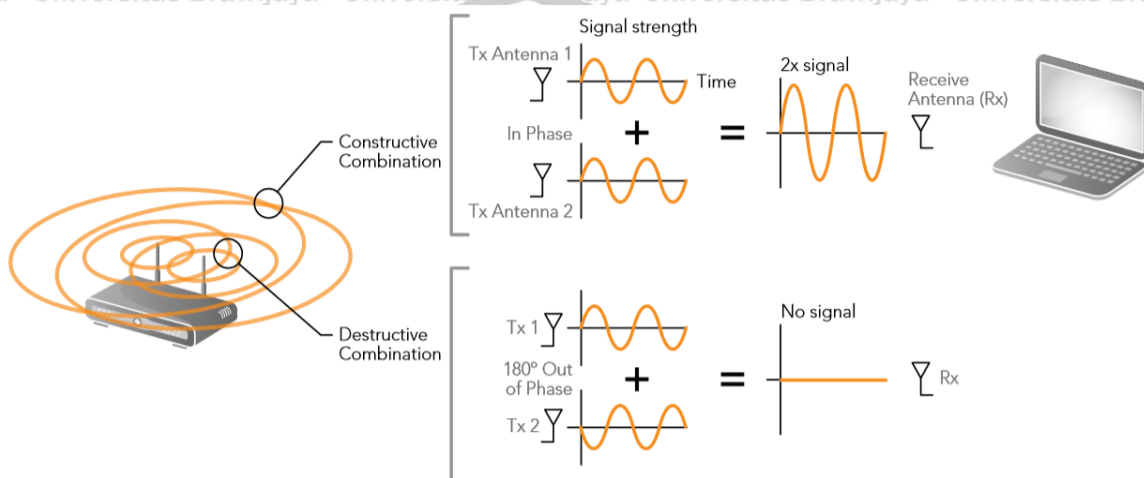


Gambar 2. 4 Teknologi *Beamforming*

Sumber: labbookpages.co.uk

Metode *beamforming* dapat dibagi menjadi dua kategori: *fixed beamforming* dan *adaptive beamforming*. Pada *fixed beamforming*, sistem antenna membentuk banyak *beam* tetap dengan sensitivitas yang tinggi pada arah tertentu. Maka dari itu, sinyal dapat ditransmisikan dalam satu arah yang telah ditentukan. *Adaptive beamforming* adalah sistem yang menggunakan *adaptive spatial signal processing* dengan *array* pada *transmitter* dan *receiver*-nya yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan melacak berbagai tipe sinyal secara efektif. Maka dari itu, *adaptive beamforming* dapat meminimalisir interferensi dan memaksimalkan *gain* dari sinyal yang diinginkan.

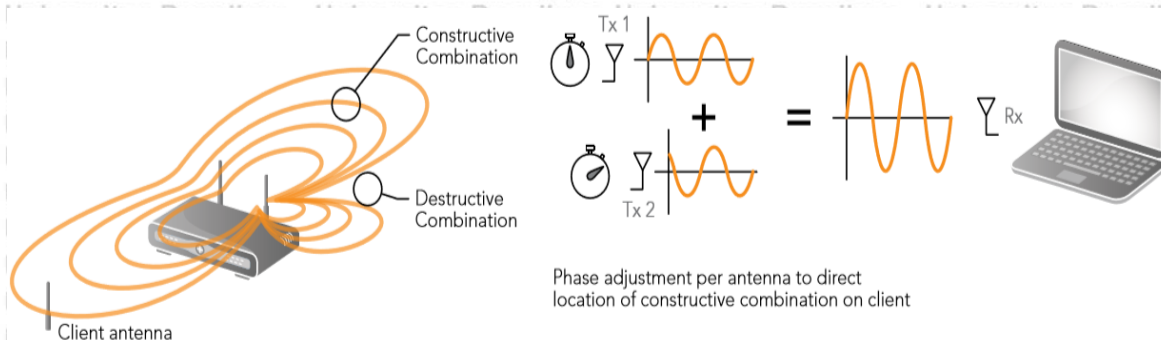
### 2.5.1 Prinsip Kerja *Beamforming*



Gambar 2. 5 *Constructive Combination* dan *Destructive Combination*

Sumber: Ruckus

Pada Gambar 2.5, dua buah sinyal yang sama dari dua antenna dapat membentuk kombinasi *constructive* dan *destructive* pada pentransmisian sinyal. Jika dua sinyal berada pada fasa yang sama, maka kedua sinyal tersebut akan saling menguatkan. Dan jika kedua sinyal tersebut berada pada fasa berbeda  $180^\circ$ , maka kedua sinyal itu akan saling menghilangkan. Pada teknologi *beamforming*, kedua sinyal akan membentuk kombinasi konstruktif pada arah atau *client* yang dituju, dan akan membentuk kombinasi destruktif pada arah atau *client* yang tidak diinginkan (interferensi). Pada Gambar 2.6, *access point* akan melakukan kombinasi konstruktif pada sinyal pada arah yang diinginkan (*client antenna*) dan melakukan kombinasi destruktif pada arah yang tidak diinginkan.



Gambar 2. 6 Pengaturan fasa sinyal

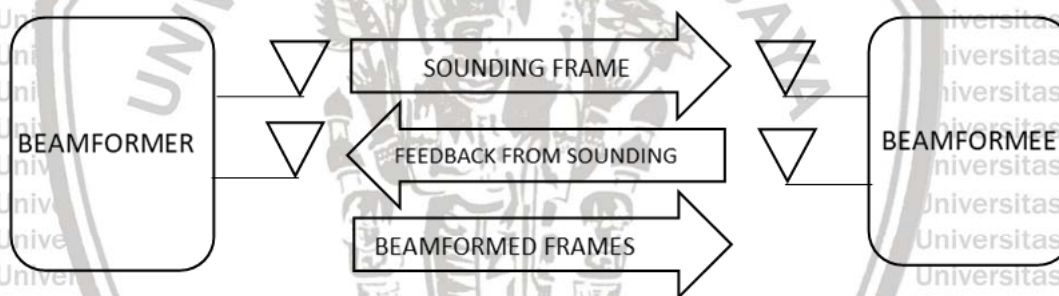
Sumber: Ruckus

### 2.5.2 Transmit Beamforming

Dalam melakukan transmisi *beamforming*, dibutuhkan respon atau *feedback* dari *client*.

Pada Gambar 2.7, *beamformer* merupakan *access point* dengan teknologi *beamforming*.

*Beamformer* mengirimkan “*sounding frame*” untuk diterima oleh *beamformee* (*client*). Lalu, *beamformee* memberikan *feedback* ke *beamformer*. Dan *beamformer* dapat mengirimkan paket-paket data.

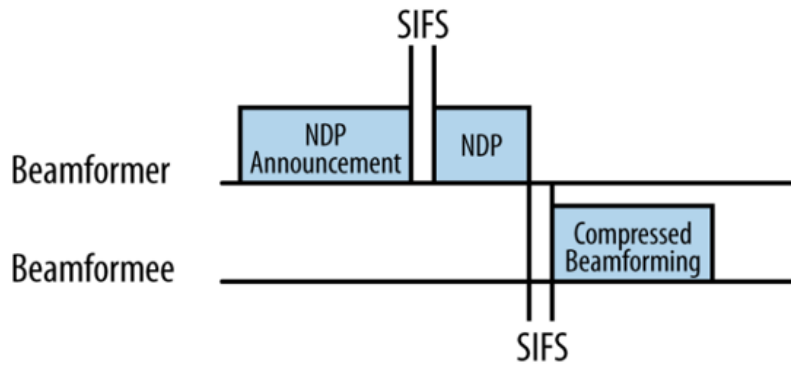


Gambar 2. 7 Channel Sounding

Sumber: Aruba Network

Pada Gambar 2.8 menggambarkan bagaimana transmit *beamforming* dilakukan.

1. *Beamformer* mengirimkan paket NDP (*Null Data Packet*) Announcement untuk mengontrol *channel* dan mengidentifikasi *beamformee*. Lalu, *beamformee* akan merespon NDP Announcement tersebut.
2. *Beamformer* kemudian mengirimkan *null data packet* (NDP). NDP dapat membaca respon dari *channel* berisi matriks untuk melakukan transmisi *beamforming*.
3. Respon dari *beamformee* yang berupa *matriks* untuk melakukan *beamforming* diterima oleh *beamformer*. Menggunakan respon matriks dari *beamformee*, *beamformer* dapat melakukan transmisi *beamforming* ke *client/beamformee*.



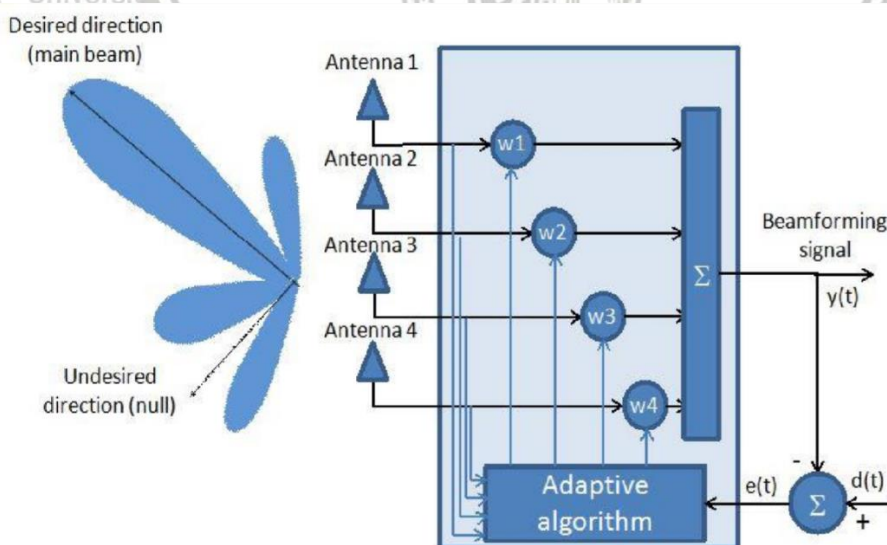
Gambar 2. 8 Transmit Beamforming

Sumber: Gast (2015)

### 2.5.3 Adaptive Beamforming

*Adaptive beamforming* adalah proses pembentukan pola sorotan adaptif dengan menggunakan algoritma pengolahan sinyal digital. *Adaptive beamforming* merupakan teknik yang memanfaatkan *array* dari antena untuk mencapai penerimaan maksimum pada arah tertentu dengan memperkirakan kedatangan sinyal pada arah yang diinginkan dan menolak sinyal dari arah yang lain. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan variasi pada bobot dari sensor yang ada pada *array*.

*Adaptive beamforming* dapat dilakukan dengan menggeser fasa dari tiap elemen *array* sehingga sinyal yang dikirimkan atau diterima dari tiap elemen akan berbeda fasa dalam arah yang berbeda. Fasa antar elemen (*interelement phase*) dan amplitudo diatur untuk mengoptimalkan penerimaan sinyal.

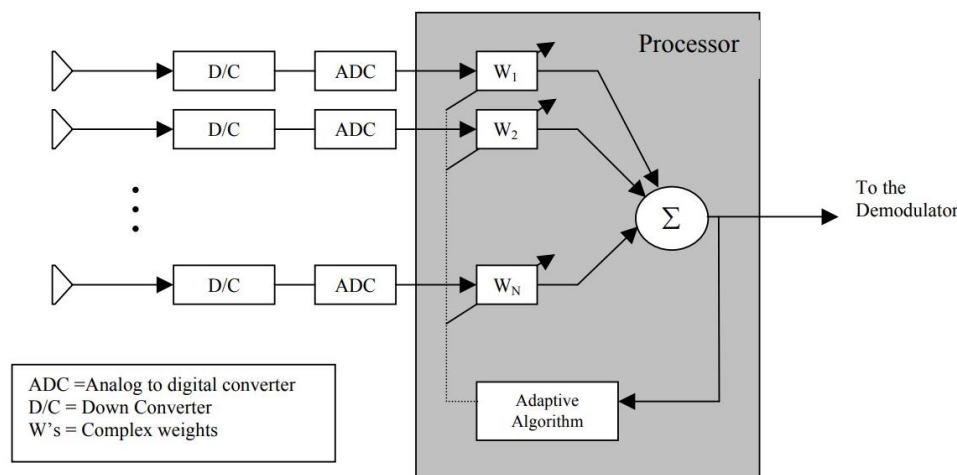


Gambar 2. 9 Adaptive Beamforming

Sumber: Sabir (2015)

### 2.5.3.1 Prinsip Kerja *Adaptive Beamforming*

Konsep dasar dalam sistem *adaptive beamforming* adalah pengaturan fasa untuk mencapai maksimum radiasi pada arah yang diinginkan. Untuk dapat memahami bagaimana *adaptive beamforming* bekerja ditunjukkan pada Gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2. 10 Blok diagram *Adaptive Beamforming*

Sumber: Shetty (2004)

Pada jaringan *beamforming* sinyal pada elemen tunggal dikombinasikan secara cerdas terhadap bentuk *output beamforming* tunggal yang diinginkan. Sebelum sinyal datang dibebani, sinyal akan dirubah bentuk ke *baseband* atau *intermediate frequencies* (IF). Penerima melengkapi pada masing-masing elemen *output* untuk menjalankan konversi frekuensi. Sistem *adaptive beamforming* menggunakan *digital signal processor* (DSP) untuk membebani sinyal yang datang. Sebelumnya diperlukan proses *down conversion* sinyal ke dalam format digital sebelum diproses dengan DSP, dengan menggunakan *analog to digital converter* (ADC). Untuk kinerja yang akurat, dibutuhkan terjemahan sinyal RF yang akurat dari domain analog ke digital. Inti dari sistem adalah *digital signal processor* (DSP) yang mana menerima sinyal IF dalam format digital dan proses data digital diatur dengan *software*. *Digital signal processor* (DSP) menerjemahkan informasi data yang datang, memutuskan pembobot kompleks (perluasan dan informasi fasa) dan mengalikan pembobot pada masing-masing elemen *output* untuk mengoptimalkan pola *array*. Optimisasi ini berdasarkan pada sebuah kriteria khusus dimana akan meminimalisir pengaruh *noise* dan interferensi, sementara itu menghasilkan penguatan *beam* maksimum pada arah yang diinginkan. Terdapat beberapa algoritma berdasarkan kriteria yang berbeda untuk memperbaiki dan menghitung beban optimum.



## 2.6 Parameter Wi-Fi

Menurut ITU-T E. 800, *Qos* adalah : “Sekumpulan efek performansi yang menentukan derajat kepuasan pengguna terhadap *service* yang diperlukan oleh jaringan”. Sedangkan dari sudut pandang jaringan telekomunikasi *Qos* adalah: “Kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis *platform* teknologi”. (Onno W. Purbo, 2001).

### 2.6.1 Parameter *Throughput*

*Throughput* merupakan kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bit per sekon (bps). Terkadang istilah *bandwidth* digunakan sebagai sinonim dari *throughput*. Tetapi hal tersebut adalah salah. *Bandwidth* adalah suatu ukuran dari banyaknya informasi yang dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lainnya dalam suatu waktu tertentu. Sedangkan *throughput* adalah *bandwidth* yang sebenarnya (aktual) pada saat pengguna menggunakan internet. *Throughput* dapat dikategorikan berdasarkan persentase seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Parameter *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>
Sangat Bagus	76-100 %
Bagus	51-75 %
Sedang	26-50 %
Buruk	< 25 %

Sumber: European Telecommunication Standards Institute (1998)

Nilai *throughput* dinyatakan dalam rumus berikut:

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Jumlah data diterima}}{\textit{Waktu pengiriman}} \quad (2-1)$$

### 2.6.2 Parameter *Delay End-to-End*

*Delay End-to-End* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber menuju ke tujuan (ujung ke ujung). Berdasarkan ITU G.114 membagi karakteristik waktu tunda berdasarkan tingkat kenyamanan *user*, dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Parameter *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>
Baik	0-150 ms
Cukup	150 - 300 ms
Buruk	> 125 ms

Sumber: ITU-T G.114 (2000)

Nilai *delay* dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$Delay = \frac{\text{Total waktu pengiriman paket}}{\text{Total paket dikirim}} \dots\dots\dots (2-2)$$

### 2.6.3 Parameter *Packet loss*

*Packet loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dan dapat terjadi karena interferensi pada jaringan. Hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena transmisi ulang akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah *bandwidth* cukup tersedia untuk aplikasi tersebut. Di dalam implementasi jaringan IP, nilai *packet loss* ini diharapkan mempunyai nilai yang minimum. Persentase *packet loss* dapat dikategorikan berdasarkan Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Parameter *Packet Loss*

Kategori <i>Packet loss</i>	Besar <i>Packet loss</i>
Sangat Bagus	0 %
Bagus	1- 3 %
Sedang	4-15 %
Buruk	16-25 %

Sumber : European Telecommunication Standards Institute (1998)

Nilai *packet loss* dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$Packet Loss = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{Paket diterima}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots\dots\dots (2-3)$$

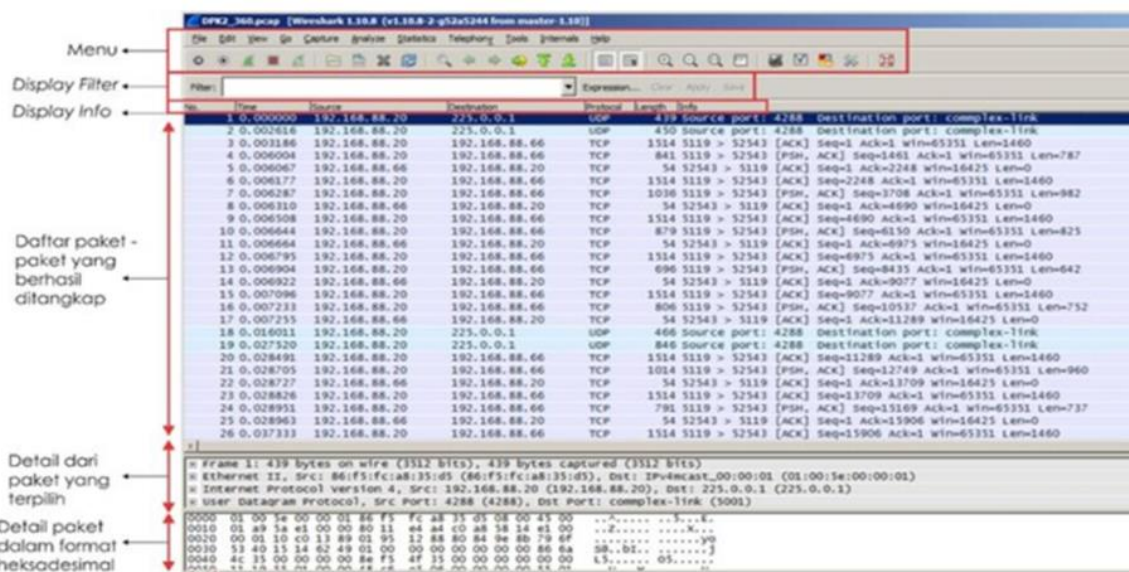
### 2.7 *Wireshark*

*Wireshark* adalah aplikasi gratis yang dapat menangkap paket-paket jaringan (*sniffing*) pada sisi *client* yang berguna untuk menampilkan informasi secara detail pada paket tersebut.

Fungsi utamanya adalah membantu administrator jaringan dalam menganalisis kinerja

jaringan dan protokol yang terkandung didalamnya. *Wireshark* bekerja pada *Application layer*. *Wireshark* mempunyai banyak fitur dan kelebihan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi *Wireshark* bersifat *open source* untuk menganalisis paket jaringan.
2. Mampu menangkap paket data secara langsung dari sebuah *network interface*.
3. Mampu menampilkan informasi secara detail mengenai hasil *capture* pada sebuah jaringan.
4. Mampu menampilkan hasil statistika dari hasil *capture* pada sebuah jaringan.
5. Tersedia untuk *Linux* dan *Windows*.



Gambar 2. 11 Tampilan *Wireshark* yang sedang meng-*capture* paket

Sumber: Perancangan

1. Menu : Menu-menu yang tersedia di *Wireshark*.
2. *Display Filter* : Sebuah kolom yang dapat diisi dengan sintaks-sintaks untuk membatasi paket-paket apa saja yang akan ditampilkan pada list paket.
3. Daftar Paket : Menampilkan paket-paket yang berhasil ditangkap oleh Aplikasi *Wireshark*, berurutan dari paket pertama yang ditangkap, dan seterusnya.
4. Detail Paket : Menampilkan detail paket yang terpilih pada daftar paket.
5. Detail Heksa : Menampilkan detail paket yang terpilih yang ditampilkan dalam bentuk heksa.

Pada daftar bagian daftar Paket, terdapat kolom-kolom seperti berikut ini:

1. *Time* : Menampilkan waktu saat paket-paket tersebut ditangkap.
2. *Source* : Menampilkan alamat IP sumber dari paket data tersebut.

3. *Destination* : Menampilkan alamat IP tujuan dari paket data tersebut.
4. *Protocol* : Menampilkan protokol yang digunakan pada sebuah paket data.
5. *Info* : Menampilkan informasi secara detail tentang paket data tersebut.

## 2.8 VLC Media Player

VLC *media player* adalah salah satu perangkat lunak untuk media *streaming live* yang dikembangkan oleh VideoLAN. VLC *media player* mendukung berbagai macam format *coding* seperti H.263, H264/MPEG-4 AVC, MPEG-2 dan lain lain. Beberapa *format file* video dan audio yang didukung antara lain: AVI, FLAC, FLV, Matroska, MP4, MPEG-2, Ogg, TS dan WAV.



Gambar 2. 12 Logo VLC Media Player

Sumber: <http://www.videolan.org/vlc/>



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Metode penelitian adalah strategi umum yang dianut dalam pengumpulan dan analisis data yang diperlukan pada penelitian ini, guna menjawab persoalan yang dihadapi.

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini bersifat analisis, yaitu analisis pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan user yang bergerak. Parameter yang diamati adalah *delay*, *packet loss* dan *throughput*.

Dalam melakukan suatu penelitian, tahapan kajian pustaka dan analisa awal merupakan hal pertama yang harus dilakukan. Sebelum melanjutkan pada tahap desain jaringan, perlu dipelajari semua informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun tahapan yang dilakukan untuk solusi permasalahan sesuai dengan topik pembahasan adalah:

1. Studi Literatur
2. Pengambilan Data
3. Analisis Data
4. Pengambilan Kesimpulan Saran

#### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan memahami konsep yang terkait dengan pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan user yang bergerak. Kemudian memperoleh pemahaman mengenai bahasan yang digunakan untuk mendukung dalam pengolahan data, sehingga data yang diperoleh relevan dengan teori yang ada. Studi literatur yang dilakukan adalah mempelajari dari buku-buku, jurnal dan mempelajari teori tentang konsep WLAN, serta parameter yang digunakan dalam simulasi ini. Teori pendukung yang dibahas antara lain adalah:

1. Konsep *Wireless Local Area Network* (WLAN)
2. Arsitektur WLAN IEEE 802.11
3. Standar WLAN IEEE 802.11n
4. Model TCP/IP
5. *Beamforming*

## 6. Parameter Wi-Fi

- a. Perhitungan *Throughput*
- b. Perhitungan *Delay*
- c. Perhitungan *Packet loss*

### 3.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian ini. Skripsi ini menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pengukuran pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan user yang bergerak menggunakan perangkat lunak *wireshark*. Data sekunder diperoleh dari buku referensi, jurnal, skripsi, internet, dan forum-forum resmi. Data sekunder dalam pembahasan skripsi ini diperlukan sebagai bahan yang mendasari konsep-konsep yang terkait dengan pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan user yang bergerak.

### 3.4 Analisis Kebutuhan

Tujuan analisis kebutuhan ini dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan dalam penelitian. Analisis kebutuhan berdasarkan survey di lapangan antara lain :

1. Menganalisis kondisi lapangan beserta bentuk area penelitian untuk pertimbangan saat melakukan pengukuran.
2. Kebutuhan spesifikasi perangkat-perangkat yang dibutuhkan untuk membangun jaringan dan menunjang dalam pengukuran data.

Dari analisis yang dilakukan, nantinya akan mendapatkan data yang dibutuhkan untuk melihat pengaruh pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan user yang bergerak.

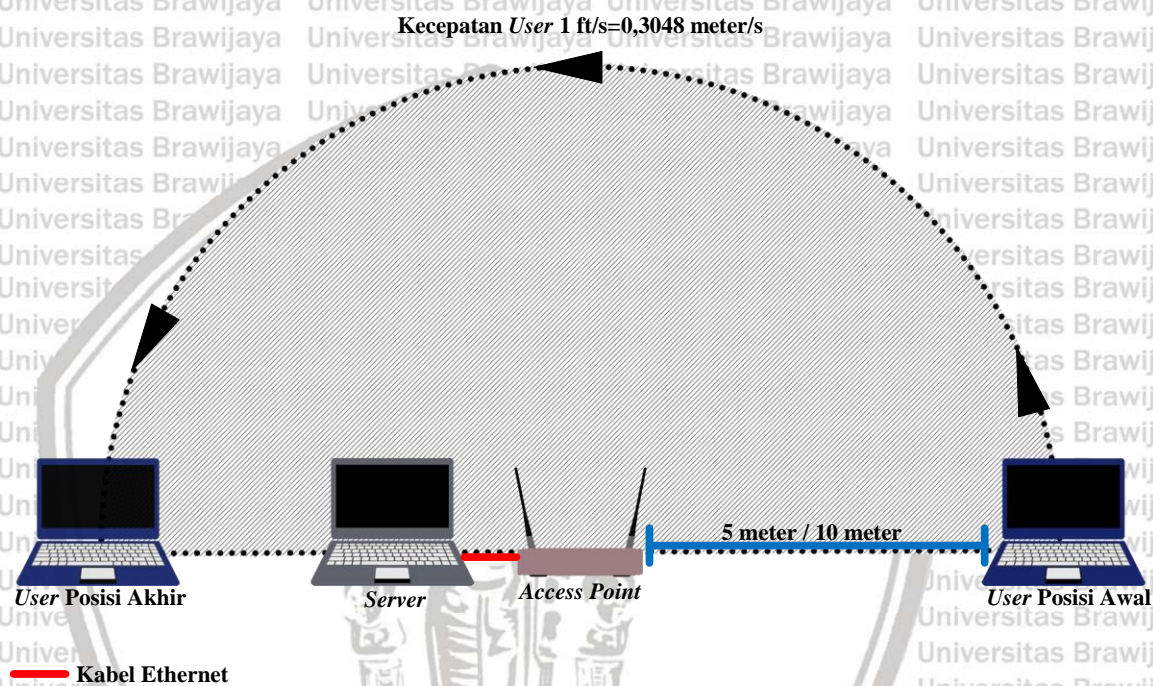
### 3.5 Perancangan Jaringan *Wireless* LAN

Sebagai referensi dalam melakukan perancangan jaringan, perlu diketahui konfigurasi jaringan dan alur analisis untuk lebih memahami dan mengerti data-data hasil perancangan yang akan diperoleh.

#### 3.5.1 Konfigurasi Jaringan *Wireless* LAN

Perancangan jaringan sangat penting dalam memperoleh data yang akurat. Konfigurasi jaringan pada penelitian ini menggunakan *access point* IEEE 802.11n dengan *beamforming* dan tanpa *beamforming*. Perangkat yang digunakan adalah 2 buah laptop dan 2 buah *access*

*point*. 1 buah laptop bertindak sebagai *server* dan 1 buah lainnya sebagai *user*. *Access point* yang digunakan ada 2 tipe, yaitu TP-LINK TL-WA801ND untuk *access point* tanpa *beamforming*, dan Ruckus ZoneFlex R600 untuk *access point* dengan *beamforming*. *User* terhubung dengan *access point*, kemudian *user* berjalan dengan rute keliling setengah lingkaran dengan *access point* sebagai titik pusat lingkaran. Jarak antara *access point* dengan *user* yang terhubung secara *wireless* sejauh 5 meter untuk skenario pertama dan 10 meter untuk skenario kedua. Konfigurasi jaringan *Wireless LAN* pada penelitian ini seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Konfigurasi jaringan *Wireless LAN*

Sumber: Perancangan

### 3.5.2 Skenario Pengujian

Konfigurasi jaringan seperti pada Gambar 3.1 bertujuan untuk menguji pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan *user* yang bergerak. Kecepatan pergerakan *user* adalah sebesar 1 *feet/second*=0,3048 *meter/second*, atau setara orang berjalan normal. Menggunakan *software* VLC *video streaming* untuk menciptakan laju data dari *server* ke *user*. Pengambilan data parameter *Qos* jaringan dilakukan dengan menggunakan *software* *Wireshark*. Parameter *Qos* jaringan yang diamati berupa *packet loss*, *throughput*, dan *delay* untuk masing-masing skenario. Untuk skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut



Tabel 3. 1 Skenario Pengujian Performansi *Access Point*

No	Skenario	Jarak Antara <i>User</i> dengan <i>Access point</i>
1.	<i>Access point</i> IEEE 802.11n dengan <i>beamforming</i> ( <i>Ruckus ZoneFlex R600</i> )	5 meter
		10 meter
2.	<i>Access point</i> IEEE 802.11n tanpa <i>beamforming</i> (TP-LINK TL-WA801ND)	5 meter
		10 meter

Sumber: Perancangan

Dari pemodelan jaringan untuk simulasi tersebut akan dibuat menjadi dua skenario sebagai berikut :

#### 1. Skenario 1

Pada skenario 1 ini pengujian performansi *access point* akan dilakukan dengan menggunakan *Access point* IEEE 802.11n dengan *beamforming*. Jarak antara user dengan *access point* sejauh 5 meter untuk variasi pertama, dan 10 meter untuk variasi kedua.

#### 2. Skenario 2

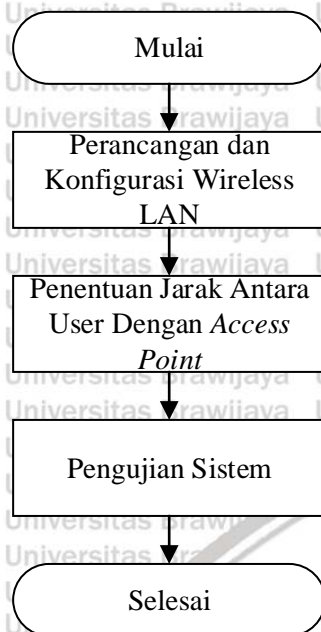
Pada skenario 2 ini pengujian performansi *access point* akan dilakukan dengan menggunakan *Access point* IEEE 802.11n tanpa *beamforming*. Jarak antara user dengan *access point* sejauh 5 meter untuk variasi pertama, dan 10 meter untuk variasi kedua.

### 3.5.3 Diagram Alir Perancangan Jaringan *Wireless LAN*

Untuk memperoleh data hasil pengukuran yang diinginkan, terdapat tahapan-tahapan yang dilakukan sebelumnya. Tujuannya untuk mempermudah dalam pengukuran dan perancangan jaringan. Adapun tahapan yang harus dilakukan pada Gambar 3.2.

Perancangan jaringan menggunakan 2 buah *access point* yang berbeda yaitu TP-LINK TL-WA801ND untuk *access point* tanpa *beamforming*, dan *Ruckus ZoneFlex R600* untuk *access point* dengan *beamforming*. Jarak antara user dengan *access point* sejauh 5 meter untuk variasi pertama, dan 10 meter untuk variasi kedua. Kecepatan pergerakan *user* adalah sebesar  $1 \text{ feet/second} = 0,3048 \text{ meter/second}$ , atau setara orang berjalan normal. Pengujian sistem menggunakan *software VLC video streaming* untuk menciptakan laju data dari user

ke server, dan *software wireshark* yang diinstal pada sisi user. *Wireshark* digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter *packet loss*, *throughput* dan *delay*.



Gambar 3. 2 Diagram alir perancangan jaringan *Wireless LAN*

Sumber: Perancangan

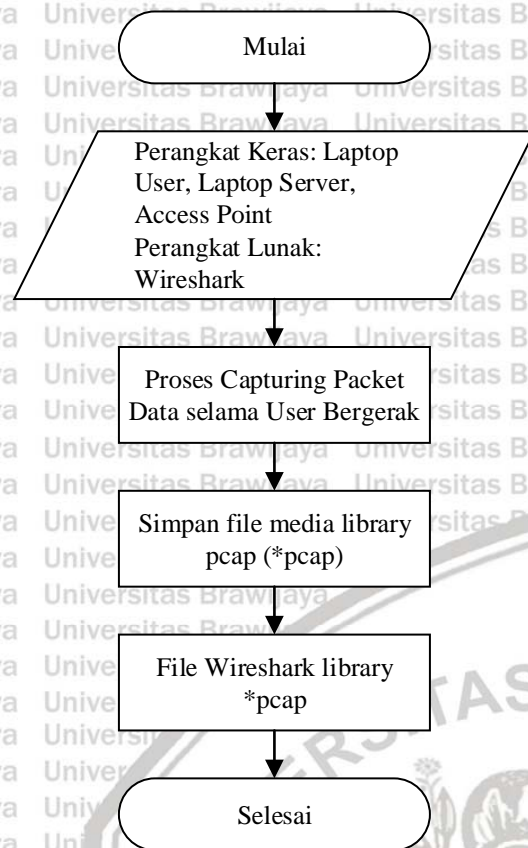
### 3.6 Pengukuran Parameter Jaringan *Wireless LAN*

Variabel pada parameter performansi *access point* dalam penelitian ini adalah *packet loss*, *throughput*, dan *delay*. Variabel bebas yang digunakan adalah tipe *access point* dan variasi jarak. *Access point* yang digunakan adalah IEEE 802.11n dengan *beamforming* dan tanpa *beamforming*, sedangkan jarak antara user dengan *access point* sejauh 5 meter dan 10 meter.

#### 3.6.1 Proses Pengambilan Data

Pengambilan data hasil kinerja sistem menggunakan perangkat lunak *Wireshark* yang dipasang pada sisi user. Proses *capture* data dilakukan selama user bergerak dari posisi awal hingga posisi akhir. Pengambilan data hasil kinerja sistem menggunakan *Wireshark* dilakukan sesuai Gambar 3.3.

Keluaran yang didapat dari hasil penggunaan *Wireshark* untuk pengambilan data primer adalah nomor *frame*, urutan waktu, *source IP* (alamat asal), *destination IP* (alamat tujuan), panjang paket (*length*), dan keterangan (info). Data primer dibentuk menjadi sebuah *file Wireshark* dengan ekstensi media *library pcap* (\*.pcap).



Gambar 3. 3 Proses pengambilan data menggunakan *Wireshark*

Sumber: Perancangan

### 3.7 Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk menentukan kebutuhan data yang diperlukan. Setiap data yang didapatkan dari kegiatan pengambilan data akan disaring dan ditentukan kebutuhannya sesuai dengan pembahasan yang akan dilaksanakan setelahnya. Data yang akan dianalisis adalah data primer dan data sekunder. Keluaran yang didapat dari analisis data untuk data primer adalah file data primer dengan ekstensi *\*pcap* yang telah didekodekan *Wireshark* sebagai protokol RTP. Dekode memungkinkan data untuk sementara mengalihkan pembedahan protokol tertentu. Setelah didekodekan maka file data primer tersebut dapat diolah dan dicari RTP stream yang terjadi. Analisis data sekunder menghasilkan pernyataan kesimpulan atas premis-premis pada data sekunder sebelumnya dan gambar analisa.

### 3.8 Pengolahan Data Primer

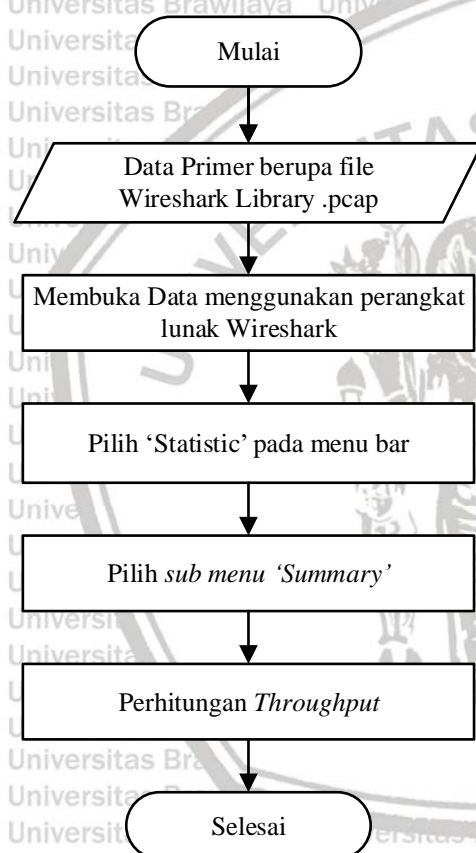
Data yang diolah pada kegiatan ini adalah data primer dan sekunder. Data primer yang didapatkan dari tahapan pengambilan data dan analisis data, kemudian diolah menjadi data primer yang berisi beberapa parameter *Qos* (*Throughput, delay end-to-end, packet loss*)

yang akan dibahas. Pada *Wireshark* terdapat menu bar “Telephony” dan “Statistics”. Menu “Telephony” berisi tentang protokol-protokol yang pada penelitian ini digunakan protokol RTP sehingga akan diolah aliran RTP-nya dan didapatkan parameter kinerja jaringannya.

Menu “Statistics” berisi beberapa pilihan perintah dan salah satunya adalah “Summary” untuk menampilkan parameter *Throughput*.

### 3.8.1 *Throughput*

*Throughput* merupakan parameter yang menunjukkan jumlah data yang diterima oleh pengguna dengan benar setelah melalui media transmisi. Berikut adalah Gambar 3.4 yang menunjukkan proses pengambilan data *throughput* dengan menggunakan *Wireshark*:



Gambar 3. 4 Diagram alir pengolahan data *Throughput*

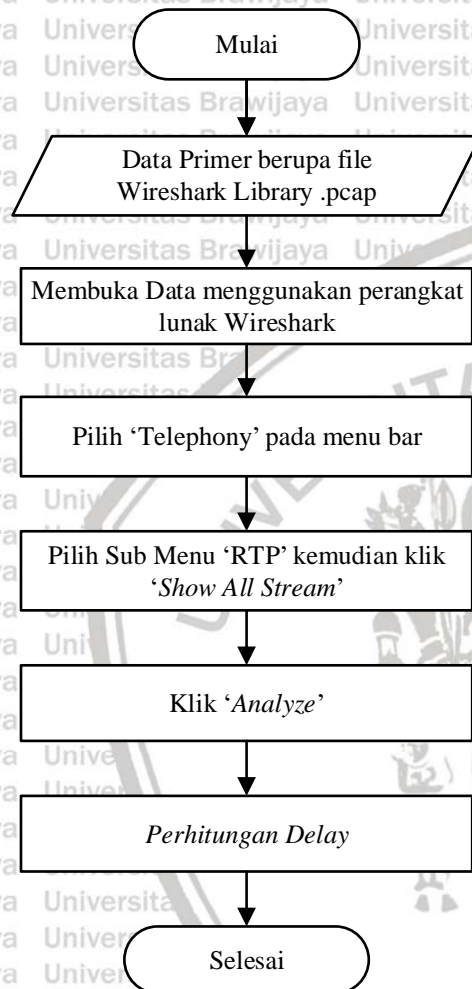
Sumber: Perancangan

Hasil proses capturing data disimpan dalam bentuk file *Wireshark* Library pcap.

Kemudian file yang telah didapat nilai *throughput* dari menu *statistic* yang ada pada menu bar. Pada sub menu *Summary*, nilai *throughput* ditunjukkan oleh nilai *Avg. Mbit/sec*.

### 3.8.2 Delay

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber menuju ke tujuan (ujung ke ujung). *Delay End-to-End* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber ke tujuan. Berikut adalah Gambar 3.5 yang menunjukkan proses pengambilan data *delay* dengan menggunakan *Wireshark*:



Gambar 3. 5 Diagram alir pengolahan data *Delay*

Sumber: Perancangan

Pada *menu bar telephony* terdapat pilihan sub menu RTP yang dapat menampilkan *delay* pada menu pilihan *Show All Stream*. Paket data yang ada ditampilkan dalam bentuk kotak dialog *RTP Streams*. Kemudian pilih *Analyze* untuk menampilkan performansi jaringan seperti *delta*, *total RTP packets*, *Lost RTP Packet*, *duration* dan lain-lain. Nilai *Delay End to End* ditunjukkan oleh nilai *delta*.

### 3.8.3 Packet loss

*Packet loss* adalah paket IP yang hilang selama proses transmisi dari sumber ke tujuan. Berikut adalah Gambar 3.6 yang menunjukkan proses pengambilan data *packet loss* dengan menggunakan *Wireshark*:



Gambar 3. 6 Diagram alir pengolahan data *Packet loss*

Sumber: Perancangan

Pada kotak dialog *RTP Stream Analysis* yang didalamnya meliputi berbagai informasi seperti , *total RTP packets*, *Lost RTP Packets*, *duration*, dan lain-lain. Nilai *Packet loss* ditunjukkan oleh nilai *Lost RTP Packets*.

### 3.9 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan dari teori, hasil pengukuran, dan analisis data, serta dilakukan pemberian saran yang dimaksud kepada pembaca yang akan melakukan studi tentang penelitian ini, ataupun sebagai pendukung dari penelitiannya.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Bab ini akan membahas mengenai analisis dan pembahasan dari pengaruh *beamforming* terhadap performansi *access point* IEEE 802.11n dengan *user* yang bergerak. Data yang disajikan dari hasil penelitian meliputi parameter performansi *access point* yaitu *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Sistematika penyajian Bab IV terdiri atas konfigurasi perangkat-perangkat yang digunakan pada eksperimen, prosedur pengambilan data, dan analisis data yang telah didapat dari eksperimen.

#### 4.2 Konfigurasi Perangkat dan Prosedur

Perangkat penelitian terdiri dari spesifikasi alat-alat pengukuran yang dipergunakan, konfigurasi rancangan dari pengukuran, dan prosedur pengukuran jaringan.

##### 4.2.1 Spesifikasi Perangkat Penelitian

Spesifikasi dan penjelasan perangkat eksperimen diuraikan sebagai berikut :

##### 1. Penggunaan Perangkat Keras

Pada pembuatan skripsi ini, dibutuhkan beberapa *hardware* yang digunakan untuk menunjang eksperimen yang akan dilakukan. Berikut adalah spesifikasi dan fungsi dari beberapa *hardware* tersebut, yaitu :

Tabel 4. 1 Spesifikasi Perangkat Keras

No.	Perangkat	Jumlah	Spesifikasi	Kegunaan
1.	Ruckus Zoneflex R600	1 unit	2,4 GHz 802.11b/g/n 5 GHz ac	Sebagai <i>access point</i> dengan <i>beamforming</i>
2.	TP-Link TL WA801ND	1 unit	2,4 GHz 802.11b/g/n	Sebagai <i>access point</i> tanpa <i>beamforming</i>
3.	Laptop ASUS X456UQK	1 unit	Intel Core i5 7200U @2.5 GHz, 1TB, RAM 8GB	Sebagai <i>device user</i>
4.	Laptop Lenovo IP 14-IKB	1 unit	Intel Core i5 7200U @2.5 GHz, 1TB, RAM 4GB	Sebagai <i>device server</i>



5.	Kabel LAN Tipe <i>Straight</i>	1 buah	CAT 6 Up to 1 Gbps	Menghubungkan server dengan <i>access</i> <i>point</i>
----	-----------------------------------	--------	--------------------	--

## 2. Penggunaan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini digunakan beberapa perangkat lunak yang dapat memaksimalkan eksperimen yang dilakukan. Berikut adalah spesifikasi dan kegunaan dari beberapa *software* tersebut, yaitu :

Tabel 4. 2. Spesifikasi Perangkat Lunak

No.	Perangkat Lunak	Versi	Penggunaan
1.	Sistem Operasi	Windows 10	Sistem operasi yang digunakan pada laptop server dan <i>user</i>
2.	VLC Media Player	VLC 3.0.4 “Vetinari”	Perangkat lunak untuk <i>streaming</i> video
3.	<i>Wireshark</i>	Win64 2.6.1	Perangkat lunak untuk menganalisis <i>Qos</i> jaringan pada <i>user</i>

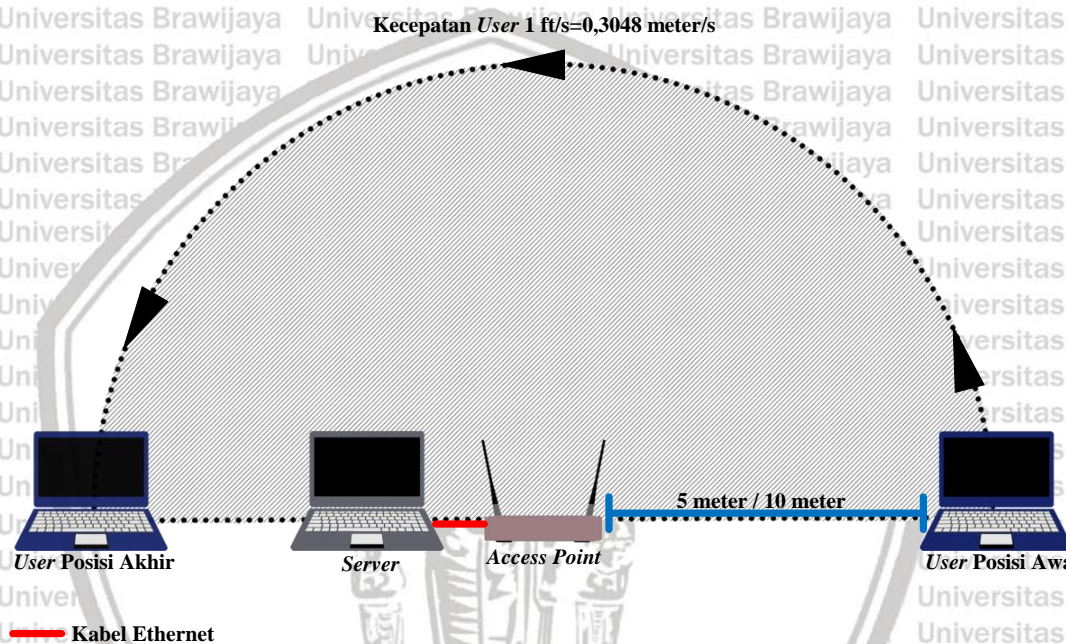
### 4.2.2 Prosedur Konfigurasi Perangkat

Prosedur konfigurasi perangkat yang digunakan pada skripsi ini bertujuan untuk dapat melakukan proses pengambilan data. Pengambilan data dilakukan di Tempat Parkir Gedung C Teknik Elektro, Universitas Brawijaya. Skenario yang digunakan pada pengukuran ini ada 2 yaitu:

1. Pengukuran performansi *access point* dengan *beamforming* dengan jarak antara *user* dan server sejauh 5 meter dan 10 meter
2. Pengukuran performansi *access point* tanpa *beamforming* dengan jarak antara *user* dan server sejauh 5 meter dan 10 meter

Tabel 4. 3 Skenario Pengujian Performansi *Access Point*

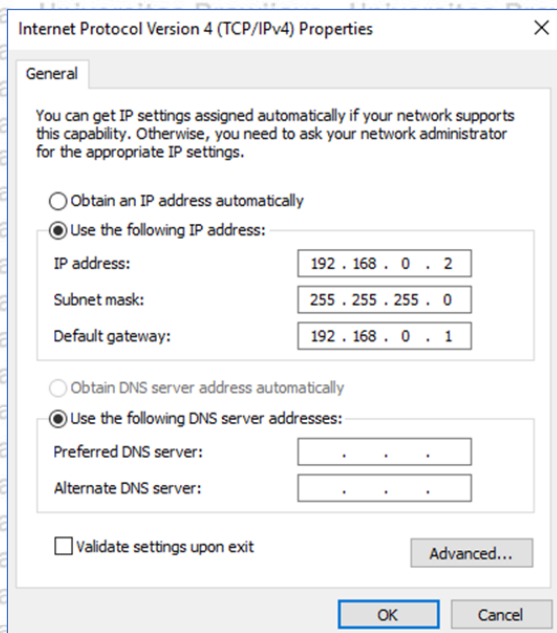
No.	Skenario	Jarak Antara <i>User</i> dengan <i>Access point</i>
1.	<i>Access point</i> IEEE 802.11n dengan <i>beamforming</i> ( <i>Ruckus ZoneFlex R600</i> )	5 meter
		10 meter
2.	<i>Access point</i> IEEE 802.11n tanpa <i>beamforming</i> ( <i>TP-LINK TL-WA801ND</i> )	5 meter
		10 meter

Gambar 4. 1 Konfigurasi jaringan *Wireless LAN*

Sumber: Perancangan

Prosedur pengambilan data melalui eksperimen diawali dengan mempersiapkan alat dan komponen pendukung pengukuran. Berikut ini adalah langkah-langkah konfigurasi jaringan WLAN :

1. Nyalakan *access point*, sambungkan dengan laptop server dengan menggunakan kabel LAN
2. Sesuaikan IP address laptop server dengan default gateway dari *access point* dengan *Beamforming* 192.168.0.1/2. Pada skenario kedua, sesuaikan IP address laptop server dengan default gateway dari *access point* tanpa *Beamforming* 192.168.0.254/1



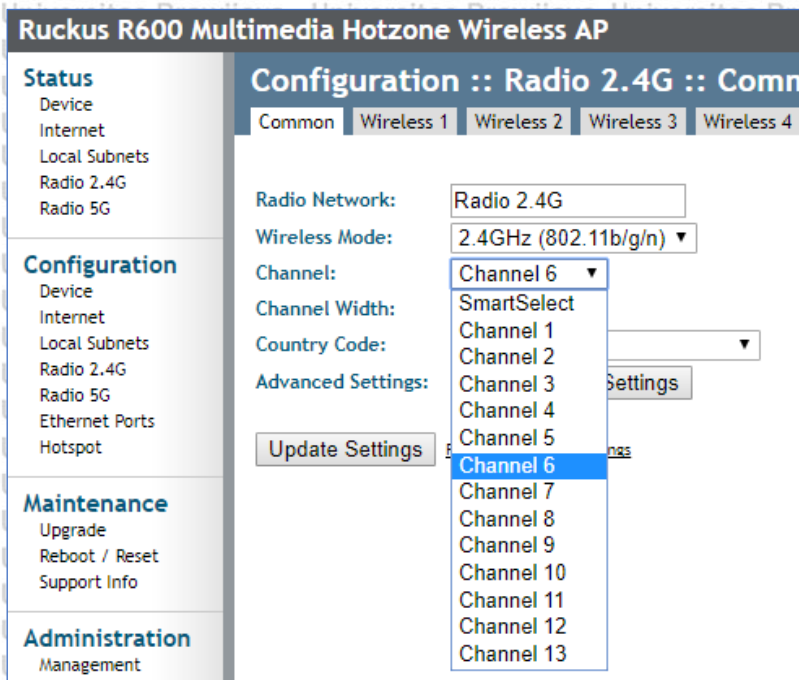
Gambar 4. 2 Tampilan pengaturan IP Address laptop

3. Buka web browser untuk mengonfigurasi *access point*
4. Tampilan pada web browser akan menampilkan tampilan log in untuk dapat masuk ke konfigurasi *access point*. Isi nama pengguna "super" dan untuk sandi "sp-admin".



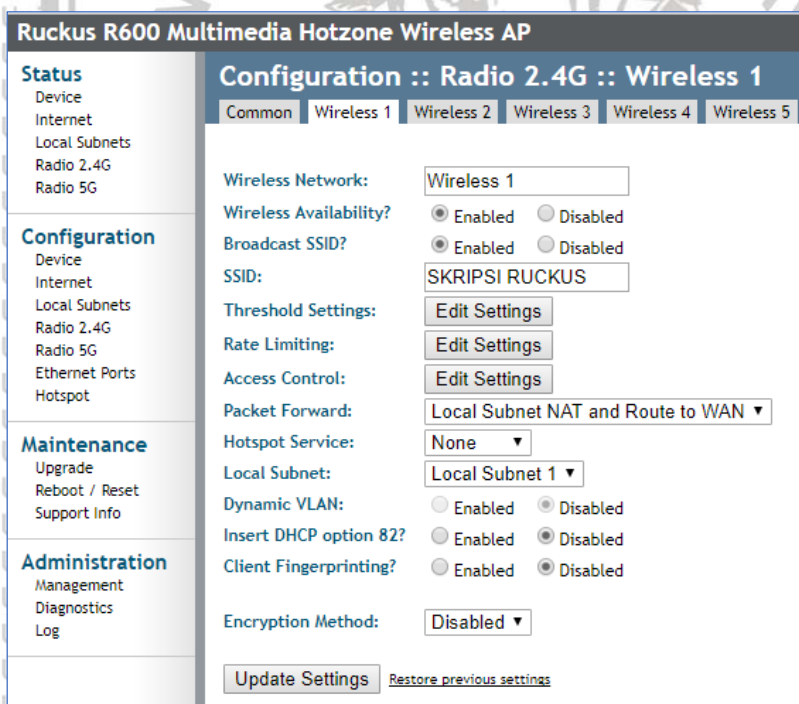
Gambar 4. 3 Tampilan Login pada Access point

5. Pada menu *Configuration*, pilih submenu Radio 2.4G, untuk memilih *access point* bekerja pada frekuensi/channel tertentu.



Gambar 4. 4 Tampilan Submenu Radio 2.4 Ghz

6. Nyalakan *wifi* pada tab *Wireless 1* untuk mengaktifkan *access point* pada frekuensi 2.4 GHz dengan pilih “Enable” pada *Wireless Availability*.

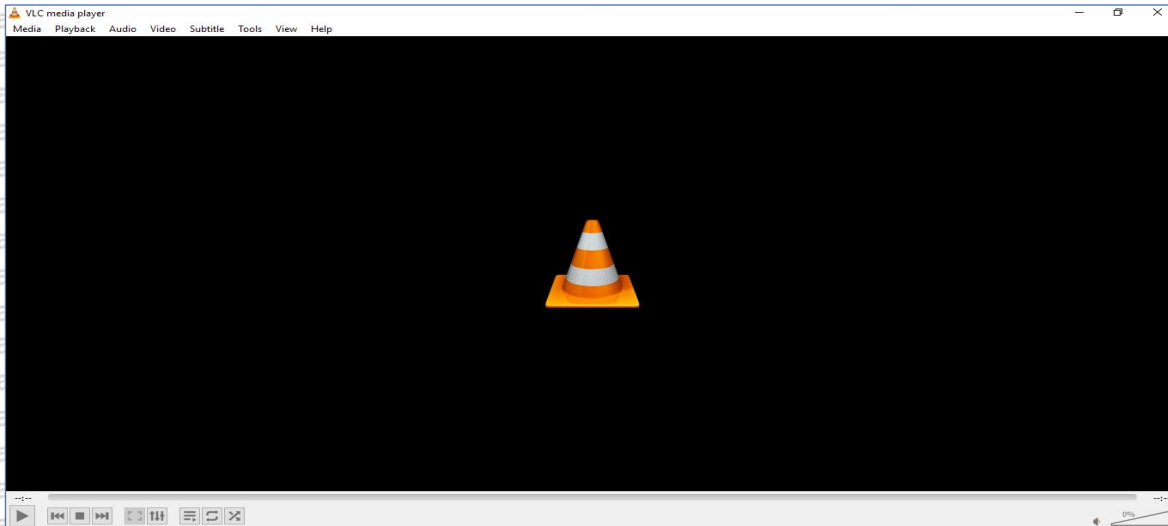


Gambar 4. 5 Tampilan Submenu Radio 2.4 GHz Wireless

### 4.3 Instalasi Video Streaming

Video *streaming* dilakukan pada laptop *user* yang sudah terpasang *VLC Media Player* sebagai *user* dan laptop *server* yang sudah terpasang *VLC Media Player* sebagai penyedia *streaming*. Langkah-langkah instalasi video *streaming* adalah sebagai berikut:

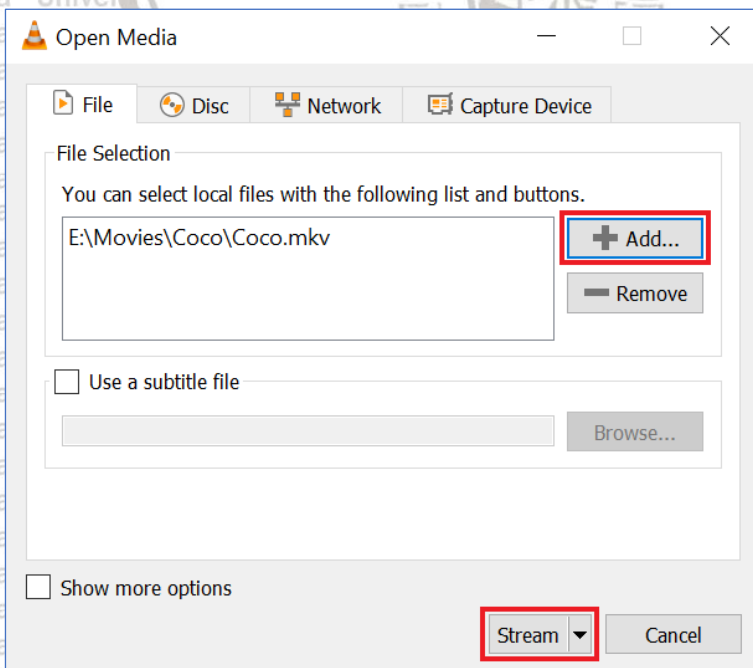
- a. Menghubungkan *access point* ke laptop *server* menggunakan kabel LAN
- b. Melakukan konfigurasi program *VLC Media Player* pada laptop *server* sebagai berikut:
  1. Buka aplikasi *VLC Media Player*



Gambar 4. 6 Tampilan *VLC Media Player*

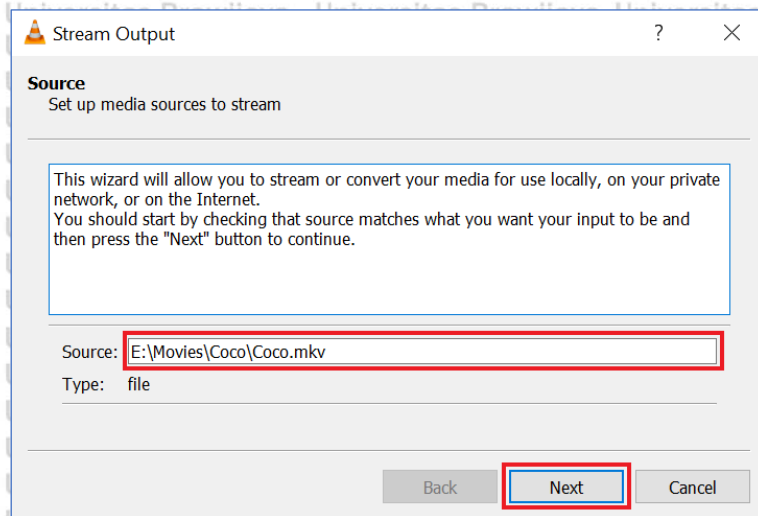
2. Tekan tombol **Ctrl + S** pada *keyboard* untuk membuka kotak dialog *Open Media*.

Klik *Add...* kemudian pilih video yang akan diputar. Setelah itu klik *Stream*.



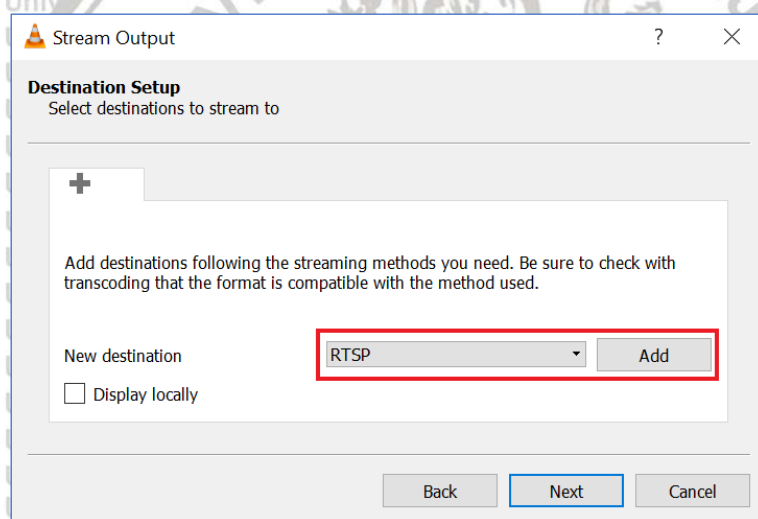
Gambar 4. 7 Kotak dialog *Open Media*

3. Pada kotak dialog *Stream Output*, pastikan path dari *Source* filenya sudah benar, kemudian klik *Next*



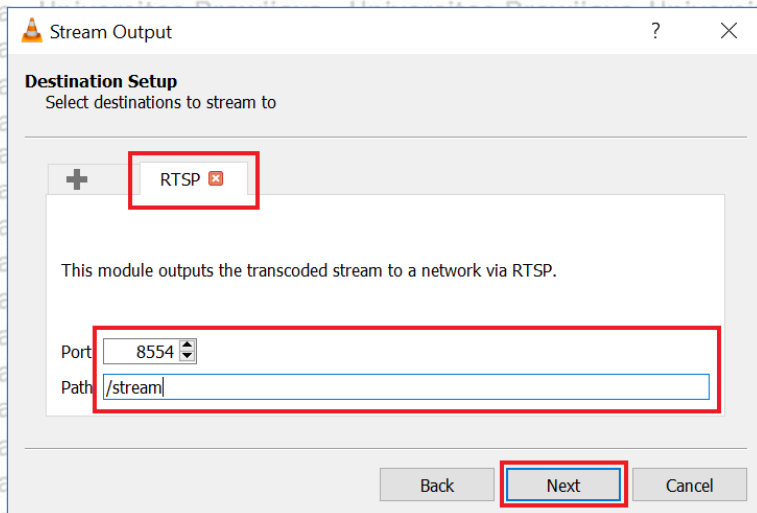
Gambar 4. 8 Kotak dialog *Source*

4. Pada kotak dialog *Destination Setup*, tambahkan destinasi baru dengan memilih *New destination* sebagai RTSP dan klik *Add*.



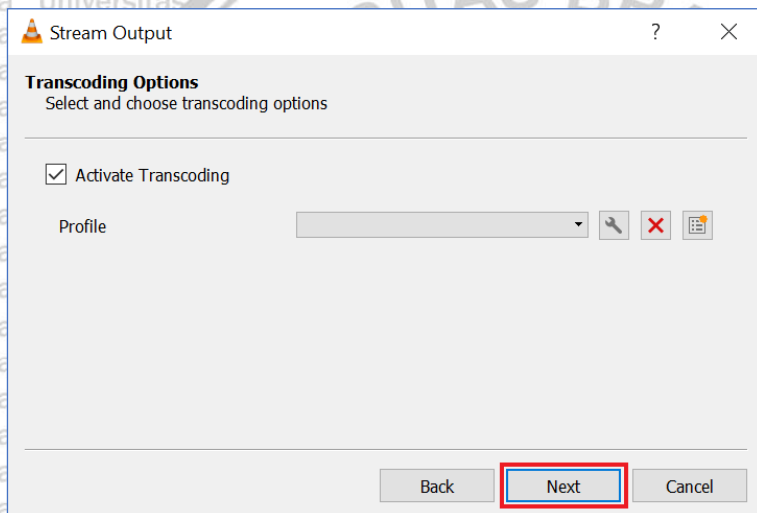
Gambar 4. 9 Pengaturan destinasi baru

5. Akan ada tautan baru Bernama RTSP setelah tandan plus (+). Isi *Port* dengan 8554 dan *Path* dengan *stream*. Kemudian klik *Next*



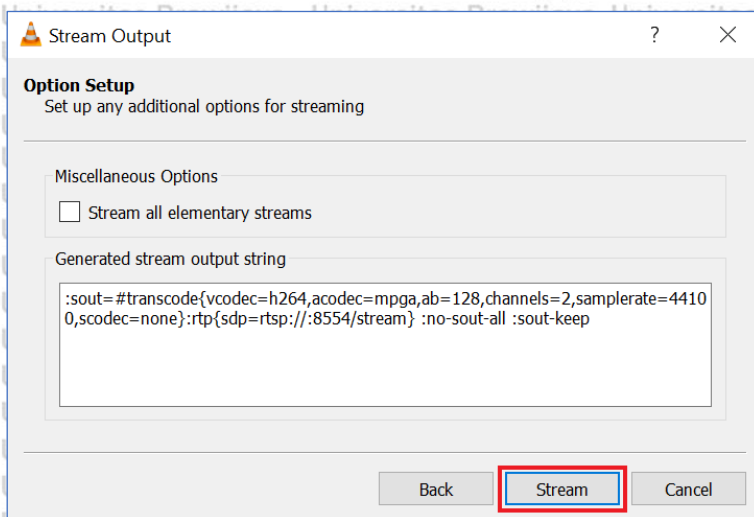
Gambar 4. 10 Pengaturan Port dan Path live streaming

6. Pada kotak dialog *Transcoding Options*, pastikan kotak *Activate Transcoding* sudah dicentang, dan klik *Next*.



Gambar 4. 11 Pengaturan transcoding

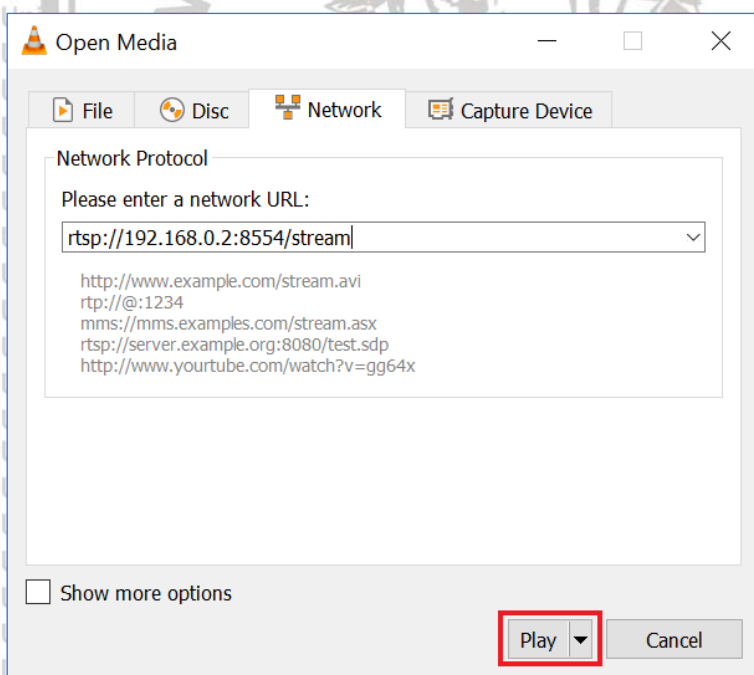
7. Setelah itu, klik *Stream* pada kotak dialog *Option Setup*.



Gambar 4. 12 Pengaturan akhir *live streaming*

c. Setelah melakukan konfigurasi *server live streaming*, dilanjutkan dengan mengatur konfigurasi pada sisi *user* sebagai berikut:

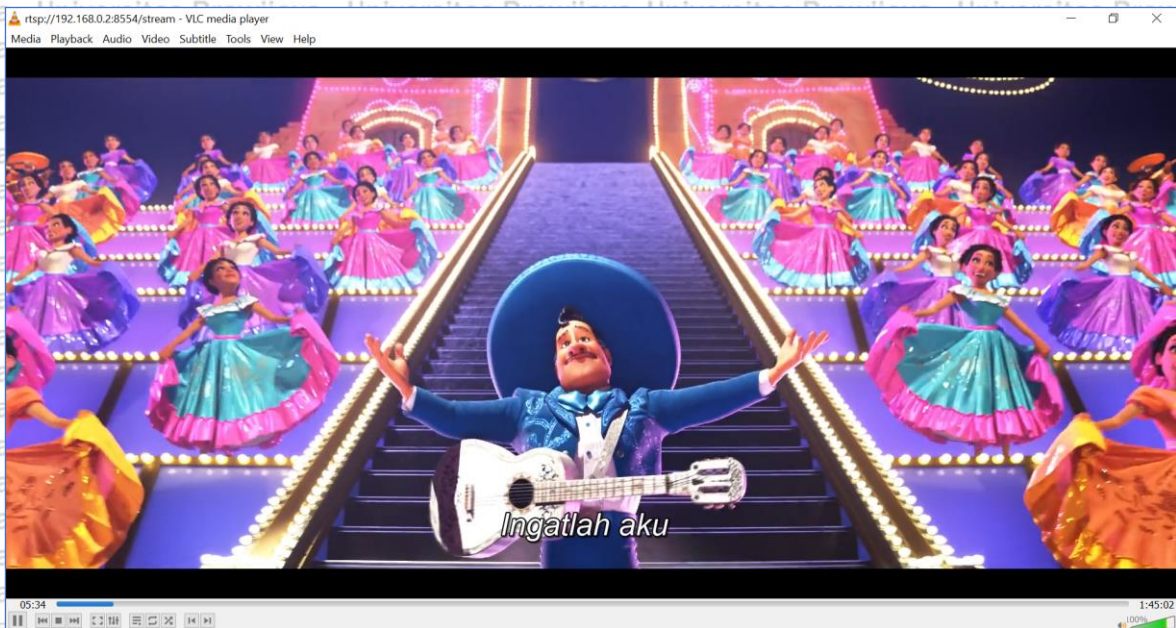
1. Membuka program *VLC Media Player*.
2. Menekan tombol *Ctrl+N* pada *keyboard*, isi kotak *Please enter a network URL* dengan *rtsp://192.168.0.2:8554/stream*, kemudian klik *Play*.



Gambar 4. 13 Kotak dialog *Open Media* di sisi *user*

3. Program *VLC* akan menampilkan *streaming video* dari *server*

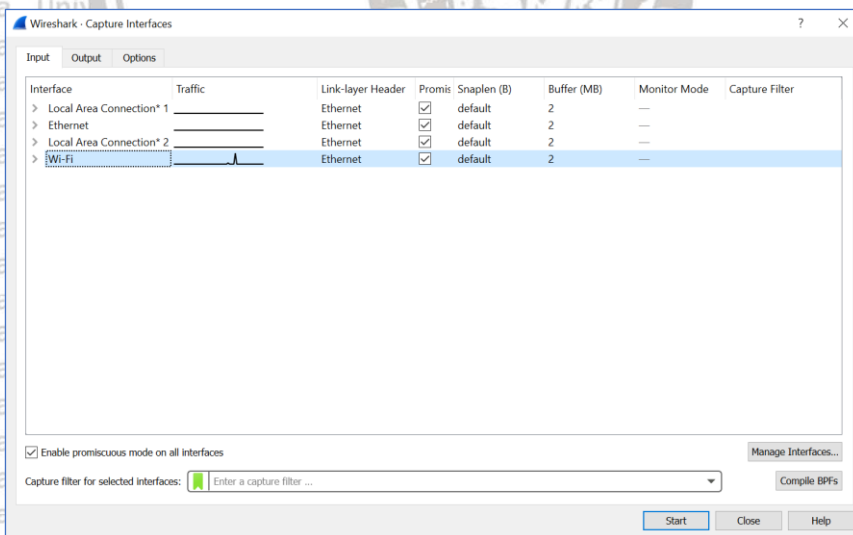




Gambar 4. 14 Tampilan live streaming di sisi user

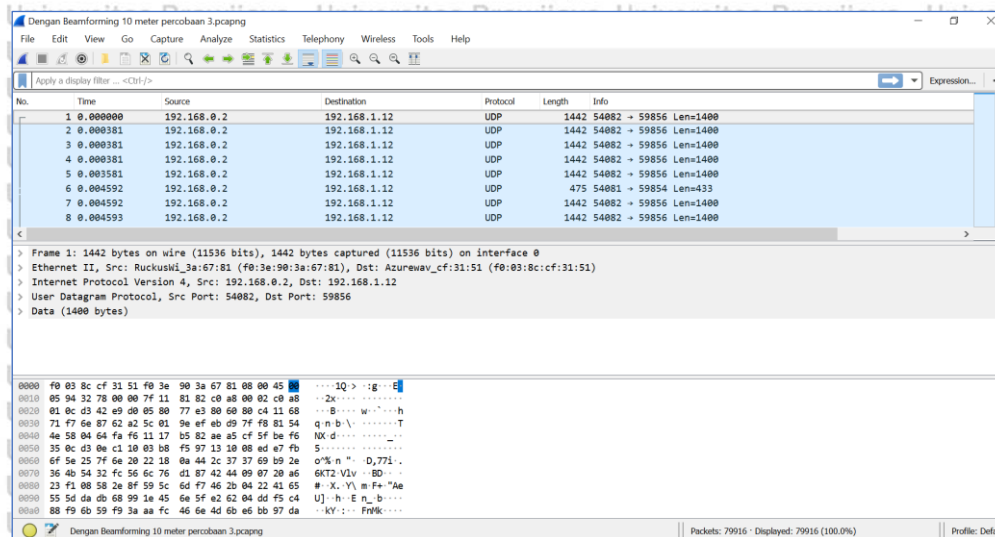
d. Melakukan konfigurasi pada Wireshark

1. Buka aplikasi Wireshark pada laptop user
2. Pada menu *Capture*, pilih *Option* lalu pilih *Wi-Fi* dari menu *Capture Interface*, kemudian ketik *UDP* pada kolom *Capture Filter*. Lalu *Start* sehingga proses *capturing* dimulai.



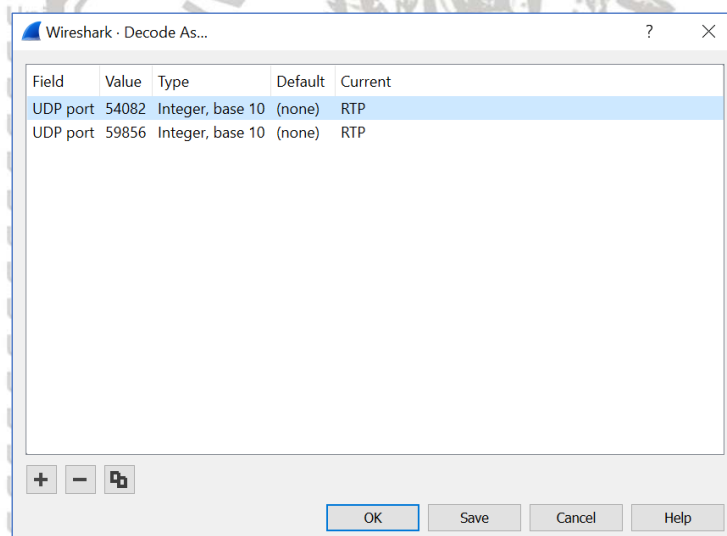
Gambar 4. 15 Kotak dialog *Capture Interface*

3. Setelah proses *capturing* selesai, maka dilakukan penyimpanan data dengan memilih menu *File* lalu pilih *Save as* dan simpan dengan *File Name* sesuai dengan keinginan.



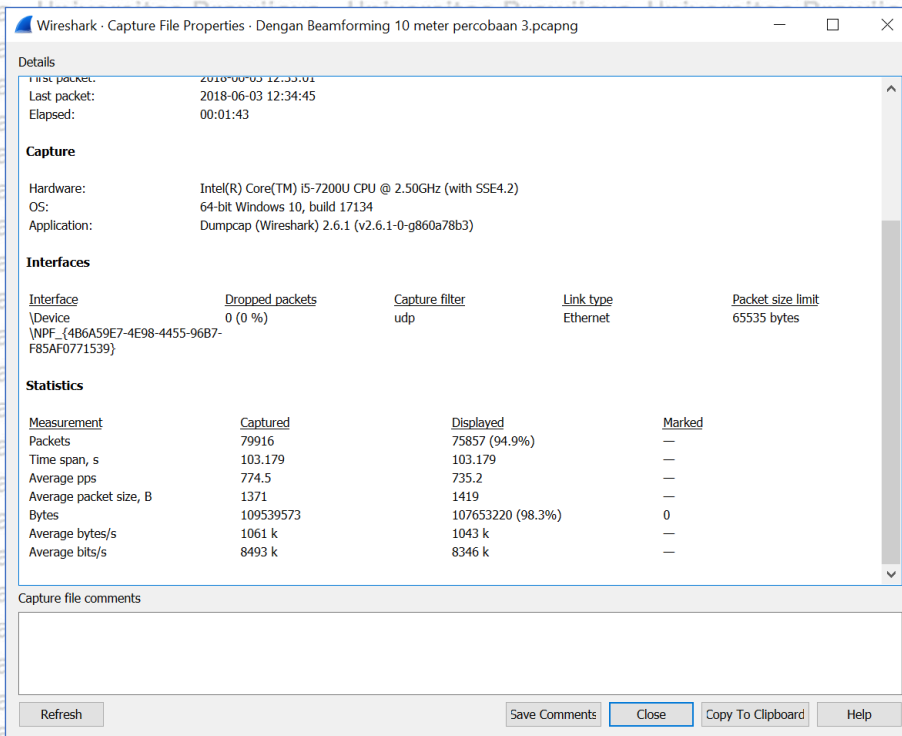
Gambar 4. 16 Tampilan wireshark setelah capturing selesai

4. Lalu pilih salah satu packet dengan length yang lebih panjang, kemudian pilih menu *Analyze* selanjutnya pilih *Decode as*, akan muncul jendela seperti Gambar 4. . Klik tanda Plus (+) pada kolom *Field* pilih *UDP port*, pada *Value* pilih port yang digunakan. Pada kolom *Current* pilih *RTP* lalu klik *save*, kemudian *OK*.



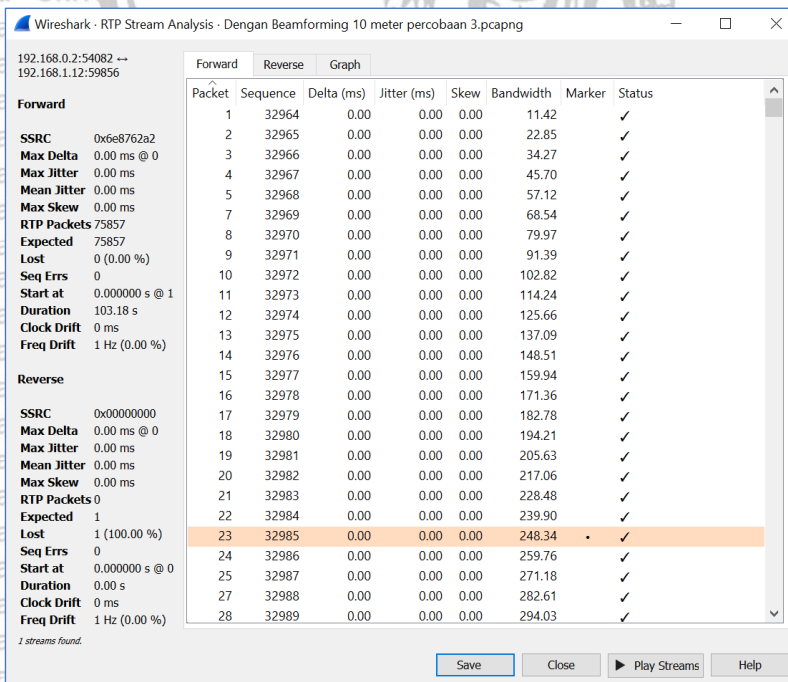
Gambar 4. 17 Kotak dialog Decode As

5. Untuk menampilkan parameter *throughput* maka pada kolom *Apply a display filter* ketik *RTP* lalu klik panah. Pilih menu *Statistics* kemudian pilih *Capture File Properties*. Lihat nilai *throughput* pada baris *Average bits/s* pada kolom *Displayed*.



Gambar 4. 18 Kotak dialog *Capture File Properties*

- Lalu untuk menampilkan parameter *Delay* dan *Packet Loss* pilih menu *Telephony*. Kemudian pilih RTP lalu *Stream Analysis* maka parameter *Packet Loss* akan terlihat pada baris *Lost*. Parameter *Delay* didapatkan dengan membagi nilai dari baris *Duration* dengan nilai yang ditunjukkan baris *RTP Packets*.



Gambar 4. 19 Tampilan *Stream Analysis*

#### 4.4 Hasil dan Pembahasan

Pada sub bab ini akan dibahas tentang analisis data yang didapat dari pengukuran dengan menggunakan *access point* dengan *beamforming* dan tanpa *beamforming*.

Pengambilan data dilakukan sesuai prosedur pada bab 3 dan diulang sebanyak 8 kali untuk mendapatkan data yang akurat. Analisis yang dilakukan meliputi *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 3 Juni 2018, bertempat di Lapangan Parkir Gedung C Teknik Elektro.

##### 4.4.1 Access Point Tanpa Beamforming

*Access point* yang digunakan pada percobaan ini yaitu TP-Link TLWA801ND, dimana memiliki standar spesifikasi berdasarkan IEEE 802.11n. *Access point* TP-Link TLWA801ND yang memiliki kecepatan transfer data teoritis sebesar 150 Mbps. User melakukan pergerakan rute setengah lingkaran pada radius yang tetap dengan variasi jarak 5 meter dan 10 meter dari *access point*. *Wireshark* akan menunjukkan nilai *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Kemudian hasil data tersebut dirata-rata agar hasil yang diperoleh bisa akurat seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 4 Nilai Rata-rata Parameter *Access Point* Tanpa *Beamforming*

Jarak (meter)	<i>Packet loss</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Throughput</i> (Kbps)
5	0,201	1,884	6620
10	0,225	1,890	6224

##### 4.4.2 Access Point Dengan Beamforming

*Access point* yang digunakan pada percobaan ini yaitu Ruckus Zoneflex R600, dimana memiliki teknologi *beamforming*. *Access point* Ruckus Zoneflex R600 yang memiliki kecepatan transfer data teoritis sebesar 150 Mbps. User melakukan pergerakan rute setengah lingkaran pada radius yang tetap dengan variasi jarak 5 meter dan 10 meter dari *access point*. *Wireshark* akan menunjukkan nilai *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Kemudian hasil data tersebut dirata-rata agar hasil yang diperoleh bisa akurat seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 5 Nilai Rata-rata Parameter *Access Point* Dengan *Beamforming*

Jarak (meter)	<i>Packet loss</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Throughput</i> (Kbps)
5	0,108	1,74	7237
10	0,110	1,74	7110

#### 4.4.3 Analisis Perbandingan *Packet loss* pada *Beamforming* dan Tanpa *Beamforming*

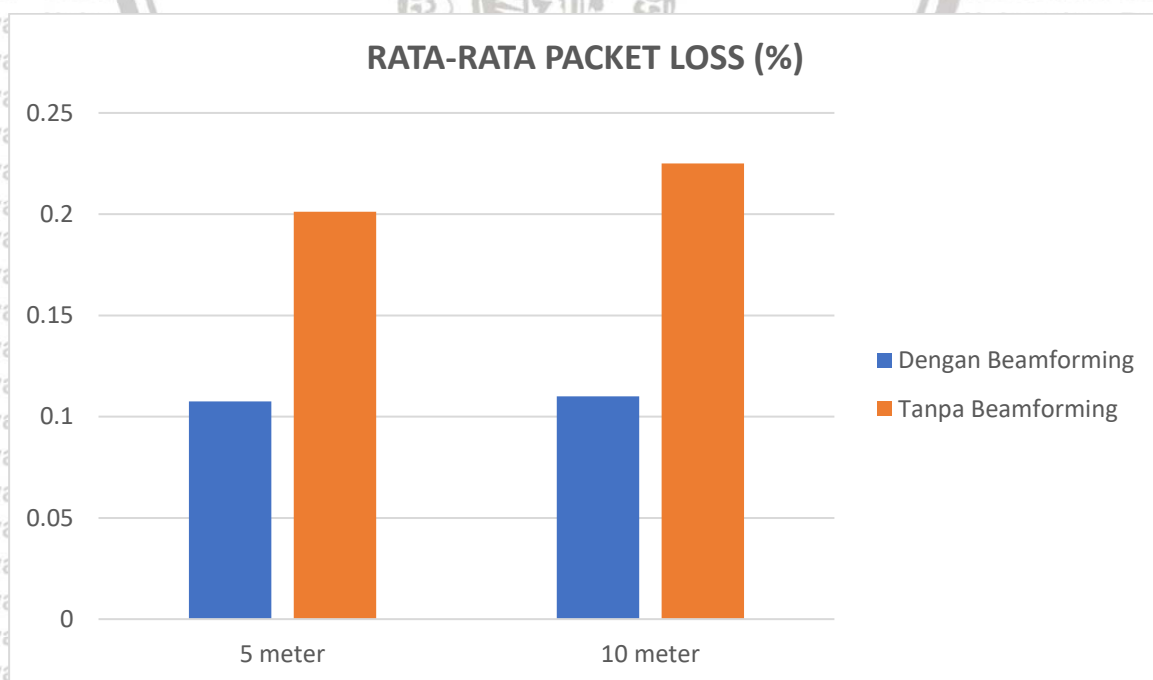
Tabel 4. 6 Nilai *Packet Loss Access Point* Tanpa *Beamforming*

Jarak	Nilai <i>Packet loss Access point</i> Tanpa <i>Beamforming</i> (%)								Rata-Rata (%)
	Percobaan ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	0,22	0,33	0,04	0,27	0,27	0,09	0,06	0,33	0,201
10	0	0	0	0,02	0	0,33	0,61	0,84	0,225

Tabel 4. 7 Nilai *Packet Loss Access Point* Dengan *Beamforming*

Jarak	Nilai <i>Packet loss Access point</i> Dengan <i>Beamforming</i> (%)								Rata-Rata (%)
	Percobaan ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	0	0,1	0,02	0,25	0,05	0,4	0,04	0	0,108
10	0	0	0	0,04	0,12	0,44	0,28	0	0,110

Data hasil pengukuran pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 akan dibandingkan dan dianalisis berdasarkan parameter *packet loss*. *Packet loss* merupakan jumlah paket data yang hilang pada saat proses transmisi. Perbandingan *packet loss* dilakukan antara *access point* Ruckus Zoneflex R600 dengan teknologi *beamforming* dan TP-Link TLWA801ND tanpa teknologi *beamforming*.



Gambar 4. 20 Grafik perbandingan rata-rata *packet loss*

Berdasarkan hasil pengukuran pada Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan nilai *packet loss* antara *access point* dengan *beamforming* dan tanpa *beamforming*.

Nilai *packet loss access point* tanpa *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,201% dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,225%. Sedangkan nilai *packet loss access point* dengan *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,108% dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,110%. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang sama dari user yang bergerak terhadap *access point* yang menggunakan teknologi *beamforming* menghasilkan nilai *packet loss* yang lebih rendah dibandingkan tanpa *beamforming*. Dapat disimpulkan bahwa, dengan penggunaan *beamforming* dapat meningkatkan performansi dari *access point* IEEE 802.11n sehingga mengurangi jumlah *packet loss*.

#### 4.4.4 Analisis Perbandingan Delay pada Beamforming dan Tanpa Beamforming

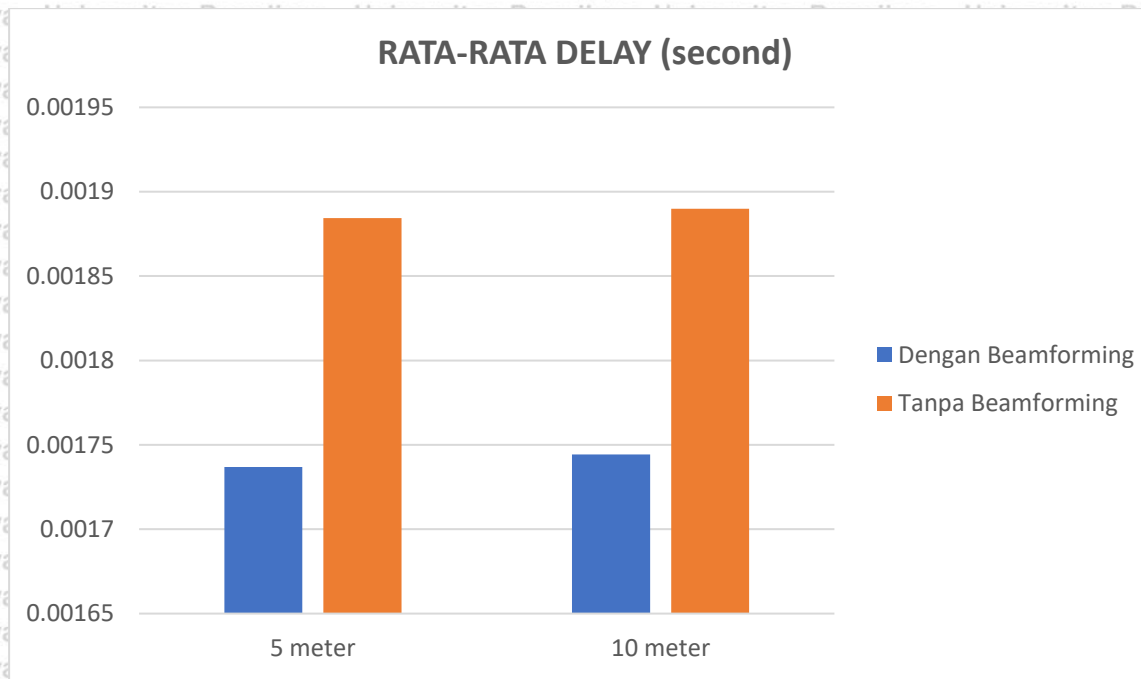
Tabel 4. 8 Nilai Delay Access Point Tanpa Beamforming

Jarak	Nilai Delay Access point Tanpa Beamforming (ms)								Rata-Rata (ms)
	Percobaan ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	2,30	2,45	2,43	2,07	1,77	1,08	1,36	1,61	1,88
10	2,14	1,96	2,05	1,51	1,84	1,88	1,96	1,78	1,89

Tabel 4. 9 Nilai Delay Access Point Dengan Beamforming

Jarak	Nilai Delay Access point Dengan Beamforming (ms)								Rata-Rata (ms)
	Percobaan ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	2,30	2,07	1,20	1,12	1,13	2,03	1,90	2,12	1,74
10	1,54	1,07	1,36	1,40	2,14	1,77	2,36	2,32	1,74

Data hasil pengukuran pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 akan dibandingkan dan dianalisis berdasarkan parameter *Delay*. *Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket dari sumber menuju tujuan dengan satuan milimetersecond (ms). Perbandingan *delay* dilakukan antara *access point* Ruckus Zoneflex R600 dengan teknologi *beamforming* dan TP-Link TLWA801ND tanpa teknologi *beamforming*.



Gambar 4. 21 Grafik perbandingan rata-rata delay

Berdasarkan Gambar 4.21 dapat dilihat perbandingan nilai *Delay* pada *access point* dengan *beamforming* dibandingkan *access point* tanpa *beamforming*.

Nilai *delay access point* tanpa *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,88 ms dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,89 ms. Sedangkan nilai *packet loss access point* dengan *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,74 ms dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,74 ms. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang sama dari user yang bergerak terhadap *access point* yang menggunakan teknologi *beamforming* menghasilkan nilai *Delay* yang lebih rendah dibandingkan tanpa *beamforming*. Dapat disimpulkan bahwa, dengan penggunaan *beamforming* dapat meningkatkan performansi dari *access point IEEE 802.11n*

#### 4.4.5 Analisis Perbandingan Throughput pada Beamforming dan Tanpa Beamforming

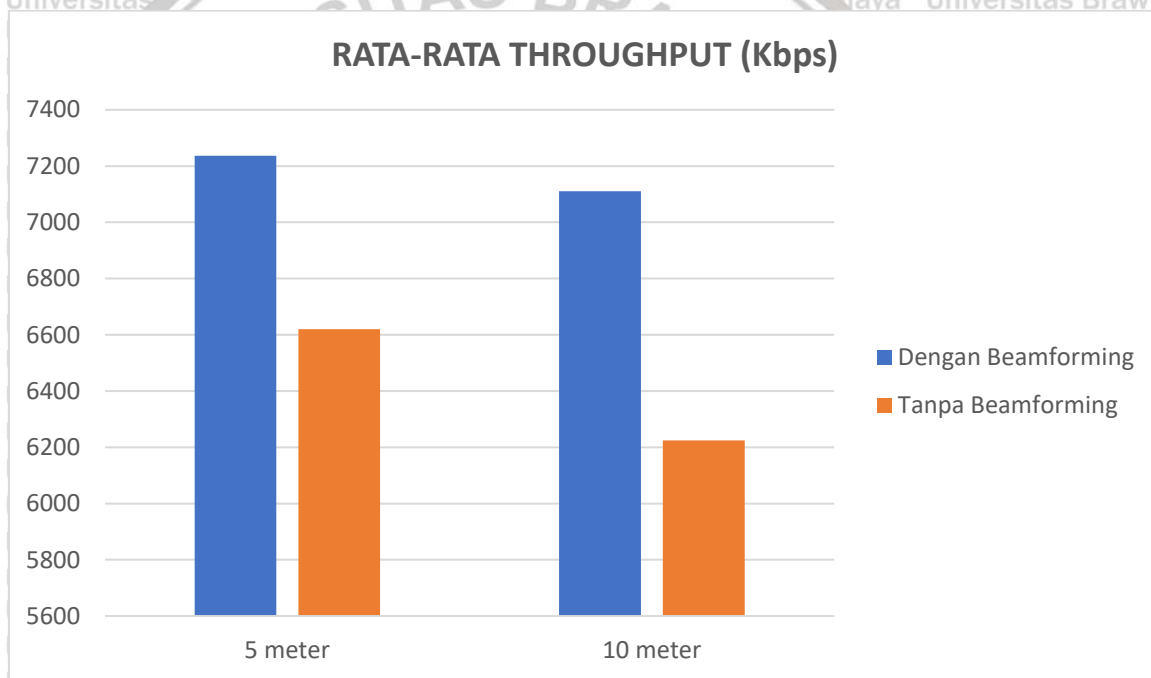
Tabel 4. 10 Nilai Throughput Access Point Tanpa Beamforming

Jarak	Nilai Throughput Access point Tanpa Beamforming (Kbps)								Rata-Rata (Kbps)
	Percobaan ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	5024	4720	4752	5552	6528	10744	8472	7168	6620
10	5520	5944	5760	7656	6384	6144	5904	6480	6224

Tabel 4. 11 Nilai *Throughput Access Point* Dengan *Beamforming*

Jarak	Nilai <i>Throughput Access point</i> Dengan <i>Beamforming</i> (Kbps)								Rata- Rata (Kbps)
	Percobaan ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	4960	5576	9624	10280	10208	5704	6080	5464	7237
10	7520	10816	8488	8240	5408	6544	4888	4976	7110

Data hasil pengukuran pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 akan dibandingkan dan dianalisis berdasarkan parameter *throughput*. *Throughput* merupakan kecepatan transfer data secara nyata dengan satuan *bit per second* (bps). Perbandingan *throughput* dilakukan antara *access point* Ruckus Zoneflex R600 dengan teknologi *beamforming* dan TP-Link TLWA801ND tanpa teknologi *beamforming*.

Gambar 4. 22 Grafik perbandingan rata-rata *throughput*

Berdasarkan Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa nilai *throughput* pada *access point* dengan *beamforming* lebih baik dibandingkan *access point* tanpa *beamforming*.

Nilai *throughput access point* tanpa *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 6620 kbps dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 6224 kbps. Sedangkan nilai *throughput access point* dengan *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 7237 kbps dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 7110 kbps. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang



sama dari user yang bergerak terhadap *access point* yang menggunakan teknologi *beamforming* menghasilkan nilai *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan tanpa *beamforming*. Dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan *beamforming* dapat meningkatkan performansi dari *access point* IEEE 802.11n dengan meningkatkan kekuatan sinyal pada user yang dituju sehingga meningkatkan nilai *throughput*.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai *packet loss access point* tanpa *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,201% dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,225%. Sedangkan nilai *packet loss access point* dengan *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,108% dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 0,110%. Maka penggunaan *beamforming* dapat memfokuskan sinyal ke arah user yang bergerak sehingga dapat menghindari terjadinya paket-paket data yang hilang saat pentransmisian.
2. Nilai *delay access point* tanpa *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,88 ms dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,89 ms. Sedangkan nilai *delay access point* dengan *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,74 ms dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 1,74 ms. Maka penggunaan *beamforming* dapat menghasilkan nilai *delay* yang lebih rendah.
3. Nilai *throughput access point* tanpa *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 6620 kbps dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 6224 kbps. Sedangkan nilai *throughput access point* dengan *beamforming* dengan user yang bergerak pada jarak 5 meter didapatkan rata-rata sebesar 7237 kbps dan jarak 10 meter didapatkan rata-rata sebesar 7110 kbps. Maka penggunaan *beamforming* dapat meningkatkan kekuatan sinyal pada user yang bergerak.

## 5.2 Saran

Beberapa saran dari penulis yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah user yang terhubung dengan *access point*. Hal ini bertujuan untuk menambah beban *access point*
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan *access point* IEEE 802.11ac dengan frekuensi 5 Ghz.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan penambahan variasi sudut pergerakan user terhadap *access point* sebesar (30°, 45°, 60°, dan 90°)



## DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, T. (2009). Implementasi Wireless Local Area Network dalam RT/RW Net. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume XIV*, 152-157.
- Dwiki, A. (2015). *Analisis Unjuk Kerja Jaringan WLAN : Studi Kasus RSUP Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- European Telecommunication Standards Institute. (1998). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*. France: Shopia Antipolis Cedex.
- Gast, M. S. (2015). *802.11ac: A Survival Guide*. Sebastopol CA: O'Reilly Media, Inc.
- Gede Sukadarmika, N. I. (2010). Analisis Coverage WLAN (Wireless Local Area Network) 802.11a. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 143-151.
- Hartono, R., & Purnomo, A. (2011). *Wireless Network 802.11*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Julio, Z. (2016). *Pengaruh Jumlah Elemen Array Terhadap Speed Of Convergence Adaptive Beamforming Pada Smart Antenna*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Mahendra, W. (2008). *Simulasi Sistem MIMO-STBC dengan Smart Antenna*. Depok: Universitas Indonesia.
- Rawding, M. (2015). *802.11ac Beamforming: A New Direction for Wi-Fi*. New York: Suny Polytechnic Institute.
- Sabir, A. M., Al-Hassan, M. O., & Mohammed, M. A. (2015). *Enhancing 802.11n Physical Layer Using Beamforming*. Khartoum State: Sudan University of Science and Technology.
- Sandi, M. (2013). *Lebih Dekat Mengenal Wi-Fi*. Dipetik Februari 18, 2018, dari Academia.edu: [http://www.academia.edu/3518670/Mengenal\\_Wi-Fi\\_Lebih\\_Dekat](http://www.academia.edu/3518670/Mengenal_Wi-Fi_Lebih_Dekat)
- Shetty, K. K. (2004). *A Novel Algorithm for Uplink Interference*. Florida: Florida State University Libraries.
- Singh, J. (2009). *Quality of Service in Wireless LAN Using Opnet Modeler*. Patiala: Computer Science and Engineering Department.





LAMPIRAN



# LAMPIRAN 1

## Datasheet

## A. Access Point Ruckus ZoneFlex R600

## ZoneFlex R600

Dual-Band 802.11ac 3X3:3 Smart Wi-Fi Access Points



## DATA SHEET



### 802.11AC HIGH PERFORMANCE MID-RANGE 3X3:3 SMART WI-FI ACCESS POINTS WITH ADAPTIVE ANTENNA TECHNOLOGY

The Ruckus ZoneFlex R600 delivers high-performance and reliable 802.11ac wireless networking at a competitive price point for medium density venues such as in K-12 or Higher ED.

The ZoneFlex R600 combines patented adaptive antenna technology and automatic interference mitigation to deliver consistent, predictable performance at extended ranges with up to an additional 6dB of BeamFlex gain on top of the physical antenna gain and up to 15dB of interference mitigation.

The R600 is ideal for wireless networks servicing mobile devices with dual-polarized antennas that adapt in real time to maximize performance for the mobile enterprise.

Performance is further enhanced as the ZoneFlex R600 integrates Ruckus' patented BeamFlex, a software-controlled, high gain adaptive antenna technology. The ZoneFlex R600 automatically selects channels for highest throughput potential using Ruckus ChannelFly dynamic channel management, adapting to environmental changes.

A sleek and low-profile design, the ZoneFlex R600 was purpose-built for small-medium enterprises requiring reliable high speed client connectivity. It is ideal for a variety of medium density enterprise and hotspot environments including SMB's such as independent hotels, local retailers and non-franchise restaurants.

## BENEFITS

### EXTENDED RANGE REQUIRES FEWER APs

Adaptive antenna technology delivers up to 2x increase in Wi-Fi signal coverage minimizing the number of APs required to service any area

### SLEEK, LOW PROFILE ENCLOSURE FOR EASE-OF-DEPLOYMENT

Aesthetically-pleasing design and a range of mounting options

### CHANNEL SELECTION OPTIMIZES THROUGHPUT

ChannelFly dynamic channel management, based on throughput measurements, not just interference, chooses the best channel to give users the highest possible throughput

### SUPER SIMPLE CONFIGURATION AND MANAGEMENT

The industry's simplest configuration and management through a Web-based wizard

### FLEXIBLE DEPLOYMENT OPTIONS

Standalone or controller-based migration

### ADAPTIVE POLARIZATION DIVERSITY (PD-MRC)

Dual-polarized antennas that are dynamically selected provide better reception for hard to hear clients and more consistent performance as clients constantly change orientation

### HASSLE FREE MIGRATION TO HIGHER SPEED WI-FI

Support for standard 802.3af power over Ethernet allows enterprises to use existing PoE switches without costly upgrades

© 2017 RUCKUS WIRELESS, INC. COMPANY PROPRIETARY INFORMATION

# ZoneFlex R600

Dual-Band 802.11ac 3X3:3 Smart Wi-Fi Access Points

## DATA SHEET

### PATENTED BEAMFLEX™ TECHNOLOGY EXTENDS SIGNAL RANGE, IMPROVES STABILITY OF CLIENT CONNECTIONS

All ZoneFlex R600 Wi-Fi access points integrate a software-controlled smart antenna with PD-MRC (polarization diversity) that delivers up to an additional 6dB of BeamFlex gain and 15dB of interference mitigation. This is especially beneficial to enhance the performance of mobile devices which are constantly in motion and changing orientation.

### ADVANCED WLAN APPLICATIONS

Each ZoneFlex R600 supports a wide range of value-added applications such as guest networking, Dynamic PSK, hotspot authentication, wireless intrusion detection and many more. In a controller-less configuration, the ZoneFlex R600 works with a wide range of authentication servers including Microsoft's Active Directory, and AAA/RADIUS.

### FLEXIBLE DEPLOYMENT OPTIONS

Ruckus is custom-designed to help small business owners grow their business, deliver an excellent customer experience and manage costs while supporting Wi-Fi and a variety of mobile devices with minimal IT staff.

### COMPLETE LOCAL AND REMOTE MANAGEMENT

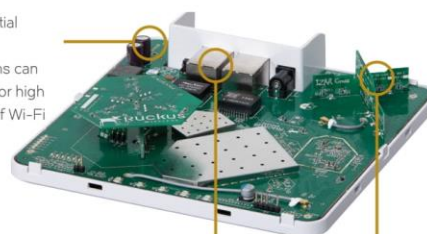
Each ZoneFlex R600 can be managed as a standalone AP through a Web-based GUI, using SNMP or through the Ruckus SCI or FlexMaster. Local management can also be performed using Ruckus' Smart WLAN controllers. FlexMaster is a LINUX-based software platform that uses industry standard protocols to perform bulk configuration, fault detection, monitoring and a wide range of trouble-shooting capabilities over a wire area connection. The controllers enable local management and control of APs, adding value-added services such as transmit power control and guest networking.



### FEATURES

- Dual-band concurrent (2.4GHz/5GHz)
- Adaptive antenna technology and advanced RF management
- Up to an additional 6dB BeamFlex gain / 15dB interference mitigation / 3dBi physical antenna gain
- Automatic interference mitigation, optimized for high-density environments
- Integrated smart antenna technology
- Standard 802.3af Power over Ethernet (PoE)
- DHCP services
- IP multicast video streaming support
- Advanced QoS packet classification and automatic priority for latency-sensitive traffic
- Dynamic, per user rate-limiting for hotspot WLANs
- WPA-PSK (AES), 802.1X support for RADIUS and Active Directory
- BYOD, Zero-IT and Dynamic PSK
- Admission control/load balancing
- Band steering and airtime fairness support
- Rich and customizable guest access services
- Application recognition and control
- Bonjour gateway
- SecureHotspot
- Band balancing
- SmartMesh
- SPoT location services

Many potential antenna combinations can be chosen for high availability of Wi-Fi



Two 10/100/1000 Mbps ports: one with PoE

High-gain directional antenna elements not only delivers signal gain but also interference mitigation for range extension, reliability and high data rates

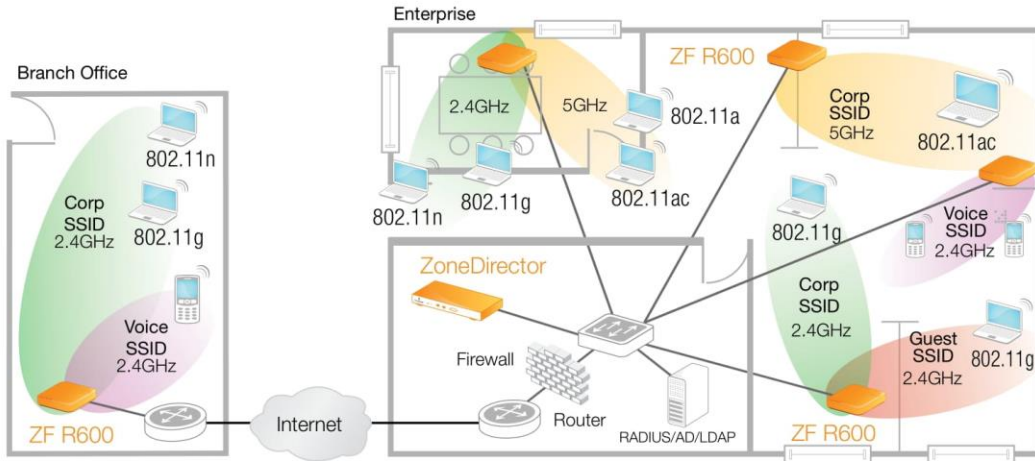


# ZoneFlex R600

Dual-Band 802.11ac 3X3:3 Smart Wi-Fi Access Points

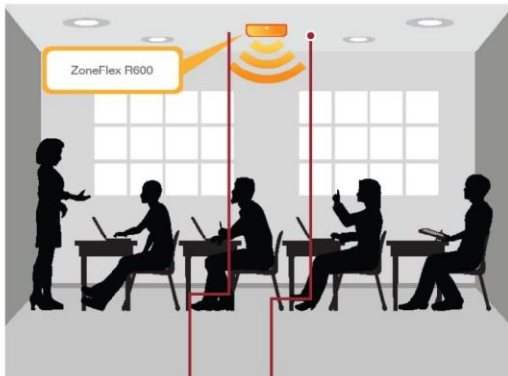
## DATA SHEET

The ZoneFlex R600 integrates with your existing network infrastructure, delivering best-in-class 802.11ac performance and reliability at a competitive price -- making it the ideal wireless solution for mid-range enterprise and branch office applications.



### DEPLOYMENTS FOR CLASSROOMS AND LIBRARIES

The ZoneFlex R600 is ideal for deployment in education common areas providing high quality wireless access in high density locations

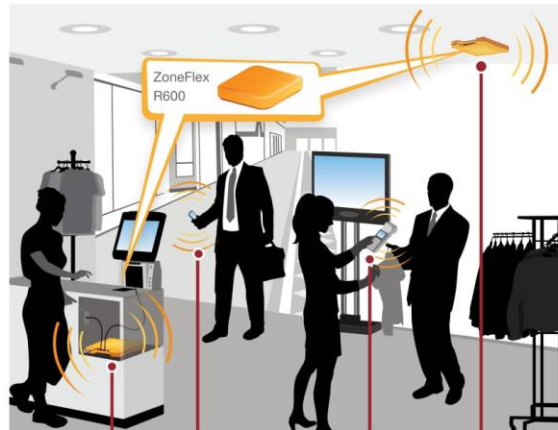


Dual-band (2.4/5GHz) support allows for concurrent Internet and IP-based video services

Sleek, elegant design easily concealed

### DEPLOYMENT FOR RETAIL/BRANCH OFFICES

The ZoneFlex R600 is ideal for deployment in retail stores to provide inconspicuous wireless connection to high quality video, wireless IP phones and data access for handheld PoS barcode scanners



Wired ports to connect devices such as cash registers, printers, etc.

Multiple SSIDs for differentiated user services (e.g. guest Wi-Fi, point of sale, voice)

Reliable Wi-Fi connectivity for point of sale devices

5GHz band and smart antenna system ideal for 802.11ac clients

# ZoneFlex R600

## Dual-Band 802.11ac 3X3:3 Smart Wi-Fi Access Points

### DATA SHEET

PHYSICAL CHARACTERISTICS	
Power	<ul style="list-style-type: none"> <li>DC Input: 12 VDC 10A</li> <li>Power over Ethernet 802.3 af</li> </ul>
Physical Size	<ul style="list-style-type: none"> <li>15.8 cm x 15.8 cm x 4 cm (6.2 in x 6.2 in x 1.57 in)</li> </ul>
Weight	<ul style="list-style-type: none"> <li>364 g (0.8 lb)</li> </ul>
Data Ports	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 auto MDX, auto-sensing 10/100/1000 Mbps, RJ-45, POE port (on one port)</li> </ul>
Lock Options	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidden latching mechanism</li> <li>Kensington Lock Hole</li> <li>T-bar Torx</li> <li>Bracket (902-0108-0000) Torx screw &amp; padlock (sold separately)</li> </ul>
Environmental Conditions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operating Temperature: 0°C - 40°C</li> <li>Operating Humidity: 10% - 95% non-condensing</li> </ul>
Power Draw	<ul style="list-style-type: none"> <li>Idle: 4W</li> <li>Typical: 6.2W</li> <li>Peak: 11.2W</li> </ul>

PERFORMANCE AND CAPACITY	
Concurrent Stations	<ul style="list-style-type: none"> <li>Up to 512 clients per AP</li> </ul>
Simultaneous Voip Clients	<ul style="list-style-type: none"> <li>Up to 30 clients per AP</li> </ul>

RF	
ANTENNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptive antenna that provides up to 512 unique antenna patterns per radio</li> <li>Full omnidirectional polarization diversity</li> </ul>
PHYSICAL ANTENNA GAIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Up to 3dBi</li> </ul>
BEAMFLEX* SINR TX GAIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Up to 6dB</li> </ul>
BEAMFLEX* SINR RX GAIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>3-5dB (PD-MRC)</li> </ul>
INTERFERENCE MITIGATION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Up to 15dB</li> </ul>
MINIMUM RX SENSITIVITY	<ul style="list-style-type: none"> <li>Up to -10dBm</li> </ul>

\* BeamFlex gains are statistical system level effects translated to enhanced SINR based on observations over time in real-world conditions with multiple APs and many clients

WI-FI	
Standards	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11a/b/g/n/ac</li> <li>2.4GHz and 5GHz</li> </ul>
Supported Data Rates	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11n/ac: 6.5Mbps - 260Mbps (20MHz)</li> <li>13.5Mbps - 600Mbps (40MHz)</li> <li>29.3Mbps - 1300Mbps (80MHz)</li> <li>802.11a: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6Mbps</li> <li>802.11b: 11, 5.5, 2 and 1 Mbps</li> <li>802.11g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6Mbps</li> </ul>
Radio Chains	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 x 3</li> </ul>
Spatial Streams	<ul style="list-style-type: none"> <li>3</li> </ul>
RF POWER OUTPUT (Aggregate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>28 dBm for 2.4GHz*</li> <li>27 dBm for 5GHz*</li> </ul>
Channelization	<ul style="list-style-type: none"> <li>20MHz, 40MHz, 80MHz</li> </ul>
Operating Channels	<ul style="list-style-type: none"> <li>US/Canada: 1-11, Europe (ETSI X30): 1-13, Japan X41: 1-13</li> <li>5 GHz channels: Country dependent</li> </ul>
Frequency Band	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11 b/g/n: 2.4 - 2.484GHz</li> <li>IEEE 802.11a/ac: 5.15 - 5.25GHz; 5.25 - 5.35GHz; 5.47 - 5.725 GHz; 5.725 - 5.85GHz</li> </ul>
Power Save	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supported</li> </ul>
Wireless Security	<ul style="list-style-type: none"> <li>WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i</li> <li>Authentication via 802.1X with the ZoneDirector, local authentication database, support of RADIUS, and ActiveDirectory</li> </ul>
Certifications**	<ul style="list-style-type: none"> <li>US, Europe, Argentina, Australia, Brazil, Canada, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Egypt, Hong Kong, India, Indonesia, Israel, Japan, Korea, Malaysia, Mauritius, Mexico, New Zealand, Pakistan, Peru, Philippines, Russia, Saudi Arabia, Singapore, South Africa, Taiwan, Thailand &amp; UAE.</li> <li>WEEE/RoHS compliance</li> <li>EN-60601-1-2 (Medical)</li> <li>Wi-Fi Alliance</li> <li>EN50121-1 Railway EMC</li> <li>EN50121-4 Railway Immunity</li> <li>IEC 61373 Railway Shock &amp; Vibration</li> <li>UL 2043 plenum rated</li> <li>5GHz UNII-1 (2014)</li> </ul>

\* Maximum power varies by country  
 \*\* For current certification status please see price list

MANAGEMENT	
Deployment Options	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standalone (individually managed)</li> <li>Managed by ZoneDirector (9.8.1 &amp; Above)</li> <li>Managed by SmartZone (3.0 &amp; above)</li> <li>Managed by FlexMaster</li> <li>Managed by SmartCell™ Gateway 200 (2.5 &amp; above)</li> </ul>
Configuration	<ul style="list-style-type: none"> <li>Web User Interface (HTTP/S)</li> <li>CLI (Telnet/SSH), SNMP v1, 2, 3</li> <li>TR-069 vis FlexMaster</li> </ul>
Auto Ap Software Updates	<ul style="list-style-type: none"> <li>FTP or TFTP, remote auto available</li> </ul>

### PRODUCT ORDERING INFORMATION

MODEL	DESCRIPTION
ZoneFlex R600 Smart Wi-Fi 802.11ac Access Point	
901-R600-XX00	Concurrent dual band 802.11ac Access Point, no power adapter
Optional Accessories	
902-0108-0000	Spare, Accessory Mounting Bracket
902-0173-XXYY	Power Adapter, AC/DC wall plug, 100-240Vac 50/60Hz
902-0162-XXYY	PoE injector (sold in quantities of 10 or 100)

PLEASE NOTE: When ordering ZoneFlex Indoor APs, you must specify the destination region by indicating -US, -WW, or -Z2 instead of XX. When ordering PoE injectors or power supplies, you must specify the destination region by indicating -US, -EU, -AU, -BR, -CN, -IN, -JP, -KR, -SA, -UK, or -UN instead of -XX.

For access points, -Z2 applies to the following countries: Algeria, Egypt, Israel, Morocco, Tunisia, and Vietnam

Warranty: Sold with a limited lifetime warranty.  
 For details see: <http://support.ruckuswireless.com/warranty>

Copyright © 2017, Ruckus Wireless, Inc. All rights reserved. Ruckus Wireless and Ruckus Wireless design are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. Ruckus Wireless, the Ruckus Wireless logo, BeamFlex, ZoneFlex, MediaFlex, FlexMaster, ZoneDirector, SpeedFlex, SmartCast, SmartCell, ChannelFly and Dynamic PSK are trademarks of Ruckus Wireless, Inc. in the United States and other countries. All other trademarks mentioned in this document or website are the property of their respective owners. 17-01-A



Ruckus Wireless, Inc. | 350 West Java Drive | Sunnyvale, CA 94089 USA | T: (650) 265-4200 | F: (408) 738-2065  
 ruckuswireless.com



## feature sheet

### FEATURES

- Multiple directional high-gain elements
- Real time optimization system
- Thousands of antenna patterns that are optimized via patented software to ensure the best path to the client
- Compatible with 802.11a/b/g/n networks and clients
- Continuous learning based on inputs from network layers 0 through 7
- On-the-fly antenna reconfiguration and transmission policy management per packet, per flow, per receiving device
- Up to 6 dBi signal gain and 15 dB interference mitigation

### BENEFITS

- Fewer APs deliver a higher capacity coverage over a greater area delivering more reliable client connectivity
- Self-healing, self-optimizing antenna system proven in more than 3.5 million installations
- Mitigates interference in a high density client and AP environment
- Extends Wi-Fi range and coverage by focusing Wi-Fi signals toward client
- Maximizes AP and client performance
- Eliminates dead spots
- Better reception and transmission for handheld clients that are hard to hear and constantly move orientation

## BeamFlex<sup>®</sup>

### SMART ANTENNA SYSTEM

The industry's only smart antenna system that delivers stable connectivity and higher performance

BeamFlex is a combination of multiple high-gain polarized antenna elements and patented software algorithms that are combined in real time to offer an exponential increase in performance. With up to 21 high-gain, directional antenna elements, a BeamFlex smart antenna offers over 4,200 unique antenna patterns to optimize the reception of a given client.

Ruckus' adaptive antenna technology also includes adaptive polarization diversity further increasing signal gain. Translating into better reception and transmission, polarization diversity is particularly advantageous for handheld devices that are hard to hear and constantly change direction.

Completely standards based, the BeamFlex smart antenna system works with any off-the-shelf 802.11a/b/g/n chipset and is integrated into every Ruckus Smart Wi-Fi access point.

#### How it works

Unlike omnidirectional antennas that radiate signals in all directions, BeamFlex directs transmit energy towards the best path to the receiving device. And unlike fixed-positioned directional antennas, BeamFlex dynamically configures and re-configures its antenna pattern to achieve focused coverage with directional performance within a given environment thus increasing signal gain.

The BeamFlex smart antenna is controlled by an optimization engine that automatically reconfigures the antenna patterns on a packet by packet basis, selecting the best performing and highest quality signal path and optimum data rate for each receiving device.

BeamFlex takes advantage of 802.11's built-in acknowledgment mechanisms using 802.11 acknowledgements to continually ascertain the quality and performance of a physical RF link.



Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

Universitas Brawijaya

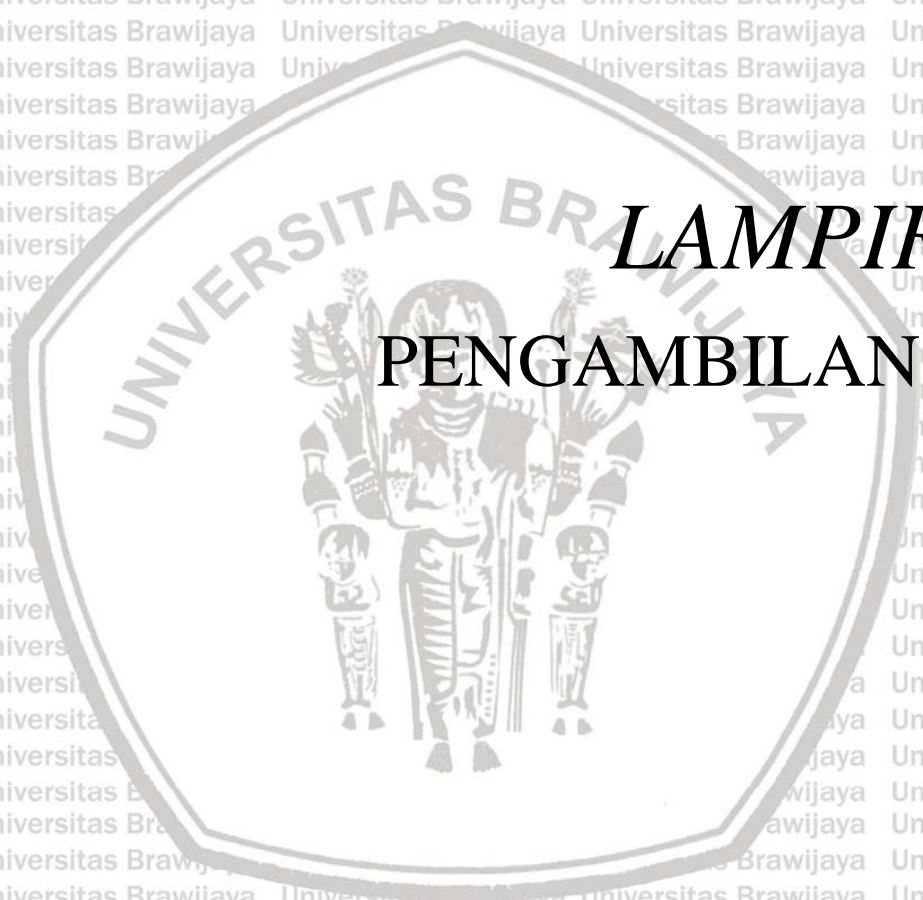
Universitas Brawijaya



## B. Access Point TL-WA801ND



Specifications	
Model	TL-WA801ND
Standards	IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Channels	11n: Up to 300Mbps(20 & 40 MHz/dynamic) 11g: Up to 54Mbps(dynamic) 11b: Up to 11Mbps(dynamic)
Ports/Buttons	Power On/Off Button WPS Button Reset Button One 10/100M Ethernet Port (RJ45) Support Passive PoE
Wireless Modes	AP Mode Multi-SSID Mode Client Mode Repeater Mode (WDS/Universal) Bridge with AP Mode
Transmit Power	CE: <15dBm; FCC: <20dBm
Wireless Security	64/128/152-bit WEP, WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK
Environmental	
Dimensions	7.1× 4.9× 1.4 in.
(W x H x D)	(181× 125× 36 mm)
Power	External, 9V DC / 0.6A
Certification	CE, FCC, RoHS
Operating Temp.	0°C~40°C (32°F~104°F)
Storage Temp.	-40°C~70°C (-40°F~158°F)
Operating Humidity	10% to 90% Non-Condensing
Storage Humidity	5% to 90% Non-Condensing



# LAMPIRAN 2

## PENGAMBILAN DATA

## A. Tabel Data Pengujian Access Point Dengan Beamforming (Ruckus ZoneFlex R600)

Jarak	Percobaan Ke-	Packet Loss	Delay	Throughput
5	1	0	0.002330241	4960
	2	0.1	0.002071899	5576
	3	0.02	0.001200728	9624
	4	0.25	0.001119124	10280
	5	0.05	0.001131568	10208
	6	0.4	0.00202687	5704
	7	0.04	0.001899412	6080
	8	0	0.002114591	5464
	Rata-rata	0.1075	0.001736804	7237

Jarak	Percobaan Ke-	Packet Loss	Delay	Throughput
10	1	0	0.00153616	7520
	2	0	0.001067683	10816
	3	0	0.001360191	8488
	4	0.04	0.001401906	8240
	5	0.12	0.002136648	5408
	6	0.44	0.001766108	6544
	7	0.28	0.002363966	4888
	8	0	0.002322118	4976
	Rata-rata	0.11	0.001744348	7110

B. Tabel Data Pengujian *Access Point* Tanpa *Beamforming* (TL-WA801ND)

Jarak	Percobaan Ke-	Packet Loss	Delay	Throughput
5	1	0.22	0.00230201	5024
	2	0.33	0.002448144	4720
	3	0.04	0.002432256	4752
	4	0.27	0.002071862	5552
	5	0.27	0.001770455	6528
	6	0.09	0.001075006	10744
	7	0.06	0.001363951	8472
	8	0.33	0.001611088	7168
	Rata-rata	0.201	0.001884347	6620

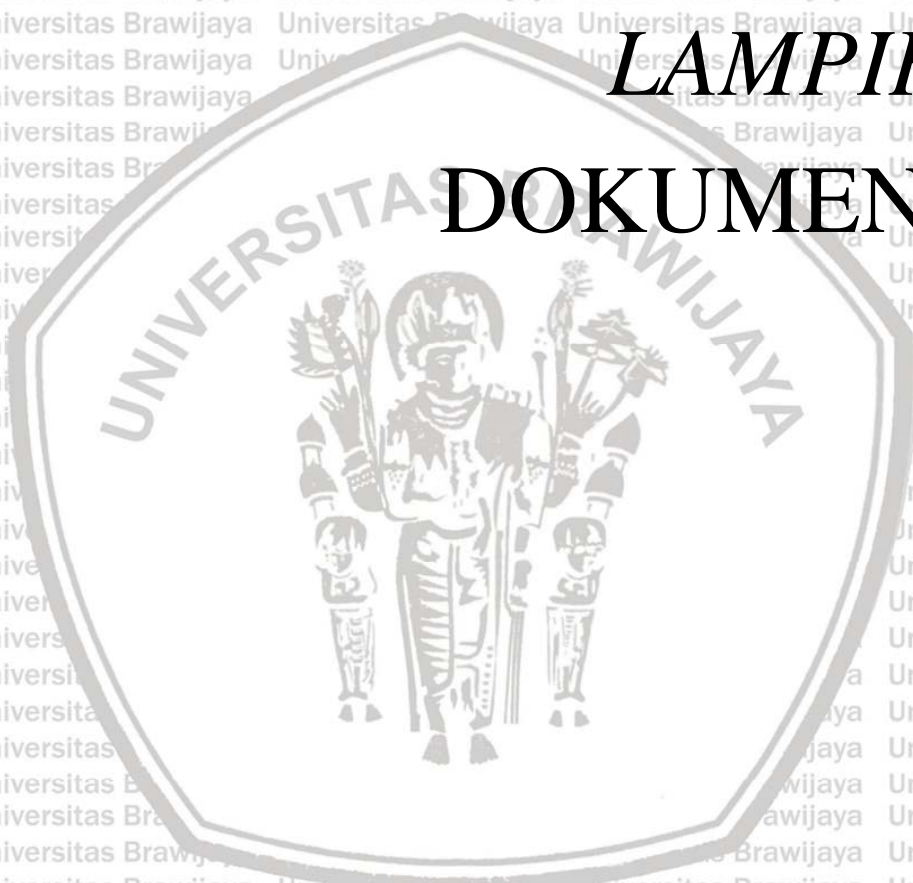
Jarak	Percobaan Ke-	Packet Loss	Delay	Throughput
10	1	0	0.002142531	5520
	2	0	0.001960367	5944
	3	0	0.002046877	5760
	4	0.02	0.001509141	7656
	5	0	0.001842863	6384
	6	0.33	0.00188204	6144
	7	0.61	0.001957042	5904
	8	0.84	0.001777904	6480
	Rata-rata	0.225	0.001889846	6224





# LAMPIRAN 3

# DOKUMENTASI



A. Pengambilan Data dengan Jarak 5 meter



B. Pengambilan Data dengan Jarak 10 meter



### C. Konfigurasi Access Point

