

PERANCANGAN DAN ANALISIS *EXTERNAL WIRELESS ROAMING* PADA JARINGAN *HOTSPOT* MENGGUNAKAN DUA JARINGAN *MOBILE* *BROADBAND*

Fra Arsandy Kusuma Sejati¹, Indrastanti Ratna Widiyanti², Theophilus Wellem³

^{1,2,3} Departemen Teknik Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga 50711

E-mail: 672008106@student.uksw.edu, indrastanti@staff.uksw.edu, theophilus.wellem@staff.uksw.edu

ABSTRAK

External wireless roaming adalah salah satu cara untuk meningkatkan reliabilitas dari suatu jaringan *hotspot* yang masih menggunakan topologi *Basic Service Set (BSS)*. Ketika user berjalan menjauhi salah satu *access point (AP)* atau salah satu *AP* mati kemudian mulai kehilangan sinyal, *mobile station (MS)* secara otomatis terkoneksi dengan *AP* yang lain tanpa harus melakukan konfigurasi ulang. Perangkat yang mendukung *external wireless roaming* adalah *AP TP-Link TL-WR740N* dengan menggunakan firmware *DD-WRT* yang mendukung *DHCP forwarder*. *External wireless roaming* memberikan kemudahan bagi para user jika terdapat lebih dari satu *AP* dalam suatu area.

Kata Kunci : *External wireless roaming*, *DD-WRT*, *DHCP forwarder*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang ada pada saat ini membuat banyak penduduk Indonesia menggunakan media *Internet* untuk mencari atau memperoleh informasi. Berdasarkan data dari *Internetworldstats* pengguna *Internet* di Indonesia mencapai 55 juta jiwa, atau 22,4 % dari populasi Indonesia di tahun 2011 [1]. Maraknya *Internet* juga membuat masyarakat tidak bisa lepas dari *Internet*. Itulah sebabnya banyak pusat keramaian yang menyediakan fasilitas *hotspot*. *Hotspot* sendiri adalah lokasi dimana user dapat mengakses *Internet* melalui *mobile computer* (seperti laptop atau PDA) tanpa menggunakan koneksi kabel.

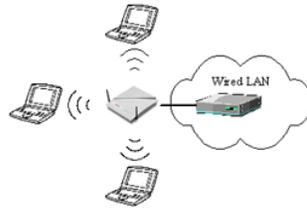
Perancangan *hotspot* menggunakan topologi *BSS* menyebabkan *client* kurang efektif saat menggunakan fasilitas *hotspot* dan berpindah-pindah lokasi. Masalah yang muncul adalah user harus melakukan konfigurasi ulang jika berpindah dari satu *AP* ke *AP* yang lain. Hal ini menyebabkan mobilitas serta reliabilitas dari jaringan *hotspot* tersebut berkurang. Untuk mengatasi hal tersebut, maka harus diterapkan sistem *hotspot* dengan topologi *Extended Service Set (ESS)* yang memanfaatkan *wireless roaming* agar jangkauan sinyal luas, tetapi kuat saat *client* berpindah lokasi, mudah dalam proses instalasi, dan dapat mengintegrasikan semua *AP* menjadi satu kesatuan jaringan *wireless*.

Pada tulisan ini, dirancang suatu sistem *external wireless roaming* untuk menggabungkan koneksi *AP* dari dua jaringan *mobile broadband* (Indosat IM3 dan XL), sehingga user (*client*) dapat berpindah dengan mudah dari suatu *AP* ke *AP* yang lain, meskipun kedua *AP* terhubung ke *provider* yang berbeda.

2. KAJIAN PUSTAKA

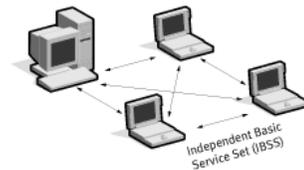
Jaringan Lokal Nirkabel atau *wireless local area network* (disingkat *Wireless LAN* atau *WLAN*) merupakan jaringan komputer yang media transmisinya menggunakan gelombang radio, berbeda dengan jaringan *LAN* konvensional yang menggunakan kabel sebagai media transmisi sinyalnya. Standar yang digunakan dalam *WLAN* adalah 802.11 yang ditetapkan oleh *IEEE*. Versi 802.11 saat ini menyediakan kecepatan transfer data hingga 600 Mbps (802.11n). Seperti semua standar 802 *IEEE*, standar 802.11 berfokus pada dua lapisan terbawah model *Open System Interconnection (OSI)*, yaitu *physical layer* dan *data link layer* [2].

Gambar 1 menunjukkan contoh penerapan jaringan *WLAN*. Terlihat untuk pengaksesan data tidak lagi menggunakan media kabel tetapi sudah menggunakan radio. Teknologi yang dipakai adalah *spread spectrum*. *Spread spectrum* dalam telekomunikasi adalah salah satu teknik modulasi dimana sinyal ditransmisikan dalam *bandwidth* yang jauh lebih lebar dari frekuensi sinyal awal informasi. Saat ini teknologi *spread spectrum* banyak diaplikasikan khususnya pada *WLAN* dan komunikasi *mobile*, karena menyediakan *bandwidth* yang lebar dan sinyalnya lebih kebal terhadap derau (*noise*) [3].

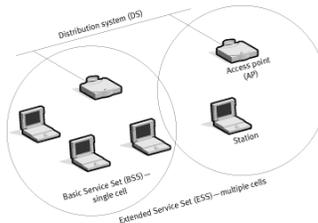


Gambar 1 : Contoh Jaringan WLAN [3]

IEEE 802.11 mendukung tiga topologi dasar untuk WLAN yaitu, (1) *Independent Basic Service Set (IBSS)* yang juga dikenal sebagai konfigurasi independen atau jaringan *ad-hoc*. Konfigurasi IBSS identik seperti jaringan *peer-to-peer* dimana tidak ada satu *node* yang berfungsi sebagai *server*. Dalam IBSS sejumlah *node wireless* berkomunikasi secara langsung satu dengan lainnya secara *ad-hoc* atau *peer-to-peer*. Jadi IBSS terdiri dari beberapa *mobile station (MS)* yang berkomunikasi secara langsung satu sama lain tanpa melalui AP atau koneksi ke jaringan kabel. (2) *Basic Service Set (BSS)* terdiri dari setidaknya satu AP yang terhubung ke infrastruktur jaringan kabel dan satu set *end station* nirkabel (MS). Dengan demikian, konfigurasi BSS menggunakan sebuah AP sebagai penghubung antar *client*. (3) *Extended Service Set (ESS)* terdiri dari serangkaian BSS yang saling *overlap* (masing-masing terdapat AP), yang terhubung bersama membentuk suatu *distribution system (DS)*. *Mobile node* dapat melakukan *roaming* antara AP sehingga dapat mencakup kawasan yang cukup luas [4]. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan IBSS dan ESS.

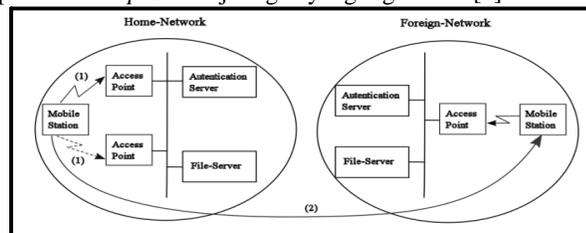


Gambar 2 : Topologi Jaringan IBSS [4]



Gambar 3 : Jaringan ESS yang Terdiri dari Beberapa Jaringan BSS [4]

Wireless roaming adalah keadaan dimana suatu MS dapat berpindah dari satu AP ke AP yang lain, dan masih dalam *subnet* yang sama tanpa harus melakukan koneksi ulang ke AP. MS dapat menemukan AP yang memiliki sinyal terbaik, kemudian memutuskan kapan untuk berpindah ke AP yang lain. Semua proses tersebut membutuhkan waktu dalam pemilihan AP terbaik maupun konfigurasi *IP address*. *Wireless roaming* dapat membantu MS untuk mendapatkan alamat IP yang baru tanpa mempengaruhi koneksi. Pemindaian dan pengambilan keputusan adalah bagian dari proses *roaming* yang memungkinkan MS menemukan AP baru pada saluran yang cocok ketika pengguna berpindah tempat [5]. Dalam jaringan *wireless*, *roaming* antara dua jaringan terdiri dari *internal roaming* dan *external roaming*. *Internal roaming* terjadi jika MS berpindah ke jaringan lain melalui satu AP ke AP yang lain tetapi masih dalam satu *home network*. Sedangkan *external roaming* terjadi jika MS sudah berpindah antar *provider* jaringan yang digunakan [6].



Gambar 4 : *External Wireless Roaming* [7].

Gambar 4 menunjukkan *internal* dan *external wireless roaming*. MS bergerak dari *home network* menuju ke *foreign network* tanpa harus melakukan koneksi ulang. *External wireless roaming* terjadi ketika MS berpindah ke jaringan WLAN yang menggunakan *Internet Service Provider (ISP)* yang berbeda. Pengguna dapat secara independen berpindah dari *home*

network ke *foreign network* jika layanan terbuka untuk pengguna umum. Jika tidak, harus ada autentikasi khusus dan sistem penagihan untuk layanan *mobile* di *foreign network* [7].

Hotspot adalah suatu koneksi jaringan *wireless* yang tersedia dan siap pakai, dimana pengguna dengan perangkat WLAN yang *compatible*, dapat terhubung ke *Internet* atau *private intranet*. *Hotspot*, atau yang lebih dikenal sebagai *Wi-Fi hotspot* tersusun atas perangkat atau komponen WLAN, *server*, dan *ISP* bila terhubung ke *Internet* [8].

Mobile broadband adalah layanan dari penyedia layanan telepon seluler seperti Indosat M3, Telkomsel, dan XL yang memungkinkan pengaksesan *Internet* melalui teknologi seluler (3G) [9].

Firmware juga bisa disebut sebagai sistem operasi tetapi berbeda dengan sistem operasi yang tertanam dalam komputer seperti Windows, Linux yang memerlukan media penyimpanan besar. *Firmware* bisa dikatakan sebagai suatu *software* atau piranti perangkat lunak yang tertanam pada *flash memory* (ROM), seperti BIOS pada *motherboard* [10]. DD-WRT merupakan sebuah *firmware* alternatif yang populer bagi perangkat AP. *Firmware* ini memasukkan beberapa fitur tambahan seperti fitur pengaturan daya pancar, berbagai *captive portal*, *virtual private network* (VPN), *wireless distribution system* (WDS), dukungan QoS, dan lebih banyak lagi. *Firmware* ini memakai konfigurasi berbasis web yang tidak terenkripsi atau via HTTPS, dan juga menyediakan akses SSH dan Telnet [11].

3. METODE PENELITIAN

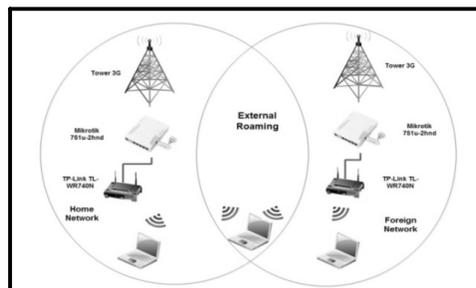
Metode yang digunakan dalam perancangan ini adalah dengan *testbed* dan dilakukan melalui tahap-tahap penelitian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 : Diagram Alir Tahapan Pembangunan *Testbed*

Menentukan Topologi Jaringan

Gambar 6 menunjukkan topologi jaringan yang dirancang, menggunakan dua *provider mobile broadband* untuk menerapkan *external wireless roaming*.



Gambar 6 : Topologi Jaringan yang Dibangun

Menentukan Spesifikasi Perangkat

AP yang dibutuhkan untuk *external wireless roaming* harus menyediakan fungsi *DHCP forwarder* untuk meneruskan IP *address* ketika terjadi *roaming* antar AP. Perangkat yang digunakan meliputi AP, *router*, *DHCP server*, MS, dan modem

3G. AP yang digunakan di sini adalah TP-Link model TL-WR740N dengan spesifikasi, 4 *Interface* 10/100Mbps LAN Ports, 1 *Interface* 10/100Mbps WAN Port, *Wireless Standards* IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b, 5dBi *Fixed Omni Directional*, *Wireless Security* 64/128/152-bit WEP/WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK. Untuk DHCP server digunakan fitur DHCP server pada router Mikrotik. Spesifikasi dari router yang digunakan adalah: CPU AR7241 400MHz, Main Storage/NAND flash sebesar 64MB, Memory RAM 32MB, 5 LAN Ports, dan RouterOS License Level4.

Perangkat MS yang digunakan dalam *testbed* ini adalah laptop. Percobaan dilakukan menggunakan dua buah laptop yang mempunyai sistem operasi yang berbeda yaitu Windows XP dan Windows 7. Spesifikasi yang harus dimiliki oleh perangkat MS minimal memiliki OS Windows XP, *Processor* Pentium III, *Memory* 256 MB, LAN card (*port* koneksi *ethernet*), dan WLAN card.

Perangkat yang digunakan untuk terkoneksi ke layanan *mobile broadband* (IM3 dan XL) adalah dua buah modem 3G. Spesifikasi dari perangkat *mobile broadband* yang digunakan adalah memiliki *interface* USB, mendukung 3G UMTS dengan *tri-band* UMTS/HSDPA: 850, 1900, 2100 MHz, mendukung 3.5G HSDPA dengan *tri-band* UMTS/HSDPA: 850, 1900, 2100 MHz, mendukung 3.75G HSUPA dengan *single-band* WCDMA/HSDPA: 2100 MHz, HSDPA *downlink speed up to* 3.6 Mbps, HSUPA/WCDMA *downlink speed up to* 7.2 Mbps, memiliki antena internal, mendukung Windows 7, Vista, XP, 2000, dan Mac OS X.

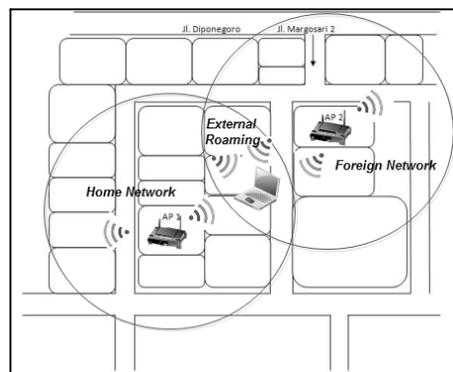
Melakukan Instalasi Software

Instalasi *software* dilakukan pada perangkat AP dan MS. Pada AP diinstal *firmware* DD-WRT, sedangkan pada MS diinstal Wireshark dan *bandwidth* monitor. Proses instalasi *firmware* DD-WRT pada AP dilakukan melalui dua tahapan yaitu melakukan *upgrade* menggunakan *firmware* DD-WRT versi **factory-to-ddwrt.bin** dan **t1-wr740n-webflash.bin**.

Proses *upgrade firmware* (*factory-to-ddwrt.bin*) dapat dilakukan melalui *web interface* AP. Selanjutnya AP akan melakukan *restart* jika *firmware* selesai diinstal. AP dapat diakses kembali melalui *web browser* pada alamat 192.168.1.1. Langkah berikutnya adalah memasukkan *username* dan *password* baru untuk AP. Tahap selanjutnya adalah menginstal *t1-wr740n-webflash.bin*. Setelah proses instalasi, maka DD-WRT telah dapat digunakan.

Penentuan Lokasi Testbed

Dalam penelitian ini AP dan MS ditempatkan pada beberapa posisi yang berbeda dengan jarak tertentu, agar didapatkan fungsi *external wireless roaming*. Perangkat ditempatkan pada beberapa rumah di Perumahan Margosari 2, Salatiga yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 : Denah Lokasi Penempatan

Melakukan Konfigurasi Jaringan

Setelah melakukan proses instalasi *firmware* DD-WRT pada AP, tahap berikutnya adalah mengkonfigurasi jaringan agar dapat beroperasi dengan baik dan dapat memenuhi syarat tercapainya jaringan *hotspot* yang menggunakan *external wireless roaming*. Konfigurasi pertama dilakukan pada router yang digunakan sebagai DHCP server sebagai berikut:

- IP local pada router menggunakan IP address 192.168.88.1 dengan *netmask* 255.255.255.0 pada *interface bridge-local*.
- IP pool diberi nama *dhcp_pool1* dengan *range* IP yang dapat digunakan antara 192.168.88.10 sampai 192.168.88.250.

- IP yang digunakan pada DHCP server adalah 192.168.88.1, DNS server dari DHCP server adalah 192.168.88.1, dan gateway dari DHCP server adalah 192.168.88.1.
- Profile PPP diberi nama `profile2`, `compression` dari PPP default dari Mikrotik.
- PPP client yang dibuat berisi konfigurasi modem 3G yang digunakan seperti `channel` modem, APN, `username` dan `password` yang disesuaikan dengan ISP yang digunakan. Karena pada penelitian ini digunakan ISP IM3 dan XL maka APN, `username`, dan `password` diisi sesuai dengan konfigurasi dari masing-masing ISP.
- Konfigurasi `firewall` pada router yang digunakan dibuat agar semua IP dari network 192.168.88.0/24 dapat mengakses Internet lewat `ppp-out2` dengan `action masquerade`.

Konfigurasi berikutnya dilakukan pada AP. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- IP local pada AP dibuat default 192.168.1.1 dengan `netmask 255.255.255.0`.
- WAN `connection type` pada AP dibuat `disable`.
- DHCP `type` untuk setiap `access point` dibuat menjadi DHCP `forwarder`.
- Nama SSID untuk setiap AP dibuat sama dengan nama "HOTSPOT-MARGOSARI"
- Channel untuk tiap AP dibuat berbeda dimana AP yang terkoneksi dengan router IM3 memiliki `channel 1` dan AP yang terkoneksi dengan router XL memiliki `channel 10`.
- Security pada setiap AP dibuat sama dengan `network key m4rg0s4r1`.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian awal dilakukan dengan cara melakukan `download`, `ping`, dan `traceroute` dari MS yang terkoneksi dengan AP (IM3) dan masih dalam jangkauan sinyal AP (IM3). Setelah itu MS dibuat menjauhi AP (IM3) sampai di luar jangkauan AP (IM3). Hasil dari pengujian sebelum menggunakan `external wireless roaming` dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Hasil Pengujian Sebelum menggunakan External Wireless Roaming

Pengujian	Dalam jangkauan AP (IM3)	Jauh dari jangkauan AP (IM3)	Di luar jangkauan AP (IM3)
Bandwidth	365,5 Kbps	175,9 Kbps	Koneksi terputus
Throughput	44,4 KB/s	23,7 KB/s	Koneksi terputus
Ping time (ke google.com)	160 ms	450 ms	Koneksi terputus

Dapat dilihat pada Tabel 1, `ping time` yang dihasilkan jika masih dalam jangkauan AP (IM3) adalah 160 ms yang berarti waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan `reply` dari google.com sebesar 160 ms. Selain itu `throughput` yang dihasilkan adalah 44,4 KB/s. Pengujian yang dilakukan berikutnya adalah menjauhkan MS dari AP (IM3). `Ping time` menjadi bertambah besar dan `throughput` yang didapatkan menurun seperti yang terlihat pada Tabel 1. `Ping time` yang awalnya 160ms menjadi 450ms, sedangkan `bandwidth` yang didapat melalui `download` yang tadinya 365,5 Kbps turun menjadi 175 Kbps. Pengujian selanjutnya adalah dengan menjauhkan MS dari AP (IM3) sampai berada di luar jangkauan AP (IM3) sehingga `throughput` yang dihasilkan menurun dan akhirnya terputus.

Pengujian berikutnya adalah pengujian menggunakan `external wireless roaming`. Ketika MS sudah berada di luar jangkauan AP (IM3), MS tidak mengalami putus koneksi. MS akan berpindah secara otomatis AP (XL) dan mengambil `service` dari AP (XL) yang berarti koneksi Internet sudah berpindah ke ISP XL. Dalam perpindahan tersebut terdapat `delay` waktu. Jika menggunakan `ping`, terdapat beberapa kali `request time out` (RTO), sedangkan jika menggunakan `download`, koneksi mengalami `drop` beberapa detik sebelum kembali berjalan normal. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 : Hasil Pengujian setelah menggunakan External Wireless Roaming

Pengujian	Dalam Jangkauan AP (IM3)	Jauh dari Jangkauan AP (IM3)	Dalam Area Roaming	Dalam jangkauan AP (XL)
Bandwidth	372,5 Kbps	145,6 Kbps	0-382 Kbps	393,1 Kbps
Throughput	46,5 KB/s	18,3 KB/s	0-47,7 KB/s	53,7 KB/s
Ping time (ke google.com)	160 ms	460 ms	RTO-200 ms	200 ms

Dapat dilihat bahwa `bandwidth` yang awalnya 372,5 Kbps turun menjadi 145,6 Kbps ketika MS sudah berada jauh dari jangkauan, dan jika sudah berada di luar jangkauan AP IM3, MS masuk ke area `roaming` sehingga koneksi tidak terputus seperti pada pengujian sebelumnya.

Pengujian yang lain adalah pengujian ketika MS terkoneksi dengan AP (IM3), kemudian AP (IM3) dimatikan sehingga koneksi dari MS akan otomatis berpindah ke AP (XL). Hasil yang didapatkan baik `bandwidth`, `throughput`, maupun `ping time` tidak jauh berbeda dengan hasil pengujian setelah menggunakan `external wireless roaming` pada Tabel 2. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Hasil pengujian ketika salah satu AP mati

Pengujian	Dalam Jangkauan AP (IM3)	AP (IM3) Mati	Pindah ke AP (XL)
<i>Bandwidth</i>	399,8 Kbps	0-390 Kbps	396,1 Kbps
<i>Throughput</i>	49,9 KB/s	0-48,7 KB/s	49,5 KB/s
<i>Ping time</i> (ke google.com)	292 ms	RTO-242 ms	250 ms

Pada pengujian yang dilakukan terdapat *delay* waktu yang dibutuhkan ketika MS berpindah dari AP (IM3) ke AP (XL) seperti informasi pada Tabel 2 terdapat hasil 0-382 Kbps. Informasi tersebut mempunyai arti bahwa *bandwidth* yang didapat turun menjadi 0 Kbps selama beberapa detik sebelum kembali berjalan normal. *Delay* waktu yang didapatkan dari hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 : Hasil pengujian *delay* setelah menggunakan *external wireless roaming*

Pengujian	<i>Delay</i> waktu	RTO
<i>Delay</i> saat <i>download</i>	30 detik	n/a
<i>Ping</i> (ke google.com)	n/a	1 kali

Selain pengujian menggunakan *bandwidth*, pengujian juga menggunakan *ping* untuk mengetahui *delay* perpindahan antar AP. Ketika MS berada jauh dari jangkauan AP (IM3) dan sudah mulai mendeteksi adanya AP (XL), MS secara otomatis melakukan perpindahan koneksi ke AP (XL) yang menyebabkan beberapa kali *Request Time Out* (RTO). Jumlah RTO yang didapat dalam beberapa kali pengujian mempunyai hasil yang relatif sama yaitu sekitar satu kali RTO seperti pada Tabel 4.

Selain menggunakan *ping*, pengujian juga menggunakan *download* untuk menguji *delay* untuk beberapa *server* yaitu Youtube, 4shared, dan Indowebster. Hasil *delay* pada proses *download* yang didapat ketika terjadi *roaming* rata-rata sebesar 30 detik, sebelum kemudian *download* kembali berjalan normal. Pada pengujian *delay*, hasil antara MS yang menggunakan Windows XP dan Windows 7 menunjukkan hasil yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Pada Windows 7, *delay* yang diperlukan untuk perpindahan antar AP lebih lama dibandingkan Windows XP. Hal ini disebabkan karena Windows 7 memiliki proteksi yang lebih kompleks dari Windows XP sehingga autentikasi berjalan lebih lama.

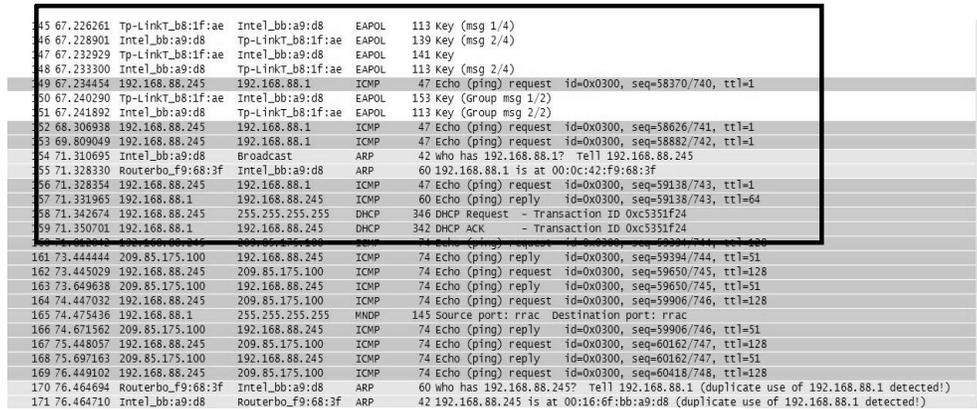
Tabel 5 : Hasil Perbandingan *Delay* Antara Windows XP dan Windows 7

Pengujian	Windows XP	Windows 7
<i>Delay</i> saat <i>download</i>	30 detik	30 detik
<i>Ping</i> (ke google.com)	1 kali RTO	6 kali RTO

Analisis Cara Kerja *Wireless Roaming*

Untuk melayani area yang luas, beberapa AP dipasang dengan sebuah jangkauan yang saling menumpuk (*overlap*). *Overlap* memungkinkan *roaming* antar *cell*. Ketika AP dengan SSID yang sama ditemukan, MS akan mengirimkan *probe request* (DHCP *Request*) ke AP, dan AP membalas *probe request* tersebut (DHCP ACK). Proses perpindahan koneksi MS dari AP (IM3) ke AP (XL) dapat dilihat melalui hasil *capture* Wireshark pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan hasil *capture* ketika MS yang terkoneksi AP (IM3) berpindah menuju AP (XL). Pengujian dengan menggunakan *ping* agar terlihat jelas ketika terjadi perpindahan. AP (IM3) mempunyai MAC address F8:D1:11:B7:ED:BC, AP (XL) mempunyai MAC address F8:D1:11:B8:1F:AE, sedangkan user atau MS mempunyai MAC address 00:16:6F:BB:A9:D8. MS yang sudah terkoneksi dengan AP (IM3) dikondisikan mulai menjauh dari AP (IM3) dan mendekati AP (XL), AP (XL) mulai menghubungi MS dengan protokol *Extensible Authentication Protocol over LAN* (EAPOL) agar MS memasukkan *key* dari AP (XL). Setelah itu MS mengisikan *key* yang sudah tersimpan ke AP (XL). AP (XL) memeriksa *key* yang diberikan oleh MS, dan jika benar MS dapat melakukan broadcast ke jaringan dengan protokol ARP untuk menemukan *device* yang memiliki IP address 192.168.88.1. Router XL melakukan membalas *reply* terhadap *broadcast* tersebut dengan protokol ARP dengan mengatakan bahwa IP address 192.168.88.1 adalah miliknya. MS kemudian melakukan *ping* ke router XL. Jika terdapat *reply*, maka MS melakukan *request* IP address yang baru ke router XL dan meminta IP address yang sama dengan IP address yang digunakan sebelumnya (dari AP IM3). Berdasarkan hasil *ping*, proses perpindahan membutuhkan waktu kurang dari 5 detik.



Gambar 8 : Hasil Capture dengan Wireshark

Analisis Throughput dengan External Wireless Roaming

Pada pengujian pertama, *throughput* yang dihasilkan adalah 53,764 KB/s (dari Tabel 2), maka dapat dihitung *bandwidth* yang didapatkan adalah 53,764 KB/s * 8 = 430,112 Kbps. Pada pengujian berikutnya didapatkan *throughput* yang dihasilkan adalah 49,628 KB/s, sehingga dapat dihitung *bandwidth* yang didapatkan adalah 49,628 KB/s * 8 = 397,024 Kbps. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa *throughput* yang didapat tidak ditentukan oleh *external wireless roaming*, tetapi ditentukan oleh *bandwidth* yang didapat dari ISP. *Throughput* juga tidak dapat terus menerus berada pada rata-rata 48 KB/s, karena jaringan 3G ditentukan oleh kualitas sinyal dan padatnya *traffic* di jaringan.

Analisis Signal, Noise, Signal-to-Noise Ratio (SNR), dan Signal Quality

Signal, *Noise*, dan SNR dapat dilihat pada DD-WRT, ketika MS sedang terkoneksi dengan AP. Tabel 6 menunjukkan SNR yang diperoleh pada masing-masing AP.

Tabel 6 : Hasil SNR

MAC Address	Signal (dBm)	Noise (dBm)	SNR (dB)	Signal Quality (%)
F8:D1:11:B7:ED:BC (M3)	-37	-94	57	70
F8:D1:11:B8:1F:AE (XL)	-39	-81	42	68

$$\begin{aligned}
 \text{SNR AP (IM3)} &= \text{Signal} - \text{Noise} \\
 &= -37 - (-94) \\
 &= 57 \text{ dB} \\
 \text{SNR AP (XL)} &= \text{Signal} - \text{Noise} \\
 &= -39 - (-81) \\
 &= 42 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Klasifikasi SNR [12]:

- 29,0 dB ke atas = *Outstanding* (bagus sekali)
- 20,0 dB - 28,9 dB = *Excellent* (bagus)
- 11,0 dB - 19,9 dB = *Good* (baik)
- 07,0 dB - 10,9 dB = *Fair* (cukup)
- 00,0 dB - 06,9 dB = *Bad* (buruk)

Dari hasil percobaan terlihat bahwa SNR dari masing-masing AP mempunyai hasil yang bagus, karena AP (IM3) dan AP (XL) ketika terkoneksi dengan MS mempunyai nilai SNR lebih besar dari 29 dB. Semakin tinggi nilai SNR maka kualitas dari koneksi tersebut semakin bagus.

5. SIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis kinerja *external wireless roaming* yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan: (1) Dengan menerapkan topologi ESS yang memakai *external wireless roaming*, jaringan *hotspot* yang dibangun memiliki reliabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan *hotspot* yang menggunakan topologi BSS.

Ketika MS berjalan menjauhi salah satu AP dan mulai kehilangan sinyal, MS secara otomatis akan terkoneksi dengan AP yang lain tanpa harus melakukan koneksi ulang. (2) Dengan diterapkannya *external wireless roaming*, jangkauan dari suatu jaringan *hotspot* dapat bertambah luas. Selain itu jaringan *hotspot* yang dibuat dapat menampung lebih banyak *user* jika dibandingkan dengan *seamless wireless roaming* yang hanya menggunakan satu *provider* saja. (3) *Delay* waktu perpindahan antar AP berbeda antara MS yang menggunakan Windows XP dan Windows 7. *Delay* waktu cenderung lebih lama jika menggunakan Windows 7, karena Windows 7 memiliki proteksi yang lebih kompleks dari Windows XP, sehingga autentikasi berjalan lebih lama. Pengembangan yang dapat dilakukan selanjutnya adalah membangun jaringan dengan *external wireless roaming* yang menggunakan keamanan terpusat seperti RADIUS dan *captive portal*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Internet World Stats, Usage and Population Statistics, <http://www.internetworldstats.com/asia.htm>, 2012.
- [2] Ergen, Mustafa, *Mobile Broadband Including WiMAX and LTE*, USA: Springer, 2009.
- [3] Pasaribu, Parlin, Publication-Wireless LAN, <http://kambing.ui.ac.id/onnopurbo/library/library-ref-ind/ref-ind-2/physical/Wireless/Parlin-Publication-Wireless%20LAN-24April2006.pdf>, 2006.
- [4] Purbo, Onno W, gambaran-wlan-ieee802-05-2001, <http://onno.vlsm.org/v10/onno-ind-2/physical/Wireless/gambaran-wlan-ieee802-05-2001.rtf>, 2001.
- [5] McKeag, Louise, WLAN Roaming – the basics, <http://features.techworld.com/mobile-Wireless/435/wlan-roaming--the-basics/>, 2004.
- [6] Siddiqui, Shahid K, *Roaming In Wireless Network*, New York: McGraw-Hill, 2001.
- [7] Geier, Jim, How Wi-Fi Roaming Really Works, http://www.Wireless-nets.com/resources/tutorials/how_roaming_works.html, 2008.
- [8] Minoli, Daniel, *Hotspot Networks: Wi-Fi for Public Access Locations*, New York: McGraw-Hill, 2003.
- [9] Ergen, Mustafa, *Mobile Broadband Including WiMAX and LTE*, USA: Springer, 2009.
- [10] Purbo, Onno W, Jaringan Wireless di Dunia Berkembang Edisi kedua, <http://wndw.net/pdf/wndw-id/wndw-id-ebook.pdf>, 2007.
- [11] Asadoorian, Paul, *Linksys WRT54G Ultimate Hacking*, USA: Syngress, 2007.
- [12] Purbo, Onno W, SNR_Margin dan Line Attenuation, <http://opensource.telkomspeedy.com/forum/viewtopic.php?id=3657>, 2008.