

Evaluasi Kinerja Wireless 802.11N untuk E- Learning

Apri Siswanto

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
e-mail: aprisiswanto@eng.uir.ac.id

Abstract

This research is the evaluation on the performance of the Wireless Local Area Network (WLAN) 802.11n, implemented in the Department of Engineering, Universitas Islam Riau. The research in the wake server E Learning and will be accessed using the Wireless LAN 802.11n. This simulation uses Riverbed Software Modeler and studies a simulation to estimate the number of web user clients and other network applications that could be supported by the Wireless LAN 802.11n to provide certain network load. The simulation produced a display that IEEE 802.11n WLAN can support up more than 100 client users e learning with web browsing activity.

Keywords : WLAN, Riverbed Modeler, 802.11n, e-Learning

Abstrak

Penelitian ini merupakan evaluasi kinerja tentang wireless LAN (WLAN) 802.11N yang diimplementasikan dalam suatu lingkungan fakultas. Dalam penelitian ini di bangun server E Learning dan akan di akses menggunakan Wireless LAN 802.11N. Simulasi ini menggunakan Perangkat Lunak Riverbed Modeler. Penelitian ini merupakan sebuah simulasi untuk memperkirakan jumlah klien pengguna web dan aplikasi jaringan lainnya yang bisa didukung oleh Wireless LAN 802.11N dengan memberikan beban jaringan tertentu. Pada penelitian ini simulasi menghasilkan tampilan bahwa WLAN IEEE 802.11N bisa mendukung sampai lebih dari 100 klien pengguna e learning dengan aktifitas web browsing.

Kata Kunci— Wireless Local Area Network (WLAN), HTTP, E Learning, Riverbed Modeler, IEEE 802.11N

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi atau yang dikenal dengan *Information and Technology* (IT) sudah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan masyarakat. Pada bidang pendidikan terutama di perguruan tinggi, salah satu dampak yang muncul ialah kegiatan belajar dan mengajar dapat dilaksanakan dengan konsep *e-learning*. Menurut Hartley [1] *e-learning* adalah suatu jenis belajar mengajar yang memungkinkan tersampainya bahan ajar ke siswa dengan menggunakan media Internet, Intranet atau media jaringan komputer lain.

Sistem *e-learning* telah banyak diaplikasikan oleh masyarakat dunia, dan menjadi tren pendidikan berbasis TIK. Di Indonesia melalui Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas) juga telah mengadaptasi perkembangan model pembelajaran tersebut yang dituangkan dalam Rencana Strategis Departemen Pendidikan Nasional (Renstra Depdiknas), yang telah mencantumkan bahwa pendidikan harus selalu melakukan adaptasi dan penyesuaian dengan gerak perkembangan ilmu pengetahuan modern dan

inovasi teknologi maju, sehingga tetap relevan dan kontekstual dengan perkembangan zaman.

Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan dan pengembangan *e-learning* adalah aspek teknologi, dalam hal ini adalah yang menyangkut infrastruktur yang dipergunakan sebagai media untuk proses penyampaian materi pembelajaran. Infrastruktur *e-learning* dapat berupa *personal computer (PC)*, jaringan komputer, internet dan perlengkapan multimedia. Termasuk didalamnya peralatan *teleconference* apabila kita memberikan layanan *synchronous learning* melalui *teleconference*. Salah satu tren teknologi jaringan saat ini adalah teknologi *Wireless LAN*. *Wireless LAN* dapat didefinisikan sebagai sebuah sistem komunikasi data fleksibel yang dapat digunakan untuk menggantikan atau menambah jaringan LAN yang sudah ada untuk memberikan tambahan fungsi dalam konsep jaringan komputer pada umumnya. Fungsi yang ditawarkan dapat berupa konektifitas yang andal sehubungan dengan mobilitas *user* [2].

Perkembangan *wireless LAN* saat ini cukup menjanjikan dan sangat populer di kalangan pendidikan, industri, kesehatan, konstruksi dan lain sebagainya. Selain dapat meningkatkan tingkat produktifitas instansi masing-masing, penggunaan *wireless LAN* juga merupakan alternatif terbaik solusi jaringan di era global saat ini.

Teknologi *Wireless LAN* saat ini mayoritas menggunakan standar IEEE 802.11 a/b/g/n [3]. Standar yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah 802.11n. Untuk dapat memberikan layanan yang memuaskan kepada pengguna, maka kinerja jaringan *wireless LAN* 802.11n harus berada pada kondisi yang baik. Kinerja jaringan dikatakan baik apabila jaringan berada dalam kondisi stabil serta dapat memberikan pelayanan yang baik terhadap kecepatan *transfer* data dan *bandwidth* jaringan. Analisis kinerja jaringan menekankan proses pemantauan dan perhitungan parameter kinerja jaringan pada infrastruktur jaringan seperti kecepatan dan kapasitas transmisi.

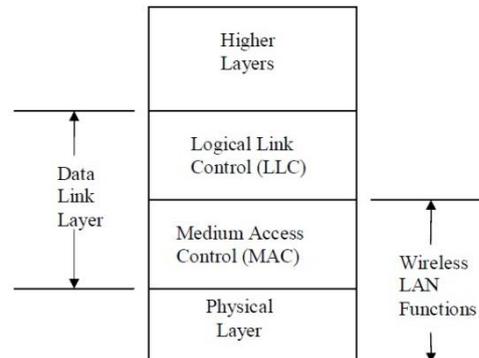
Masalah penelitian ini adalah bagaimana kinerja dan performansi *wireless* 802.11n jika dipergunakan untuk penerapan aplikasi *e-learning* berbasis web di suatu lingkungan fakultas, bagaimana pengaruh tingkat transaksi HTTP, *wireless delay*, *throughput* yang dicapai dalam lingkungan jaringan *wireless e learning* dalam suatu lingkungan fakultas dan bagaimana dampak dan pengaruh jaringan terhadap faktor-faktor jumlah klien, dan ukuran besar data yang di akses terhadap *e learning* [4].

Pada pelaksanaannya penelitian ini dilakukan dengan ruang lingkup masalah hanya membahas konsep dari jaringan *wireless* 802.11n untuk *e learning*, *E-Learning* yang diaplikasikan berbasis *web* membuat simulasi menggunakan software simulasi jaringan Riverbed Modeler, dan parameter yang digunakan untuk mengukur performansi *wireless* 802.11n perhitungan kecepatan transaksi HTTP, dampak dari jumlah pengguna yang mengakses *web e learning*, ukuran data yang di akses pengguna via *web e-learning*, *wireless access point delay*, *throughput* serta *HTTP page response time* [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja *wireless* 802.11n untuk *e learning web base* dan membuat sebuah rekomendasi, bahwa standar 802.11n sangat layak digunakan untuk implementasi *e learning* di lingkungan suatu fakultas.

Penggunaan *Wireless LAN* semakin populer digunakan di rumah-rumah, kantor, kafe, perpustakaan, bandara, kebun binatang, dan tempat umum lainnya. Dengan perangkat tersebut akan dapat menghubungkan komputer, laptop, PDA dan *smartphone* ke Internet. *Wireless LAN* juga dapat digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih komputer terdekat berkomunikasi tanpa menggunakan Internet. Standar utama *Wireless LAN* adalah standar 802.11 [6].

Kebutuhan user akan teknologi telekomunikasi dan komunikasi data kini mulai mengarah pada penggunaan teknologi komunikasi yang bisa diakses kapan pun dan dimana pun. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya user yang banyak memanfaatkan jaringan *wireless* untuk melakukan komunikasi. Oleh karena itu *mobile data communication* mulai dikembangkan untuk mendukung mobilitas user dan faktor fleksibilitas. Maka kini telah dikembangkan suatu LAN berbasis *wireless* yang dinamakan dengan *Wireless LAN* [7].



Gambar 1.1 Arsitektur Logika *Wireless LAN*

Keunggulan *Wireless LAN* daripada wired LAN (dengan menggunakan kabel) antara lain adalah:

1. Mobilitas *user*
2. Hemat dan fleksibel
3. Mudah dalam instalasi dan pemeliharaan

Wireless LAN Pada dasarnya prinsip kerja pada jaringan *Wireless LAN* sama saja dengan jaringan yang menggunakan *ethernet card* atau jaringan kabel, perbedaannya yang utama adalah media transmisinya, yaitu melalui udara. Sedangkan pada jaringan *ethernet card* menggunakan media transmisi melalui kabel. Pada *Wireless LAN* terdapat dua macam topologi yang biasa digunakan yaitu *peer-to-peer* atau *ad-Hoc* dan *access point*. Sebuah LAN atau jaringan lokal yang media transmisinya melalui kabel udara biasanya menggunakan frekuensi bebas lisensi yaitu pada band 2,4 GHz dan 5 GHz [8].

IEEE 802.11n didasarkan pada standar 802,11 sebelumnya dengan menambahkan multiple-input multiple-output (MIMO) dan 40 MHz ke lapisan saluran fisik (PHY), dan frame agregasi ke MAC layer. 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 spasial yang ditingkatkan. Setiap aliran spasial membutuhkan antena yang terpisah baik pada pemancar dan penerima. Di samping itu, teknologi MIMO memerlukan rantai frekuensi radio yang terpisah dan analog-ke-digital converter untuk masing-masing antena MIMO yang merubah biaya pelaksanaan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan sistem non-MIMO [9].

Saluran 40 MHz adalah fitur lain yang dimasukkan ke dalam 802.11n yang menggandakan lebar saluran dari 20 MHz di 802.11 PHY sebelumnya untuk mengirimkan data. Hal ini memungkinkan untuk penggandaan kecepatan data PHY melebihi satu saluran 20 MHz. Hal ini dapat diaktifkan di 5 GHz mode, atau dalam 2,4 GHz jika ada pengetahuan yang tidak akan mengganggu beberapa 802.11 lainnya atau sistem non-802.11 (seperti Bluetooth) menggunakan frekuensi yang sama. 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).

Tabel 1. Spesifikasi Wi-fi

TABLE 1: IEEE 802.11 PHY STANDARDS						
Release date	Standard	Band (GHz)	Bandwidth (MHz)	Modulation	Advanced antenna technologies	Maximum data rate
1997	802.11	2.4	20	DSSS, FHSS	N/A	2 Mbits/s
1999	802.11b	2.4	20	DSSS	N/A	11 Mbits/s
1999	802.11a	5	20	OFDM	N/A	54 Mbits/s
2003	802.11g	2.4	20	DSSS, OFDM	N/A	54 Mbits/s
2009	802.11n	2.4, 5	20, 40	OFDM	MIMO, up to four spatial streams	600 Mbits/s
2012 (expected)	802.11ad	60	2160	SC, OFDM	Beamforming	6.76 Gbits/s
2013 (expected)	802.11ac	5	40, 80, 160	OFDM	MIMO, MU-MIMO, up to eight spatial streams	6.93 Gbits/s

Standar IEEE 802.11n dirancang untuk memperbaiki fitur 802.11g dalam jumlah bandwidth yang didukung dengan memanfaatkan beberapa sinyal nirkabel dan antenna (disebut MIMO teknologi). Ketika standar ini selesai, koneksi 802.11n harus mendukung kecepatan data yang lebih dari 100 Mbps. 802.11n juga menawarkan jangkauan yang lebih baik dari standar Wi-Fi sebelumnya karena intensitas sinyal meningkat. Peralatan 802.11n akan kompatibel dengan alat-alat 802.11g. Keunggulan dari 802.11n – kecepatan maksimum serta jangkauan sinyal tercepat dan terbaik; lebih tahan terhadap sinyal interferensi dari sumber-sumber luar.

Kelemahan 802.11n adalah biaya lebih tinggi dari 802.11g, penggunaan beberapa sinyal akan sangat mungkin terganggu bila berdekatan dengan 802.11b/g berbasis jaringan.

World Wide Web

World Wide Web World adalah suatu ruang informasi dimana sumber-sumber daya yang berguna diidentifikasi oleh pengenalan global yang disebut *Uniform Resource Identifier* (URI). Melalui web kita mengakses informasi-informasi global baik berupa teks, gambar, suara, dan lain-lain. Melalui penggunaan aplikasi yang disebut *browser*, para pengguna dapat mengakses banyak tumpukan informasi yang disimpan dalam *server* diseluruh dunia [10].

WWW telah menjadi sumber terbesar dari lalu lintas internet. Web telah membuat internet yang tersedia untuk masyarakat dunia dengan menyediakan lokasi-independen, waktu-independen, dan platform-independen untuk akses ke informasi. Web terdiri dari tiga protokol komunikasi: IP, TCP, dan HTTP. *Internet Protocol (IP)* adalah protokol *connectionless* lapisan jaringan yang menyediakan pengalaman global dan

routing untuk pengiriman datagram di internet. *Transmisi Control Protocol (TCP)* adalah protokol yang berada pada transport-layer yang menyediakan end-to-end pengiriman data di Internet. Di antara berbagai fungsi, TCP bertanggung jawab untuk kontrol aliran, kontrol kongesti, dan mekanisme pemulihan kesalahan transmisi yang dapat diandalkan untuk menyediakan data antara sumber dan tujuan.

Sedangkan *Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)* adalah suatu protokol yang digunakan untuk mentransfer dokumen/halaman dalam WWW (*World Wide Web*). Protokol HTTP memeriksa aturan-aturan untuk komunikasi antara *browser* dan *server web*. (Ed Tittel, 2004)

HTTP mendefinisikan bagaimana suatu pesan dapat diformat dan dikirimkan dari *client* ke *server* atau sebaliknya. HTTP mengatur aksi apa saja yang harus dilakukan oleh *web server* dan *web browser* sebagai respon atas perintah-perintah yang ada pada protokol HTTP ini. Pengembangan standar HTTP dilaksanakan oleh Konsorsium *World Wide Web (World Wide Web Consortium/W3C)* dan juga *Internet Engineering Task Force (IETF)*, yang menghasilkan publikasi beberapa dokumen *Request for Comments (RFC)*, antara lain RFC 2616 yang mendefinisikan tentang HTTP/1.1. (dipublikasikan pada bulan Juni 1999). HTTP merupakan sebuah protokol untuk meminta/menjawab antara klien dan *server*.

HTTP berjalan pada *protocol TCP* yaitu pada layer transfer protocol (TCP memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan UDP). Pertama, HTTP *client* melakukan inisialisasi terhadap koneksi ke *server*, jika koneksi stabil maka *browser* dan *server* memproses akses melalui jalur TCP menggunakan antarmuka *socket* masing-masing. *Client* menggunakan *socket interfacenya* untuk mengirim HTTP *Request* dan menerima HTTP *Response*. Demikian juga dengan *server* dalam menerima HTTP *Request* dan mengirim HTTP *Response*. Ketika *Client* melakukan HTTP *request* dan mengirimkan paket via TCP maka HTTP *Request* sudah lepas dari kendali *Client* dan masuk menjadi tanggung jawab dari protocol TCP. TCP membangun sebuah jaringan yang dapat dipercaya antara *client* – *server*. *Server* mengirimkan TCP *Request* tanpa melakukan pencatatan.

Wireless internet dan teknologi *wireless* LAN 802.11 memiliki peranan penting pada infrastruktur global internet. Salah satu teknologi yang paling populer adalah *Wireless* LAN yang disebut 802.11n. Teknologi ini termasuk jenis wifi yang menyediakan internet tanpa kabel dengan harga murah pada pelanggannya. Dengan kapasitas hingga 600 Mbps data transmisi pada lapisan fisiknya. Standar IEEE 802.11n didefinisikan sebagai akses *channel* utama yang digunakan pada lapisan MAC, yang disebut (*CSMA/CA*).

CSMA/CA menghindari *collision* dan penggunaan *acknowledgements (ACKs)*. Penggunaan dari *acknowledgements*, atau *ACKs*, bekerja dengan cara yang mudah. Ketika pemancar pengirim *wireless* mengirimkan paket, pemancar penerima mengirim balik *ACK* sekali setelah penerima paket. Jika pemancar pengirim tidak menerima *ACK*, pemancar pengirim beranggapan bahwa terjadi *collision* dan akan mengirimkan kembali data tersebut. CSMA/CA, ditambahkan jumlah ukurannya untuk kontrol data dan digunakan pada *wireless* LAN, karena diperkirakan akan bertambah 50% dari jumlah bandwidth yang tersedia pada *wireless* LAN.

E-Learning

Seiring dengan kebutuhan akan metode dan konsep pembelajaran yang lebih efektif dan efisien, pemanfaatan teknologi informasi untuk pendidikan menjadi tidak terelakkan lagi. Konsep yang kemudian terkenal dengan sebutan eLearning ini membawa

pengaruh terjadinya proses transformasi pendidikan konvensional ke dalam bentuk digital, baik secara isi (*contents*) maupun sistemnya.

Darin E. Hartley mengatakan bahwa *e learning* adalah suatu jenis belajar mengajar yang memungkinkan tersampainya bahan ajar ke siswa dengan menggunakan media internet, intranet atau media jaringan komputer lain. Saat ini konsep *e learning* sudah banyak diterima oleh masyarakat dunia, terbukti dengan maraknya implementasi *e learning* di lembaga pendidikan (sekolah, training dan universitas) maupun industri (*Cisco Systems, IBM, HP, Oracle*, dsb).

John Chambers yang merupakan CEO dari perusahaan *Cisco Systems* mengatakan bahwa aplikasi dalam dunia pendidikan termasuk *e-learning* didalamnya akan menjadi “*killer application*” yang sangat berpengaruh di era-era ke depan. Departemen perdagangan dan departemen pendidikan Amerika Serikat bahkan bersama-sama mencanangkan Visi 2020 berhubungan dengan konsep pendidikan berbasis teknologi informasi (*e-learning*). Konsep *e-learning* semakin berkembang karena memiliki banyak keuntungan dibandingkan sistem konvensional.

Salah satu penerapan *e-learning* adalah web *e-learning*. Kinerja keseluruhan dari web *e-learning* tergantung pada perilaku client web *e-learning*, server web *e-learning*, dan jaringan di antara web dan client. Tantangan utama dalam konteks internet *wireless* adalah karakteristik dari saluran *wireless*. Komunikasi melalui saluran *wireless* sering mengalami bandwidth yang terbatas, tingkat kesalahan yang tinggi, dan gangguan dari pengguna lain pada saluran yang bersamaan.

Parameter Kinerja Jaringan Wireless 802.11n untuk e learning adalah :

1. DELAY

End to end delay adalah waktu yang diperlukan oleh suatu paket data yang berasal dari source node hingga mencapai destination node. End to end delay secara tidak langsung berhubungan dengan kecepatan transfer data suatu jaringan.

2. THROUGHPUT

Throughput adalah jumlah rata-rata paket yang sukses diterima atau dikirimkan oleh saluran penerima atau pemancar per detik. Throughput merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kinerja dari suatu sistem komunikasi

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian digunakan metode penelitian tindakan atau action research yang meliputi pengukuran parameter QoS yaitu Bandwidth, Delay dan Packet Loss pada area Jaringan Wireless di Lingkungan Fakultas Teknik. Dalam penelitian tindakan yang mendeskripsikan, menginterpretasi dan menjelaskan suatu situasi atau keadaan pada jaringan Wireless LAN dan melakukan analisis hasil perhitungan Downtime jaringan Wireless LAN terhadap perubahan atau intervensi dengan tujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi Reliability, Maintainability dan Availability pada jaringan Wireless LAN sehingga dapat memberikan network service yang lebih baik lagi dengan perbaikan dan pengembangan sistem dan infrastruktur jaringan sehingga dapat meningkatkan kepuasan pengguna suatu layanan jaringan .

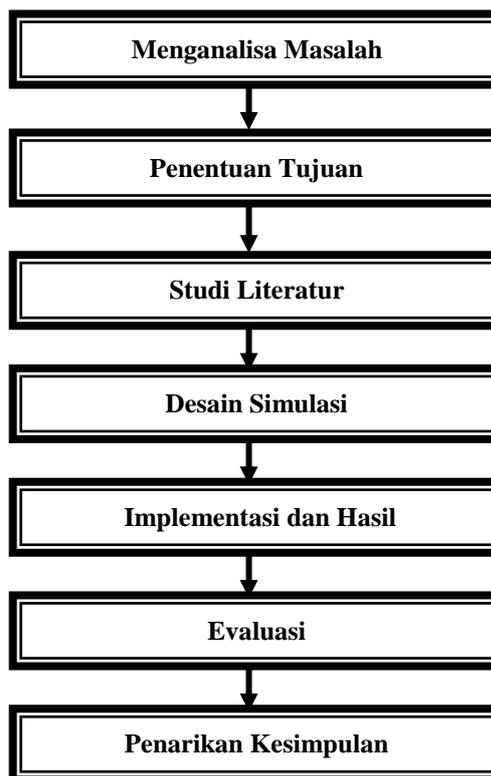
Metode yang akan digunakan mengukur kualitas layanan jaringan wireless LAN yaitu QOS terdiri dari parameter Bandwidth, Delay dan Packet Loss dari pengirim ke penerima atau dari ujung ke ujung (end to end) dengan menggunakan simulasi riverbed modeler dengan sistem operasi windows dan RMA (Reliability Maintenance dan availability) Melihat laju Uptime, Downtime, Good, Failed dilihat dari PRTG.

Adapun tahapan penelitian yang merupakan bagian dari Action Research ini,

1. Melakukan Diagnosa (Diagnosing)
Rencana tindakan yang akan dilakukan pada tahap ini ditemukan beberapa masalah yang cukup mengganggu kinerja dari jaringan WLAN
2. Melakukan Rencana Tindakan (Action planning)
Memahami pokok masalah yang ada kemudian dilanjutkan dengan menyusun rencana tindakan yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang ada, Rencana tindakan yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu, desain skema jaringan WLAN yang ada saat ini yang akan diimplementasikan pada pengukuran QoS dan RMA.
3. Melakukan Tindakan (Action Taking)
Melakukan pengukuran jaringan dengan model sistem monitoring QoS yang digunakan untuk pengukuran parameter QoS pada jaringan WLAN di Fakultas Teknik

Kerangka Kerja Penelitian

Kerangka kerja dipakai untuk pedoman langkah-langkah mengerjakan suatu penelitian dengan membuat tahapan metodologi penelitian untuk mengerjakan tesis sehingga tidak terjadi kerancuan selama pengerjaan dan hasil yang akan dicapai menjadi lebih maksimal. Berdasarkan landasan teori yang dikemukakan di atas, kerangka kerja pada penelitian ini dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan percobaan dengan menggunakan Riverbed Modeler *wireless* LAN 802.11N untuk *e learning* atas beberapa skenario yang telah disusun seperti di bab IV. Berikut ini adalah hasil simulasi yang ditampilkan dalam bentuk grafik dan pembahasannya.

Menurut Wang, et al. [11], pengkategorian performansi jaringan berdasarkan besarnya *delay* adalah sebagai berikut :

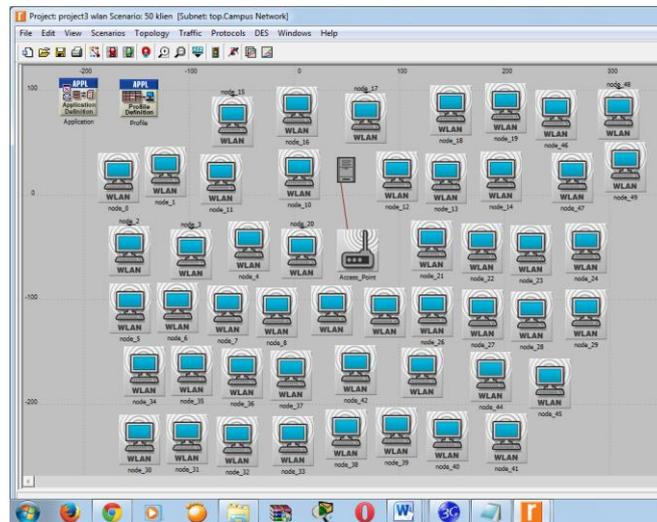
Tabel 2. Delay

Kategori Delay	Besar Delay
<i>Excellent</i>	< 150 ms
<i>Good</i>	150 s/d 300 ms
<i>Poor</i>	300 s/d 450 ms
<i>Unacceptable</i>	> 450 ms

Simulasi juga diukur berdasarkan skenario area jaringan fakultas. Lingkungan simulasi yang model detailnya adalah pengukuran IEEE 802.11n dengan 50 klien dan 100 klien. Peneliti membatasi model simulasi ini berdasarkan area *e learning* fakultas dan memvalidasi model tersebut dengan pengukuran empiris menggunakan model *e-learning* sederhana dan model-model beban kerja web. Kemudian membuat suatu model berupa sifat *browsing* pada *e-learning* dan web klien dan menggunakan model ini pada simulasi yang bertujuan mengukur jaringan *e-learning* di area suatu fakultas. Eksperimen ini memfokuskan pada angka *wireless delay*, *end to end throughput*, *wireless delay*, dan dampak dari jumlah *user* serta ukuran objek web *e-learning*. Faktor-faktor simulasi dirangkum dalam tabel 4.3 sebagai berikut :

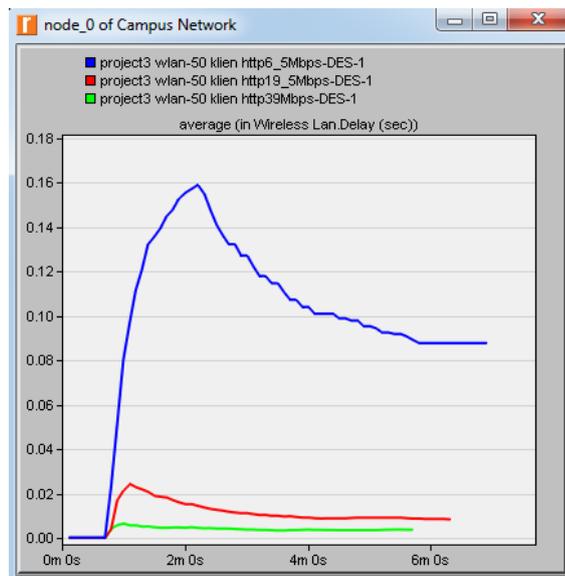
Tabel 3. Faktor Simulasi

Faktor	Levels
Jumlah klien	50,100
<i>E-Learning</i> dan <i>HTTP Transfer size</i>	6,5, 19,5 dan 39 Mbps



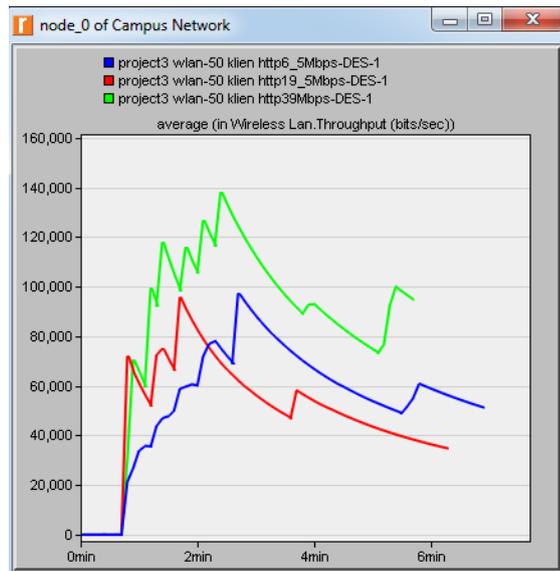
Gambar 3.1 Model Simulasi

Pada percobaan ini dilakukan untuk melihat apakah ada masalah *sharing Wireless LAN* sebanyak 50 client. Dalam percobaan ini dibuat beban kerja jaringan yang berbeda. Gambar 3.2 menunjukkan hasil percobaan dengan 50 *client*.



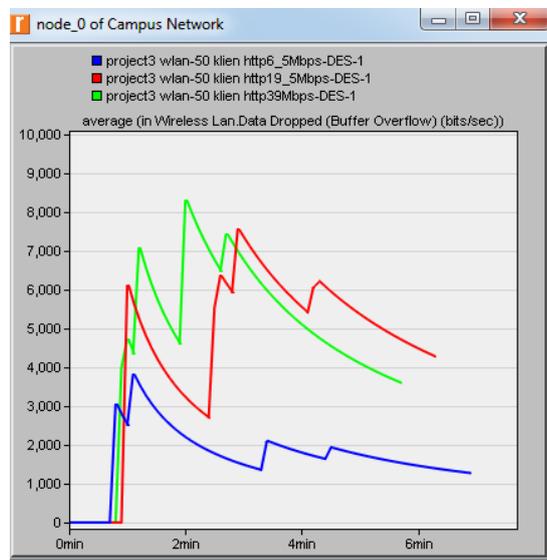
Gambar 3.2 Average Wireless Lan Delay

Dari hasil percobaan di atas dapat di lihat Puncak *delay* node 0 dengan *transfer size* 6,5 Mbps : 0.159016764622 detik (159 ms), Puncak *delay* node 0 dengan *transfer size* 19,5 Mbps : 0.024255580194 detik (24,2 ms), Puncak *delay* node 0 dengan *transfer size* 39 Mb : 0.006413460225 detik (6,4 ms). Dari di atas terlihat bahwa *delay*nya sangat kecil sekali dan termasuk kategori sangat bagus.

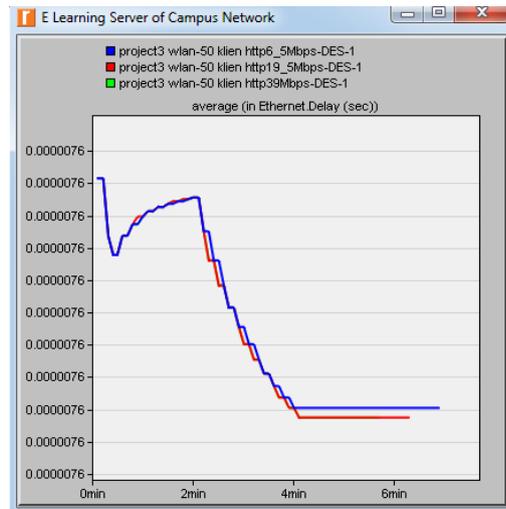


Gambar 3.3 Average Wireless Lan Throughput

Dari hasil percobaan di atas dapat di lihat rata-rata throughput node 0 dengan transfer size 6,5 Mbps : 49,79 bit/sec, rata-rata throughput node 0 dengan transfer size 19,5 Mbps 48,02 bit/sec, rata-rata throughput node 0 dengan transfer size 39 Mbps 71,45 bit/sec.

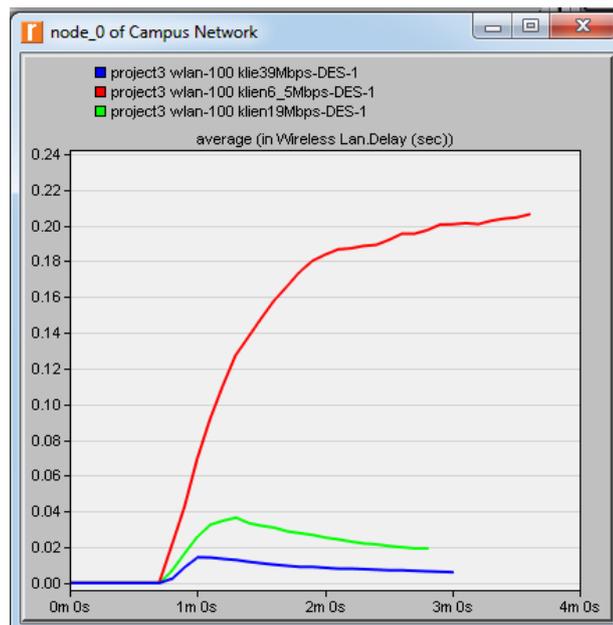


Gambar 3.4 Average Wireless Lan Data Dropped

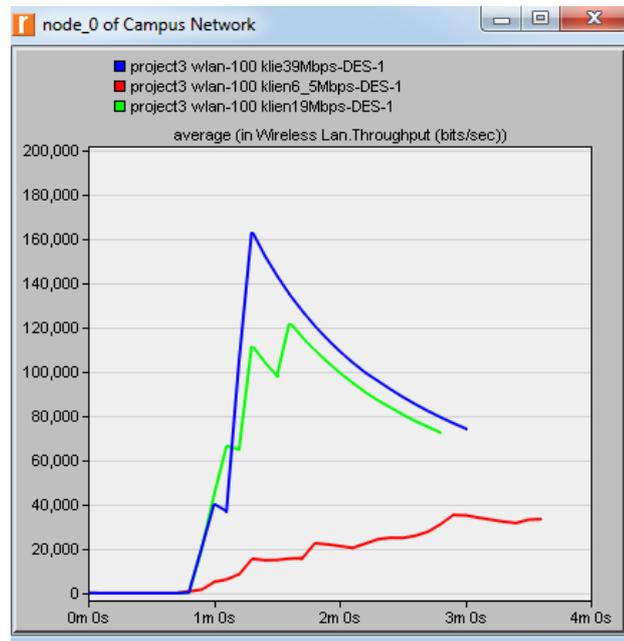


Gambar 3.5 Ethernet delay server

Pada percobaan berikut ini dilakukan untuk melihat apakah ada masalah *sharing Wireless LAN* sebanyak 100 client. Dalam percobaan ini dibuat beban kerja jaringan yang berbeda. Gambar 3.6 menunjukkan hasil percobaan dengan 100 *client*



Gambar 3.6 Average Wireless LAN Delay



Gambar 3.7 Average Wireless Lan Throughput

Tabel 4. Hasil Rate

Jumlah	data rate (Mb)		
	6,5	19,5	39
50 klien	160 ms	24 ms	6,4 ms
100 klien	200 s	36 ms	13 ms

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa *Wireless LAN IEEE 802.11n* dengan mudah dapat mendukung sampai 100 klien yang melakukan *browsing* akifitas tinggi terhadap *web e-learning*, penelitian ini berfokus pada perluasan *E-Learning* dan Web yang ada di suatu fakultas untuk mewakili beban kerja web yang lebih realistis. Sehingga pada penerapan di lapangan memudahkan administrator jaringan dalam merencanakan jaringan *e learning* di suatu fakultas.

5. SARAN

Hasil dari penelitian ini masih belum sempurna, oleh karena itu ada beberapa saran yang mungkin dapat menjadi masukan bagi yang ingin mengembangkan penelitian di bidang ini. Saran untuk pengembangan penelitian yang lain adalah sebagai berikut menggunakan lebih dari satu *access point* sehingga cakupan wilayah aplikasi ini lebih luas, jumlah klien yang diuji maksimalnya lebih dari klien, dalam penelitian berikutnya dapat lebih dari 100 klien, selain parameter pengukuran *delay*, *throughput* dan *http page response time* mungkin bisa menggunakan *packet loss*, *data dropped* dan parameter

lainnya dan penelitian selanjutnya juga bisa menggunakan *network simulator* (NS3) dan tipe wireless LAN yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. E. Hartley, *Selling e-learning*: American Society for Training and Development, 2006.
 - [2] G. D. Hantoro, "WiFi (Wireless LAN) Jaringan Komputer Tanpa Kabel," 2009.
 - [3] O. W. Purbo, P. Tanuhandaru, N. Noertam, and M. R. Djajadikara, "Jaringan Wireless di Dunia Berkembang," *Creative Commons Licence*, vol. 3, 2007.
 - [4] E. A. Kadir, A. Siswanto, and A. Syukur, "Performance analysis of wireless LAN 802.11 n standard for e-Learning," in *Information and Communication Technology (ICoICT), 2016 4th International Conference on*, 2016, pp. 1-6.
 - [5] A. Ghosh, A. Lasebae, and E. Ever, "Performance evaluation of wireless IEEE 802.11 (b) used for ad-hoc networks in an e-learning classroom network," 2009.
 - [6] A. S. Tanenbaum, "Computer networks, 4-th edition," *ed: Prentice Hall*, 2003.
 - [7] S. A. Najim, I. M. El Emary, and S. M. Saied, "Performance Evaluation of Wireless IEEE 802.11 b used for E-Learning Classroom Network," *IAENG International Journal of Computer Science*, vol. 34, 2007.
 - [8] D. L. A. Putra and A. Subhan, "Analisa Kinerja Implementasi Wireless Distribution System Pada Perangkat Access Point 802.11 G Menggunakan OpenWRT," *EEPIS Final Project*, 2011.
 - [9] T.-K. Tan and B. Bing, *The world wide Wi-Fi: technological trends and business strategies*: John Wiley & Sons, 2004.
 - [10] E. Tittel, "Schaum's Outline: Computer Networking (Jaringan Komputer)," *Jakarta: Erlangga*, 2002.
 - [11] B. Wang, J. Kurose, P. Shenoy, and D. Towsley, "Multimedia streaming via TCP: An analytic performance study," *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, vol. 4, p. 16, 2008.
-