



Optimalisasi Kualitas Jaringan WI-FI (Wireless Fidelity) di Lantai 4 Gedung Menara USM Menggunakan Ekahau Site Survey

Erlinasari^{a,1,*}, Elfira Nureza Ardina^{b,2}, Puri Muliandhi^{c,3}

^{abc} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Semarang, Semarang

¹²³ erlinasari@usm.ac.id, elfira_na@usm.ac.id, puri@usm.ac.id

* erlinasari@usm.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRAK

Article History

Submission : 02-17-2024

Revision : 03-19-2024

Accepted : 03-21-2024

Kata Kunci:

Wi-fi, Access Point, Signal Strngth, Cost231 Multiwall, Ekahau Site Survey

Seiring dengan meningkatnya jumlah penggunaan internet maka kebutuhan akan akses internet secara fleksibel semakin meingkat. Akses internet dapat dilakukan melalui media kabel maupun nirkabel. Sebuah koneksi Wi-Fi dibentuk menggunakan sebuah wireless adapter untuk menciptakan hotspot, yaitu area area disekitar wireless router atau acces point (AP) yang saling terkoneksi pada jaringan dan mengijinkan pengguna untuk mengakses internet. Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas sinyal dengan mengoptimasi dan merencanakan penambahan jumlah akses poin karena terdapat beberapa area yang belum terkover pada Lantai 4 gedung Menara USM. Untuk menentukan pengukuran parameter yang digunakan yaitu Signal Strength, Signal to Noise Ratio, Troughput dan Data Rate, sedangkan untuk metode yang digunakan yaitu walktest. Pada sebuah gedung terutama pada setiap ruangan kuat sinyal dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu frekuensi, jarak dan sekat/penghalang. Untuk itu pada penelitian menggunakan model propagasi COST231 Multiwall untuk menghitung link budget, jari-jari acces point, dan pathloss coverage area pada Lantai 4 gedung Menara USM. Hasil perhitungan disimulasikan menggunakan software Ekahau Site Survey untuk mengetahui area persebaran sinyal wi-fi, dari hasil perhitungan mendapatkan 16 access point untuk mengoptimlkan kualitas sinyal pada Lantai 4 Gedung Menara USM.

This is an open access article under license [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



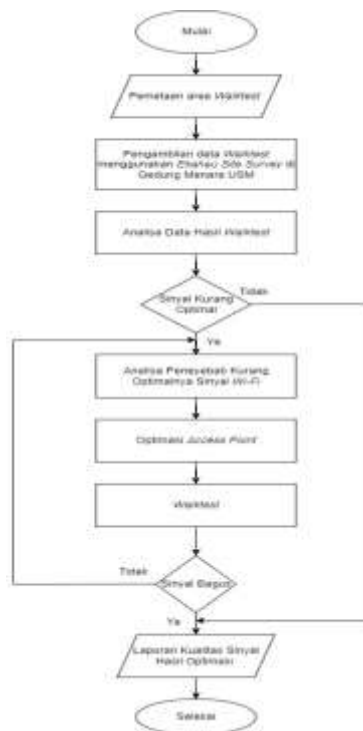
1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya jumlah penggunaan internet maka kebutuhan akan akses internet secara fleksibel semakin meingkat. Akses internet dapat dilakukan melalui media kabel maupun nirkabel (wireless). Sealah satu cara akses internet secara wireless adalah melalui Wireless Fidelity (Wi-Fi), Wi-Fi merupakan istilah dari beberapa jenis Wireless Local Area Network (WLAN). Sebuah koneksi Wi-Fi dibentuk menggunakan sebuah wireless adapter untuk menciptakan hotspot, yaitu area area disekitar wireless router atau acces point (AP) yang saling terkoneksi pada jaringan dan mengijinkan pengguna untuk mengakses internet.

Sebagai salah satu gedung baru Menara USM digunakan sebagai tempat sarana penunjang pembelajaran di lingkungan Universitas Semarang. Untuk dapat menunjang proses pembelajaran secara optimal di era perkembangan teknologi dan informasi yang semakin pesat, maka implementasi penggunaan Wi-Fi pada gedung dapat menunjang proses pembelajaran secara optimal. Akan tetapi di lingkup lantai 4 gedung menara USM yang dikategorikan sebagai gedung baru perencanaan pengimplementasian jaringan Wi-Fi masih belum terlalu optimal. Dimana masih terdapat beberapa titik yang kualitas jaringannya tidak tercapai dengan baik, seperti pada ruang ukm dan pelatihan komputer pada lantai 4 gedung menara USM.

Penelitian ini dilakukan di lantai 4 gedung menara USM dengan tujuan untuk mengetahui performansi kualitas jaringan Wi-Fi dan mengetahui apakah daya pancar dari setiap access point yang terpasang sudah mencakup ke semua area lantai 4 pada gedung. Berdasarkan hal tersebut maka judul Tugas Akhir ini adalah "Optimalisasi Sinyal Wi-Fi (Wireless Fidelity) di Lantai 4 Gedung Menara USM Menggunakan Ekahau Site Survey". Penelitian ini menggunakan metode walktest dan persamaan menggunakan rumus, untuk mengumpulkan sampel kualitas jaringan awal, metode walktest dilakukan dengan menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey dengan cara continuous survey berjalan mengitari seluruh ruangan untuk mengetahui performansi awal kualitas jaringannya, kemudian melakukan perencanaan menggunakan model propagasi COST-231 Multiwall dengan menghitung link budget, jari-jari access point, dan pat loss untuk mengetahui penempatan dan juga jumlah Access Point yang dibutuhkan, kemudian disimulasikan menggunakan perangkat lunak Ekahau Site Survey untuk mengetahui preformasi daya pancar access point.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1 diatas adalah *Flowchart* dalam metodologi penelitian yang telah dilaksanakan, dimana akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Mulai
2. Membuat pemetaan area yang akan dilakukan Walktest.
3. Melakukan pengambilan data walktest before pada gedung menara USM untuk mendapatkan nilai *Key Performance Indicator* dengan parameter *Troughput, Signal Strength, Data Rate, Signal to Noise Ratio*.
4. Menganalisa hasil walktest apakah nilai dari pengukuran menggunakan Ekahau *Site Survey* sudah sesuai dengan *Key Performance Indicator*.
5. Bagaimana kondisi kualitas sinyal pada gedung menara USM Lantai 4 apakah kualitas sinyal kurang optimal. Jika tidak maka akan langsung selesai, Jika iya maka akan dianalisa penyebab kualitas sinyal yang kurang optimal agar sesuai dengan parameter yang ditentukan.
6. Menganalisa penyebab kurang optimalnya kualitas sinyal.
7. Selanjutnya dilakukan optimasi kualitas sinyal sesuai dengan permasalahan yang terjadi yaitu dilakukan Walktest dengan menggunakan Software Ekahau *Site Survey*.
8. Setelah itu dilakukan Walktest After dengan menggunakan Software Ekahau *Site Survey* guna untuk mengecek hasil optimasi.
9. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan Software Ekahau *Site Survey* guna untuk memonitoring hasil Walktest apakah nilai hasil optimasi sudah mengalami improve atau belum, Jika iya maka akan melanjutkan membuat laporan dan jika tidak maka akan mengulang menganalisa penyebab kurang optimalnya kualitas sinyal yang sesuai dnegan parameter yang ditentukan.
10. Membuat data laporan kualitas sinyal.
11. Selesai

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui kualitas awal dari *Signal Strength, Signal to Noise Ratio (SNR), Throughput* dan *Data Rate*, maka perlu dilakukan pengamatan secara langsung di Lantai 4 Gedung Menara USM. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode walktestcontinuous survey. Walktest dilakukan dengan menggunakan laptop yang digunakan sebagai receiver dan aplikasi Ekahau *Site Survey* yang digunakan dengan menggunakan fitur walktest continous survey. Proses pengambilan data dilakukan selama satu bulan dengan mengambil maximum rate dan minimum rate. Pengambilan data maximum rate dilakukan pada pukul 09.00-10.00 WIB, sedangkan pengambilan data minimum rate dilakukan pada pukul 13.00-14.00 WIB.

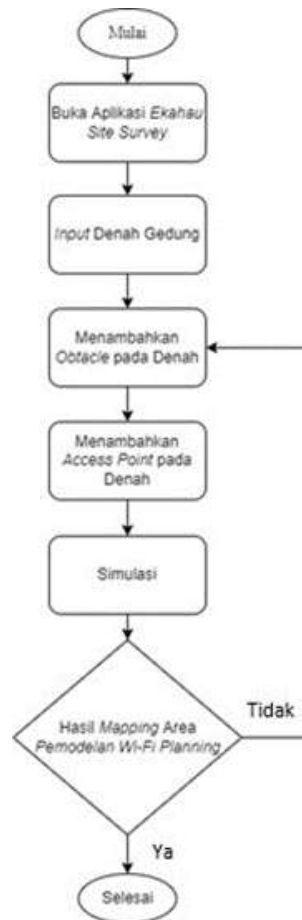
3.1. Simulasi Pemodelan Wi-Fi Menggunakan Ekahau *Site Survey*

Simulasi pemodelan Wi-Fi dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Ekahau *Site Survey*. Pada aplikasi Ekahau *Site Survey* dilengkapi dengan fitur planing. Fitur planning pada Ekahau *Site Survey* dapat digunakan untuk merencanakan simulasi pemodelan Wi-Fi untuk dapat mengetahui performansi kualitas jaringan pada pemodelan Wi-Fi yangtelah dirancang.

Untuk dapat melakukan pemodelan Wi-Fi menggunakan Ekahau *Site Survey* diperlukan denah bangunan yang direncanakan. Denah bangunan merupakan komponen utama yang

digunakan untuk melakukan proses planning simulasi peningkatan kualitas jaringan. Ekahau Site Survey banyak dilengkapi fitur penting yang dapat mendukung proses pemodelan Wi-Fi.

Penggunaan fitur planning pada aplikasi Ekahau Site Survey mempunyai banyak fitur pendukung, seperti material yang digunakan pada gedung yang dirancang, pilihan jenis material yang ingin digunakan cukup beragam seperti wall brick, dry wall, glass window dan yang lainnya. Ekahau Site Survey juga mempunyai banyak pilihan jenis access point seperti aruba, TP-LINK, Netgear, Linksys dan masih banyak lagi dengan berbagai tipe, Penggunaan aplikasi Ekahau Site Survey juga dapat digunakan untuk mengetahui hasil performansi kualitas jaringan Wi-Fi. Proses planning menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 3. *Flowchart* Simulasi Pemodelan Wi-Fi Menggunakan *Ekahau Site Survey*

Berikut langkah-langkah simulasi pemodelan Wi-Fi menggunakan aplikasi *Ekahau Site Survey*:

1. Membuka aplikasi *Ekahau Site Survey* yang sudah terinstal pada perangkat/laptop.
2. Setelah aplikasi *Ekahau Site Survey* terbuka, selanjutnya pilih fitur planning yang ada pada menu bar aplikasi *Ekahau Site Survey*.
3. Selanjutnya input denah yang digunakan sebagai tempat survei. Input denah dapat dilakukan dengan cara meng-klik tombol (+) yang ada pada tampilan *Ekahau Site Survey*, kemudian pilih tempat penyimpanan file denah yang telah disiapkan lalu tambahkan.

4. Setelah file denah berhasil ditambahkan, selanjutnya menambah obstacle/rintangannya yang ada pada area gedung. Penghalang berupa material dinding yang ada pada gedung, seperti wallbrick, dry wall, glass window dan lain sebagainya. Penambahan obstacle dapat dilakukan dengan cara meng-klik fitur obstacle pada menu bar Ekahau Site Survey, kemudian pilih jenis material yang ingin digunakan. Setelah itu gambar garis obstacle pada denah gedung yang sudah di input.
5. Selanjutnya menambahkan access point yang akan digunakan, proses penambahan access point dapat dilakukan dengan menekan tools access point yang pada menu bar Ekahau Site Survey, kemudian pilih jenis access point yang akan digunakan.
6. Apabila proses penambahan access point sudah selesai, selanjutnya klik tombol visualization simulation yang ada pada menu bar untuk dapat mengetahui hasil dari performansi kualitas jaringan pemodelan Wi-Fi yang telah dirancang.
7. Setelah itu, dapat dilihat hasil data dari mapping area pada proses planning pemodelan Wi-Fi yang sudah dilakukan, seperti signal strength, SNR, Throughput, Data Rate dan yang lainnya yang berupa presentase persebaran performansi kualitas jaringan.

Setelah data yang diinginkan berhasil didapat, maka proses planning pemodelan Wi-Fi menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey telah berhasil. Apabila ingin menyimpan hasil dari planning pemodelan Wi-Fi yang telah dirancang, maka tinggal mengklik fitur save yang ada pada menu bar Ekahau Site Survey.

3.2. Optimasi

Optimasi adalah upaya peningkatan kualitas jaringan internet yang dilakukan secara berkala dan berkelanjutan dalam pendistribusian kapasitas sistem layanan, dan coverage. Optimasi memiliki peranan penting untuk menstabilkan kualitas jaringan pada area yang mengalami penurunan kualitas jaringan secara signifikan. Tujuan umum optimasi adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan coverage antena dalam pendistribusian jaringan internet.
2. Meningkatkan Quality of Service (QoS) untuk menjaga kualitas sinyal.
3. Menstabilkan kualitas sinyal sesuai dengan standar parameter yang ditentukan.



Gambar 4. Mapping Signal Strength Maximum Rate hasil walktest

Gambar 4 memperlihatkan hasil mapping performansi kualitas jaringan Wi-Fi dengan parameter nilai signal strength kondisi maximum rate. Pada hasil mapping tersebut dapat dilihat bahwa performansi kualitas signal strength kondisi maximum rate masih belum terlalu

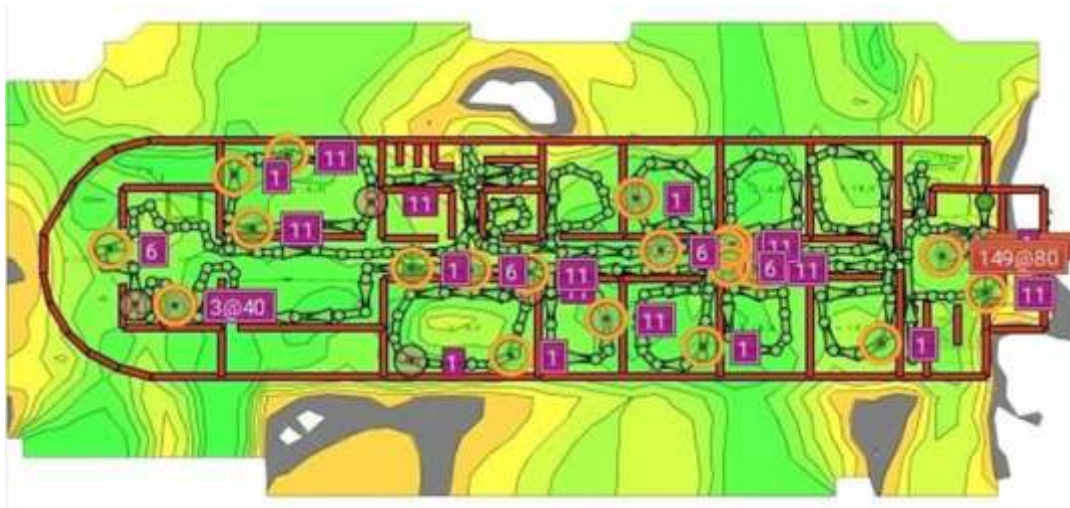
merata, dimana masih terdapat beberapa area yang ditandai dengan warna kuning pada map yang bertanda nilai signal strength pada area tersebut masih kurang baik.

Pada hasil mapping tersebut dapat dilihat untuk Ruang Dosen Teknik Elektro, Ruang Dosen Teknik Sipil, Ruang Dosen PWK, Ruang TU, Ruang Kelas 701, Ruang Kelas 702, Ruang Kelas 703, Ruang Kelas 704, Ruang Kelas 705, Ruang Kelas 706, Ruang Kelas 707, Ruang Kelas 708, Ruang Kelas 709, Ruang Dekan dan Ruang Wakil Dekan mempunyai hasil mapping berwarna hijau yang menandai performansi kualitas jaringan dengan parameter nilai signal strength sudah tercakup dengan baik pada area tersebut. Pada area depan TU, depan Ruang Dosen Elektro depan Ruang Dosen PWK dan depan Ruang Dosen Teknik Sipil dimana intensitas pengguna cukup banyak nilai dari signal strength pada area tersebut tergolong fair atau tidak cukup baik. Sedangkan pada area lorong, kamar mandi, musholla dan pojok ruang kelas mempunyai nilai hasil mapping poor yang menandai performansi kualitas jaringan dengan parameter nilai signal strength bernilai buruk dan tidak tercakup dengan baik

Berdasarkan data yang diambil, telah didapatkan nilai rata-rata dari signal strength minimum rate. Presentase nilai signal strength poor kurang dari -75 dBm sebesar 8,2%, presentase nilai signal strength fair pada -75 dBm sampai -61 dBm sebesar 28,8 %, presentase nilai signal strength good pada -60 dBm sampai -46 dBm sebesar 53,6 % dBm, dan nilai presentase signal strength excellent lebih dari -45 dBm sebesar 9,1%.

3.3. Kualitas Signal Strength Before Optimasi

Hasil analisa kualitas Signal Strength sebelum optimasi yang sudah dilakukan dengan metode walktest continous survey menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey telah didapatkan nilai rata-rata dari signal strength maximum rate. Presentase nilai signal strength poor kurang dari -75 dBm sebesar 19,5%, presentase nilai signal strength fair pada -75 dBm sampai -61 dBm sebesar 47,7 %, presentase nilai signal strength good pada -60 dBm sampai -46 dBm sebesar 24,4 dBm, dan nilai presentase signal strength excellent lebih dari -45 dBm sebesar 8,4%.



Gambar 5. Mapping Signal Strength Minimum Rate hasil Walktes

Gambar 5 memperlihatkan hasil mapping performansi kualitas jaringan Wi- Fi dengan parameter nilai signal strength kondisi minimum rate. Pada hasil mapping tersebut dapat dilihat bahwa performansi kualitas signal strength kondisi minimum rate masih belum terlalu

merata, dimana masih terdapat beberapa area yang ditandai dengan warna kuning pada map yang bertanda nilai signal strength pada area tersebut masih kurang baik.

Pada hasil mapping tersebut dapat dilihat untuk Ruang Dosen Teknik Elektro, Ruang Dosen Teknik Sipil, Ruang Dosen PWK, Ruang TU, Ruang Kelas 701, Ruang Kelas 702, Ruang Kelas 703, Ruang Kelas 704, Ruang Kelas 705, Ruang Kelas 706, Ruang Kelas 707, Ruang Kelas 708, Ruang Kelas 709, Ruang Dekan dan Ruang Wakil Dekan mempunyai hasil mapping berwarna hijau yang menandai performansi kualitas jaringan dengan parameter nilai signal strength sudah tercakup dengan baik pada area tersebut. Pada area lorong, kamar mandi, musholla dan pojok ruang kelas mempunyai nilai hasil mapping fair yang menandai performansi kualitas jaringan dengan parameter nilai signal strength memiliki nilai yang buruk dan tidak tercakup dengan baik.

Pada dasarnya hasil mapping dari signal strength kondisi minimum rate hampir sama dengan hasil mapping signal strength kondisi maximum rate, akan tetapi hasil mapping signal strength kondisi minimum rate mempunyai nilai yang lebih baik dibanding signal strength kondisi maximum rate, dimana beberapa area seperti depan Ruang TU, depan Ruang Dosen Teknik Elektro, depan Ruang Dosen PWK dan depan Ruang dosen Teknik Sipil yang biasanya intensitas pengguna tergolong banyak, namun pada kondisi minimum rate intensitas pengguna semakin sedikit. Hal ini menyebabkan hasil dari nilai signal strength kondisi minimum rate mempunyai nilai yang lebih baik dibanding nilai signal strength kondisi maximum rate. Presentase nilai signal strength poor kurang dari -75 dBm sebesar 17,4 %, presentase nilai signal strength fair pada -75 dBm sampai -61 dBm sebesar 4,1 %, presentase nilai signal strength good pada -60 dBm sampai -46 dBm sebesar 20,9% dBm, dan nilai presentase signal strength excellent lebih dari -45 dBm sebesar 9,3%.

Pada data hasil walktest nilai rata-rata pada kualitas signal strength hanya berbeda sedikit pada saat kondisi maximum dan minimum hanya selisih beberapa persen saja pada setiap indikatornya, namun pada kondisi minimum rate intensitas pengguna semakin sedikit. Hal ini menyebabkan hasil nilai signal strength pada kondisi minimum rate lebih baik dari pada nilai maximum rate.

3.4. Kualitas Signal to Noise Ratio (SNR) Before Optimasi

Analisa kualitas Signal to Noise Ratio (SNR) yang sudah dilakukan dengan metode walktest continous survey menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey. Berdasarkan data yang diambil, telah didapatkan nilai rata-rata dari SNR minimum rate. Presentase nilai SNR poor kurang dari 5 dB sebesar 2,6 %, presentase nilai SNR fair pada 10 dB sampai 20 dB sebesar 41 %, presentase nilai SNR good pada 60 dB sampai 70 dB sebesar 43 %, dan nilai presentase SNR excellent lebih dari 20 dB sebesar 13,8 %.

Pada data hasil walktest diatas menunjukkan pada saat kondisi signal to noise ratio (SNR) maximum rate dan minimum rate fair dan good hanya selisih beberapa persen saja sedangkan pada excellent tidak menunjukkan perbedaan nilai, sehingga pada penelitian ini perlu dilakukan optimasi agar mendapatkan kualitas sinyal yang lebih baik dan optimal sesuai parameter yang ditentukan.

3.5. Kualitas Troughput

Analisa kualitas Throughput yang sudah dilakukan dengan metode walktest continous survey menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey Berdasarkan data yang diambil, telah didapatkan nilai rata-rata dari Throughput maximum rate. Presentase nilai Throughput poor

kurang dari 50 Mbps sebesar 9,4 %, presentase nilai Throughput fair pada 51 Mbps sampai 125 Mbps sebesar 16,5%, presentase nilai Throughput good pada 126 Mbps sampai 200 Mbps sebesar 23,4 %, dan nilai presentase Throughput excellent lebih dari 200 Mbps sebesar 50,7 %. Berdasarkan data yang diambil, telah didapatkan nilai rata-rata dari Throughput minimum rate. Presentase nilai Throughput poor kurang dari 50 Mbps sebesar 9,7 %, presentase nilai Throughput fair pada 51 Mbps sampai 125 Mbps sebesar 16,9%, presentase nilai Throughput good pada 126 Mbps sampai 200 Mbps sebesar 21,1 %, dan nilai presentase Throughput excellent lebih dari 200 Mbps sebesar 52,3 %.

Pada data hasil walktest diatas menunjukkan pada saat kondisi throughput maximum rate dan minimum rate tidak menunjukkan perbedaan nilai atau bisa dikatakan hampir sama, sehingga pada penelitian ini perlu dilakukan optimasi agar mendapatkan kualitas sinyal yang lebih baik dan optimal sesuai parameter yang ditentukan.

3.6. Kualitas Data Rate

Analisa kualitas Data Rate yang sudah dilakukan dengan metode walktest continuous survey menggunakan aplikasi Ekahau Site Survey Berdasarkan data yang diambil, telah didapatkan nilai rata-rata dari Data Rate kondisi maximum rate. Presentase nilai Data Rate poor kurang dari 50 Mbps sebesar 10,6 %, presentase nilai Data Rate fair pada 51 Mbps sampai 125 Mbps sebesar 20,4 %, presentase nilai Data Rate good pada 126 Mbps sampai 200 Mbps sebesar 35,6 %, dan nilai presentase Data Rate Excellent lebih dari 200 Mbps sebesar 33,4 %. Berdasarkan data yang diambil, telah didapatkan nilai rata-rata dari Data Rate kondisi minimum rate. Presentase nilai Data Rate poor kurang dari 50 Mbps sebesar 8,6 %, presentase nilai Data Rate fair pada 51 Mbps sampai 125 Mbps sebesar 18,8 %, presentase nilai Data Rate good pada 126 Mbps sampai 200 Mbps sebesar 42,2 %, dan nilai presentase Data Rate excellent lebih dari 200 Mbps sebesar 30,4 %.

Pada data hasil walktest diatas menunjukkan pada saat kondisi data rate maximum rate dan minimum rate tidak menunjukkan perbedaan nilai atau bisa dikatakan hampir sama, sehingga pada penelitian ini perlu dilakukan optimasi agar mendapatkan kualitas sinyal yang lebih baik dan optimal sesuai parameter yang ditentukan.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilaksanakan, dapat disimpulkan:

1. Kualitas jaringan Wi-Fi di Lantai 4 gedung Menara USM dengan kondisi maximum rate sebelum dilakukan optimasi memiliki nilai Signal Strength dengan presentase excellent (8,4%), nilai excellent SNR (13,1%), nilai Troughput excellent (50,7%), nilai Data Rate excellent (33,4%). Untuk kondisi maximum rate setelah dilakukan optimasi memiliki presentase nilai Signal Strength excellent (19,3%), nilai excellent SNR (28,3%), nilai Troughput excellent (67,9%), nilai Data Rate excellent (69,1%).
2. Kualitas jaringan Wi-Fi di Lantai 4 gedung Menara USM dengan kondisi minimum rate sebelum dilakukan optimasi memiliki nilai Signal Strength dengan presentase excellent (9,3%), nilai excellent SNR (13,8%), nilai Troughput excellent (52,3%), nilai Data Rate excellent (30,4%). Untuk kondisi minimum rate setelah dilakukan optimasi memiliki presentase nilai Signal Strength excellent (25,7%), nilai excellent SNR (37,1%), nilai Troughput excellent (55,6%), nilai Data Rate excellent (54,4%).

3. Berdasarkan perhitungan menggunakan model propagasi COST-231 Multiwall dengan menghitung pathloss dan jari-jari access point, telah didapatkan jumlah access point yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan performansi kualitas jaringan di Lantai 4 gedung Menara USM yaitu sebanyak 16 buah access point.
4. Preformasi kualitas jaringan Wi-Fi yang kurang optimal pada beberapa tempat dipengaruhi oleh penempatan access point yang kurang optimal, sehingga terdapat beberapa area yang kualitas jaringannya belum cukup baik dan obstacle pada gedung juga mempengaruhi kualitas jaringan dikarenakan memiliki nilai atenuasi yang dapat mengurangi performansi kualitas jaringan Wi-Fi.
5. Dengan adanya optimasi pada access point dapat diketahui bahwa kualitas sinyal pada Lantai 4 gedung Menara USM masih kurang optimal sehingga perlu penambahan access point.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Klaus and P. Horn, *Robot Vision*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986 (Example citation for books)
- [2] L. Stein, "Random patterns," in *Computers and You*, J. S. Brake, Ed. New York: Wiley, 1994, pp. 55-70 (Example for a chapter in a book)
- [3] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, 2nd ed. Reading, MA: Addison Wesley, 2003. [E-book] Available: Safari e-book (Example for e-books)
- [4] J. U. Duncombe, "Infrared navigation - Part I: An assessment of feasibility," *IEEE Trans. Electron. Devices*, vol. ED-11, pp. 34-39, Jan. 1959 (Example for a journal article)
- [5] T. Brunschwiler et al., "Formulation of percolating thermal underfills using hierarchical self-assembly of microparticles and nanoparticles by centrifugal forces and capillary bridging," *J. Microelectron. Electron. Packag.*, vol. 9, no. 4, pp. 149-159, 2012, doi: 10.4071/imaps.357 (Example for a journal article with doi number)
- [6] H. K. Edwards and V. Sridhar, "Analysis of software requirements engineering exercises in global virtual team setup," *Journal of Global Information Management*, vol. 13, no. 2, p. 21+, April-June 2005. [Online]. Available: Academic OneFile, <http://find.galegroup.com>. [Accessed May 31, 2005] (Example for an e-journal article extracted from a database)
- [7] A. Altun, "Understanding hypertext in the context of reading on the web: Language learners' experience," *Current Issues in Education*, vol. 6, no. 12, July 2003. [Online]. Available: <http://cie.ed.asu.edu/volume6/number12/>. [Accessed Dec. 2, 2004] (Example for an e-journal article extracted from the internet)
- [8] L. Liu and H. Miao, "A specification-based approach to testing polymorphic attributes," in *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA, November 8-12, 2004, J. Davies, W. Schulte, M. Barnett, Eds. Berlin: Springer, 2004. pp. 306-19 (Example for a conference paper)
- [9] T. J. van Weert and R. K. Munro, Eds., *Informatics and the Digital Society: Social, ethical and cognitive issues: IFIP TC3/WG3.1&3.2 Open Conference on Social, Ethical and*

-
- Cognitive Issues of Informatics and ICT, July 22-26, 2002, Dortmund, Germany. Boston: Kluwer Academic, 2003 (Example for conference proceedings)
- [10] G. Veruggio, "The EURON roboethics roadmap," in Proc. Humanoids '06: 6th IEEE-RAS Int. Conf. Humanoid Robots, 2006, pp. 612–617, doi: 10.1109/ICHR.2006.321337 (Example for conference paper or proceedings with doi number)
- [11] J. Riley, "Call for a new look at skilled migrants," *The Australian*, p. 35, May 31, 2005. [Online]. Available: Factiva, <http://global.factiva.com>. [Accessed May 31, 2005] (Example for newspaper article)
- [12] J. H. Davis and J. R. Cogdell, "Calibration program for the 16-foot antenna," *Elect. Eng. Res. Lab., Univ. Texas, Austin, Tech. Memo. NGL-006-69-3*, Nov. 15, 1987 (Example for technical report)
- [13] J. P. Wilkinson, "Nonlinear resonant circuit devices," U.S. Patent 3 624 125, July 16, 1990 (Example for a patent)
- [14] IEEE Criteria for Class IE Electric Systems, IEEE Standard 308, 1969 (Example for a standard)
- [15] J. O. Williams, "Narrow-band analyzer," PhD dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993 (Example for a thesis)