

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM MONITORING MENGGUNAKAN SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL (SNMP) PADA GEDUNG A,N,O DI JARINGAN TELKOM UNIVERSITY

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF MONITORING SYSTEM USING SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL (SNMP) ON A, N, O BUILDING AT TELKOM UNIVERSITY NETWORKS

Mohammad Rizky Pratama¹, Dr. Ir. Rendy Munadi, M.T.², Hafidudin, S.T., M.T.³

¹²³Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Prodi S2 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hammadr@student.telkomuniversity.ac.id, ²rendymunadi@telkomuniversity.ac.id,

³hafidudin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Monitoring jaringan komputer adalah proses pengumpulan dan melakukan analisis terhadap data – data yang terjadi pada lalu lintas jaringan. Pada penelitian ini dirancang sebuah aplikasi *monitoring* yang berbasis *cacti* yang diimplementasikan dalam jaringan kampus Telkom University yang terjadi pada gedung A, gedung N, dan gedung O yang bertujuan untuk memonitor kondisi trafik dengan parameter pengukuran yaitu: CPU *usage*, trafik besaran data, dan *latency*. Didapatkan hasil pengukuran dalam penelitian ini dengan nilai rata-rata penggunaan CPU pada gedung A di minggu ke-1 dan ke-2 yaitu 34 % dan 34 % sedangkan pada gedung N di minggu ke-1 dan ke-2 yaitu 35% dan 35%. Untuk parameter pengukuran trafik besaran data didapatkan hasil total nilai trafik *inbound* lebih besar dibandingkan *outbound* disetiap gedungnya. Dan untuk parameter pengukuran *latency* dapat dilihat bahwa nilai rata-rata *latency* secara keseluruhan di setiap gedungnya masih dalam kategori sangat bagus dengan nilai dibawah 150 ms. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kondisi jaringan di Telkom University pada gedung A, gedung N, dan gedung O masih dalam kategori normal dengan melihat hasil parameter yang telah diukur dengan menggunakan software monitoring berbasis *cacti*.

Kata kunci: Monitoring jaringan, CPU *Usage*, Trafik Besaran Data, *Latency*.

Abstract

Computer network monitoring is the process of collecting and analyzing data that occurs in network traffic. In this research, designed application of monitoring system based on *cacti*, which implemented in Telkom University network that occurs in building A, building N, and building O which aims to monitor traffic conditions with measurement parameters: CPU usage, data traffic, and latency. Obtained results of measurement in this case with the average value of CPU usage in building A at week 1 and 2 that is 34% and 34% while in building N at week 1 and 2 that is 35% and 35% . For traffic measurement parameter of data traffic got result of total value of inbound traffic bigger than outbound in every building. And for latency measurement parameters it can be seen that the mean overall latency value in each building is still in very good category with value below 150 ms. From the results of this case can be concluded that network conditions in Telkom University in building A, building N, and building O still in the normal category by looking at the parameters that have been measured by using software monitoring based on *cacti*.

Keyword: Network Monitoring, CPU *Usage*, Data Traffic, *Latency*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Teknologi jaringan komputer telah berkembang dengan sangat cepat, hampir semua instansi di dunia telah memanfaatkan teknologi jaringan sebagai pendukung dari perkembangan teknologi informasi yang mereka gunakan. Infrastruktur jaringan komputer adalah bagian yang paling pokok yang harus senantiasa tersedia dan dijaga kestabilan operasionalnya, contohnya lalu lintas (traffic) dari infrastruktur jaringan tersebut.

Dengan perkembangan teknologi informasi pada saat sekarang ini para administrator jaringan dituntut untuk bekerja dengan cepat, handal, dan profesional ketika terjadi masalah pada lalu lintas (traffic) infrastruktur jaringan yang ditanganinya. Sementara itu disisi lain para administrator jaringan tidak selamanya berada di kantor untuk memonitoring unjuk kerja dan lalu lintas infrastruktur jaringan. Masalah yang terjadi pada operasional jaringan akan mengakibatkan kerugian yang tidak kecil, terutama pada instansi-instansi yang memanfaatkan teknologi jaringan tersebut.

Dari permasalahan tersebut maka diperlukan suatu aplikasi monitoring traffic jaringan yang mampu memantau jaringan intranet atau internet suatu instansi yang dapat mudah diakses dimanapun, sehingga para administrator jaringan dapat dengan mudah memantau aktivitas jaringan yang menjadi tanggung jawabnya walaupun dia tidak sedang berada di kantor, karena pada umumnya letak dari peralatan infrastruktur jaringan sebuah instansi tidak terletak pada satu lokasi saja. Oleh karena itu para administrator membutuhkan layanan yang dapat mempermudah pekerjaannya dalam memonitoring jaringan yang ditanganinya.

Dengan dibuatnya aplikasi sistem monitoring berbasis cacti diharapkan dapat membantu administrator jaringan komputer untuk mengetahui, memantau dan menjaga stabilitas lalu lintas (traffic) dari suatu jaringan intranet maupun internet melalui web. Sehingga administrator tidak perlu lagi merasa khawatir apabila tidak sedang berada di kantor atau instansi.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

- Bagaimana merancang sebuah aplikasi sistem monitoring dengan menggunakan cacti?
- Perangkat atau *software* apa saja yang digunakan dalam membangun aplikasi sistem monitoring dengan menggunakan cacti?
- Bagaimana mengukur *Quality of Service* sebuah jaringan dengan parameter *CPU Usage*, Trafik Jaringan Besar Data, *Latency*?

1.3 Maksud dan Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah telah berhasil dirancang dan membangun sebuah aplikasi monitoring jaringan sehingga memberikan kemudahan pada admin dalam memantau kondisi trafik dan koneksi jaringan dengan parameter yang diukur dalam aplikasi monitoring ini yaitu *CPU Usage*, Trafik Jaringan Besar Data, *Latency*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Monitoring Jaringan Komputer^[1]

Monitoring jaringan komputer adalah proses pengumpulan dan melakukan analisis terhadap data – data pada lalu lintas jaringan dengan tujuan memaksimalkan seluruh sumber daya yang dimiliki jaringan komputer. Monitoring jaringan ini merupakan bagian dari manajemen jaringan. Monitoring jaringan komputer dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- Connection Monitoring

Connection monitoring adalah teknik monitoring jaringan yang dapat dilakukan dengan melakukan tes ping antara monitoring station dan device target, sehingga dapat diketahui apabila koneksi terputus.

- Traffic Monitoring

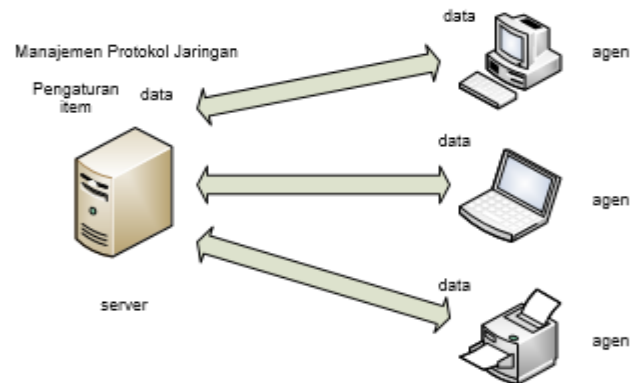
Traffic monitoring adalah teknik monitoring jaringan dengan melihat paket actual dari trafik pada jaringan dan menghasilkan laporan berdasarkan trafik jaringan.

Tujuan dari monitoring jaringan komputer adalah untuk mengumpulkan informasi yang berguna dari berbagai bagian jaringan sehingga jaringan dapat diatur dan dikontrol dengan menggunakan informasi yang telah terkumpul. Dengan begitu diharapkan jika terjadi masalah dalam jaringan akan cepat diketahui dan diperbaiki sehingga stabilitas jaringan lebih terjamin.

2.2 Network Management System^[6]

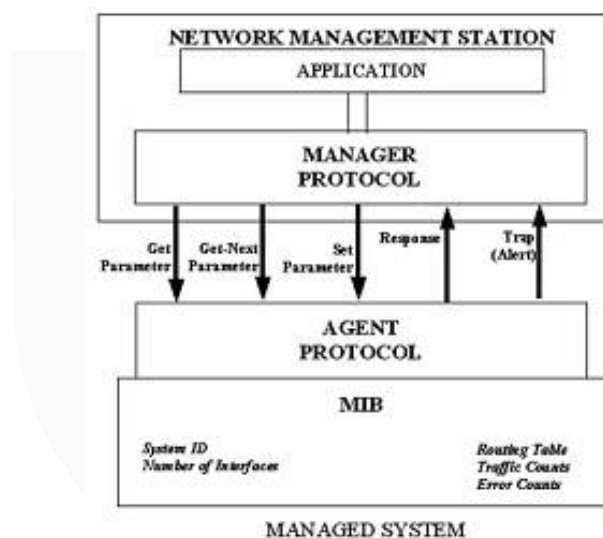
Network Management System (NMS) adalah sistem yang digunakan untuk mengatur dan memantau perangkat-perangkat jaringan berbasis Internet Protocol (IP). Ada banyak perangkat-perangkat jaringan, sebagai contoh : router, switch, pc, server, dan perangkat jaringan lainnya. Pada NMS, administrator jaringan dapat mengelola layanan jaringan secara jarak jauh. Hal ini sangat penting, karena dengan adanya NMS, pekerjaan administrator akan menjadi lebih ringan dalam mengawasi dan mengatur keadaan sistem dan perangkat jaringan. Untuk menguji konektivitas dari klien ke server atau sebaliknya, admin cukup menggunakan perintah PING. Hasil dari perintah tersebut akan menunjukkan interface perangkat yang di cek hidup atau mati. Data yang dikumpulkan pada umumnya merupakan data berdasarkan waktu sebenarnya. Berdasarkan Ipswitch (2010), ada beberapa alasan menggunakan aplikasi pemantauan jaringan, yaitu :

- Mengetahui apa saja aktivitas dalam jaringan.
- Rencana pengembangan jaringan.
- Memastikan pengguna terkoneksi dengan server.
- Mendapatkan informasi status jaringan secara jarak jauh.

Gambar 2.1 Proses di dalam *Network Management System*^[6]

2.3 SNMP (*Simple Network Management Protocol*)^[1]

SNMP ini adalah sebuah protocol yang digunakan untuk memonitor peralatan – peralatan jaringan seperti server, router, switch dan peralatan server lain. Dan untuk melakukan monitoring tentunya SNMP juga mendukung hubungan client server dimana program client disebut dengan Network Manager yang membentuk virtual connection ke server yang disebut SNMP Agent. Agent ini akan terpasang pada setiap peralatan (server, router, switch atau peralatan lain) yang mana Agent ini akan menerima message (data) dari Manager. Agent akan menerima message dan mengirim tanggapan ke Manager. Agent tidak perlu menunggu permintaan untuk dilaksanakan jika ada masalah tertentu yang sangat serius, dan Agent akan mengirimkan peringatan kepada Manager untuk memberikan tanggapan. Dibawah ini adalah gambar interaksi antara Agent dan Manager.

Gambar 2.2 Interaksi Agent Dan Manager^[5]

Manager disini akan berfungsi sebagai stasiun manajemen yang akan mengirim pesan ke Agent dan menerima Trap dan Response.

Komponen utama dalam proses manajemen jaringan TCP/IP terdiri dari tiga elemen,

- Agen SNMP

Agen SNMP adalah perangkat pada jaringan yang akan diamati atau dipantau dan dikelola oleh manager SNMP. Setiap dari agen akan merespon dan menjawab permintaan dari manager SNMP.

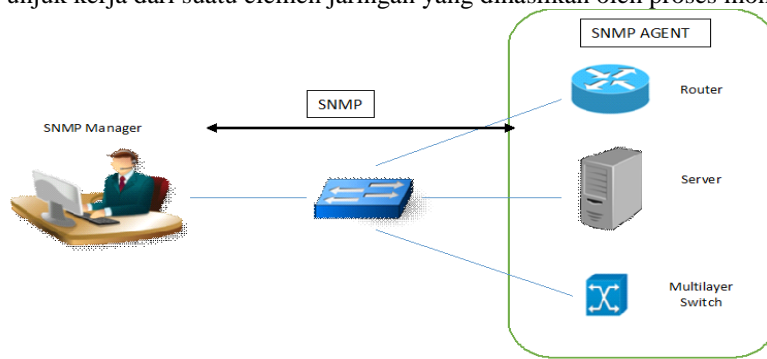
- Management Information Base (MIB)

MIB merupakan struktur database dari perangkat jaringan (managed device) yang dikelola. Struktur ini mempunyai basis data yang bersifat hirarki dan memiliki aturan-aturan, sehingga setiap perangkat dapat dikelola dan ditetapkan dengan baik. MIB diakses menggunakan protokol SNMP. MIB terdiri dari perangkat jaringan yang diidentifikasi oleh object identifier (OID). Sebuah OID akan secara unik mengidentifikasi sebuah perangkat jaringan di hirarki MIB.

- Manager SNMP

Merupakan software yang berjalan di sebuah host di jaringan. Bertugas meminta informasi ke Agen. Manager biasanya tidak meminta semua informasi yang dimiliki oleh agen, tetapi hanya meminta informasi tertentu saja yang akan digunakan untuk mengamati unjuk kerja jaringan. Manager biasanya menggunakan komputer yang

memiliki tampilan grafis dan berwarna sehingga selain dapat menjalankan fungsinya sebagai Manager, dan juga untuk melihat grafik unjuk kerja dari suatu elemen jaringan yang dihasilkan oleh proses monitoring.



Gambar 2.3 SNMP Manager Dan SNMP Agent

SNMP terdiri dari dua jenis yakni:

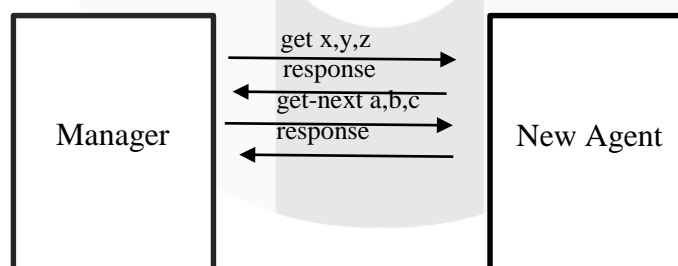
- Network Management Station, yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan untuk pengumpulan dan analisa dari data manajemen jaringan.
- Peralatan yang dimanage menjalankan SNMP agent, yaitu proses background yang memonitor peralatan tersebut dan mengkomunikasikannya ke network management station.

2.3.1 Perintah dasar SNMP

Untuk memenuhi dari apa yang dibutuhkan untuk mendapatkan data pada peralatan yang dimonitor, SNMP memasukkan beberapa perintah dasar ke dalam library, diantaranya adalah :

- Get-request, digunakan untuk meminta data pada MIB variable.
- Get-next-request, digunakan untuk meminta data selanjutnya secara berurutan pada MIB variable. Perintah ini sering digunakan pada saat pengambilan data pada table. Setelah menggunakan get-request, maka untuk melanjutkan pengambilan data selanjutnya dalam table digunakan get-next-request.
- Set-request, digunakan untuk memperbaharui (update) nilai dalam MIB.
- Get-response, berfungsi untuk memberikan respon atau tanggapan setelah perintah get-request, get-next-request dan set-request.
- Trap, digunakan untuk memberikan peringatan jika aplikasi atau peralatan berjalan tidak normal.

Pada dasarnya, Manager tidak mengetahui variabel apa saja yang ada, manager akan menggunakan fungsi – fungsi tersebut diatas dan kemudian akan mendapatkan tanggapan. Tanggapan inilah yang dimengerti oleh Manager sehingga data bisa digunakan. Secara garis besar dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2.4 Interaksi Perintah Dasar Pada SNMP

2.4 Quality Of Services^[2]

Quality of Service (QoS) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu servis. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis. QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda.

Berdasarkan definisi diatas, dapat disimpulkan QoS (Quality of Service) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan bandwidth, mengatasi jitter dan delay. Parameter QoS diantara lain latency, jitter, packet loss, throughput.

- Latency^[8]

Latency adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Menurut versi TIPHON (Joesman 2008), besarnya delay dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kategori Latency^[8]

Kategori Latency	Besar Latency	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

(Sumber : TIPHON)

Persamaan perhitungan Latency^[8] :

$$\text{Latency rata-rata} = \frac{\text{Total Latency}}{\text{Paket Data Yang Diterima}}$$

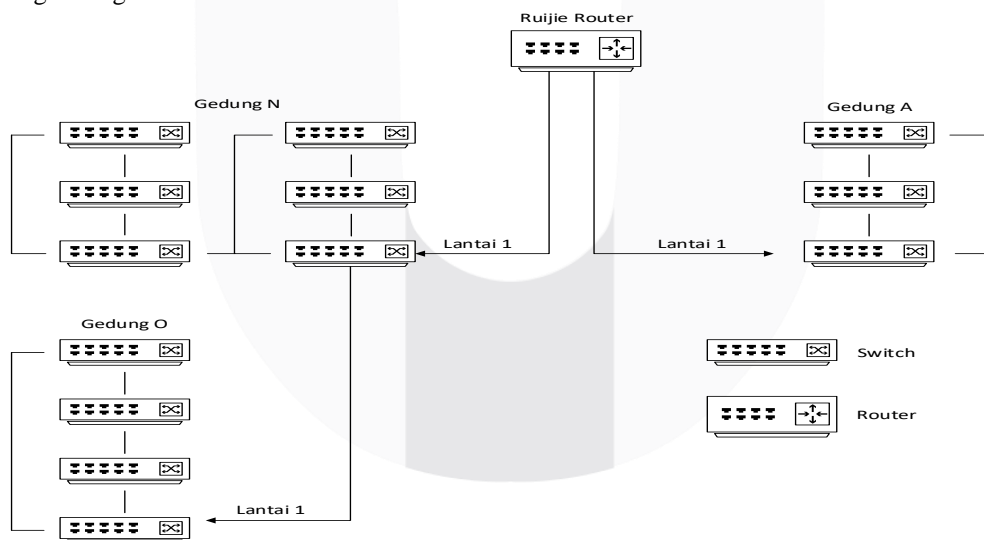
2.5 Cacti

Cacti adalah salah satu software yang digunakan untuk keperluan monitoring yang banyak digunakan saat ini. Cacti menyimpan semua data/informasi yang diperlukan untuk membuat grafik dan mengumpulkannya dengan database MySQL. Untuk menjalankan cacti diperlukan software pendukung seperti MySQL, PHP, RRDTool, net-snmp, dan sebuah webserver yang support PHP seperti Apache atau IIS.

Cacti merupakan salah satu aplikasi open source yang memberikan solusi pembuatan grafik network yang lengkap yang *didesign* untuk memanfaatkan kemampuan fungsi RRDTool sebagai penyimpanan data dan pembuatan grafik. Cacti menyediakan pengumpulan data yang cepat, pola grafik advanced, metoda perolehan multiple data, dan fitur pengelolaan user. Semuanya dikemas secara intuitif, sebuah interface yang mudah digunakan dan mudah dipahami untuk local area network hingga network yang kompleks dengan ratusan device. Dengan menggunakan cacti kita dapat memonitor trafik yang mengalir pada sebuah server.

3. PERANCANGAN SISTEM

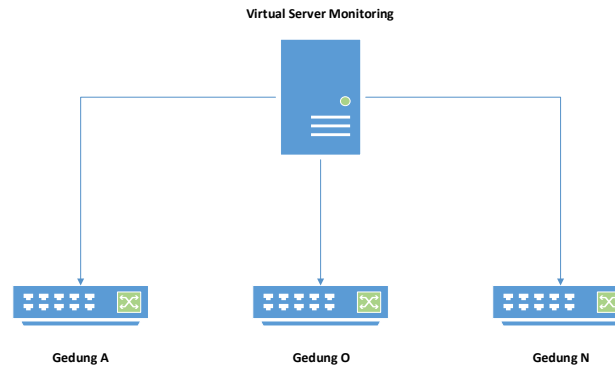
3.1 Topologi Jaringan



Gambar 3.1. Topologi Jaringan Pada Gedung O, Gedung N, Gedung A

Pada Gambar 3.1 merupakan sebuah topologi jaringan yang terdapat pada gedung O, gedung N, gedung B. Gedung O memiliki 4 lantai dan setiap lantainya terdapat satu buah switch, sedangkan pada Gedung N terdapat 3 lantai dan setiap lantainya memiliki dua buah switch, kemudian untuk Gedung B terdapat 3 lantai dan setiap lantainya terdapat satu buah switch. Ruijie Router digunakan sebagai *core* penghubung antar gedung O, gedung N, dan gedung A. Letak *core network* pada setiap gedung terletak di lantai 1.

3.2 Arsitektur Sistem



Gambar 3.2 Arsitektur Sistem Monitoring

Pada Gambar 3.2 menggambarkan arsitektur monitoring yang dibangun. Pusat pengujian hanya pada Gedung O, Gedung N, dan Gedung A. Kemudian untuk server diletakkan pada Gedung O. Untuk konfigurasinya Gedung O menggunakan IP x.x.x.x, sedangkan Gedung N menggunakan IP x.x.x.x dan untuk gedung A menggunakan IP x.x.x.x, IP tersebut bersifat rahasia sehingga tidak dapat dicantumkan secara umum..

Pengujian dilakukan untuk memantau kondisi trafik yang melalui sebuah perangkat *switch* diatas yang diakses oleh *client* (mahasiswa/dosen/staff/dsb) dengan tujuan apabila terjadi *overload request* dapat dilakukan penanganan secara dini.

3.3 Blok Sistem



Gambar 3.2. Blok Sistem Monitoring

Pada gambar 3.2 merupakan blok sistem dimana dilakukannya sebuah tahapan dalam memonitoring sebuah jaringan dengan menggunakan cacti. Monitoring jaringan dapat dilakukan apabila status perangkat yang dimonitor telah “Up”, namun apabila status perangkat sedang “Down” maka perlu adanya pemulihan/*maintenance* atau dilakukan konfigurasi ulang.

4. HASIL ANALISA KESELURUHAN

Pada penelitian kali ini didapatkan hasil analisa secara keseluruhan yang dilakukan selama 2 (dua) minggu pada gedung N, gedung O, gedung A Kampus Telkom University

- Latency

Berikut ini merupakan tabel rata-rata hasil pengukuran latency secara keseluruhan yang dilakukan antar gedung A, gedung N, gedung O.

Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata Pengukuran Latency Secara Keseluruhan di Setiap Gedung

Letak Gedung	Minggu Ke-1	Minggu Ke-2
Gedung O ke Gedung A	4.46 ms	5.95 ms
Gedung O ke Gedung N	4.81 ms	5.97 ms

Pada Tabel 4.1 merupakan rata-rata hasil monitoring latency secara keseluruhan disetiap gedung dengan periode waktu selama 2 (dua) minggu. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata latency secara keseluruhan di setiap gedungnya masih dibawah nilai 150 ms. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi latency yang terjadi disetiap gedung masih dalam kategori sangat bagus berdasarkan standar TIPHON.

- CPU Usage

Berikut ini merupakan tabel rata-rata hasil pengukuran *CPU Usage* secara keseluruhan yang dilakukan pada gedung A, gedung N, gedung O.

Tabel 4.2 Hasil Rata-Rata Pengukuran *CPU Usage* Secara Keseluruhan di Setiap Gedung

Letak Gedung	Minggu Ke-1	Minggu Ke-2
Gedung A	34 %	34 %
Gedung N	35 %	35 %

Pada Tabel 4.2 merupakan rata-rata hasil monitoring *CPU Usage* secara keseluruhan disetiap gedung dengan periode waktu selama 2 (dua) minggu. Dapat dilihat bahwa nilai rata-rata penggunaan CPU pada gedung A di minggu ke-1 dan ke-2 yaitu 34 % dan 34 % sedangkan pada gedung N di minggu ke-1 dan ke-2 yaitu 35% dan 35%. Dalam kondisi tersebut dapat dikategorikan penggunaan CPU masih dalam keadaan normal dikarenakan nilai *threshold* yang digunakan sebagai acuan apabila diperlukan adanya penanganan lebih lanjut pada jaringan kampus Telkom University yaitu sebesar 80%.

- Trafik Besaran Data

Berikut ini merupakan tabel total hasil pengukuran trafik secara keseluruhan yang dilakukan pada gedung A, gedung N, gedung O.

Tabel 4.3 Hasil Rata-Rata Pengukuran Trafik Secara Keseluruhan di Setiap Gedung

Letak Gedung	Minggu Ke- 1		Minggu Ke- 2	
	Inbound	Outbound	Inbound	Outbound
Gedung A	541.14 Gigabytes	43.00 Gigabytes	715.19 Gigabytes	59.09 Gigabytes
Gedung N	593.11 Gigabytes	48.22 Gigabytes	1.38 Terabytes	91.8 Gigabytes
Gedung O	203.19 Gigabytes	17.46 Gigabytes	412.05 Gigabytes	39.92 Gigabytes

Pada tabel 4.3 merupakan total nilai hasil monitoring Trafik besaran data secara keseluruhan disetiap gedungnya dengan periode waktu selama 2 (dua) minggu. Dapat dilihat bahwa total nilai trafik inbound lebih besar dibandingkan outbound disetiap gedungnya. Hal ini mengindikasikan bahwa *user* yang terdapat di gedung tersebut, yang terkoneksi dengan jaringan lebih sering melakukan *download* dibandingkan dengan *upload*.

Dilihat dari gedung A, gedung N, gedung O nilai tertinggi terjadi pada gedung N di setiap minggunya, dengan total nilai inbound selama 2 minggu sebesar 1.97311 Terabytes dan outbound sebesar 140.02 Gigabytes. Hal ini terjadi dikarenakan kondisi di gedung N terdapat laboratorium FTE dimana merupakan tempat melakukan riset oleh setiap mahasiswa FTE (Fakultas Teknik Elektro).

5. Kesimpulan

Dari hasil implementasi pengujian dan pengukuran aplikasi monitoring menggunakan Cacti, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Rata-rata pengukuran latency di minggu ke-1 dan ke-2 dari gedung O ke gedung A yaitu 4.46 ms dan 5.95 ms, gedung O ke gedung N yaitu 4.81 ms dan 5.97 ms.
2. Rata-rata penggunaan CPU pada gedung A di minggu ke-1 dan ke-2 sebesar 34% dan 34%. Sedangkan pada gedung N di minggu ke-1 dan ke-2 sebesar 35% dan 35% dengan kondisi tersebut mengindikasikan bahwa nilai CPU *usage* masih dalam keadaan normal.
3. Total hasil pengukuran trafik besaran data pada gedung A di minggu ke-1 dan minggu ke-2 sebesar 1.25633 Terabytes untuk inbound dan 102.09 Gigabytes untuk outbound.
4. Total hasil pengukuran trafik besaran data pada gedung N di minggu ke-1 dan minggu ke-2 sebesar 1.97311 Terabytes untuk inbound dan 140.02 Gigabytes untuk outbound.
5. Total hasil pengukuran trafik besaran data pada gedung O di minggu ke-1 dan minggu ke-2 sebesar 615.24 Gigabytes untuk inbound dan 57.38 Gigabytes untuk outbound.
6. Kondisi keseluruhan Jaringan pada gedung A, gedung N, dan gedung O masih dalam kategori normal dengan melihat parameter yang telah diukur dengan menggunakan software monitoring berbasis cacti.

Daftar Pustaka:

- [1] R. S. Saputra, Perancangan Dan Implementasi Aplikasi Sistem Monitoring Jaringan Berbasis Web (Studi Kasus Telkom University), Bandung, 2016.
- [2] Yanto, "Analisi QoS (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura)," 2013.
- [3] Abubucker Samsudeen Shaffi and Mohammed Al-Obaidy, "Managing Network Components Using SNMP," International Journal of Scientific Knowledge , 2013
- [4] Goeritno, "Analisis Dan Implementasi Sistem Monitoring Lalu Lintas Paket Data Internet Menggunakan Cacti, JFFNMS, Dan The Dude," Surakarta, 2013.
- [5] Esad Saitović and Ivan Ivanović , Network Monitoring and Management, Produced by AMRES led working group on network monitoring , February 2011.
- [6] Anggit Wulandoro, Fitriyani, Galih Nugraha Nurkahfi, "Desain, Implementasi, Dan Analisis Network Management System (NMS) Berbasis Cacti," Universitas Telkom, 2016.
- [7] Budiarjo S, "Implementasi Monitoring Cacti, Autentikasi Radius, Dan Notifikasi E-Mail Pada Perangkat Cisco," Universitas Telkom, Bandung, 2017.
- [8] Rafiullah Khan, Sarmad Ullah Khan, Rifaqat Zaheer and Muhammad Inayatullah Babar , "An Efficient Network Monitoring and Management System," International Journal of Information and Electronics Engineering, January 2013.