

PEMANTAUAN ROUTER CPE PADA JARINGAN METRO ETHERNET MENGGUNAKAN ZABBIX BERBASIS RASPBERRY PI

Aris Hartono, Unan Yusmaniar Oktiawati
PT. Multipolar Technology Tbk, Jakarta
Departemen Teknik Elektro dan Informatika,
Sekolah Vokasi
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
aris.hartono@multipolar.com, unan_yusmaniar@ugm.ac.id

Abstract – The development of information and communication technology, especially in this digital era, demands communication takes place quickly and the management of network connectivity efficiently and effectively. In line with this, PT Indonesia Comnets Plus have built the Metro Ethernet network which is an ethernet network technology implemented in a metropolitan area (big cities). The company provides an internet network due to providing the best quality network is compulsory. Hence, we need a Metro Ethernet network monitoring system with the aim of being able to know the performance and problems efficiently and in real time. One of the open source based applications used for network monitoring is Zabbix. This study aims to create and test the performance of Raspberry Pi in the Metro Ethernet network monitoring system at PT Indonesia Comnets Plus with the case study of DISKOMINFO in Garut Regency using the Zabbix application. In monitoring, the SNMP (Simple Network Monitoring Protocol) protocol is needed which will send network problems in the form of triggers. Trigger will evaluate the data collected and represent the current state of the system. Trigger contains two statuses, "OK" and "PROBLEM", to determine the threshold for what is "acceptable" data. Therefore, if the incoming data exceeds an acceptable state, the trigger status changes to "PROBLEM", the trigger status is recalculated every time the Zabbix server receives a new value. Zabbix server will send trigger status to electronic mail (e-mail) and Telegram application as notification for network administrators.

Keywords : Metro Ethernet, Zabbix, SNMP, Raspberry Pi, Telegram.

Intisari – Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi terutama di era digital ini menuntut komunikasi berlangsung cepat serta pengelolaan konektivitas jaringan secara efisien dan efektif. Sejalan dengan hal tersebut, PT Indonesia Comnets Plus membangun jaringan Metro Ethernet yang merupakan teknologi jaringan ethernet yang diimplementasikan di sebuah area metropolitan (kota – kota besar). Perusahaan menyediakan jaringan internet, memberikan kualitas terbaik jaringan adalah suatu kewajiban. Maka diperlukan suatu sistem pemantauan jaringan Metro Ethernet dengan tujuan dapat mengetahui performa serta masalah secara efisien dan real time. Salah satu aplikasi berbasis open source yang digunakan untuk pemantauan jaringan adalah Zabbix. Penelitian ini bertujuan membuat dan menguji performa Raspberry Pi dalam sistem pemantauan jaringan Metro Ethernet pada PT Indonesia Comnets Plus dengan studi kasus DISKOMINFO Kabupaten Garut menggunakan aplikasi Zabbix. Dalam melakukan pemantauan dibutuhkan protokol SNMP (Simple Network Monitoring Protocol) yang akan mengirimkan permasalahan jaringan berupa trigger. Trigger akan mengevaluasi data yang dikumpulkan dan mewakili kondisi sistem saat ini. Trigger berisi dua status yaitu "OK" dan "PROBLEM", untuk menentukan ambang batas kondisi data apa yang "dapat diterima". Oleh karena itu, jika data yang masuk melampaui keadaan yang dapat diterima, trigger berubah status menjadi "PROBLEM", status trigger dihitung ulang setiap kali server Zabbix menerima nilai baru. Server Zabbix akan mengirimkan status trigger ke surat elektronik (surel) dan aplikasi Telegram sebagai notifikasi bagi administrator jaringan.

Kata kunci : Metro Ethernet, Zabbix, SNMP, Raspberry Pi, Telegram

I. PENDAHULUAN

Internet adalah kumpulan atau jaringan dari jaringan komputer yang ada di seluruh dunia. Dalam hal ini komputer yang sebelumnya stand alone kini dapat berhubungan langsung dengan host-host atau komputer lainnya (Janner Simarmata, 2006: 281). Pada zaman sekarang ini, pemanfaatan jaringan internet sudah menjadi salah satu kebutuhan masyarakat dari berbagai kalangan, mulai dari perusahaan perusahaan, kantor, universitas, sekolah, rumah tangga dan lain sebagainya. Oleh sebab itu dengan kebutuhan tersebut, maka perusahaan penyedia jaringan internet atau yang biasa disebut dengan Internet Service Provider (ISP).

PT Indonesia Comnets Plus (ICON+) merupakan perusahaan yang bergerak dalam layanan jasa yang berbasis teknologi jaringan internet dengan salah satu layanannya yaitu Metro Ethernet. Bagi suatu perusahaan yang bergerak di bidang penyedia jaringan internet, memberikan kualitas layanan jaringan yang terbaik adalah sebuah kewajiban. Maka dari itu, diperlukan Network Monitoring System yang digunakan untuk melakukan pemantauan perangkat jaringan berbasis Metro Ethernet di sisi last mile. Perusahaan dengan banyaknya sumber daya jaringan di berbagai wilayah yang tersebar di hampir seluruh provinsi di Indonesia membuat

monitoring perangkat jaringan tidak perlu menggunakan sumber daya komputer apabila hanya beberapa perangkat jaringan saja yang dimonitoring. Apabila monitoring dilakukan oleh komputer, dimensi yang besar menjadikan komputer sebagai server dinilai tidak praktis. Maka biaya yang dikeluarkan akan menjadi besar. Dengan spesifikasi komputer yang ada saat semakin canggih maka biaya yang diperlukan untuk membangun server monitoring akan semakin besar. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka pada penelitian ini akan membahas sistem monitoring jaringan di DISKOMINFO Kabupaten Garut pada perangkat jaringan berbasis Metro Ethernet di sisi last mile sehingga dapat dipantau secara real time dengan menggunakan Raspberry Pi oleh administrator jaringan di PT Indonesia Comnets Plus (ICON+).

Network Monitoring System (NMS) merupakan sebuah sub sistem dalam manajemen jaringan (Network Management System) yang melibatkan penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras.[1] Konsep manajemen jaringan adalah tentang adanya manager atau perangkat yang bertugas untuk melakukan manajemen dan agent atau host atau perangkat yang dimanajemen. Sistem dirancang dengan mikrokomputer Raspberry Pi sebagai server aplikasi Zabbix

yang terhubung ke jaringan perusahaan. Raspbian adalah sistem operasi gratis berbasis Debian yang dioptimalkan untuk perangkat keras Raspberry Pi. Mulai dari Zabbix 4.0 dan Raspbian Stretch, Zabbix LLC menyediakan repository resmi untuk pemasangan langsung Zabbix.[2]

Aplikasi Zabbix sebagai sebuah aplikasi yang dibangun berbasis web akan memberikan kelebihan dan kemudahan dalam menampilkan informasi jaringan. Tampilan berupa *Graphical User Interface* (GUI) yang dapat memudahkan administrator jaringan membaca kondisi jaringan dari nilai yang diberikan oleh SNMP. Permasalahan yang terjadi pada perangkat jaringan diinformasikan oleh *trigger*. *Trigger* akan mengevaluasi data yang dikumpulkan dan mewakili kondisi sistem saat ini. *Trigger* berisi dua status yaitu "OK" dan "PROBLEM", untuk menentukan ambang batas kondisi data apa yang "dapat diterima". Oleh karena itu, jika data yang masuk melampaui keadaan yang dapat diterima, *trigger* berubah status menjadi "PROBLEM", status *trigger* dihitung ulang setiap kali *server* Zabbix menerima nilai baru. *Server* Zabbix akan mengirimkan status *trigger* ke surat elektronik (surel) dan Telegram sebagai notifikasi bagi administrator jaringan.

Pada penelitian ini menggunakan aplikasi Zabbix yang ditanamkan pada perangkat Raspberry Pi dengan *interface* pemantauan berupa *website* dengan bantuan *database*. Pemetaan jaringan (*network mapping*) dan sistem peringatan dini berupa surat elektronik (surel) dan Telegram. Implementasi dan *monitoring* dilakukan dengan memantau perangkat jaringan milik PT Indonesia Comnets Plus (ICON+) berupa *router* CPE pada jaringan *Metro Ethernet*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa sistem, sistem notifikasi dan fitur sistem manajemen dan pemantauan dengan lima macam model, yaitu: pengujian *fault*, *configuration*, *accounting*, *performance*, dan *security* (FCAPS).

A. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya, melakukan penelitian tentang Implementasi dan Analisis Sistem *Monitoring Jaringan Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) PLN Disjaya- shelter Gambir dengan menggunakan Aplikasi Zabbix Pada PT Indonesia Comnets Plus. Pada penelitian ini dijabarkan secara detail tentang *monitoring* sistem *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) PLN sehingga dibutuhkan suatu aplikasi untuk melakukan *monitoring* jaringan yaitu, Zabbix. Selain mengetahui performa jaringan, diperlukan juga pemantauan terhadap kualitas *Service Level Agreement* (SLA) dan *Bandwidth* yang digunakan. Dalam melakukan pemantauan SCADA, hanya dibutuhkan satu protokol yaitu *Internet Control Message Protocol* (ICMP) dimana hanya mengirim pesan-pesan kesalahan apabila terjadi kesalahan, protokol ini juga dapat menstabilkan kondisi jaringan untuk menjadikan normal kembali.[3]

Penelitian selanjutnya berjudul Penerapan metode UTAUT untuk memprediksi *behavioral intentions user* dalam menggunakan aplikasi Zabbix. Pengujian ini mengadopsi model untuk melihat niat pengguna Aplikasi UTAUT Zabbix di PT Media Nusantara Citra Tbk. Empat konstruk UTAUT digunakan sebagai penentu yang mempengaruhi perilaku niat (niat perilaku pengguna), yaitu harapan kinerja, harapan usaha, sosial mempengaruhi dan memfasilitasi kondisi. Data

dalam Penelitian diuji dengan menggunakan SEM (*Structural Equation Model*). SEM adalah alat analisis statistik digunakan untuk menyelesaikan model penelitian bertingkat serentak. [4]

Penelitian selanjutnya tentang eksplorasi Zabbix untuk *monitoring* perangkat jaringan (Studi Kasus Teknik Informatika Universitas Pasundan). Pada penelitian ini dijelaskan secara detail tentang perancangan dan implementasi protokol *Simple Network Management Protocol* (SNMP) untuk manajemen jaringan yang diimplementasikan langsung di Program Studi Teknik Informatika Universitas Pasundan. Dalam operasionalnya, protokol *Simple Network Management Protocol* (SNMP) ini dibantu dengan aplikasi Zabbix. *Monitoring* jaringan diperlukan untuk mengevaluasi kinerja dan untuk memastikan efisiensi dan stabilitas operasional.[5]

Penelitian selanjutnya tentang *network* dan *service monitoring* menggunakan Nagios dan Zabbix pada Laboratorium Informatika UMM. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil studi kasus di perguruan tinggi yang mempunyai segmen luas dalam segi jangkauan dan layanan yang disediakan oleh *server* sangatlah kompleks. Sedangkan pada topologi yang ada pada perguruan tinggi mendukung jaringan lokal pada dalam ruangan dan jaringan *wireless* pada jaringan luar ruangan. Implementasi pada kedua tipe jaringan tersebut pastinya membutuhkan perangkat sebagai alat *monitoring* jaringan pada berbagai macam aktifitas yang dijalankan agar dapat selalu termonitor.[6]

B. Landasan Teori

Internet merupakan koneksi jaringan komputer di seluruh dunia yang menggunakan protokol komunikasi yang sama untuk berkomunikasi satu dengan yang lain yang disebut *Transmission Control Protocol / Internet Protocol* (TCP/IP). Jaringan tersebut mentransmisikan sinyal digital dengan menggunakan kabel maupun tanpa kabel (*wireless*). Media transmisi internet berupa kabel dapat berupa kabel fiber optik dan *coaxial*. Media transmisi dengan menggunakan *wireless* bergantung pada spektrum gelombang elektromagnetik (Wallace, 2016).

Metro Ethernet merupakan teknologi jaringan *Ethernet* yang diimplementasikan di sebuah metropolitan area. Perusahaan - perusahaan besar dapat memanfaatkan teknologi tersebut untuk menghubungkan kantor- kantor cabang ke dalam sistem intranet yang ada di dalam perusahaan tersebut. Jaringan *Metro Ethernet* umumnya didefinisikan sebagai *bridge* dari suatu jaringan atau menghubungkan wilayah yang terpisah juga menghubungkan LAN dan WAN atau *backbone network* yang umumnya dimiliki oleh *service provider*. [7]

Monitoring Jaringan adalah suatu proses pengumpulan dan analisis terhadap data - data pada lalu lintas jaringan dengan tujuan memaksimalkan seluruh sumber daya (*resource*) yang dimiliki suatu arsitektur jaringan. *Monitoring* jaringan ini merupakan bagian dari manajemen jaringan. Manajemen jaringan adalah tindakan melakukan pemantauan, pengujian, konfigurasi, dan penyelesaian masalah pada jaringan untuk memenuhi persyaratan yang dibutuhkan dari suatu kelompok atau organisasi (McGraw Hill, 2007).

Raspberry Pi adalah komputer berukuran kartu kredit berbiaya rendah yang dihubungkan ke monitor komputer

atau TV, dan menggunakan *keyboard* dan *mouse* standar. Ini adalah perangkat kecil yang mampu yang memungkinkan orang - orang dari segala usia untuk menjelajahi komputasi, dan belajar bagaimana memprogram dalam bahasa seperti *Scratch* dan *Python*.

[8] Ini mampu melakukan semua yang diharapkan dari komputer desktop, mulai dari menjelajah internet dan memutar video definisi tinggi, hingga membuat *spreadsheet*, pemrosesan kata, dan bermain *game*. Raspberry Pi telah dilengkapi dengan semua fungsi layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*System-on a-chip*) ARM yang dikemas dan diintegrasikan diatas PCB. Perangkat ini menggunakan kartu SD untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang (Bambang Yuwono, dkk, 2015).

SNMP atau (*Simple Network Monitoring Protocol*) adalah sebuah protokol jaringan yang didesain oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF) bagi pengguna khususnya administrator jaringan untuk memonitor aktivitas jaringan dan mengontrol sebuah komputer atau *server* atau bahkan perangkat jaringan secara sistematis dari jarak jauh (*remotely*). Pengelolaan ini dilakukan dengan cara melakukan polling dan *setting* variabel variabel elemen jaringan yang dikelolanya.[9]

Zabbix adalah perangkat lunak yang memantau berbagai parameter jaringan dan kesehatan serta integritas *server*. Zabbix menggunakan mekanisme pemberitahuan fleksibel yang memungkinkan pengguna untuk mengkonfigurasi peringatan berbasis surat elektronik (surel) untuk hampir semua media. Ini memungkinkan reaksi cepat terhadap masalah *server*. Zabbix menawarkan fitur pelaporan dan visualisasi data yang sangat baik berdasarkan data yang tersimpan. Ini membuat Zabbix ideal untuk perencanaan kapasitas.[10]

Manajemen jaringan merupakan kemampuan untuk memantau, mengontrol, dan memonitor serta merencanakan sumber daya sistem jaringan dalam sebuah jaringan komputer dari sebuah lokasi. The International Organization for Standardization (ISO) dan International Telecommunication Union (ITU) mendefinisikan arsitektur TMN (*Telecommunication Management Network*) pada tahun 1988 dalam draf kerja pertama (N1719) ISO 10040 mengenalkan sebuah model konseptual untuk menjelaskan fungsi manajemen jaringan bernama FCAPS. FCAPS digunakan untuk berbagai sistem manajemen teknologi.[11]

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah mengimplementasi Aplikasi Zabbix pada perangkat Raspberry Pi dalam proses pemantauan *router* CPE pada jaringan *Metro Ethernet* studi kasus DISKOMINFO Kabupaten Garut dengan notifikasi gangguan melalui media surat elektronik (surel) dan aplikasi Telegram serta mengetahui performa sistem dengan model sistem manajemen dan pemantauan yang terdiri lima macam standar yaitu *fault*, *configuration*, *accounting*, *performance*, dan *security* (FCAPS) pada PT Indonesia Comnets Plus (ICON+).

II METODE PENELITIAN

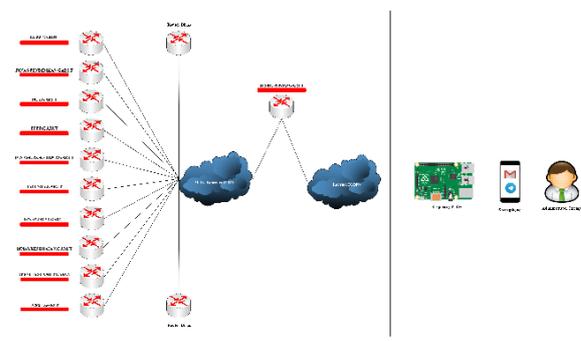
A. Alat dan Bahan

Untuk menunjang penelitian ini maka diperlukan alat dan bahan yang dibutuhkan adalah 1 buah *Router* Mikrotik RB1100 (*Router* HO) dan 24 buah *Router* Mikrotik RB2011UiAS-2HnD (*Router* CPE) dengan 1 buah *server* Raspberry Pi 3 model B+ dan 1 unit PC Laptop. Selain itu, dibutuhkan juga suatu *software* penunjang, antara lain: Raspbian GNU/Linux 9 (stretch), Zabbix 4.2, Putty, WinBox, VNC Viewer, Telegram dan *Google Chrome*.

B. Perancangan Topologi

Perancangan sistem untuk eksperimen penelitian ini tersaji pada topologi gambar 1. Pada gambar tersebut *router* *Host* berada dalam jaringan *core* ICON+. Terdapat jaringan *Metro Ethernet* yang menghubungkan *Customer Premise Equipment* (CPE) dengan *Head Office* (HO). HO terhubung ke *server* Raspberry Pi melalui jaringan internet ICON+. Pengambilan data *monitoring* dilakukan pada sisi *Customer Premise Equipment* (CPE). Dalam penelitian ini dibuat rangkaian menggunakan 3 bagian yaitu *Host*, *Server*, dan *End-User*.

Host adalah sebuah perangkat yang digunakan sebagai objek yang akan dipantau oleh *Server* pada jaringan internet ICON+. Sumber data masukan untuk *Host* berasal dari perangkat jaringan yaitu *router*. Perangkat *Host* ini berupa *router* Mikrotik RB2011UiAS-2HnD dan RB1100. *Server* berfungsi sebagai koordinator pusat penerimaan dan pemrosesan data dari *Host*. Data – data yang masuk ke *Server* akan diolah melalui aplikasi pemantauan dengan *cloud storage* berada dalam aplikasi pemantauan didalam *server*. Perangkat *server* yang digunakan adalah Raspberry Pi 3 model B+. Dan *End-user* adalah sebuah perangkat *smartphone* yang digunakan untuk menerima data dari *server* berupa pesan notifikasi yang berisi deskripsi masalah yang terjadi pada *host* maupun *server*.



Gambar 1. Topologi Sistem

C. Skenario dan Parameter Pengujian

Dalam pengujian sistem ini, yang akan diuji pertama adalah proses *monitoring* pada jaringan dan *server* menggunakan Zabbix. Pada pengujian proses *monitoring* yaitu pengujian terhadap tampilan antarmuka yang akan menjembatani komunikasi antara *user* dalam hal ini administrator jaringan dengan *host* atau perangkat yang ingin dimonitoring. Selanjutnya pengujian dilakukan pada proses penyampaian notifikasi melalui surat elektronik (surel) dan aplikasi Telegram saat terjadi masalah pada *server* atau *host*. Dan pengujian performa perangkat *server* Raspberry Pi dalam melakukan *monitoring host* berupa pengukuran CPU *Utilization*, CPU *Load*, *Network Traffic* serta *Memory Usage*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Purwarupa Alat

Penelitian ini menghasilkan purwarupa sistem pemantauan perangkat jaringan yang terdiri dari *node server* dan *node host*. Pada gambar 2 adalah alat yang digunakan untuk melakukan *monitoring* perangkat jaringan. *Node Server* menerima data berupa *Data Collection* dari *node host* tentang ketersediaan informasi perangkat kemudian setelah diterima data kemudian di oleh oleh aplikasi Zabbix sebagai aplikasi NMS (*Network Monitoring System*) yang jika terdapat permasalahan pada perangkat akan diinformasikan melalui pengiriman pesan masalah ke administrator jaringan melalui media surat elektronik (surel) dan aplikasi Telegram. Alat yang digunakan untuk membuat purwarupa *server* adalah Raspberry Pi 3 model B+. Purwarupa ini menggunakan catu daya listrik sebagai sumber dayanya.



Gambar 2. Tampilan Perangkat Keras *Node Server*

Selain *node server*, pada tugas akhir ini menggunakan perangkat jaringan atau *node host*. *Note host* berfungsi sebagai perangkat yang dipantau yaitu perangkat jaringan milik PT Indonesia Comnets Plus yang ditempatkan di DISKOMINFO Kabupaten Garut. *Node host* secara *real time* dipantau oleh Zabbix yang terdapat pada *node server*. Pada aplikasi Zabbix kondisi *node host* ditampilkan dalam bentuk grafik maupun diagram lingkaran. *Node host* berupa perangkat mikrotik RB2011UiAS-2HnD. Bentuk fisik dari *node host* dapat dilihat pada gambar 3.

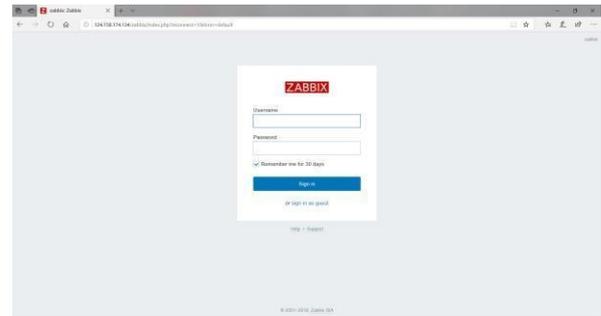


Gambar 3. Tampilan Perangkat Kers *Node Host*

B. Tampilan Antarmuka

1) Halaman Login

Halaman *login zabbix frontend* diakses dari aplikasi Zabbix seperti pada gambar 4 dengan memasukkan *username* dan *password* yang telah diatur pada Zabbix.



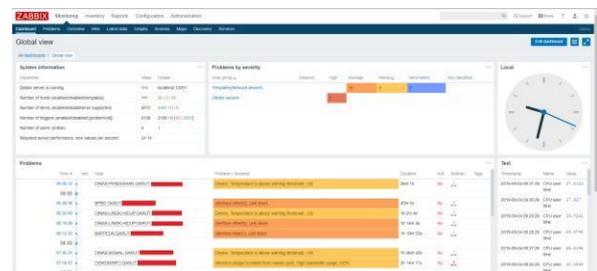
Gambar 4. Halaman *Login Zabbix frontend*

Pada halaman ini, terdapat 3 level *user* yang dapat masuk ke sistem, yakni level *Zabbix user*, pengguna memiliki akses ke menu *monitoring*. Pengguna tidak memiliki akses ke sumber daya apapun secara *default*. Izin apa pun untuk *menghostkan* grup harus ditetapkan secara eksplisit. Level *Zabbix Admin*, pengguna memiliki akses ke menu *monitoring* dan *configuration*. Pengguna tidak memiliki akses ke grup *host* apapun secara *default*. Izin apa pun untuk *menghostkan* grup harus diberikan secara eksplisit. Dan level *Zabbix Super Admin*, pengguna memiliki akses ke semuanya: menu *monitoring*, *configuration*, dan *administration*. Pengguna memiliki akses *read* maupun *write* ke semua grup *host*. Izin tidak dapat dicabut dengan menolak akses ke grup *host* tertentu.

Ketika yang akan masuk ke Zabbix adalah seorang administrator maka pada halaman *login* ini administrator harus merupakan seorang *user* yang terdaftar dalam pengguna sistem. Setelahnya, saat *user* sudah terdaftar maka *user* tersebut memiliki *username* dan *password*. Kedua hal tersebut dapat digunakan *user* apabila akan masuk pada Zabbix. Setelah berhasil masuk pada Zabbix, seorang administrator akan memiliki sesi tersendiri sesuai dengan level *user* yang dibuat dan akan diarahkan ke halaman *dashboard* Zabbix.

2) Tampilan Sistem

Setelah *user* dalam hal ini administrator jaringan berhasil masuk maka akan muncul halaman *dashboard* yang terdapat pada menu *monitoring* seperti pada gambar 5.

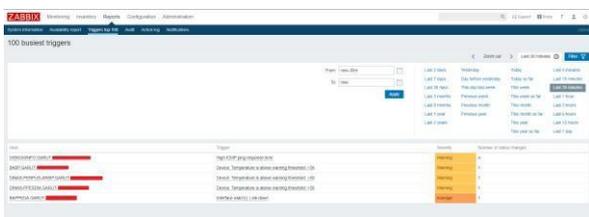


Gambar 5. Halaman *Dashboard Zabbix frontend*

Menu *monitoring* merupakan menu pemantauan adalah tentang menampilkan data. Informasi apa pun yang dikonfigurasi oleh Zabbix untuk dikumpulkan, divisualisasikan, dan ditindaklanjuti, Zabbix akan ditampilkan di berbagai bagian menu pemantauan. Pada menu pemantauan ini data yang ditampilkan seperti *dashboard* yang membuat berbagai informasi, *graph* yang memuat gambaran terkait dengan perangkat, *problem* yang berisikan masalah apa saja yang terjadi serta lainnya. Informasi yang terlihat pada *dashboard* yaitu *system information* yang memuat informasi status *server*, jumlah

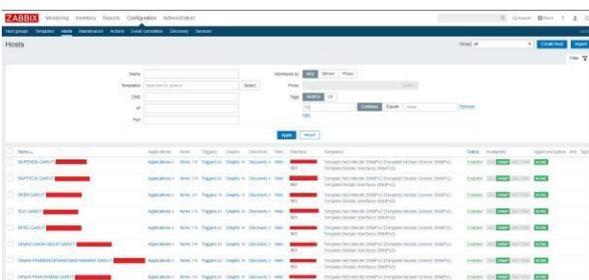
host, jumlah item, jumlah *trigger*, jumlah *user* serta kinerja *server*. Kemudian *problems by severity* yaitu tingkat keparahan masalah pada perangkat maupun *server*. *Problems* memuat histori masalah yang terjadi pada perangkat serta *server*. *Clock* merupakan jam. *Text* berisi keadaan CPU *user time* pada *server*. *Data overview* berisi kondisi *temperature* perangkat dan *Trigger* merupakan pemicu setiap perangkat.

Selanjutnya adalah *inventory*, *inventory* merupakan bagian inventaris menampilkan bagian-bagian yang menyediakan ikhtisar data inventaris *host* dengan parameter yang dipilih serta kemampuan untuk melihat detail inventaris *host*. *Report* merupakan menu laporan untuk menampilkan beberapa bagian yang berisi berbagai laporan yang telah ditentukan sebelumnya dan dapat disesuaikan pengguna yang berfokus pada tampilan ikhtisar parameter seperti status Zabbix, pemicu, dan data yang dikumpulkan seperti pada gambar 6 merupakan laporan dari *triggers* dengan statusnya.



Gambar 6. Halaman *Report* pada sub menu *Triggers Top 100*

Kemudian menu *configuration* merupakan menu konfigurasi berisi bagian untuk mengatur fungsi Zabbix utama, seperti *host* dan grup *host*, pengumpulan data, ambang batas data, mengirimkan pemberitahuan masalah, membuat visualisasi data, dan lainnya.



Gambar 7. Halaman *Configuration* pada sub menu *Host 1-8*

Pada gambar 7 merupakan halaman *configuration* pada sub menu *host*. Pada gambar 7 *host* yang berhasil ditambahkan berjumlah 8 yaitu BAPENDA Garut, BAPPENDA Garut, BKPB Garut, BPBD Garut, Dinas Lingkungan Hidup Garut, BLK Garut, Dinas Pemberdayaan Masyarakat Garut, Dinas Pemukiman Garut. Selanjutnya pada gambar 8 menampilkan *host* yang berhasil ditambahkan berjumlah 17 *host*.



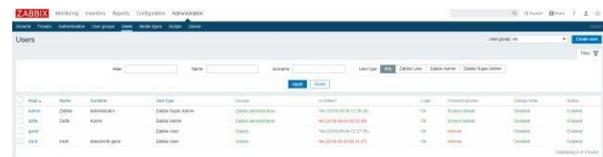
Gambar 8. Halaman *Configuration* pada sub menu *Host 9-25*

Host yang berhasil ditambahkan Dinas Pendidikan Garut, Dinas Perhubungan Garut, Dinas Perpustakaan Garut, Dinas Pertanian Garut, Dinas PPSDM Garut, Dinas Ketahanan Pangan Garut, Dinas Koperasi & UKM Garut, Dinas Pemadam Kebakaran, Dinas Perikanan Peternakan Garut, Dinas Sosial Garut, DISDUKCAPIL Garut, DISKOMINFO Garut, DPMPT Garut, DPRSu dr. Slamet Garut, dan Inspektorat Garut. Total *host* yang berhasil ditambahkan berjumlah 25 *host* dengan 1 Zabbix *Server* seperti pada gambar 9 untuk Zabbix *Server*.

Gambar 9. Halaman *Configuration* pada sub menu *Host Zabbix Server*
Data yang ditampilkan pada setiap *host* pada sub menu *host* yaitu:

- Name* yaitu nama *host* jika mengklik pada nama *host* membuka formulir konfigurasi *host*.
- Elements (Applications, Items, Triggers, Graphs, Discovery, Web)* yaitu elemen yang menyertai *host* untuk melihat maka mengklik pada nama elemen akan menampilkan item, memicu dll dari *host*. Jumlah elemen masing-masing ditampilkan dalam warna abu-abu.
- Interface* yaitu Alamat dari SNMP perangkat dengan port 161.
- Templates* yaitu *Template* yang ditautkan ke *host* ditampilkan untuk melihat maka mengklik pada nama templat akan membuka formulir konfigurasinya.
- Status* yaitu status *host* yang ditampilkan dengan 2 kategori diaktifkan atau dinonaktifkan. Dengan mengklik pada status dapat mengubahnya.
- Availability* yaitu ketersediaan *host* yang ditampilkan. Masing-masing empat ikon mewakili antarmuka yang didukung (Zabbix agent, SNMP, IPMI, JMX). Status antarmuka saat ini ditampilkan oleh masing-masing warna: hijau yaitu tersedia, merah yaitu tidak, abu-abu - tidak diketahui atau tidak dikonfigurasi.
- Agent encryption* yaitu status enkripsi untuk koneksi ke *host* ditampilkan.
- Info* yaitu informasi kesalahan (jika ada) mengenai *host* ditampilkan.

Dan terakhir yaitu *administration* merupakan menu administrasi untuk fungsi administratif Zabbix.



Gambar 10. Halaman *Administrator* pada sub menu *Users*

Pada gambar 10 merupakan *user* yang ada di dalam Zabbix. *User Admin* merupakan *user* yang bertipe Zabbix Super *User*, untuk daffa merupakan *user* yang bertipe Zabbix Admin, dan msrit untuk *user* yang bersifat Zabbix *user*. Pada informasi *user* ditampilkan *user* yang sedang *online* maupun yang terakhir *online*. Selanjutnya pada sub menu *media types* ditampilkan media yang aktif digunakan untuk mengirimkan notifikasi ke surat elektronik (surel) maupun aplikasi Telegram seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Halaman Administrator pada sub menu Users

C. Pengujian Notifikasi

Permasalahan yang ada pada suatu host dapat diketahui oleh administrator jaringan yang bertanggung jawab tanpa harus terus menerus memantau melalui Zabbix Frontend, maka diperlukan suatu proses pengiriman notifikasi melalui surat elektronik (surel) maupun aplikasi Telegram yang berisi detail host serta permasalahan yang terjadi serta tampilan grafik permasalahan.

1) Notifikasi Melalui Surat Elektronik (surel)

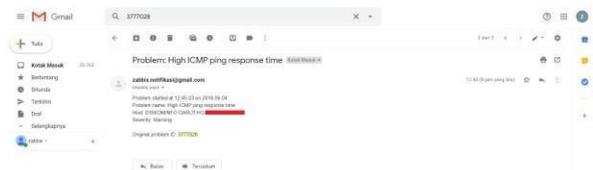
Informasi permasalahan pada host dikirimkan melalui surat elektronik (surel) yang sudah didaftarkan di media type. Tipe media dengan nama Email dengan memasukan alamat surat elektronik (surel) zabbix.notifikasi@gmail.com pada kolom SMTP email. Pada bagian user profile untuk super user pada bagian media dengan pengiriman 24 jam selama 7 hari untuk semua kategori permasalahan.

Kasus permasalahan (Problem) High ICMP Ping Response Time yang terjadi pada host DISKOMINFO Garut pada Zabbix terbaca mulai terjadi masalah pada pukul 12:45:03 pada hari Selasa, 04 September 2019. Pengiriman notifikasi permasalahan pada email diterima pada pukul 12:45:08 pada hari Selasa, 04 September 2019. Selisih waktu pesan permasalahan yang terjadi dengan pengiriman yaitu 5 detik dengan status pengiriman sent seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Action log Problem Host untuk Pengiriman Email

Selanjutnya pada kotak masuk surat elektronik, pesan permasalahan (Problem) telah masuk pada pukul 12:45 dengan pesan permasalahan sama dengan action log pada Zabbix frontend seperti pada gambar 13.



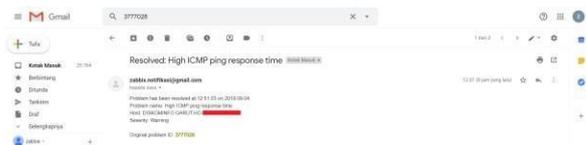
Gambar 13. Pesan Problem pada Host di Email

Selanjutnya pengiriman notifikasi terselesaikan masalah (Resolved) diterima pada pukul 12:51:03 pada hari Selasa, 04 September 2019. Kemudian dilakukan pengiriman pesan pada pukul 12:51:10. Selisih waktu pesan terselesaikannya masalah (Resolved) dengan pengiriman yaitu 7 detik dengan status pengiriman sent seperti pada gambar 14.



Gambar 14. Action log Resolved Host untuk Pengiriman Email

Selanjutnya pada kotak masuk surat elektronik, pesan terselesaikannya masalah (Resolved) telah masuk pada pukul 12:51 dengan pesan terselesaikannya masalah sama dengan action log pada Zabbix frontend seperti pada gambar 15.



Gambar 15. Pesan Resolved pada Host di Email.

2) Notifikasi Melalui Aplikasi Telegram

Informasi permasalahan pada host dikirimkan melalui Bot Telegram dengan Token Bot yang sudah didaftarkan di media type. Tipe media dengan nama telegram-notification-group dengan memanggil script python yang terdapat di kolom script name dengan pengiriman data dimasukan pada grup telegram dengan nama Zabbix MSRTI. Pada bagian user profile untuk super user pada bagian media dengan pengiriman 24 jam selama 7 hari untuk semua kategori permasalahan.

Kasus permasalahan (Problem) High ICMP Ping Response Time yang terjadi pada host DISKOMINFO Garut pada Zabbix terbaca mulai terjadi masalah pada pukul 12:45:03 pada hari Selasa, 04 September 2019. Pengiriman notifikasi permasalahan pada Telegram diterima pada pukul 12:45:08 pada hari Selasa, 04 September 2019. Selisih waktu pesan permasalahan yang terjadi dengan pengiriman yaitu 5 detik dengan status pengiriman sent seperti pada gambar 16.



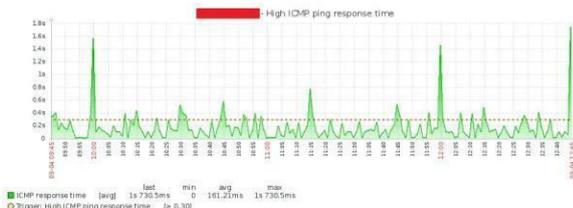
Gambar 16. Action log Problem Host untuk Pengiriman Telegram

Selanjutnya pada kotak masuk grup Telegram, pesan permasalahan (Problem) telah masuk pada pukul 12:45 dengan pesan permasalahan sama dengan action log pada Zabbix frontend seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Pesan Problem pada Host di Grup Telegram

Pengiriman notifikasi pada grup Telegram disertai dengan gambar grafik terjadinya permasalahan (Problem). Pada gambar grafik terdapat informasi nilai response time dalam periode 3 jam. Pada permasalahan (Problem) Diskominfo Garut, nilai problem sebesar 1s 730,5ms dengan batas trigger yaitu >0.30 seperti pada gambar 18.



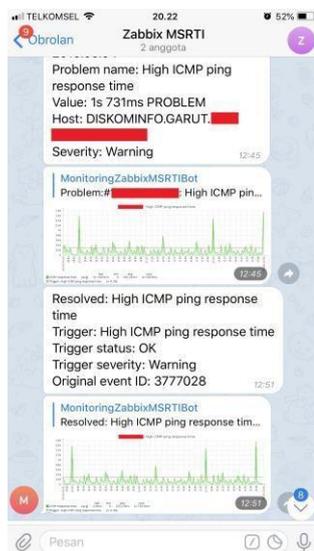
Gambar 18. Gambar Grafik *Problem* pada *Host* di Grup Telegram

Selanjutnya pengiriman notifikasi terselesaikan masalah (*Resolved*) diterima pada pukul 12:51:03 pada hari Selasa, 04 September 2019. Kemudian dilakukan pengiriman pesan pada pukul 12:51:10. Selisih waktu pesan terselesaikannya masalah (*Resolved*) dengan pengiriman yaitu 7 detik dengan status pengiriman *sent* seperti pada gambar 19.



Gambar 19 *Action log Resolved Host* untuk Pengiriman Grup Telegram

Selanjutnya pada kotak masuk grup Telegram, pesan terselesaikannya masalah (*Resolved*) telah masuk pada pukul 12:51 dengan pesan terselesaikannya masalah sama dengan *action log* pada Zabbix *frontend* seperti pada gambar 20.



Gambar 20 Pesan *Resolved* pada *Host* di Grup Telegram

Pengiriman notifikasi pada grup Telegram disertai dengan gambar grafik terselesaikannya masalah (*Resolved*). Pada gambar grafik garis yang semula 1s 730,5ms menjadi turun maka *problem* menjadi terselesaikan seperti pada gambar 21.



Gambar 21 Gambar Grafik *Resolved* pada *Host* di Grup Telegram

D. Analisa Data

Pada analisis data, akan dibahas mengenai data-data yang telah berhasil direkam ke dalam *database*. Data yang dianalisis merupakan data yang masuk pada rentang waktu 21 Juli 2019 sampai dengan 10 September 2019. Berikut merupakan analisis data performa dari pemakaian CPU, *Memory*, dan trafik pada protokol ethernet maupun *wireless* yang berhasil *monitoring* oleh sistem yang terbagi menjadi

5 skenario yaitu:

a. Skenario Pertama

Pada skenario pertama, data diambil pada kurun waktu 7 hari dimulai dari Kamis, 21 Juni 2019 sampai dengan Rabu, 27 Juni 2019. Perangkat berjumlah 8 yang *dimonitoring* yaitu 7 *router* mikrotik diantaranya sebagai *host* yaitu BLK Garut, DISKOMINFO Garut, BKBP Garut, BAPENDA Garut, BPBD Garut, DINAS PENDIDIKAN Garut, dan DINAS LINGKUNGAN HIDUP Garut serta satu *server* ZABBIX terhubung ke jaringan *metro ethernet* dan internet ICON+. Dari jaringan internet ICON+, untuk melakukan proses *monitoring* pada *server* Zabbix di Raspberry Pi dihubungkan dengan jaringan nirkabel melalui protokol jaringan *wireless* (wifi) 2.4GHz 802.11n.

b. Skenario Kedua

Pada skenario kedua, data diambil pada kurun waktu 7 hari dimulai dari Kamis, 04 Juli 2019 sampai dengan Rabu, 10 Juli 2019. Perangkat berjumlah 8 yang *dimonitoring* yaitu 7 *router* mikrotik diantaranya sebagai *host* yaitu BLK Garut, DISKOMINFO Garut, BKBP Garut, BAPENDA Garut, BPBD Garut, DINAS PENDIDIKAN Garut, dan DINAS LINGKUNGAN HIDUP, DINAS KESEHATAN Garut, DPMPPT Garut, DINAS PUPR Garut, DPRSu dr Slamet Garut serta satu *server* ZABBIX terhubung ke jaringan *metro ethernet* dan internet ICON+. Dari jaringan internet ICON+, untuk melakukan proses *monitoring* pada *server* Zabbix di Raspberry Pi dihubungkan dengan jaringan nirkabel melalui protokol jaringan *wireless* (wifi) 2.4GHz 802.11n.

c. Skenario Ketiga

Pada skenario ketiga, data diambil pada kurun waktu 7 hari dimulai dari hari Minggu, 21 Juli 2019 sampai dengan hari Sabtu, 27 Juli 2019. Perangkat berjumlah 12 yang *dimonitoring* yaitu 11 *router* mikrotik diantaranya sebagai *host* yaitu BLK Garut, DISKOMINFO Garut, BKBP Garut, BAPENDA Garut, BPBD Garut, DINAS PENDIDIKAN Garut, DINAS LINGKUNGAN HIDUP Garut, DINAS KESEHATAN Garut, DPMPPT Garut, DINAS PUPR Garut, dan DPRSu dr Slamet Garut serta satu *server* ZABBIX terhubung ke jaringan *metro ethernet* dan internet ICON+. Dari jaringan internet ICON+, untuk melakukan proses *monitoring* pada *server* Zabbix di Raspberry Pi dihubungkan dengan jaringan nirkabel melalui protokol jaringan 10/100 *Ethernet*.

d. Skenario Keempat

Pada skenario keempat, data diambil pada hari Selasa, 03 September 2019 dengan dilakukan penambahan *host* setiap 15 menit sekali dengan melakukan pengukuran rata – rata parameter yang akan diambil selama 15 menit. Pengambilan data dilakukan pada *server* dengan 0 *host*, 5 *host*, 10 *host*, 15 *host*, 20 *host*, dan 25 *host*.

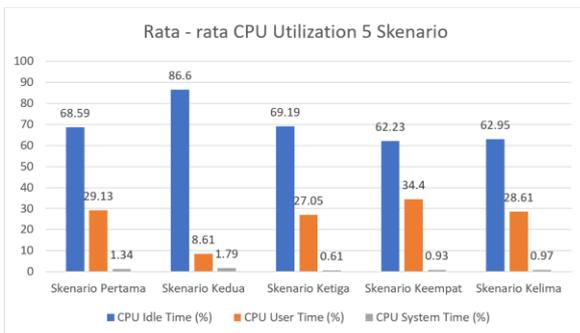
e. Skenario Kelima

Pada skenario kelima, data diambil pada kurun waktu 7 hari dimulai dari hari Rabu, 04 September 2019 sampai dengan hari Selasa, 10 September 2019. Perangkat berjumlah 26 yang *dimonitoring* yaitu 25 *router* mikrotik diantaranya

sebagai *host* yaitu BAPENDA Garut, BKBP Garut, BAPENDA Garut, BPBD Garut, BLK Garut, DINAS LINGKUNGAN HIDUP Garut, DISKOMINFO Garut, DINAS PEMBERDAYAAN MASYARAKAT Garut, DINAS PEMUKIMAN Garut, DINAS PENDIDIKAN Garut, DINAS PERHUBUNGAN Garut, DINAS PERPUS ARSIP Garut, DINAS PERTANIAN Garut, DINAS PPESDM Garut, DINAS PUPR Garut, DINAS KESEHATAN Garut, DINAS KETAHANAN PANGAN Garut, DINAS KOPERASI & UKM Garut, DINAS PEMADAM KEBAKARAN, DINAS PERIKANAN PETERNAKAN Garut, DINAS SOSIAL Garut, DISKOMINFO Garut, DPMPT Garut, DPRSu dr Slamet Garut dan INSPEKTORAT Garut serta satu *server* ZABBIX terhubung ke jaringan *metro ethernet* dan internet ICON+. Dari jaringan internet ICON+, untuk melakukan proses *monitoring* pada *server* Zabbix di Raspberry Pi dihubungkan dengan jaringan nirkabel melalui protokol jaringan 10/100 *Ethernet*.

1) CPU Utilization

Pengambilan nilai CPU Utilization bertujuan untuk mengetahui atau persentase waktu prosesor sibuk yang dikategorikan menjadi 3 yaitu CPU Idle Time adalah waktu untuk pengerjaan I/O, CPU User Time adalah waktu eksekusi aplikasi untuk CPU dan CPU System Time adalah waktu kerja sistem operasi atau OS. Adapun hasil dari pengambilan nilai CPU Utilization adalah sebagai berikut:



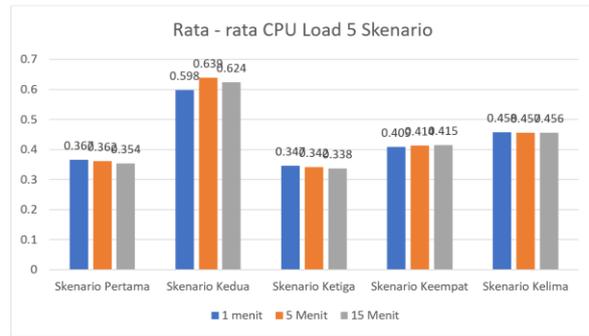
Gambar 22 Grafik Rata – rata CPU Utilization untuk Masing – masing Skenario

Pada gambar 22 merupakan grafik rata – rata CPU Utilization untuk setiap skenario. CPU Idle Time, nilai tertinggi sebesar 86.60 % pada skenario kedua sedangkan nilai terendah sebesar 62.23 % untuk skenario keempat. CPU User Time, nilai tertinggi pada skenario keempat sebesar 34.40 % untuk nilai terendah pada skenario kedua sebesar 8.61 %. Dan CPU System Time, nilai tertinggi pada skenario kedua sebesar 1.79% untuk nilai terendah pada skenario ketiga sebesar 0.61%.

2) CPU Load

Pengambilan nilai CPU Load bertujuan untuk mengetahui beban dari jumlah proses yang sedang dieksekusi oleh CPU. Nilai pada CPU Load adalah jumlah rata-rata proses yang sedang atau menunggu dieksekusi selama 1, 5 dan 15 menit terakhir. Nilai pada beban CPU direpresentasikan 1.0 mewakili 100 % untuk setiap *core*nya maka pada *server* ini terdapat 4 *core* nilainya menjadi 4.0. Untuk Zabbix batas CPU Load pada *server* < 5 sehingga kalau > 5 maka akan muncul notifikasi beban

CPU telah melewati batas normal. Adapun hasil dari pengambilan nilai CPU Load adalah sebagai berikut:

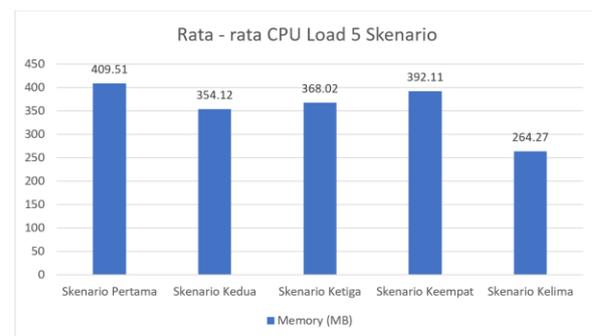


Gambar 23 Grafik Rata – rata CPU Load untuk Masing – masing Skenario

Pada gambar 23 merupakan grafik rata – rata CPU Load untuk setiap skenario. Rata – rata 1 menit, nilai tertinggi sebesar 0.598 pada skenario kedua sedangkan nilai terendah sebesar 0.347 untuk skenario ketiga. Rata – rata 5 menit, nilai tertinggi pada skenario kedua sebesar 0.639 untuk nilai terendah pada skenario ketiga sebesar 0.342. Dan rata rata 15 menit, nilai tertinggi pada skenario kedua sebesar 0.624, untuk nilai terendah pada skenario ketiga sebesar 0.338.

3) Memory Usage

Pengambilan nilai Memory Usage bertujuan untuk mengetahui jumlah memori yang tersedia pada sistem, serta jumlah memori yang digunakan oleh untuk menjalankan aplikasi Zabbix pada *server*. Untuk Zabbix, batas Memory Usage pada *server* adalah sisa ruang memori > 20 atau 2.1 % dari jumlah memori total yaitu sebesar 927.2 MB sehingga kalau < 20 maka akan muncul notifikasi ketersediaan memori telah melewati batas normal. Adapun hasil dari pengambilan nilai Memory Usage adalah sebagai berikut:



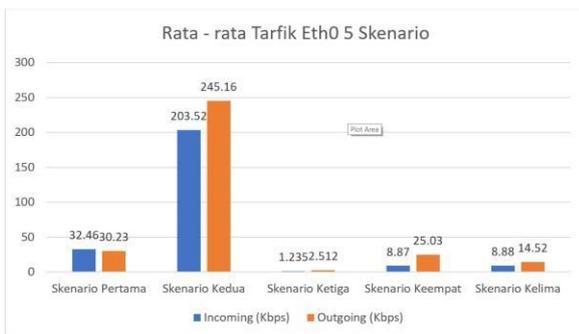
Gambar 24 Grafik Rata – rata CPU Load untuk Masing – masing skenario

Pada gambar 24 merupakan grafik rata – rata memori untuk setiap skenario. Rata – rata penggunaan memori terendah adalah pada skenario kelima yaitu sebesar 264.27 MB, sedangkan untuk penggunaan memori tertinggi yaitu pada skenario pertama sebesar 409.51 MB.

4) Network Traffic on eth0

Pengambilan nilai Traffic pada *ethernet 0* pada *server* bertujuan untuk mengetahui jumlah data yang bergerak melintasi jaringan pada titik waktu tertentu. Pada pemantauan Zabbix, trafik dibagi menjadi dua yaitu *incoming* dan *outgoing*. *Incoming* yaitu jumlah data yang ditransfer *server* dari *host* atau dari luar menuju *server*. Sedangkan *outgoing* yaitu jumlah yang dikirim dari *server*.

Total trafik adalah *incoming* + *outgoing*. Adapun hasil dari pengambilan nilai *traffic* adalah sebagai berikut:



Gambar 25 Grafik Rata – rata Trafik Eth0 untuk Masing – masing Skenario

Pada gambar 25 merupakan grafik rata – rata trafik untuk setiap skenario. Rata – rata penggunaan trafik terendah adalah pada skenario ketiga yaitu sebesar 1.235 Kbps untuk *incoming* dan 2.512 Kbps untuk *outgoing* dengan total rata – rata trafik sebesar 3.747 Kbps sedangkan untuk penggunaan trafik terbesar yaitu pada skenario kedua sebesar 203.52 Kbps untuk *incoming* dan 245.16 Kbps untuk *outgoing* dengan total rata – rata trafik sebesar 448.68 Kbps.

5) Network Traffic on wlan0

Pengambilan nilai *Traffic* pada *wlan0* pada *server* bertujuan untuk mengetahui jumlah data yang bergerak melintasi jaringan pada titik waktu tertentu. Pada pemantauan Zabbix, trafik dibagi menjadi dua yaitu *incoming* dan *outgoing*. *Incoming* yaitu jumlah data yang ditransfer *server* dari *host* atau dari luar menuju *server*. Sedangkan *outgoing* yaitu jumlah yang dikirim dari *server*. Total trafik adalah *incoming* + *outgoing*. Adapun hasil dari pengambilan nilai *traffic* adalah sebagai berikut:



Gambar 26 Grafik Rata – rata Trafik Wlan0 untuk Masing – masing Skenario

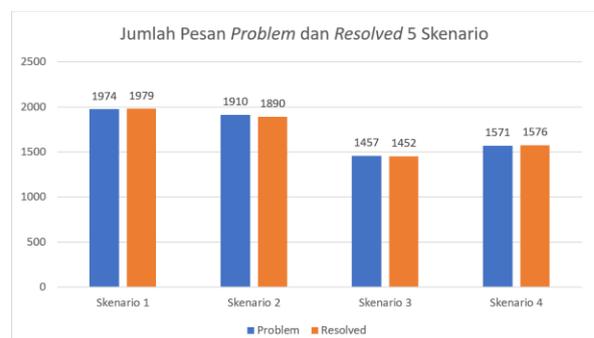
Pada gambar 26 merupakan grafik rata – rata trafik untuk setiap skenario. Trafik *wlan0* pada skenario 4 dan skenario 5 sebesar 0 Kbps lagi karena semua proses *monitoring* dilakukan melalui *port ethernet*. Rata – rata penggunaan trafik terendah adalah pada skenario pertama yaitu sebesar 2.19 Kbps untuk *incoming* dan 2.05 Kbps untuk *outgoing* dengan total rata – rata trafik sebesar 4.24 Kbps sedangkan untuk penggunaan memori tertinggi yaitu pada skenario kedua sebesar 5.93 Kbps untuk *incoming* dan 5.68 Kbps untuk *outgoing* dengan total rata – rata trafik sebesar 11.61 Kbps.

6) Problems and Resolved

Problems adalah pemicu yang berada dalam status

“masalah” atau merupakan suatu kondisi perangkat jaringan dan *server* mengalami permasalahan sehingga membuat Zabbix menangkap permasalahan tersebut dengan mengkategorikan ke dalam level – level yang berbeda sesuai standar Zabbix. Sedangkan *resolved* adalah masalah yang terselesaikan. Berbagai permasalahan maupun penyelesaian masalah baik pada perangkat jaringan maupun *server* dikirimkan kepada administrator jaringan melalui surat elektronik (surel) dan Telegram.

Pada saat pesan *problem* maka tandanya perangkat jaringan atau *server* sesuai isi pesan sedang terjadi masalah. Sebaliknya jika pesan *resolved* maka tandanya masalah pada perangkat jaringan atau *server* telah terselesaikan. Pada Bahasa ini akan dilihat jumlah pesan *problem* dan *resolved* sesuai dengan setiap skenario guna melihat persentase penyelesaian permasalahan.



Gambar 27 Grafik Jumlah Pesan *Problem* dan *Resolved* Masing – masing Skenario

Gambar 27 merupakan jumlah *problem* dan *resolved* setiap skenario. Jumlah pesan *problem* yang terjadi dalam 4 skenario yaitu sebanyak 6912 dan pesan *resolved* sebanyak 6888. Maka tingkat penyelesaian masalah 4 skenario sebesar 99.65 % dapat terselesaikan. Rata – rata pesan *problem* sebanyak 246.86 dan rata – rata pesan *resolved* sebanyak 246.

V. KESIMPULAN

Pengimplementasian Aplikasi Zabbix dapat mengetahui kondisi dan status perangkat yang dipantau secara *real time*, mulai dari kinerja setiap perangkat, lalu lintas data, penggunaan CPU, penggunaan memori, suhu perangkat dan permasalahan yang terjadi pada perangkat jaringan maupun *server*.

Notifikasi melalui surat elektronik (surel) dan aplikasi Telegram memudahkan administrator jaringan untuk mengetahui permasalahan pada perangkat jaringan maupun *server* secara cepat tanpa harus mengakses Zabbix *Frontend* terus menerus serta menjadi informasi guna mengambil langkah penyelesaian masalah perangkat jaringan dan *server*.

Koneksi antara Aplikasi Zabbix dan aplikasi Telegram menggunakan BOT Telegram yang sudah di inialisasikan pada 2 script pada sistem *alert scripts* berbasis python.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Nofriandi, 2014. *Instalasi Cacti sebagai Network Monitoring System (NMS) pada Linux CentOS 6.3*. [Online] (Updated 25 Feb 2014)
Tersedia di : <https://acen90.wordpress.com> [Accessed 06 April 2019]

- [2] Zabbix, 2018. *Zabbix on the Raspberry Pi (OS Raspbian)*. [Online] (Updated 01 Des 2018)
Tersedia di : <https://zabbix.org> [Accessed 06 April 2019]
- [3] Indriana S M B, Ayu. 2018. *Implementasi Dan Analisis Sistem Monitoring Jaringan Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) PLN Disjaya-shelter Gambir Dengan Menggunakan Aplikasi Zabbix Pada PT Indonesia Comnets Plus*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- [4] Mediyanto, Beni, dan Irfan Mahendra. 2017. *Penerapan Metode Utaut Untuk Memprediksi Behavioral Intentions User Dalam Menggunakan Aplikasi Zabbix*. Depok: STMIK Nusa Mandiri.
- [5] Aji Suparman, Iskandar 2016. *Eksplorasi Zabbix Untuk Monitoring Perangkat Jaringan (Studi Kasus Teknik Informatika Universitas Pasundan)*. Bandung : Universitas Pasundan.
- [6] Prayuda, Eka. 2015. *Network dan Service Monitoring Menggunakan Nagios Dan Zabbix Pada Laboratorium Informatika UMM*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- [7] Tri Wibisono, Septiaji dan Wahyul Amien Syafei. 2013. *Layanan Jaringan Metronet di PT ICON +*. [Online](Updated 21 Mei 2012)
Tersedia di : www.elektro.undip.ac.id [Accessed 07 April 2019]
- [8] Raspberrypi, 2018. *What is a Raspberry Pi?*. [Online] Tersedia di : www.raspberrypi.org [Accessed 07 April 2019]
- [9] Cisco Networking Academy, 2008. *Chapter 8 : Monitoring The Network*. USA : Cisco.
- [10] Zabbix, 2018. *Zabbix Documentation 4.4*. [Online] Tersedia di : www.zabbix.com [Accessed 06 April 2019].
- [11] International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 1998. *ISO/IEC 10040 Information technology - Open Systems Interconnection*