

Analisa Perangkat Jaringan Komputer Kampus

¹R.A. Fattah Adriansyah, ²Ade Sarah Huzaifah, ³Annisa Fadhilah Pulungan

¹Universitas Mikroskil, ^{2,3}Universitas Sumatera Utara

¹fattah.adriansyah@mikroskil.ac.id, ²adesarah@usu.ac.id, ³annisafpulungan@usu.ac.id

ABSTRAK

Jaringan komputer memainkan peran penting di seluruh dunia. Dimana standar protokol jaringan komputer terdiri dari tujuh lapisan yang digunakan sebagai arsitektur komunikasi, yang masing-masing berperan dalam komunikasi jaringan komputer. *Switch* adalah perangkat *layer 2* dalam jaringan komputer yang menghubungkan *device* di *broadcast domain* yang sama, namun untuk *device* di *broadcast domain* yang berbeda tidak dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa menggunakan perangkat *layer 3* seperti *router*. *Router* merutekan paket dari pengirim ke penerima menggunakan alamat IP yang diarahkan sesuai dengan tabel *routing* yang ada. Sedangkan si tabel *routing* ditentukan oleh protokol *routing* yang digunakan. Ada beberapa protokol *routing* yang tersedia, dimana masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya. Dan untuk mendukung kebutuhan yang unik setiap organisasi, maka organisasi tersebut perlu desain jaringan yang unik pula. Begitu pula dengan protokol *routing* yang digunakan juga harus disesuaikan. Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk mengatasi *broadcast* yang biasa terjadi pada jaringan kampus dan mengurangi kemungkinan terjadinya *broadcast storm* dengan cara memisahkan *broadcast domain* menggunakan *router*. Eksperimen ini juga membandingkan protokol *routing* RIP dan OSPF yang diterapkan di jaringan tersebut untuk mencari tahu protokol *routing* mana yang cocok untuk topologi jaringan kampus yang umum digunakan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa jaringan komputer kampus dengan menggunakan *router* dapat mengidentifikasi dan memantau masalah yang terjadi, membagi *broadcast collision*, dan juga melakukan pemilihan rute/jalur. Hal ini memudahkan dalam mengatasi masalah dan memaksimalkan kinerja jaringan komputer kampus. Jaringan komputer kampus yang menggunakan *router* dan mengkonfigurasi protokol *routing* OSPF memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan protokol *routing* RIP yang dikonfigurasi.

Kata Kunci: *switch, router, computer network, routing, broadcast*

PENDAHULUAN

Saat ini jaringan komputer memainkan peran penting dalam dunia karena memungkinkan berbagai aplikasi dan layanan yang sangat penting bagi individu, kelompok, dan masyarakat. Jaringan komputer membantu orang berkomunikasi dan bekerja sama di berbagai tempat dan waktu. Selain itu jaringan komputer juga dapat memberikan akses ke informasi dan pengetahuan dari berbagai *platform* dan sumber. Semua kemampuan itu membuat jaringan komputer dapat mendukung kemajuan teknologi dan solusi baru yang dapat meningkatkan kualitas hidup dan mengatasi tantangan dunia.

Jaringan komputer adalah sistem perangkat yang saling terhubung yang menggunakan protokol yang sama untuk berkomunikasi dan bertukar data. Standar protokol yang ada di jaringan komputer dikenal dengan model *Open System Interconnection (OSI) layer*. Dimana protokol ini

memiliki 7 layer yang digunakan sebagai arsitektur komunikasi dan memiliki peran masing-masing pada komunikasi di jaringan komputer. *Switch* adalah *device layer* 2 pada jaringan komputer yang menghubungkan *device* dengan *broadcast domain* yang sama dapat mem-forward *frame* berdasarkan alamat *Media Access Control* (MAC) dari komputer tujuannya. Namun untuk *device* yang berada pada *broadcast domain* yang berbeda tidak dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa menggunakan *device layer* 3. Salah satu *device layer* 3 yang sering digunakan pada jaringan komputer untuk menghubungkan antar *broadcast domain* adalah *router*, selain itu *router* juga berguna untuk membatasi *broadcast* yang sangat banyak dan dapat mengganggu kinerja dari jaringan komputer. Cara kerja *router* adalah menggunakan alamat *Internet Protocol* (IP) yang diarahkan sesuai dengan tabel *routing* yang ada untuk merutekan paket dari pengirim ke penerima, sehingga tidak terjadi *broadcast* pada layer ini atau dengan kata lain *router* dapat memecah *broadcast domain* pada jaringan komputer. Isi tabel *routing* akan ditentukan oleh protokol *routing* yang digunakan, dimana terdapat beberapa protokol *routing* yang tersedia dan masing-masing protokol *routing* memiliki kelebihan dan kekurangan.

(Gyi, M.M, Naing, S.S, & San, P.E, 2019) mengimplementasikan *Routing Information Protocol* (RIP) dan *Open Shortest Path First* (OSPF) pada sebuah desain jaringan yang menghubungkan site A dan site B dengan tujuh *router* yang saling terhubung dan dua buah *switch* dengan menggunakan simulator *Packet Tracer*. Dari percobaan tersebut diketahui bahwa RIP menghasilkan *traffic* yang tinggi sehingga dapat menyebabkan kemacetan di jaringan yang lambat, dan jumlah *hop* maksimumnya adalah 15 *hop* dimana hal tersebut dapat membatasi penggunaan RIP pada jaringan berskala kecil. Sementara OSPF tidak memiliki batasan *hop* dan memiliki waktu konvergensi yang cepat sehingga membuat OSPF lebih efisien dalam jaringan berskala besar. Begitu juga pada penelitian (Wai, K.K, 2019) yang membandingkan RIP dengan OSPF pada jaringan *Local Area Network* (LAN) dengan simulator *Packet Tracer* dan ditemukan bahwa OSPF mendominasi RIP dalam hal *average throughput* dan *instant delay* dalam berbagai ukuran jaringan.

Kemudian (Majid, N.W.A, & Fuadi, S, 2020) membuktikan bahwa OSPF memiliki waktu yang lebih cepat atau efisien dalam koneksi daripada RIP saat disimulasikan pada *Enterprise Network Simulation Platform* (ENSP) maupun *Graphical Network Simulator-3* (GNS3). Dan berdasarkan percobaan yang dilakukan (Biradar, A.G, 2020) ketika mensimulasikan OSPF dan RIP pada GNS3 ditemukan bahwa RIP lebih sederhana, mudah dikonfigurasi dan diimplementasikan ke *router* daripada OSPF. Namun OSPF memiliki waktu *delay* yang lebih baik daripada RIP.

Tiap organisasi memiliki desain jaringan yang unik dan memiliki kebutuhan yang unik untuk kinerja jaringannya, oleh karena itu organisasi satu dengan yang lain membutuhkan protokol *routing* yang sesuai dengan desain dan kebutuhannya masing-masing. Misalnya protokol *routing* yang dianggap cocok untuk sebuah desain jaringan bank, mungkin dianggap tidak cocok untuk sebuah desain jaringan kampus dan sebaliknya. Dimana pada umumnya suatu kampus terdiri dari banyak fakultas dan program studi, dan tiap fakultas memiliki jaringan yang dihubungkan oleh *switch*.

Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan untuk mengatasi *broadcast* yang biasanya terjadi pada jaringan kampus dengan menggunakan *router* untuk memisahkan *broadcast domain* sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *broadcast storm*. Pada percobaan ini juga akan membandingkan protokol *routing* RIP dan OSPF yang akan diimplementasikan pada jaringan tersebut untuk mencari tahu protokol *routing* yang sesuai pada topologi jaringan kampus yang umum digunakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah sistem yang menghubungkan dua atau lebih perangkat komputasi untuk mengirimkan dan berbagi informasi. Sementara model OSI adalah model referensi yang menggambarkan bagaimana informasi bergerak dari satu komputer ke komputer lain melalui tujuh lapisan. Ada tujuh lapisan model OSI adalah:

1. *Physical Layer*: bertanggung jawab atas koneksi fisik dan transmisi bit individual menggunakan sinyal listrik, optik, atau nirkabel.
2. *Data Link Layer*: bertanggung jawab atas pengiriman frame data dan deteksi serta koreksi kesalahan.
3. *Network Layer*: bertanggung jawab atas pengiriman paket data dan perutean dari sumber ke tujuan menggunakan alamat IP dan protokol perutean.
4. *Transport Layer*: bertanggung jawab atas pengiriman segmen data dan komunikasi yang andal dan efisien antara aplikasi dengan menggunakan *Transmission Control Protocol* (TCP) atau *User Datagram Protocol* (UDP).
5. *Session Layer*: bertanggung jawab atas pengelolaan sesi dan interaksi antara perangkat yang berkomunikasi dengan menggunakan *Secure Socket Layer* (SSL), *Transport Layer Security* (TLS), atau *Secure Shell* (SSH).
6. *Presentation Layer*: bertanggung jawab atas representasi dan transformasi data dengan melakukan enkripsi, dekripsi, kompresi, dekompresi, dan penerjemahan data.
7. *Application Layer*: bertanggung jawab atas interaksi antara pengguna dan jaringan dengan menyediakan layanan dan protokol seperti *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP), *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP), *File Transfer Protocol* (FTP), dan *Telecommunication network* (Telnet).

Switch dan Router

Switch dan *router* merupakan dua perangkat jaringan yang berbeda. *Switch* menghubungkan beberapa perangkat dalam LAN yang sama dan meneruskan *data frame* berdasarkan alamat MAC tujuan. *Switch* beroperasi pada *Data Link Layer* (lapisan 2) model OSI dan dapat meningkatkan *bandwidth* serta kinerja jaringan dengan membuat *collision domain* terpisah untuk setiap *port*. *Switch* juga dapat mendukung *Virtual Local Area Network* (VLAN), yang merupakan kelompok perangkat logis yang dapat berkomunikasi seolah-olah mereka berada di LAN fisik yang sama. *Router* menghubungkan jaringan yang berbeda dan meneruskan *data packet* berdasarkan alamat IP tujuan. *Router* beroperasi pada *Network Layer* (lapisan 3) model OSI dan dapat mengurangi kemacetan jaringan dan meningkatkan keamanan dengan membuat *broadcast domain* terpisah untuk setiap antarmuka. *Router* juga dapat mendukung protokol perutean, yang merupakan algoritma yang menentukan jalur terbaik untuk mencapai jaringan tujuan. *Switch* dan *router* dapat bekerja sama untuk membentuk jaringan yang lebih besar dan lebih kompleks, di mana *switch* menghubungkan perangkat dalam LAN, dan *router* menghubungkan beberapa LAN untuk membentuk *Wide Area Network* (WAN) atau Internet.

Router bekerja dengan menggunakan beberapa konsep dasar, seperti alamat IP, tabel perutean, metrik, dan protokol. Alamat IP adalah label numerik yang mengidentifikasi perangkat pada jaringan. Alamat IP dibagi menjadi dua bagian: *network prefix* dan *host identifier*. *Network Prefix* menunjukkan jaringan tempat perangkat berada, sedangkan *Host Identifier* menunjukkan perangkat tertentu dalam jaringan tersebut. Tabel perutean adalah daftar jalur yang memungkinkan untuk mencapai jaringan tujuan dalam memori *router*. Tabel ini menyimpan informasi seperti *hop* berikutnya, *cost*, dan parameter lainnya. Tabel perutean diperbarui secara berkala dengan menggunakan protokol perutean. Metrik adalah nilai yang digunakan *router* untuk membandingkan jalur yang berbeda dan memilih jalur terbaik untuk meneruskan paket data. Metrik dapat didasarkan pada berbagai faktor, seperti *bandwidth*, *delay*, keandalan, beban, atau jarak. Protokol perutean adalah aturan dan prosedur yang digunakan *router* untuk bertukar informasi perutean satu sama lain. Protokol perutean dapat diklasifikasikan ke dalam dua jenis: *Interior Gateway Protocols* (IGP) dan *Exterior Gateway Protocols* (EGP). IGP digunakan dalam satu sistem otonom, sedangkan EGP digunakan di antara sistem otonom yang berbeda.

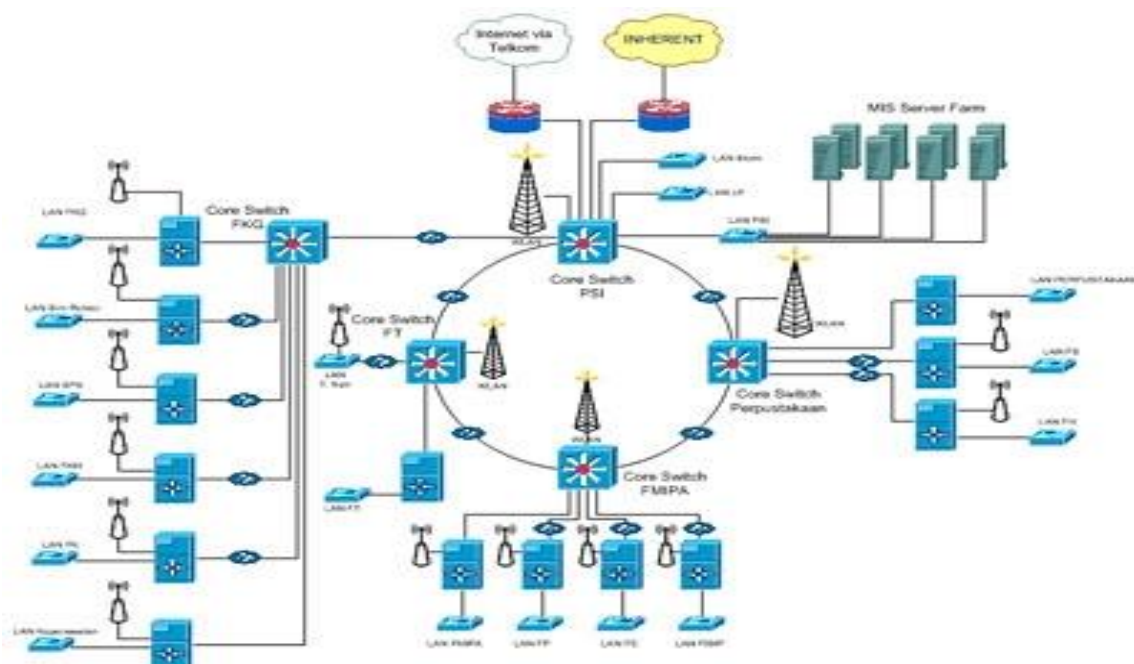
Routing Information Protocol (RIP) dan Open Shortest Path First (OSPF)

Protokol perutean merupakan seperangkat aturan dan prosedur yang digunakan *router* untuk bertukar informasi perutean satu sama lain. Protokol perutean dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: *Interior Gateway Protocols* (IGP) dan *Exterior Gateway Protocols* (EGP). IGP digunakan dalam satu sistem otonom, yang merupakan sekelompok jaringan di bawah kendali administratif yang sama. EGP digunakan di antara sistem otonom yang berbeda, yang biasanya dimiliki oleh organisasi atau *Internet Service Provider* (ISP) yang berbeda.

RIP adalah protokol perutean yang sederhana dan mudah dikonfigurasi, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal jumlah *hop*, *overhead*, konvergensi, dan keamanan. RIP menggunakan *hop count* sebagai metrik perutean dan meneruskan *data frame* berdasarkan alamat MAC tujuan. RIP beroperasi pada *Data Link Layer* (lapisan 2) model OSI dan dapat membuat *collision domain* terpisah untuk setiap *port*. OSPF adalah protokol perutean yang lebih kompleks dan sumber daya yang intensif, tetapi memiliki keunggulan dalam hal *cost*, *Variable Length Subnet Mask* (VLSM), peringkasan rute, autentikasi, area, area rintisan, dan jenis antarmuka jaringan. OSPF menggunakan algoritma jalur terpendek pertama untuk menghitung rute terbaik dan meneruskan *data packet* berdasarkan alamat IP tujuan. OSPF beroperasi pada *Network Layer* (lapisan 3) model OSI dan dapat membuat *broadcast domain* terpisah untuk setiap antarmuka. RIP dan OSPF adalah protokol *routing* vektor jarak, yang hanya mengetahui jarak dan arah untuk mencapai jaringan tujuan, tetapi tidak mengetahui seluruh topologi jaringan. Protokol *routing* vektor jarak menggunakan teknik seperti *split horizon*, *poison reverse*, dan pengatur waktu penahanan untuk mencegah *loop routing*. OSPF juga merupakan protokol perutean *link state*, yang memelihara peta lengkap topologi jaringan dan menggunakan teknik seperti area, ringkasan, dan *stub* untuk mengurangi jumlah informasi yang dipertukarkan.

METODE PENELITIAN

Jaringan komputer kampus merupakan jaringan komputer yang cukup besar. Karena terdiri dari beberapa fakultas dan fakultas terdiri dari beberapa program studi.



Gambar 1. Jaringan Komputer Kampus

Pada jaringan komputer kampus akan dibandingkan penggunaan *switch* dan *router* pada beberapa

titik yang menghubungkan antar fakultas yang umumnya ada pada jaringan kampus. Dan selanjutnya akan digunakan protokol *routing* dinamis pada *router* – *router* di jaringan untuk memaksimalkan penggunaan *router* yang ada, disini akan digunakan protokol *routing* RIP dan OSPF untuk menentukan protokol *routing* apa yang terbaik di jaringan ini saat menggunakan *router* di beberapa titiknya.

Switch

Switch merupakan perangkat jaringan komputer yang menghubungkan beberapa *device* untuk terkoneksi satu sama lain. *Switch* yang digunakan pada penelitian ini merupakan perangkat yang bekerja di data *link layer* (*layer 2*) model OSI, dimana melakukan pengiriman berdasarkan alamat yang ada pada tabel MAC *switch*. Tabel MAC *switch* mencatat alamat MAC dari *device* pengirim, bila *switch* belum memiliki alamat dari tujuan *frame* yang dikirimkan salah satu *host* di tabel MAC-nya maka *switch* akan membanjiri *frame* ke semua *interface* kecuali *interface host* yang mengirimkan untuk mendapatkan alamat yang dituju.

Router

Router merupakan perangkat jaringan komputer yang digunakan untuk menghubungkan jaringan yang berbeda dan merutekan paket berdasarkan alamat IP tujuannya. *Router* beroperasi di *network layer* (*layer 3*) OSI *layer* dan merutekan paket berdasarkan tabel *routing*-nya, dimana tabel *routing* ini dikelola oleh protokol *routing* secara dinamis yang digunakan pada *router*.

Protokol Routing

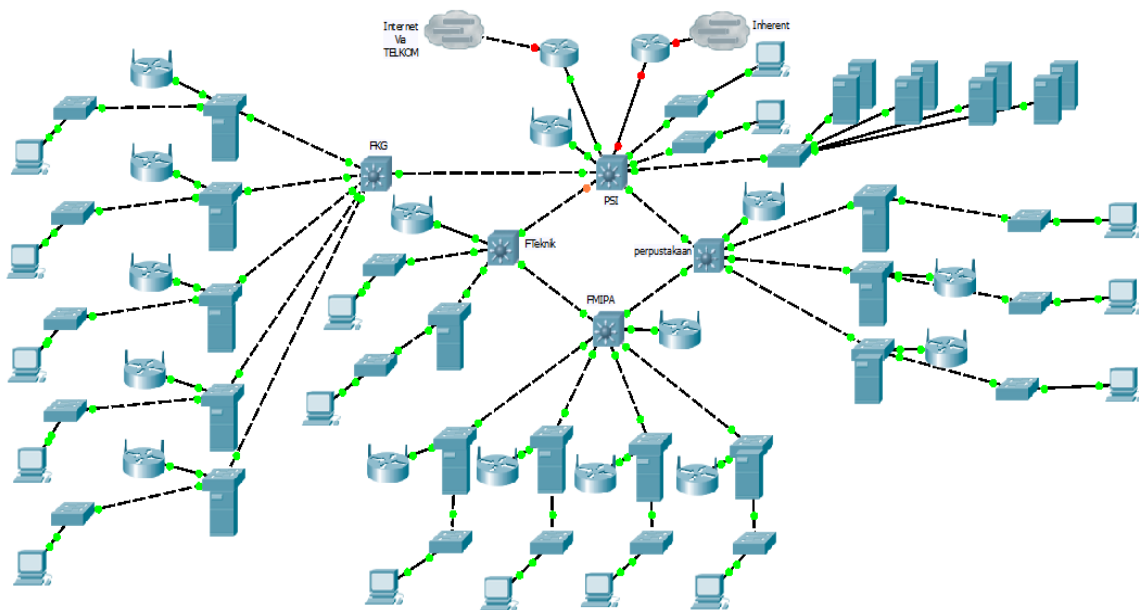
Pada penelitian ini akan digunakan protokol *routing* dinamis (*dynamic routing protocol*) yang merupakan prosedur yang digunakan oleh *router* untuk bertukar informasi perutean dengan *router* lain yang terkoneksi, sehingga didapatkan rute terbaik yang akan diisikan pada tabel *routing* dan digunakan untuk merutekan paket yang akan dikirimkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan komputer pada suatu kampus umumnya terdiri dari beberapa *switch* dan *router* yang digunakan untuk menghubungkan antara komputer satu dengan yang lain, selain itu juga digunakan untuk menghubungkan antar program studi dan fakultas di kampus tersebut.

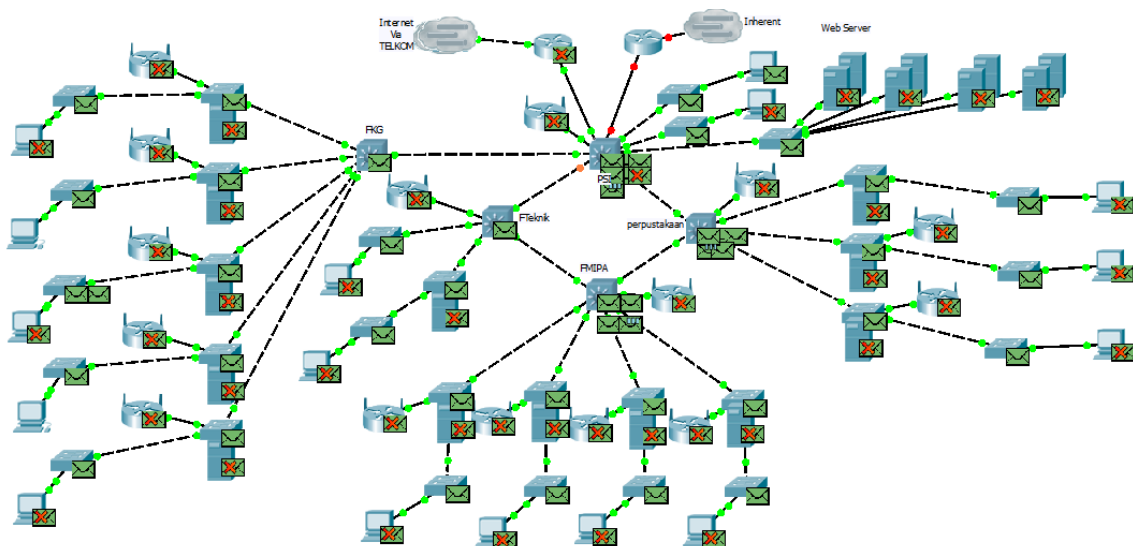
Pada penelitian ini jaringan kampus disimulasikan dengan menggunakan simulator jaringan komputer menjadi seperti gambar 2. Dimana topologi jaringan komputer yang umumnya digunakan oleh kampus untuk mengoneksikan komputer pada jaringan lokalnya membuat komputer yang ada dapat mengakses jaringan publik dan berkomunikasi dengan komputer lainnya menggunakan jaringan lokal/*private* yang ada. Jaringan *private* yang ada pada sebuah kampus umumnya memiliki komputer/*host* yang banyak, sehingga menuntut kinerja dari jaringan komputer yang menghubungkan antar *host* tersebut bekerja sebaik mungkin dengan cara mengurangi beban komunikasi atau data yang tidak perlu untuk menggunakan *resource* dari jaringan komputer ini.

Jaringan yang akan disimulasikan, mulai dari komputer - komputer *host* dan *server* yang ada didalam suatu program studi disimulasikan terkoneksi dengan media transmisi dengan menggunakan *device* jaringan yang akan dikoneksikan pada *device* jaringan komputer yang ada di fakultas masing-masing lalu jaringan antar fakultas juga akan dikoneksikan satu dengan yang lain sampai menuju ujung jaringan keluar melalui pusat sistem informasi yang ada di jaringan kampus pada umumnya.



Gambar 2. Jaringan Komputer Kampus di Simulator Jaringan Komputer

Terlihat di jaringan komputer kampus pada simulator masih dominan menggunakan *switch* di akses dan *aggregation layer* pada jaringan komputernya, fakultas satu dengan yang lain masih dihubungkan dengan *switch*. Hal ini dapat menyebabkan sulitnya memonitor permasalahan yang terjadi dan menyebabkan *broadcast domain* yang terlalu besar pada jaringan komputer. Pada kondisi seperti ini jaringan komputer satu dengan yang lain dapat saling mem-*broadcast* sehingga mengganggu kinerja jaringan komputer tersebut.



Gambar 3. Broadcast yang Terjadi pada Beberapa Fakultas di Jaringan Kampus

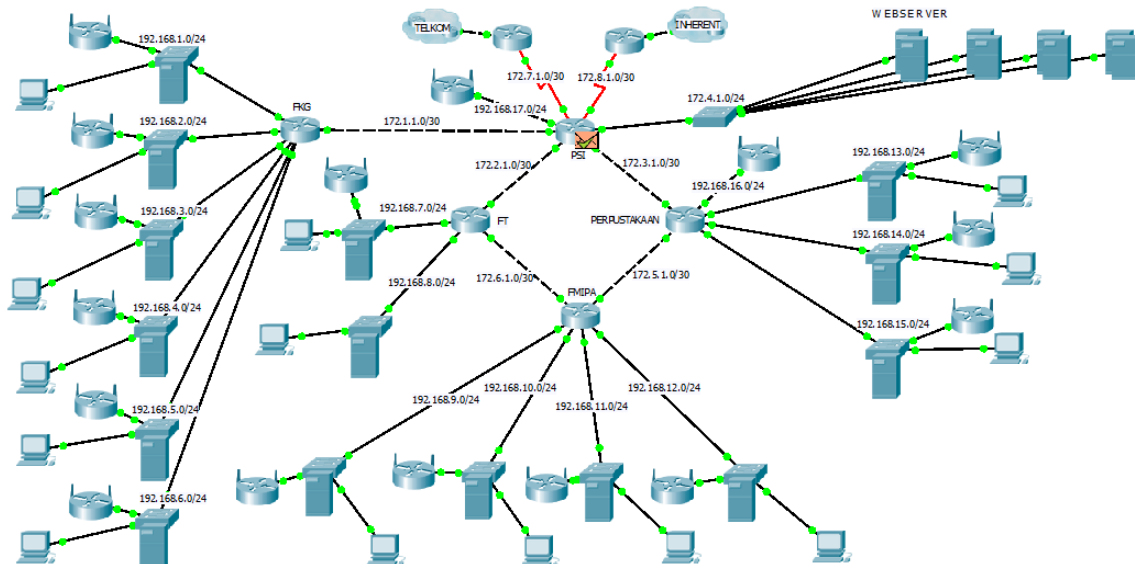
Jaringan komputer pada gambar 3 menunjukkan adanya *broadcast* yang terjadi di beberapa fakultas dan diteruskan *broadcast* kembali ke program studi dari fakultas tersebut, jika banyak komputer pada jaringan melakukan *broadcast* maka akan banyak *frame broadcast* yang melalui jaringan komputer maka jaringan akan menjadi lambat karena dipenuhi oleh *frame broadcast*. Untuk mengatasi masalah ini dapat digunakan *router* pada titik – titik tertentu sehingga *broadcast* dapat di kelompokkan dan paket dapat di-*routing*-kan ke jalur terbaik dari beberapa jalur yang ada pada jaringan komputer kampus.

Pemilihan jalur terbaik ini ditentukan oleh protokol *routing* yang digunakan, dimana

protokol *routing* ini akan mengisi tabel *routing* yang akan digunakan oleh *router* untuk memilih jalur dalam merutekan paket dari komputer pengirim ke komputer penerima.

Broadcast Domain

Satu *broadcast domain* pada jaringan komputer kampus yang terdiri dari banyak LAN didalamnya dapat menyebabkan LAN ini saling mem-*broadcast* satu sama lain. Pada penelitian ini akan disimulasikan menggunakan *router* di beberapa titik untuk menghubungkan antar jaringan komputer di fakultas guna memecah *broadcast domain* yang ada seperti gambar 4.



Gambar 4. Jaringan Komputer Kampus Menggunakan Router

Pada percobaan ini dilakukan *trace route* dari *host* yang ada pada jaringan 192.168.12.0/24 yang berada pada Fakultas MIPA (FMIPA) ke WEB SERVER, dimana kondisi jaringan kampus belum menggunakan *router*. Hasil yang didapatkan terlihat pada gambar 5.

```
PC>tracert WEBSERVER
Tracing route to 10.100.100.1 over a maximum of 30 hops:
  1  37 ms  28 ms  25 ms  10.100.100.1
Trace complete.
```

Gambar 5. Trace Route Jaringan Kampus Tanpa Router

Trace route ini hanya menampilkan alamat IP dari WEB SERVER tujuannya. Hal ini membuat kerusakan yang terjadi pada media transmisi untuk mencapai tujuan tidak dapat dipantau/dilihat. Berbeda dengan *trace route* pada jaringan kampus yang sudah menggunakan *router* dengan *routing* statik untuk menghubungkan antar fakultasnya yang terlihat pada gambar 6.

```
PC>tracert WEBSERVER
Tracing route to 172.4.1.2 over a maximum of 30 hops:
  1  7 ms  10 ms  9 ms  192.168.12.1
  2  11 ms  10 ms  15 ms  172.5.1.1
  3  17 ms  13 ms  15 ms  172.3.1.1
  4  24 ms  22 ms  24 ms  172.4.1.2
Trace complete.
```

Gambar 6. Trace Route Jaringan Kampus Menggunakan Router

Dapat dilakukan pemantauan atau *monitoring* permasalahan yang terjadi pada jaringan komputer, sehingga memudahkan dalam melakukan lokalisasi permasalahan dimana dapat dilihat rute yang dilewati untuk menuju WEBSERVER pada jaringan ini. Dan pada jaringan ini juga akan diuji menggunakan dua protokol *routing* dinamik sehingga dapat dilihat kelebihan dan kekurangan masing-masing protokol *routing* saat digunakan pada jaringan tersebut, protokol *routing* yang digunakan yaitu RIP dan OSPF.

Protokol *routing* RIP dan OSPF

Router mengarahkan paket dengan melihat tabel *routing*-nya, dan tabel *routing* perlu di-*update* untuk mengetahui rute – rute yang baru dan terbaik dengan menggunakan protokol *routing*. RIP adalah salah satu protokol *routing* jenis *distance-vector* yang menggunakan jumlah *hop* sebagai *metric* untuk menentukan rute terbaik *device* tujuan. Setelah dilakukan percobaan pada topologi jaringan komputer tersebut didapatkan hasil OSPF memiliki kecepatan *convergence* yang lebih baik serta pemilihan jalur yang lebih baik, sedangkan saat menggunakan RIP konfigurasinya lebih mudah dibandingkan OSPF.

KESIMPULAN

Jaringan komputer yang berada di kampus umumnya terbagi menjadi jaringan LAN yang berada di setiap program studi pada kampus tersebut. Kemudian setiap jaringan komputer yang ada pada program studi ini terkoneksi ke jaringan di fakultas prodi tersebut berada, dan setiap fakultas yang memiliki beberapa program studi ini terkoneksi lagi ke fakultas – fakultas yang ada pada kampus tersebut, sehingga banyak media transmisi atau *device* yang digunakan pada jaringan ini. Untuk memiliki jaringan komputer yang handal pada suatu kampus dibutuhkan media transmisi atau *device* jaringan yang dapat bekerja sebagaimana mestinya untuk mendukung kinerja dari jaringan komputer pada suatu kampus. Pada penelitian ini terlihat bahwa jaringan komputer kampus yang menggunakan *router* dapat dilakukan lokalisasi permasalahan, pemantauan (*monitoring*), dapat membagi *broadcast collision*, dan juga dapat melakukan pemilihan rute/jalur. Sehingga hal ini dapat mempermudah dalam menangani masalah dan dapat memaksimalkan kinerja jaringan komputer kampus. Pada jaringan komputer kampus yang menggunakan *router* dan dikonfigurasi protokol *routing* OSPF memiliki kinerja yang lebih baik daripada dikonfigurasi protokol *routing* RIP.

REFERENSI

- Ali, A. B., Tabassum, M., dan Mathew, K. (2016). A Comparative Study of IGP and EGP Routing Protocols, Performance Evaluation along Load Balancing and Redundancy across Different AS. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2016*, 2, 493 – 498.
- Biradar, A.G. (2020). A Comparative Study on Routing Protocols: RIP, OSPF and EIGRP and Their Analysis Using GNS-3. *5th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering*. Doi: 10.1109/ICRAIE51050.2020.9358327.
- Geeksforgeeks. (2023, November 14). What is OSI Model? – Layers of OSI Model. <https://www.geeksforgeeks.org/open-systems-interconnection-model-osi/>
- Gyi, M. M., Naing, S. S., dan San, P. E. (2019). Performance of Best Route Selection using RIP and OSPF Routing Protocols. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 3(5), 1979-1982.
- Javatpoint. (2023, November 14). OSI Model. <https://www.javatpoint.com/osi-model/>
- Jayakumar, M., Rekha, N. R. S., dan Bharathi, B. (2015). A Comparative study on RIP and OSPF protocols. *2nd International Conference on Innovations in Information Embedded and Communication Systems 2015*. Doi: 10.1109/ICIIECS.2015.7193275.

- Majid, N. W. A., dan Fuada, S. (2020). RIP VS. OSPF Routing Protocols: Which One is The Best for a Real-Time Computer Network? *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), 249-256. Doi: 10.24176/simet.v11i1.3796.
- Netgear. (2023, November 14). What is a Routing Information Protocol (RIP) and how does it work with my managed switch?. <https://kb.netgear.com/21661/What-is-a-Routing-Information-Protocol-RIP-and-how-does-it-work-with-my-managed-switch/>
- Thakur, M., dan Verma, P. (2022). A Review of Computer Network Topology and Analysis Examples. *International Journal of Advances in Engineering and Management*, 4(9), 1523-1530.
- Verma, A., dan Bhardwaj, N. (2016). A Review on Routing Information Protocol (RIP) and Open Shortest Path First (OSPF) Routing Protocol. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 9(4). 161-170.
- Wai, K. K. (2019). Analysis of RIP, EIGRP, and OSPF Routing Protocols in a Network. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 3(5), 2484-2487.