Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan
E-ISSN : 2540-7600
P-ISSN : 2540-7597

SIMULASI INTERKONEKSI ANTARA AUTONOMOUS SYSTEM (AS) MENGGUNAKAN BORDER GATEWAY PROTOCOL (BGP)

Hari Antoni Musril
Jurusan Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer, FTIK, Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Bukittinggi
Gurun Aur Kubang Putih, Kampus II IAIN Bukittinggi, Kab. Agam (26181), Sumatera Barat, Indonesia
kum_ayik@yahoo.co.id

Abstract—An autonomous system (AS) is the collection of networks having the same set of routing policies. Each AS has administrative control to its own inter-domain routing policy. Computer networks consisting of a bunch of AS's with different routing will not be able to interconnecttion one another. This is causes communication in the network to be inhibited. For that we need a protocol that can connect each different AS. Border Gateway Protocol (BGP) is an inter-domain routing protocol i.e. between different AS that is used to exchange routing information between them. In a typical inter-network (and in the Internet) each autonomous system designates one or more routers that run BGP software. BGP routers in each AS are linked to those in one or more other AS. The ability to exchange table routing information between Autonomous System (AS) is one of the advantages BGP. BGP implements routing policies based a set of attributes accompanying each route used to pick the "shortest" path across multiple ASs, along with one or more routing policies. BGP uses an algorithm which cannot be classified as a pure "Distance Vector", or pure "Link State". It is a path vector routing protocol as it defines a route as a collection of a number of AS that is passes through from source AS to destination AS. This paper discusses the implementation of the BGP routing protocol in the network that have different AS in order to interconnect. Its application using Packet Tracer 7.0 software for prototyping and simulating network. So that later can be applied to the actual network. Based on experiments that have been carried out, the BGP routing protocol can connect two routers that have different autonomous system.

***Abstrak—Autonomous systems* (AS) adalah kumpulan jaringan yang memiliki seperangkat kebijakan *routing* yang sama. Setiap AS memiliki kewenangan administratif sendiri untuk mengatur *policy routing inter-domain*. Jaringan komputer yang terdiri dari sekumpulan AS dengan *routing* yang berbeda-beda tidak akan dapat melakukan interkoneksi antara satu dengan yang lainnya. Hal ini menyebabkan komunikasi dalam jaringan menjadi terhambat. Untuk itu dibutuhkan protokol yang bisa menghubungkan setiap AS yang berbeda tersebut. *Border Gateway Protocol* (BGP) adalah protokol perutean antara AS yang berbeda yang digunakan untuk menukar informasi *routing* di antara keduanya. Dalam sebuah jaringan *autonomous systems* menunjuk satu atau lebih *router* yang menjalankan perangkat lunak BGP. *Router* BGP pada setiap AS terhubung ke satu atau lebih AS lainnya. Kemampuan untuk saling bertukar informasi tabel *routing* antar AS merupakan salah satu keunggulan dari BGP. BGP menerapkan kebijakan perutean berdasarkan sekumpulan atribut yang menyertai setiap rute yang digunakan untuk memilih jalur "terpendek" di beberapa AS, bersamaan dengan satu atau beberapa kebijakan perutean. BGP menggunakan algoritma yang tidak dapat diklasifikasikan sebagai "*Distance Vector*" murni, atau "*Link State*" murni. BGP adalah protokol *path vector routing* karena mendefinisikan rute sebagai kumpulan sejumlah AS yang lewat dari AS sumber ke AS tujuan. Tulisan ini membahas penerapan protokol *routing* BGP dalam jaringan yang memiliki AS yang berbeda supaya dapat melakukan interkoneksi. Penerapannya menggunakan *software Packet Tracer* 7.0 untuk membuat prototipe jaringan dan mensimulasikannya. Sehingga nantinya dapat diterapkan pada jaringan yang sebenarnya. Berdasarkan pada percobaan yang telah dilakukan, protokol *routing* BGP dapat menghubungkan dua buah *router* yang memiliki *autonomous system* yang berbeda.**

***Keywords*— Border Gateway Protocol (BGP) , Autonomous Systems (AS), Routing, Router.**

I. PENDAHULUAN

Organisasi yang ingin berkembang membutuhkan jaringan komputer dalam pelaksanaan aktivitasnya. Jaringan komputer adalah himpunan "interkoneksi" antara dua komputer *autonomous* atau lebih yang terhubung dengan media transmisi kabel atau tanpa kabel (*wireless*) [1]. Perkembangan jaringan komputer yang semakin pesat dewasa ini harus diimbangi dengan mekanisme komunikasi data yang baik. Sebagaimana prinsip dasar dalam komunikasi data bahwa data yang dikirim harus diterima oleh komputer yang dituju dalam waktu yang secepat mungkin [2]. Salah satu aturan dalam komunikasi data untuk menunjang hal itu adalah protokol perutean (*routing protocol*). *Routing protocol* merupakan algoritma yang digunakan dalam mengatur proses *routing*. *Routing* adalah proses memilih lintasan yang akan ditempuh oleh sebuah paket data pada suatu jaringan komputer [3]. *Routing protocol* berguna untuk mengatur jalur komunikasi data dalam sebuah jaringan komputer.

Jaringan komputer yang telah besar terdiri dari dua atau lebih *autonomous system*. *Autonomous system* (AS) merupakan jaringan yang independen dan mempunyai menejemen sistem sendiri, memiliki topologi jaringan sendiri, *hardware* dan *software* sendiri, dan dapat melakukan interkoneksi dengan jaringan *autonomous system* lainnya. AS secara sederhana dapat diumpamakan dengan sebuah perusahaan yang memiliki peraturan sendiri yang berbeda dengan perusahaan lain. Memiliki privasi sendiri, struktur manajemen sendiri, strategi bisnis sendiri, kekhasan produk sendiri yang semua itu tidak perlu diketahui oleh perusahaan lain. Namun apabila perusahaan itu menjalin kerjasama dengan perusahaan lain atau ingin menjual produknya pada konsumen, tentunya harus menginformasikan pada dunia di luar perusahaan tersebut. Akan tetapi tidak semua informasi mengenai perusahaan tersebut bisa diakses oleh pihak luar. Hanya informasi tertentu saja yang bisa diakses oleh pihak di luar perusahaan, dan sifatnya sangat terbatas.

AS dalam jaringan komputer skala besar tidak secara otomatis dapat melakukan interkoneksi dengan AS lainnya. Hal tersebut terjadi karena setiap AS memiliki kebijakan *routing* yang berbeda-beda. Interkoneksi antar AS dalam jaringan akan mengalami masalah apabila tidak dilakukan pengaturan yang tepat dan benar. Permasalahan yang terjadi misalnya tidak bisa mengakses informasi AS lainnya seperti *tabel routing* untuk pemilihan jalur terbaik, waktu akses yang sangat lama, hilangnya paket data yang dikirimkan, dan ketidak mampuan untuk berdaptasi dengan perubahan-perubahan yang terjadi dalam skema jaringan. Untuk itu dibutuhkan pemilihan *protokol routing* yang tepat sehingga interkoneksi antar AS tidak mengalami *noise*. *Border gateway protocol* (BGP) dapat dipilih oleh *administrator* jaringan untuk melakukan interkoneksi antar AS.

BGP merupakan suatu jalan vektor protokol routing yang menjadikan setiap AS sebagai satu titik di dalam rute jaringan yang akan dilalui oleh paket data untuk tujuan mendapatkan jalur terbaik [4]. BGP tidak digunakan untuk perutean di dalam AS, melainkan untuk perutean antara sistem otonom (AS) yang berbeda. BGP adalah protokol yang kaya yang memiliki banyak cara untuk mempertahankan *node* serta mengatasi kegagalan jaringan dan perubahan topologi jaringan, sehingga merupakan pilihan yang baik untuk interkoneksi antar sistem otonom [5].

Penelitian mengenai protokol routing BGP ini telah banyak dilakukan. Penelitian [6], disampaikan bahwa BGP sudah cukup berhasil menyediakan *routing* antar *autonomous system* yang relatif stabil. BGP berdasarkan hasil penelitian dapat menghubungkan antara dua *autonomous system*, sehingga komunikasi dapat berjalan dengan lancar. Hal ini menjadikan BGP sebagai alternatif *routing* antar domain (*autonomous system*). Penelitian selanjutnya oleh [7] menyatakan bahwa BGP mampu menghubungkan setiap jaringan dari AS, tidak peduli topologi apa yang digunakan oleh skema jaringan ini. BGP dapat beradaptasi dengan perubahan topologi jaringan dari waktu ke waktu. Karakteristik ini membuat interkoneksi BGP tetap terjaga dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan protokol routing BGP dalam melakukan interkoneksi jaringan antar autonomous system yang berbeda. Setelah dilakukan konfigurasi bisa mengetahui informasi seperti tabel routing, tebel neighbour, status routing, dan jalur paket data. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis literatur, desain simulasi skema jaringan, pengembangan simulasi skema jaringan dengan melakukan konfigurasi routing BGP, dan pengujian interkoneksi antar AS. Simulasi interkoneksi ini memanfaatkan software Cisco Packet Tracer untuk merancang skema jaringan yang terdiri dari dua buah AS. Hasil simulasi ini dapat diterapkan pada kondisi yang sebenarnya.

II. LANDASAN TEORI

A. Autonomous System (AS)

Autonomous system (AS) adalah satu jaringan atau sekumpulan jaringan yang berada di bawah kontrol satu administrasi. Contoh AS adalah seperangkat komputer di perusahaan atau di perguruan tinggi yang memiliki kontrol administrator yang sama [8].

AS terdiri dari sekelompok *router* yang membentuk jaringan yang masih berada dalam satu hak administrasi, satu kepemilikan, satu kepentingan, dan dikonfigurasi menggunakan *policy* yang sama. Biasanya dalam satu AS, *router-router* di dalamnya dapat bebas berkomunikasi dan memberikan informasi. Umumnya, *routing protocol* yang digunakan untuk bertukar informasi *routing* adalah sama pada semua *router* di dalamnya [9].

AS memiliki nomor identifikasi yang berbeda, nomor ini diatur dan diberikan oleh *Internet Assigned Number Authority* (IANA). Pemberian nomor AS dimulai dari nomor 1 sampai 65.535. Untuk *private AS number* berada antara 64.512 sampai dengan 65.535. Dalam penggunaan *privat AS number* hal yang perlu diperhatikan adalah nomor AS ini tidak boleh sampai keluar jaringan di luar AS. Hal ini akan menimbulkan kekacauan dalam sistem pengalamatan AS [10].

B. Border Gateway Protocol (BGP)

Border Gateway Protokol (BGP) adalah merupakan salah satu jenis protokol *routing* yang digunakan untuk koneksi antara *autonomous system* (AS), dan salah satu jenis protokol *routing* yang banyak digunakan oleh *Internet Service Provider* (ISP) besar ataupun untuk perbankan. BGP termasuk dalam kategori protokol *routing* jenis *Exterior Gateway Protocol* (EGP). Dengan adanya EGP, *router* dapat melakukan pertukaran rute dari dan ke luar jaringan lokal AS. BGP mempunyai skalabilitas yang tinggi karena dapat melayani pertukaran routing pada beberapa organisasi besar [9].

BGP bertujuan untuk memilih jalur-jalur interdomain dan jalur antara AS *number* di dalam internet. Fungsi utama dari BGP adalah untuk mempertukarkan informasi jaringan antar suatu BGP *router* dengan BGP *router* yang lain. Dalam

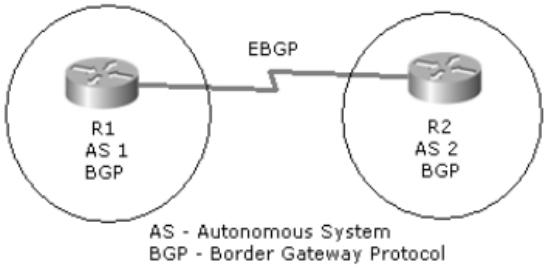
informasi ini terdapat juga informasi jumlah AS yang berada dalam jalur penyampaian informasi tersebut. Dengan adanya informasi ini, dapat dibentuk grafik dari AS *path* yang saling terkoneksi sehingga dapat menghindari terjadinya *routing loop*. Selain fungsi di atas, BGP juga digunakan untuk menerapkan *policy routing* di tingkat interdomain [11].

C. External Border Gateway Protocol (EBGP)

Pada EBGP ketika sebuah *router* BGP menerima informasi *routing* baru dari *router* yang terhubung dari AS lain, dia akan mendistribusikan informasi tersebut ke semua *router* lain yang terhubung. Di sini tidak dibutuhkan sebuah *router* harus terhubung ke *router* BGP lainnya dan cukup untuk dihubungkan ke setidaknya satu *router* BGP saja, karena semua informasi *router* tetangga akan konsisten setelah beberapa *hop* otomatis karena informasinya disiarkan [12].

Fungsi utama EBGP adalah membuat komunikasi antara kedua *gateway host router* yaitu antara dua *autonomous system* yang berbeda. BGP dikonfigurasi pada kedua tepi *router gateway* dari dua *autonomous system* yang berbeda. Router tepi dari dua *autonomous systems* berkomunikasi melalui EBGP. BGP saat digunakan sebagai EBGP, memiliki keuntungan besar karena memiliki jarak administratif yang sangat efisien yaitu 20 [8].

Gbr. 1 di bawah ini meruapakan model skema jaringan EBGP. Ada dua buah *router* tepi yang memiliki AS berbeda, yaitu AS 1 untuk R1 dan AS2 untuk R2. Kedua buah *router* diatur dengan protokol *routing* BGP. Jenis interkoneksi antara dua buah *router* tersebut pada saat dihubugnkan adalah EBGP.



Gbr. 1 BGP bekerja sebagai *External* BGP antara tepi dua *router* dari *autonomous system* yang berbeda [8]

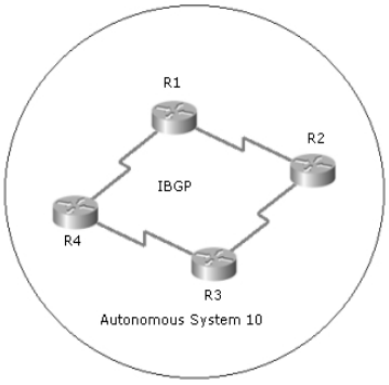
D. Internal Border Gateway Protocol (IBGP)

IBGP digunakan saat paket BGP dikirim antara *router* dalam AS yang sama. Dalam mode ini, ketika sebuah *router* BGP menerima informasi *routing* dari salah satu tetangga IBGP-nya, dia tidak menyiarkan informasi tersebut ke rekan BGP lain yang terhubung. Setiap *router* BGP harus memiliki koneksi IBGP ke semua *router* BGP lainnya di AS yang sama untuk mencapai interkoneksi di seluruh jaringan [12].

Internal BGP digunakan jika dalam satu *Autonomous System* (AS) atau jaringan internal AS yang sama ingin menggunakan konfigurasi BGP [13]. Tapi ada banyak masalah yang dihadapi BGP saat dijadikan sebagai IBGP [8].

Untuk merutekan informasi dalam *autonomous system* yang sama ada banyak *Interior Gateway Protocols* (IGP) misalnya *Routing Information protocol* (RIP), RIP *version* 2, *Enhanced Interior Gateway Protocol* (EIGRP), dan *Open Shortest Path First* (OSPF). Semua protokol yang disebutkan tadi melakukan pekerjaan yang sama dengan IBGP [8].

Gbr. 2 di bawah ini menunjukkan model skema jaringan yang dikategorikan sebagai IBGP. Terdapat empat buah *router* yang saling terhubung dan merupakan satu AS yang sama. Protokol *routing* yang dapat diterapkan pada Gambar 2 antara lain RIP, RIPv2, IGRP, EIGRP, OSPF, dan BGP yang berperan sebagai IBGP.



Gbr. 2 Jaringan *Internal Border Gateway Protocol* [8]

E. AS-Path

Setiap sebuah rute disebarkan melalui BGP, akan diberi "perangko" dengan sebuah nomor AS (*AS number*) dari *router* yang menyelenggarakannya. Rute ini bergerak dari satu *autonomous system* (AS) ke *autonomous system* (AS) lain sehinggap membentuk sebuah alur atau *path* yang dinamakan *AS-Path*. Setiap rute akan bermula dari "*null AS-Path*", direpresentasikan dengan ekspresi regular "^$" [14].

AS-path memuat rangkaian segmen jalur *autonomus system*. Nilai AS *number* akan ditambahkan ke dalam atribut *AS_path* pada saat rute akan dikirim ke AS *number* yang lainnya. *AS_path* mencantumkan semua AS yang perlu dilalui untuk mencapai lokasi tujuan. Tujuan utama *AS_path* adalah untuk menghindari *loop*. Tanpa *AS_path* BGP akan bekerjai sangat mirip dengan *Routing Information Protocol* (RIP). Karena baik RIP dan BGP adalah merupakan *distance vector routing protocols*, dimana *router* pada dasarnya mengirimkan salinan tabel *routing*-nya sendiri ke tetangganya, dan tetangga kemudian menggunakan rute tersebut jika mereka lebih baik daripada rute yang sebelumnya.

F. Atribut BGP

Salah satu ciri khas dan juga merupakan kekuatan dari protokol *routing* BGP ada pada atribut–atribut pendukungnya. Atribut–atribut ini yang nantinya digunakan sebagai parameter untuk menentukan jalur terbaik untuk menuju ke suatu situs. Atribut ini juga dapat mengatur keluar masuknya *routing update* dari *router–router* BGP tetangga. Dengan mengatur

atribut ini, dapat dengan bebas mengatur bagaimana karakteristik dan sifat dari sesi BGP tersebut [14].

Terdapat sebelas jenis atribut dalam BGP. Setiap atribut memilik ciri khas dan fungsi yang berbeda untuk melakukan manajemen dalam protokol *routing* BGP. Atribut BGP tersebut yaitu *Origin, AS-Path, Next hop, Multiple Exit Discriminator* (MED*), Local Preference, Atomic Aggregate, Aggregrator, Community, Originator ID, Cluster List,* dan *Weight*.

G. BGP Messages

Terdapat empat jenis BGP *messages*, yaitu *open messages*, *keep-alive*, *update messages*, dan *notification messages* [12]. Berikut merupakan penjabaran dari BGP *message* [15].

1) Open Message: Open messages membuka sesi komunikasi antara *router* BGP dan merupakan pesan pertama yang dikirim oleh masing-masing *router* setelah sambungan protokol *transport* ditetapkan. *Open messages* dikonfirmasikan dengan menggunakan pesan *Keep-Alive* yang dikirim oleh perangkat *router* lainnya dan harus dikonfirmasi sebelum pembaruan, pemberitahuan, dan *keep-alives* dapat ditukar.

2) Update Message: Update message digunakan untuk memberikan *update routing* ke sistem BGP lainnya, yang memungkinkan *router* untuk membangun pandangan yang konsisten mengenai topologi jaringan. Pembaruan dikirim menggunakan TCP untuk memastikan pengiriman yang andal. *Update messages* dapat menarik satu atau beberapa rute yang tidak layak dari tabel *routing* dan secara bersamaan dapat memberitahukan sebuah rute baru sambil menarik kembali rute yang lain.

3) Notification Message: Notification message dikirim saat kondisi kesalahan terdeteksi. Pemberitahuan digunakan untuk menutup sesi aktif dan menginformasikan *router* yang terhubung mengapa sesi ditutup. Pesan ini berisikan *field–field* yang berisi jenis *error* apa yang telah terjadi, sehingga sangat memudahkan penggunaannya untuk melakukan *troubleshoting*.

4) Keep-Alive Message: Keep-Alive message memberitahukan sesama *router* BGP agar perangkat selalu aktif. *Keep-Alive message* dikirim cukup sering untuk menjaga agar sesi tidak kedaluwarsa. Sesuai spesifikasi, timer penahan disetel ulang setelah menerima pesan tetap-hidup atau pembaruan. Paket ini berukuran 19 *byte* dan tidak berisikan data sama sekali.

H. Karakteristik BGP

Beberapa karakteristik protokol *routing* BGP adalah sebagai berikut [14]:

1. BGP adalah *Path Vector routing protocol* yang dalam proses menentukan rute–rute terbaiknya selalu mengacu kepada *path* yang terbaik dan terpilih yang didapatnya dari *router* BGP yang lainnya.
2. Tabel *routing* akan dikirim secara penuh pada awal dari sesi BGP, *update* selanjutnya hanya bersifat *incremental* atau menambahi dan mengurangi *routing* yang sudah ada.
3. *Router* BGP membangun dan menjaga koneksi antar *peer* menggunakan *port* TCP nomor 179.
4. Koneksi antar *peer* dijaga dengan menggunakan sinyal *keep-alive* secara periodik.
5. Kegagalan menemukan sinyal *keep-alive*, *routing update*, atau sinyal–sinyal notifikasi lainnya pada sebuah *router* BGP dapat memicu perubahan status BGP *peer* dengan *router* lain, sehingga mungkin saja akan memicu update–update baru ke *router* yang lain.
6. Metrik yang digunakan BGP untuk menentukan rute terbaik sangat kompleks dan dapat dimodifikasi dengan sangat fleksibel. Ini merupakan sumber kekuatan BGP yang sebenarnya. Metrik – metrik tersebut sering disebut dengan istilah Atribut.
7. Penggunaan sistem pengalamatan hirarki dan kemampuannya untuk melakukan manipulasi aliran trafik membuat protokol *routing* BGP sangat skalabel untuk perkembangan jaringan di masa mendatang.
8. BGP memiliki *routing table* sendiri yng biasanya memuat informasi prefix–prefix *routing* yang diterimanya dari *router* BGP lain. Prefix–prefix ini juga disertai dengan informasi atributnya yang dicantumkan secara spesifik di dalamnya.
9. BGP memungkinkan memanipulasi trafik menggunakan atribut–atributnya yang cukup banyak. Atribut ini memiliki tingkat prioritas untuk dijadikan sebagai acuan.

I. Tahapan Kerja BGP

Tahapan kerja protokol *routing* BGP dijelaskan sebagai berikut [16].

1) *Routes received from peers:* Pada tahap ini, *router* BGP menerima informasi *routing* dari *router* pasangannya baik internal maupun eksternal. Tergantung dari kebijakan yang diterapkan pada *router* BGP, beberapa atau semua informasi yang didapat akan dimasukkan ke dalam tabel *routing*.

2) Input policy engine: Pada tahap ini *router* BGP akan melakukan proses *filtering* terhadap informasi yang didapat pada tahap sebelumnya. Informasi yang telah diseleksi selanjutnya akan dibawa ke tahap berikutnya untuk dilakukan proses pengambilan keputusan jalur terbaik.

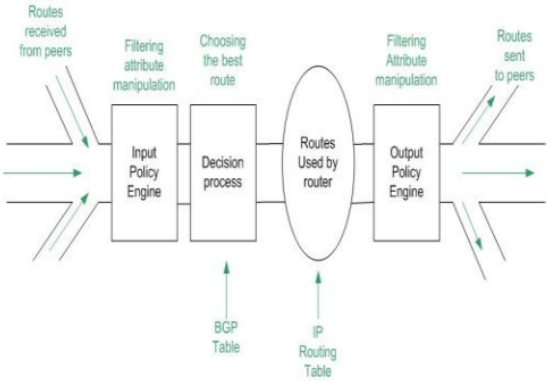
3) The decision process: Pada tahap ini akan dilakukan proses pengambilan keputusan terhadap jalur-jalur yang ada. Pengambilan keputusan ini diambil berdasarkan informasi dari proses sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan lebih dari satu rute untuk mencapai tujuan jaringan tertentu.

4) Routes used by user: Setelah mendapatkan rute-rute yang dapat ditempuh untuk sampai ke jaringan tujuan, pada tahap ini informasi itu akan disusun untuk mendapatkan jalur terbaik. Selanjutnya informasi yang telah didapat akan dimasukkan ke dalam tabel *routing*. Informasi hasil seleksi ini

nantinya juga akan diberikan ke BGP pasangannya setelah melalui tahap berikutnya.

5) Output policy engine: Pada tahap ini informasi *routing* yang telah didapatkan akan diteruskan ke BGP pasangannya. Proses seleksi yang dilakukan pada tahap ini adalah membedakan antara BGP pasangan yang internal dan yang eksternal. Untuk jalur *routing* yang berasal dari internal AS tidak boleh dilanjutkan ke pasangan BGP yang internal juga. Ini untuk mencegah *routing loop* terjadi.

6) Routes advertised to peers: Pada tahap akhir ini, informasi *routing* yang telah diproses akan diteruskan ke semua BGP pasangannya. Baik eksternal maupun internal AS [17], seperti terlihat pada Gbr. 3 berikut ini.



Gbr. 3 Diagram tahapan proses kerja BGP

J. Teknik Pemilihan Rute BGP

Proses pemilihan rute terbaik untuk suatu *prefix* tujuan melibatkan kriteria pemilihan yang sering disebut dengan *best path selection algorithm* yang akan dijelaskan berikut ini [18]:

1. Memilih rute dengan nilai *LOCAL_PREF* yang terbesar. Atribut ini digunakan untuk memilih rute yang lebih diprioritaskan dibanding rute lain untuk prefix tujuan yang sama. Rute yang memiliki nilai *LOCAL_PREF* yang lebih besar akan lebih diprioritaskan.
2. Memilih rute dengan *AS_PATH* terpendek. Ketika informasi *routing* dipropagasikan dalam jaringan, ASN akan ditambahkan dalam *AS_PATH*. Dengan memilih *AS_PATH* terpendek, BGP mengasumsikan semakin pendek *AS_PATH* maka semakin kecil *delay* yang akan diperoleh. Tentunya hal ini tidak sepenuhnya benar dalam kenyataannya di internet.
3. Memilih rute dengan nilai *ORIGIN* yang terkecil. Atribut ini mengindentifikasikan bagaimana suatu originating AS mengetahui tentang suatu rute. Nilai *ORIGIN* ini dapat berupa IGP, EGP, maupun *INCOMPLETE*.
4. Memilih rute dengan nilai *MED* terkecil. Rute tanpa atribut *MED* dianggap memiliki *MED* terendah. *MED* ini digunakan untuk memilih *egress point* dalam domain lokal. Aplikasi *MED* yang paling sering digunakan adalah *cold potato routing* yang bertujuan untuk membawa trafik selama mungkin berada dalam domain lokal sebelum diteruskan ke domain tetangga.
5. Memilih rute eBGP dibandingkan rute iBGP. Hal ini digunakan agar paket dapat segera mungkin meninggalkan domain (*hot potato routing*).
6. Memilih rute yang memiliki IGP *cost* paling kecil menuju *egress point*. Hal ini bertujuan juga agar paket dapat segera mungkin meninggalkan domain (*hot potato routing*). Hal ini dicapai dengan cara mengarahkan trafik ke *border router* terdekat berdasarkan nilai IGP *cost*.
7. Pemilihan rute terbaik berdasarkan implementasi vendor secara spesifik jika masih terdapat rute yang memiliki paling sedikit dua alternatif hingga langkah ini. Contohnya memilih rute yang memiliki alamat IP paling kecil, atau memilih rute yang berumur lebih lama.

Aturan-aturan di atas, kecuali nomor satu, disebut dengan aturan *tie-breaking* dari proses keputusan dalam BGP. Algoritma *tie-breaking* ini dimulai dengan menganggap semua rute menuju ke tujuan adalah sama dan sebanding, kemudian algoritma ini memilih rute-rute yang akan dihapus dari pertimbangan.

III. METODE PENELITIAN

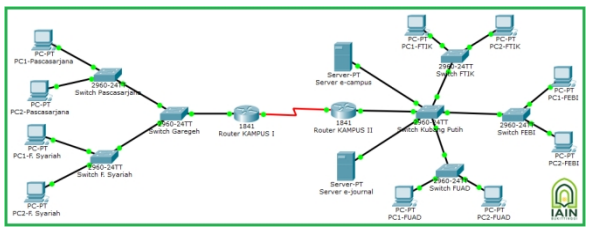
Pada tulisan ini metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Analisis. Pada tahapan ini dilakukan analisis literatur yang relevan. Literatur bersumber dari buku, jurnal ilmiah, dan penelitian yang membahas mengenai *Border Gateway Protocol* (BGP).
2. Desain. Tahapan ini berisikan bentuk prototipe topologi jaringan yang dikembangkan. Meliputi skenario jaringan secara fisik dan juga logika. Perancangan prototipe jaringan memanfaatkan *software* simulasi jaringan komputer *Cisco Packet Tracer*.
3. Pengembangan. Tahapan ini dilakukan untuk mengkonfigurasi prototipe topologi jaringan. Konfigurasi dilakukan pada setiap *device* yang ada di dalam prototipe jaringan, antara lain adalah PC, *server*, dan *router*. Konfigurasi *routing protocol* BGP dilakukan di *router* dengan mengetikkan kode program pada jendela CLI *router* tersebut. Pengaturan *router* dilakukan untuk menghasilkan jalur terbaik untuk melewatkan paket data dalam jaringan.
4. Pengujian. Setelah prototipe jaringan selesai dikembangkan, setiap *device* dilakukan pengujian konektivitasnya. Kemudian juga dilakukan pemeriksaan *routing* BGP.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

K. Skema Jaringan

Skema jaringan pada simulasi interkoneksi antara *autonomous system* (AS) menggunakan *border gateway protocol* (BGP) seperti Gbr. 4 di bawah ini.



Gbr. 4 Skema jaringan untuk penelitian

Skema jaringan yang terdapat pada Gbr. 4 di atas memiliki dua buah *router*. Setiap *router* memiliki alamat IP *address* masing-masing pada *port* yang diaktifkan. *Server* e-campus dan *server* e-journal merupakan tujuan yang akan diakses oleh setiap *client* yang ada. Protokol *routing* yang digunakan pada kedua buah *router* adalah BGP. Tabel 1 berikut ini adalah pengaturan IP *address* pada masing-masing *router*.

TABEL I
KONFIGURASI ALAMAT *ROUTER*

Router	**Port : IP Address / Prefix**	**Clock Rate**
Kampus I	Fa0/0 : 192.172.12.1 /24 Se0/0/0 : 178.32.4.1 /24 Loopback 0 : 8.4.2.1 /24	- - -
Kampus II	Se0/0/0 : 178.32.4.2 /24 Fa0/0 : 150.64.26.1 /24 Loopback 0 : 17.15.13.1 /24	2000000 - -

Merujuk pada tabel 1 di atas, terdapat istilah IP *loopback*. *Loopback IP address* adalah bersifat virtual (semu) yang bisa digunakan untuk identitas *router* dalam jaringan. Artinya *interface loopback* merupakan *interface* logika dan bukan fisik sehingga *interface* ini secara nyata tidak ada. *Loopback* tidak memiliki kabel fisik yang terhubung ke *router* atau switch. *Loopback* merupakan *interface* yang tidak pernah berada dalam posisi "*down*", sedangkan *interface* fisik dapat mati atau mengalami *down* ketika terjadi kesalahan pengkabelan. Sehingga IP Address pada *interface loopback* ini sangat cocok untuk dijadikan sebagai *router ID*. *IP loopback* diatur dengan IP yang tertinggi yaitu dengan *subnet mask* 255.255.255.255.

Pengaturan *interface loopback* pada kedua *router* adalah seperti berikut ini.

1. Pengaturan IP *loopback* pada *router* Kampus I :
   Router>enable
   Router#configure terminal
   Router(config)#hostname Router-KAMPUS_I
   Router-KAMPUS_I(config)#interface loopback 0
   Router-KAMPUS_I(config-if)#ip address 8.4.2.1 255.255.255.0
   Router-KAMPUS_I(config-if)#no shutdown
   Router-KAMPUS_I(config-if)#exit
2. Pengaturan IP *loopback* pada *router* Kampus II :
   Router>enable
   Router#configure terminal
   Router(config)#hostname Router-KAMPUS_II
   Router-KAMPUS_I(config)#interface loopback 0
   Router-KAMPUS_I(config-if)#ip address 17.15.13.1 255.255.255.0
   Router-KAMPUS_I(config-if)#no shutdown
   Router-KAMPUS_I(config-if)#exit

Konfigurasi IP *address* untuk komputer *client* dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

TABEL II
KONFIGURASI ALAMAT PC

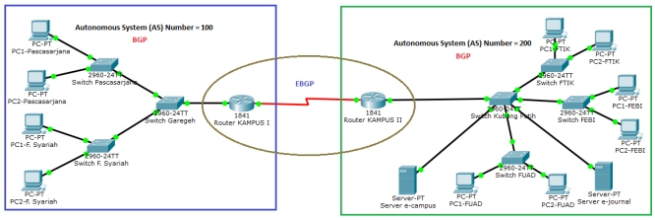
Perangkat	**IP Address /Prefix**	**Default Gateway**
Server e-campus	150.64.26.2 /24	150.64.26.1
Server e-journal	150.64.26.3 /24	150.64.26.1
PC-1 Pascasarjana	192.172.12.2 /24	192.172.12.1
PC-2 Pascasarjana	192.172.12.3 /24	192.172.12.1
PC-1 F. Syariah	192.172.12.4 /24	192.172.12.1
PC-2 F. Syariah	192.172.12.5 /24	192.172.12.1
PC-1 FEBI	150.64.26.7 /24	150.64.26.1
PC-2 FEBI	150.64.26.6 /24	150.64.26.1
PC-1 FUAD	150.64.26.8 /24	150.64.26.1
PC-2 FUAD	150.64.26.9 /24	150.64.26.1
PC-1 FTIK	150.64.26.5 /24	150.64.26.1
PC-2 FTIK	150.64.26.4 /24	150.64.26.1

Router dan pc yang ada di dalam topologi diatur alamatnya berdasarkan pada tabel konfigurasi alamat di atas. Selanjutnya dilakukan tes koneksivitas setiap *router* dan pc. Hasil tes ini didapatkan bahwa pc yang berada (terhubung langsung) pada satu *router* yang sama akan dapat saling berkomunikasi. Komunikasi antara satu pc dengan pc lainnya yang berada pada *router* berbeda belum bisa dilakukan. Hal ini karena diperlukan pengaturan *routing* di masing-masing *router*.

L. Konfigurasi Protokol Routing BGP

Pengaturan *routing* pada tahapan ini menggunakan protokol *routing* BGP. Gambar 5 menunjukkan bahwa pengaturan BGP untuk menghubungkan kedua buah *router* adalah

menggunakan EBGP. Terlihat dari Gbr. 5 bahwa *AS Number router* Kampus I adalah 100, sedangkan *AS Number router* Kampus II yaitu 200. *Router* yang ada pada topologi dikonfigurasi dengan menuliskan *script* pada jendela IOS *Command Line Interface* milik masing-masing *router* tersebut.



Gbr. 5 Pembagian *autonomous system number* pada skema jaringan penelitian

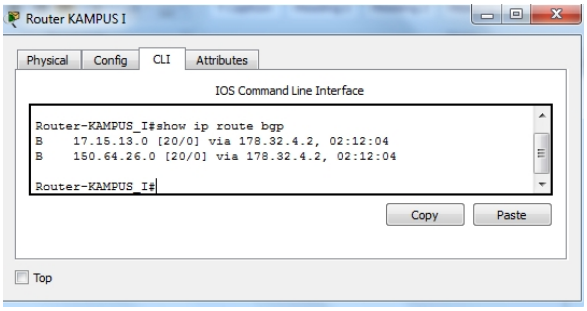
Pengaturan *routing* BGP pada setiap *router* adalah sebagai berikut :

1. Pengaturan *routing* BGP pada *router* Kampus I :
   Router-KAMPUS_I#configure terminal
   Router-KAMPUS_I(config)#router bgp 100
   Router-KAMPUS_I(config-router)#neighbor 178.32.4.2 remote-as 200
   Router-KAMPUS_I(config-router)#network 8.4.2.0 mask 255.255.255.0
   Router-KAMPUS_I(config-router)#redistribute connected
   Router-KAMPUS_I(config-router)#exit
2. Pengaturan *routing* BGP pada *router* Kampus II :
   Router-KAMPUS_II#configure terminal
   Router-KAMPUS_II(config)#router bgp 200
   Router-KAMPUS_II(config-router)#neighbor 178.32.4.1 remote-as 100
   Router-KAMPUS_II(config-router)#network 17.15.13.0 mask 255.255.255.0
   Router-KAMPUS_II(config-router)#redistribute connected
   Router-KAMPUS_II(config-router)#exit

M. Analisis Penerapan Protokol Routing BGP

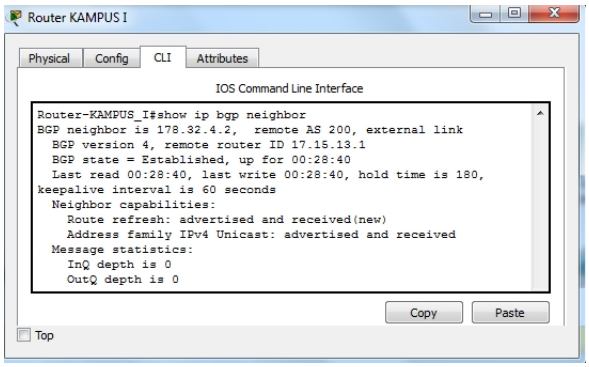
Setelah semua *router* diatur *routing*-nya, maka semua pc dapat saling terhubung satu dengan yang lainnya. Berikutnya ada beberapa hal yang bisa kita analisa terhadap pengaturan *routing* yang telah dilakukan. Diantara yang dapat kita lihat adalah sebagai berikut.

1) Tabel Routing: Pada tahapan ini dilakukan pemeriksaan tabel *routing* yang dihasilkan oleh protokol *routing* BGP. Perintah yang digunakan adalah *show ip route bgp*. Berikut ini adalah Gbr. 6 yang menampilkan tabel *routing* di *router* Kampus I.



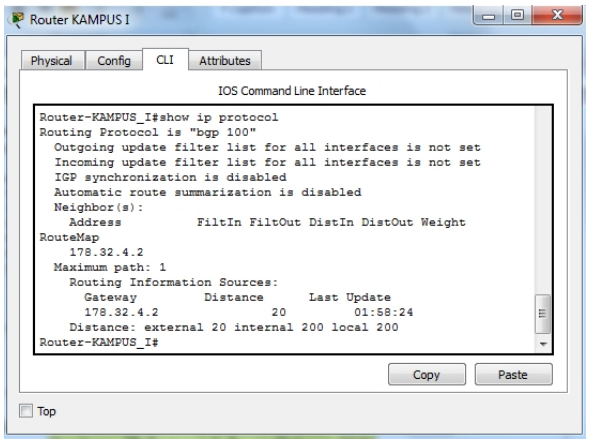
Gbr. 6 Tabel *routing* BGP di *router* Kampus I

2) *Tabel Neighbor:* Tabel *neighbor* berisi semua *router neighbor*. Ketika *router* menemukan dan menjalin hubungan *adjacency* (ketetanggaan) dengan *neighbor* baru, maka *router* akan menyimpan *address router neighbor* beserta *interface* yang dapat menghubungkan dengan *neighbor* tersebut sebagai satu entri dalam tabel *neighbor*. Berikut ini adalah tabel *neighbor* protokol BGP pada Kampus I yang disajikan pada Gbr. 7.



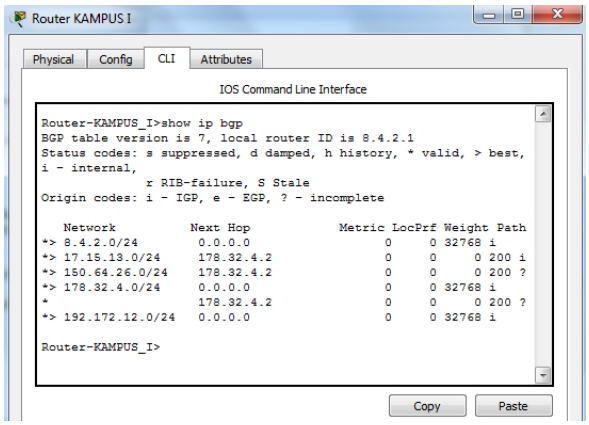
Gbr. 7 Tabel *neighbor* di *router* Kampus I

3) *Pengaturan IP protocol:* Untuk melihat pengaturan IP protokol dengan menggunakan perintah *show ip protocol*. Gbr. 8 di bawah ini merupakan informasi IP protokol pada *router* Kampus I.



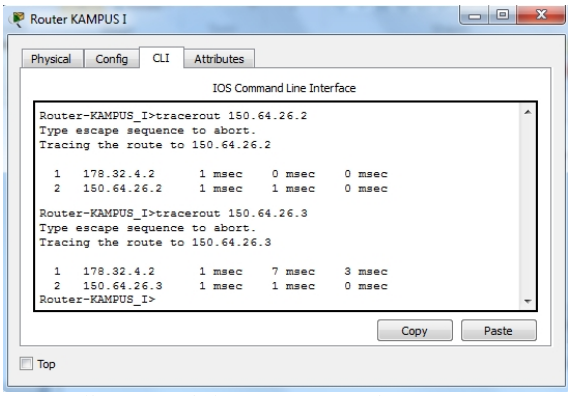
Gbr. 8 IP *protocol* di *router* Kampus I

4) *Pengaturan BGP:* Perintah *show ip bgp* berguna untuk melihat pengaturan BGP di *router* yang dipilih. Perintah ini digunakan untuk menampilkan isi tabel *routing* BGP. Outputnya dapat disaring untuk menampilkan entri spesifik dari *prefix*, *prefix length*, dan prefiks yang disuntikkan melalui *prefix list*, peta rute, atau *advertise* kondisional. Hasilnya dapat dilihat pada Gbr. 9 berikut.



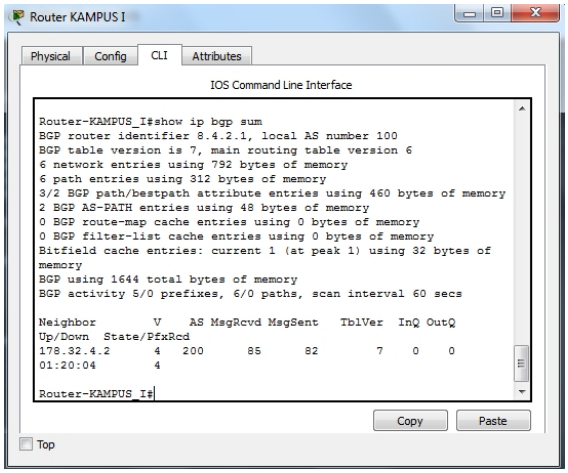
Gbr. 9 Hasil pengaturan BGP di *router* Kampus I

5) *Jalur Paket Data:* Perintah *tracert* digunakan untuk mencari jalur yang akan dilalui oleh paket data, *tracert* ini menggunakan protokol ICMP (*Internet Control Messaging Protocol*). Cara kerjanya adalah dengan mengirimkan ICMP *messages* yang disebut IP *datagrams* dengan parameter waktu yang disebut *timeout*. Berikut ini adalah hasil dari penelusuran jalur paket data. Gbr. 10 berikut adalah hasil pengujian *tracerout* dari *router* Kampus I ke *server* e-campus (150.64.26.2) dan *server* e-journal (150.64.26.3).



Gbr. 10 Hasil *tracerout* dari *router* Kampus I ke *server* e- campus dan e-journal

6) *Status routing BGP:* Melihat semua status koneksi *routing* BGP dilakukan dengan perintah *show ip bgp summary*. Perintah ini digunakan untuk menampilkan informasi *BGP path, prefix,* dan informasi atribut untuk semua koneksi ke *router* tetangga. Gbr. 11 memberikan informasi status *routing* BGP *Router* Kampus I seperti pada di bawah ini.



Gbr. 11 Status *router* Kampus I

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pada simulasi interkoneksi yang telah dilakukan, BGP berperan sebagai protokol *routing* antara *autonomous system* yang berbeda. Sehingga memiliki kemampuan melakukan pertukaran rute dari dan ke luar jaringan lokal sebuah *autonomous system number*. BGP juga merupakan *routing protocol* yang sangat *reliable* kerjanya. Hal ini dikarenakan BGP menggunakan *protokol* TCP untuk berkomunikasi dengan tetangganya dalam melakukan pertukaran informasi. TCP merupakan protokol yang menganut sistem *reliable service*, dimana setiap sesi komunikasi yang dibangun berdasarkan protokol ini harus dipastikan sampai tidaknya. BGP menggunakan alamat IP dan AS *Number* untuk meneruskan paket-paket data dan

memperbarui tabel *routing*. Atribut yang dimiliki oleh BGP dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan jalur terbaik untuk menuju ke suatu tujuan. Atribut ini juga dapat mengatur keluar masuknya *routing update* dari *router* BGP tetangga. Dengan mengatur atribut ini, adminisitrator jaringan dapat dengan bebas mengatur bagaimana karakteristik dan sifat dari sesi BGP tersebut.

B. Saran

Untuk penelitian berikut, bisa mengembangkan skema jaringan yang lebih komplek dengan berbagai jenis topologi jaringan.

REFERENSI

[1] M. Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer*. Yogyakarta : Andi Offset, 2005.

[2] F. Pratama, and L. Marlinda, "Perancangan Jaringan Komputer Menggunakan Aplikasi VHP Online Reporting System," *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, vol. 1, no. 1, pp. 106-113, 2015.

[3] H. A. Musril, "Analisis Unjuk Kerja RIPv2 dan EIGRP dalam Dynamic Routing Protocol," *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan (JETT)*, vol. 2, no. 2, pp. 116-124, 2015.

[4] G. Barovih, "Simulasi Routing BGP Pada PC Router berbasic Opensource," *Jurnal Teknologi dan Informatika (TEKNOMATIKA)*, vol. 5, no. 1, pp. 82-91, 2015.

[5] Vishes, M. Srinath, Suhas, S. Murthy, and A. Tejas, "Border Gateway Protocol (BGP): A Boon to Internet Application and ISPs," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE)*, vol. 5, no. 11, pp. 46-51, 2016.

[6] V. Sharmila, and M. Kalimuthu, "Interdomain Routing Between Autonomous Systems Using Border Gateway Protocol," *International Journal of Advanced Trends in Engineering and Technology (IJARTET)*, vol. 2, special issue. 1, Maret 2015.

[7] S. Krijestorac, M. Beck, and J. Bagby, "Border Gateway Protocols," in Proceedings of The IAJC-ASEE International Conference, paper 106, 2011.

[8] N. H. Bhagat, "Border Gateway Protocol – A Best Performance Protocol when used for External Routing than Internal Routing," International Journal of Applied Information Systems (IJAIS), vol.3, no. 2, pp. 29-32, 2012

[9] C. K. Sondy, Rancang Bangun Jaringan Untuk SMK/NAK Kelas XI Semester 2. Jakarta: Kementrian Pendidikan & Kebudayaan, 2014.

[10] Krisnawijaya, N. K. Ngakan, and R. A. Paramartha, "Penerapan Jaringan Multihoming Pada Jaringan Komputer Fakultas Hukum," Jurnal Ilmu Komputer, vol. 9, no. 1, pp. 23-31, 2016.

[11] E. Wismiana, "Manajemen Alamat IPv4 Pada Sistem IP Telephony Dalam Suatu SOHO," Jurnal Teknologi UNPAK, vol. 1, no. 21, pp. 62-73, 2012.

[12] M. Emami, "Performance Comparison of BGP in Multi-AS Network with OPNET Simulator," Advances in Computer Science and its Applications (ACSA), vol. 2, no. 2, pp. 365-368, 2012.

[13] I. G. P. Yasa W, A. Fatchur R, and Y. Christyono, "Desain Dan Simulasi Internal Border Gateway Protocol (IBGP) Menggunakan Graphical Network Simulator (Studi Kasus Pada Jaringan Universitas Diponegoro)," TRANSMISI: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 16, no. 1, pp. 20-25, 2014.

[14] A. Kodar, "Analisa Dan Uji Kinerja PC Router Yang Menjalankan Protokol Routing Border Gateway Protocol (BGP) Menggunakan Zebra/Quagga," Prosiding Seminar Nasional Pengaplikasian Telematika Sinaptika, pp. 162-167, 2010.

[15] P. R. Gundalwar, and V. N. Chavan, "Border Gateway Protocol (BGP): A Simulation Based Overview," International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), vol. 2, no. 3, pp. 275-282, 2013.

[16] Chiarella, CCNA (Cisco Certified Network Associate) Self Study Guide (Exam #640-801). United States: Delmar Learning, 2006.

[17] M. Mc. Gregor, CCNP Cisco Networking Academy Program: Semester Five Companion Guide Advanced Routing. Indianapolis: Cisco Press, 2001.

[18] A. S. Bramantyo, Optimasi Interdomain Routing Dengan BGP Pada Stub-Multihomed Autonomous System. Bandung: Skripsi Mahasiswa Institut Teknologi Bandung, 2007.