

# Evaluasi Unjuk Kerja *Routing Link-State* Pada Jaringan *Packet Switched* Menggunakan NS-2 (*Network Simulator-2*)

Sukiswo

**Abstract.** Routing is processing to find route from source to destination in communication network. Data from source to destination will be delivered from one node to other node and need the best route. The best route is the shortest path with minimum cost and connected with other path. Routing become important for delivered data from source node to destination node. Link-State is one of routing algorithm being used in packet switched network. Link-State will calculate the best route and keep the result for data base in router. After calculation will be know the best route with minimum link-cost for destination.

In this final project will be shown the routing simulation with Link-State routing protocol used NS-2 (*Network Simulator-2*), the simulation software for communication network. The network use different number of router, that is twenty routers, thirty routers, forty routers, and fifty routers.

From simulation the performance will be analyzed from Link-State routing protocol in the packet switched network. The performance measurement is throughput, packet loss, and delay. The network use forty routers showing the best performance for the network which simulated in this final project.

**Keywords :** routing, packet-switched, link-state, node, link, NS - 2, link-cost, throughput, packet loss, and delay

Teknologi telekomunikasi telah banyak diaplikasikan dalam menunjang penyediaan infrastruktur telekomunikasi, sehingga memudahkan manusia untuk berkomunikasi tanpa terbatas pada jarak dan waktu. Untuk berkomunikasi membutuhkan suatu jaringan yang menghubungkan setiap sumber ke tujuan. Terdapat dua jaringan yang digunakan yaitu jaringan *circuit-switched* dan jaringan *packet-switched*. Dengan semakin besarnya kebutuhan komunikasi baik dari segi kapasitas, kecepatan maupun jenis data yang dikomunikasikan maka penggunaan jaringan *packet-switched* sangat dibutuhkan. Jaringan *packet-switched* lebih bisa memenuhi perkembangan komunikasi daripada jaringan *circuit-switched*.

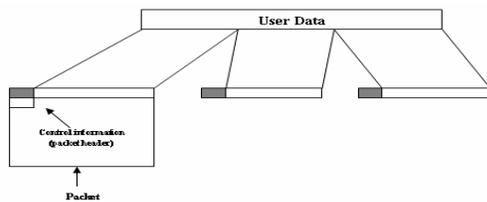
Pada jaringan *packet-switched* terdiri dari banyak *node* dan *link* yang saling terhubung membentuk sebuah jaringan yang menghubungkan sumber dengan tujuan. Setiap data yang dikirim dari sumber ke tujuan akan

melewati beberapa *router* dan akan melintasi jalur yang telah dirutekan. Pencarian jalur yang akan dilewati data dari sumber ke tujuan disebut dengan *routing*. *Routing* ini akan sangat menentukan apakah data bisa sampai ke tujuan dan seberapa cepat data sampai ke tujuan.

Pada jaringan *packet-switched* terdapat protokol *routing* yang populer digunakan yaitu *link-state*. Pada tugas akhir ini akan dievaluasi unjuk kerja dari protokol *routing link-state*.

## JARINGAN PACKET SWITCHED

Pada jaringan *packet-switched* pesan yang dikirim dipecah-pecah dengan besar tertentu dan pada tiap pecahan data ditambahkan informasi kendali. Informasi kendali ini, dalam bentuk yang paling minim, digunakan untuk membantu proses pencarian rute dalam suatu jaringan sehingga pesan dapat sampai ke alamat tujuan.



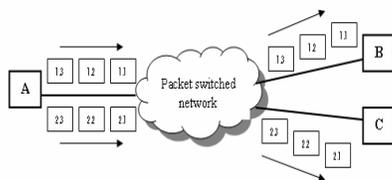
**Gambar 1 Pemecahan data menjadi paket-paket data**

Salah satu contoh aplikasi *packet switching* adalah *TCP/IP protocol*. TCP/IP adalah jaringan dengan teknologi “*packet Switching*” yang berasal dari proyek DARPA (*development of Defense Advanced Research Project Agency*) di tahun 1970-an yang dikenal dengan nama ARPANET.

Tipe-tipe *packet switching* :

1) *Virtual circuit*

*Virtual Circuit* pada dasarnya adalah suatu hubungan secara logik yang dibentuk untuk menyambungkan dua stasiun. Paket dilabelkan dengan nomor sirkuit maya dan nomor urut. Paket dikirimkan dan datang secara berurutan. Gambar 2 berikut ini menjelaskan keterangan tersebut.



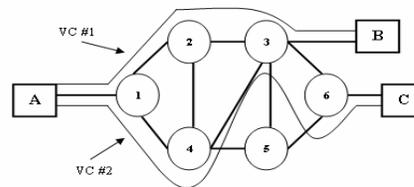
**Gambar 2 Virtual Circuit eksternal**

Stasiun A mengirimkan 6 paket. Jalur antara A dan B secara logik disebut sebagai jalur 1, sedangkan jalur antara A dan C disebut sebagai jalur 2. Paket pertama yang akan dikirimkan lewat jalur 1 dilabelkan sebagai paket 1.1, sedangkan paket ke-2 yang dilewatkan jalur yang sama dilabelkan sebagai paket 1.2 dan paket terakhir yang dilewatkan jalur 1 disebut sebagai paket 1.3. Sedangkan paket yang pertama yang dikirimkan lewat jalur 2 disebut sebagai paket 2.1, paket kedua sebagai paket 2.2 dan paket terakhir sebagai paket 2.3. Dari gambar tersebut kiranya jelas bahwa paket yang dikirimkan diberi label jalur yang harus dilewatinya dan paket tersebut akan tiba di stasiun yang dituju dengan urutan seperti urutan pengiriman.

Secara internal rangkaian maya ini bisa digambarkan sebagai suatu jalur yang sudah disusun untuk berhubungan antara satu

stasiun dengan stasiun yang lain. Semua paket dengan asal dan tujuan yang sama akan melewati jalur yang sama sehingga akan sampai ke stasiun yang dituju sesuai dengan urutan pada saat pengiriman (FIFO). Gambar 3 berikut menjelaskan tentang sirkuit maya internal.

Gambar 3 menunjukkan adanya jalur yang harus dilewati apabila suatu paket ingin dikirimkan dari A menuju B (sirkuit maya 1 atau *Virtual Circuit* 1 disingkat VC #1). Sirkuit ini dibentuk dengan rute melewati node 1-2-3. Sedangkan untuk mengirimkan paket dari A menuju C dibentuk sirkuit maya VC #2, yaitu rute yang melewati node 1-4-3-6.

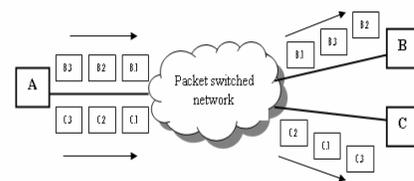


**Gambar 3 Virtual Circuit internal**

2) *Datagram*

Dalam bentuk *datagram*, setiap paket dikirimkan secara independen. Setiap paket diberi label alamat tujuan. Berbeda dengan sirkuit maya, datagram memungkinkan paket yang diterima berbeda urutan dengan urutan saat paket tersebut dikirim. Gambar 4 berikut ini akan membantu memperjelas ilustrasi.

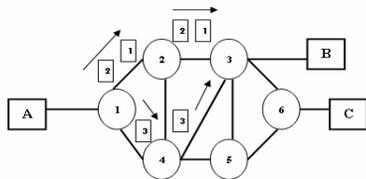
Jaringan mempunyai satu stasiun sumber, A dan dua stasiun tujuan yakni B dan C. Paket yang akan dikirimkan ke stasiun B diberi label alamat stasiun tujuan yakni B dan ditambah nomor paket sehingga menjadi misalnya B.1, B.2, dsb. Demikian juga paket yang ditujukan ke stasiun C diberi label yang serupa, misalnya paket C.2, C.3, dan lainnya.



**Gambar 4 Datagram eksternal**

Dari gambar 4, stasiun A mengirimkan enam buah paket. Tiga paket ditujukan ke alamat B. Urutan pengiriman untuk paket B adalah paket B.1, paket B.2 dan paket B.3. Sedangkan tiga paket yang dikirimkan ke C masing-masing secara urut adalah paket C.1, paket C.2 dan paket C.3. Paket-paket tersebut sampai di B

dengan urutan kedatangan B.2, paket B.3 dan terakhir paket B.1 sedangkan di stasiun C, paket-paket tersebut diterima dengan urutan C.3, kemudian paket C.1 dan terakhir paket C.2. Ketidakurutan ini lebih disebabkan karena paket dengan alamat tujuan yang sama tidak harus melewati jalur yang sama. Setiap paket bersifat independen terhadap sebuah jalur. Artinya sebuah paket sangat mungkin untuk melewati jalur yang lebih panjang dibanding paket yang lain, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk sampai ke alamat tujuan berbeda tergantung rute yang ditempuhnya. Secara internal *datagram* dapat digambarkan sebagai berikut



**Gambar 5 Datagram internal**

Berikut adalah karakteristik dari tipe *packet switching* :

**Virtual Circuit: Connection Oriented**

- 1) Dilakukan *connection setup* sebelum pengiriman data dilakukan.
- 2) Setiap paket memiliki VC *identifier*.
- 3) Penetapan *routing* dilakukan sekali untuk semua paket.
- 4) Semua paket akan melalui rute yang sama.

**Datagram: Connectionless**

- 1) Setiap paket ditangani/diproses secara independen.
- 2) Setiap paket memiliki alamat tujuan yang lengkap.
- 3) Penentuan *routing* dilakukan terhadap setiap paket di setiap *node*.
- 4) Paket-paket yang berbeda namun berasal dari pesan yang sama dapat menggunakan rute yang berbeda.

**Protokol TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)**

Komunikasi data adalah proses mengirim data dari satu komputer ke komputer lainnya. Sekumpulan aturan untuk mengatur proses pengiriman data ini disebut protokol komunikasi data. TCP/IP adalah sekelompok protokol yang mengatur komunikasi data antar komputer, dimana masing-masing protokol tersebut bertanggung jawab atas bagian-bagian

tertentu dari komunikasi data.

Application Layer (SMTP, FTP, HTTP,
Transport Layer (TCP, UDP)
Network Layer (ICMP, IP, ARP, RARP)
Data Link Layer (Network Interface
Physical Layer

**Gambar 6 Laver TCP/IP**

**Routing Link-State**

*Routing* adalah suatu proses perpindahan paket data dari suatu sumber ke tempat yang lain untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pada jaringan TCP/IP proses *routing* terjadi pada lapisan jaringan (*Network Layer*). Fungsi lapisan jaringan adalah untuk menentukan jalur pengiriman dan meneruskan paket data ke alamat yang dituju. Untuk menunjang fungsi lapisan jaringan tersebut diperlukan suatu media fisik yang dapat mengatur pengiriman paket-paket data sampai ke tujuan. Media fisiknya adalah *router*, dimana *router* memiliki kemampuan untuk menentukan jalur dan meneruskan paket dari suatu titik sumber ke titik tujuan atau dari suatu jaringan ke jaringan lain.

Prinsip dasar *routing* keadaan *link* adalah setiap *router* mempunyai peta jaringan dan *router* kemudian menentukan rute ke setiap tujuan di jaringan berdasarkan peta tersebut. Peta jaringan disimpan *router* dalam bentuk basis data sebagai hasil dari pertukaran informasi keadaan *link* antara *router-router* bertetangga di jaringan tersebut. Setiap *record* dalam basis data menunjukkan status sebuah jalur dalam jaringan (keadaan *link*).

*Routing* keadaan *link* membentuk peta jaringan dalam tiga tahap. Tahap pertama setiap *router* mengenali seluruh tetangganya dengan bertukar informasi dalam bentuk paket hello dalam selang waktu tertentu untuk mengetahui kondisi terakhir jaringan, sebab *router* akan menganggap *router* tetangganya mati jika tidak lagi mendengar paket hello dari *router* tersebut setelah selang waktu tertentu. Tahap berikutnya, *router-router* saling bertukar informasi dalam

bentuk paket LSA (*Link-State Advertisement*) yang berisi peta dinamis dari jaringan, menggambarkan komponen jaringan dan hubungan terakhir diantara komponen. Proses pembanjiran (*flooding*) digunakan untuk mendistribusikan LSA pada jaringan. Tahap terakhir setiap *router* menghitung jalur terbaik (*Routing Calculation*) ke setiap tujuan untuk mengirimkan trafik. Jalur terbaik berarti jalur yang memiliki lintasan terpendek dengan nilai *cost* yang kecil dan memungkinkan tersambung dengan jalur yang lainnya. Untuk itulah proses *routing* begitu penting pada proses pengiriman informasi dari sumber ke tujuan.

**Parameter Unjuk Kerja**

**Throughput**

*Throughput* adalah laju rata-rata dari paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi atau dengan kata lain *throughput* merupakan jumlah paket data yang diterima setiap detik.

$$Throughput = \frac{Pr}{1 \text{ detik}} \text{ paket/detik} ; 0 \leq t \leq T$$

(2.1)

dengan Pr = Paket yang diterima (paket), T = Waktu simulasi (detik), t = Waktu pengambilan sampel (detik)

**Paket Hilang**

Paket hilang (*Packet loss*) menunjukkan banyak jumlah paket yang hilang. Paket hilang terjadi ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan gagal mencapai tujuannya.

$$\text{Paket Hilang } t = \left( \frac{Pd}{Ps} \right) \times 100 \% ; 0 \leq t \leq T$$

dengan Pd = Paket yang mengalami *drop* (paket), Ps = Paket yang dikirim (paket), T = Waktu simulasi (detik), t = Waktu pengambilan sampel (detik)

**Waktu Tunda**

Waktu tunda merupakan interval waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian dari titik sumber awal hingga mencapai titik tujuan.

$$\text{Waktu Tunda } t = \left( \frac{Tr - Ts}{Pr} \right) \text{ detik} ; 0 \leq t \leq T$$

Tr = Waktu penerimaan paket (detik)

Ts = Waktu pengiriman paket (detik)

Pr = Paket yang diterima (paket)

T = Waktu simulasi (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

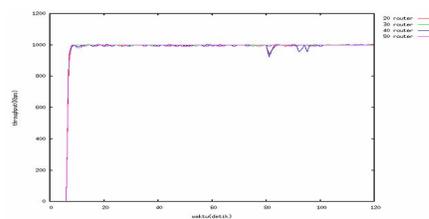
**PERANCANGAN SIMULASI**

Pada perancangan simulasi protokol *routing Link-State* pada jaringan *packet switched* menggunakan *software* NS-2. Tahapan perancangan simulasi adalah sebagai berikut:

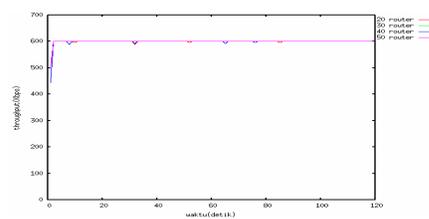
- 1) menentukan objek simulator
- 2) mmbuat *trace file* dan *NAM file*
- 3) membuat protokol *routing* LS
- 4) membuat *Node*
- 5) membuat *link* antar *node*
- 6) membuat *router*
- 7) membuat trafik
- 8) membuat *error packet* pada trafik
- 9) membuat pembebanan *link*
- 10) membuat *link* dinamis
- 11) membuat prosedur *finish*

**HASIL SIMULASI DAN ANALISIS**

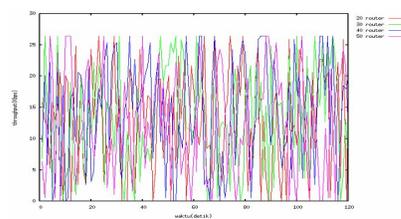
**Pengaruh Jumlah Router Terhadap Nilai Throughput**



**Gambar 7 Grafik nilai throughput TCP**



**Gambar 8 Grafik nilai throughput paket CBR**



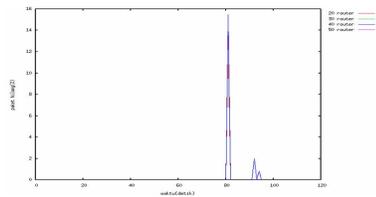
**Gambar 9 Grafik nilai throughput paket VOIP**

Nilai *throughput* pada salah satu aliran trafik TCP dan CBR yang diamati mempunyai nilai yang maksimal dan stabil, sedangkan trafik VOIP berfluktuasi selama simulasi pada jaringan

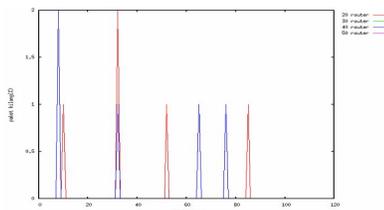
yang disimulasikan yaitu jaringan dengan 20 router, 30 router, 40 router dan 50 router.

Pada Tabel 1 dapat dilihat nilai *throughput* rata-rata dari semua aliran trafik baik TCP, CBR, maupun VOIP.

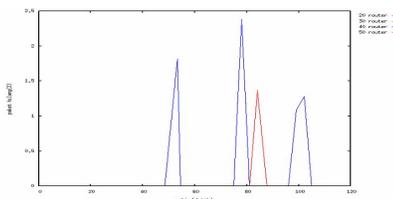
**Pengaruh Jumlah Router Terhadap Nilai Paket Hilang**



**Gambar 10 Grafik nilai paket hilang TCP**



**Gambar 11 Grafik nilai paket hilang CBR**



**Gambar 12 Grafik nilai paket hilang VOIP**

Nilai paket hilang pada salah satu aliran trafik TCP, CBR dan VOIP yang diamati hanya terjadi pada detik tertentu yaitu pada jaringan dengan 20 router dan 40 router karena ketika terjadi kegagalan suatu *link* maka *routing Link-State* dapat beradaptasi dengan mencari jalur lainnya, sehingga tidak terjadi paket hilang terus-menerus.

**Tabel 1 Nilai *throughput* terima rata-rata**

Jumlah router pada jaringan	Rata-rata <i>Throughput</i> (Kbps)			
	trafik TCP	trafik CBR	trafik VOIP	semua trafik
20	769.5888	581.1167	12.7673	454.491
30	794.6043	592.175	13.2059	466.6617
40	791.8587	597.7917	12.9624	467.5376
50	788.2395	592.5083	13.5667	464.7715

Pada tabel 2 dapat dilihat nilai paket hilang rata-rata dari semua tipe aliran trafik.

**Tabel 2 Nilai paket hilang rata-rata**

Jumlah router pada jaringan	Persentase Nilai Rata2 Paket Hilang (%)			
	trafik TCP	trafik CBR	trafik VOIP	semua trafik
20	1.3301	3.0847	0.4302	1.615
30	0.7786	1.0476	0.8006	0.8756
40	1.4336	0.0355	0.0512	0.5068
50	0.8363	1.0267	0.8677	0.9102

**Pengaruh Jumlah Router Terhadap Nilai Waktu Tunda**

Nilai waktu tunda pada salah satu aliran trafik TCP, CBR dan VOIP yang diamati relatif stabil pada jaringan dengan 30 router dan 50 router. Sedangkan pada jaringan dengan 20 router dan 40 router nilainya berfluktuasi karena terjadi perubahan kondisi *link* yang dilewati oleh trafik maka *routing Link-State* akan beradaptasi dengan mencari jalur terbaik lainnya.

Pada tabel 3 dapat dilihat nilai paket hilang rata-rata dari semua aliran trafik baik TCP, CBR, maupun VOIP.

**Tabel 3 Nilai Waktu Tunda Rata-rata**

Jumlah router pada jaringan	Waktu Tunda Rata-rata (milidetik)			
	Trafik TCP	Trafik CBR	Trafik VOIP	Semua trafik
20	138.9184	104.4122	13.7484	85.693
30	165.46	85.5411	3.3221	84.7744
40	131.6676	64.974	5.6414	67.4277
50	164.5344	85.8666	3.2179	84.5396

**PENUTUP**

- 1) Nilai *throughput* yang terjadi pada salah satu aliran trafik yang diamati bernilai maksimal dan stabil karena protokol *routing Link-State* dapat beradaptasi dengan kegagalan fungsi saluran yang terjadi.
- 2) Nilai paket hilang yang terjadi pada salah satu aliran trafik yang diamati hanya terjadi pada detik tertentu karena protokol *routing Link-*

*State* dapat beradaptasi dengan kegagalan fungsi saluran yang terjadi sehingga tidak terjadi paket hilang yang terus menerus selama waktu simulasi.

- 3) Nilai waktu tunda yang terjadi pada salah satu aliran trafik yang diamati bernilai kecil karena protokol *routing Link-State* memilih rute yang optimal.
- 4) Nilai *throughput* terima rata-rata semua trafik paling besar diperoleh pada jaringan dengan 40 *router* dan paling kecil pada jaringan dengan 20 *router* untuk jaringan yang disimulasikan pada tugas akhir ini.
- 5) Dengan penambahan jumlah *router* menyebabkan nilai *throughput* terima rata-rata semua trafik meningkat sampai pada jaringan dengan 40 *router* kemudian menurun.
- 6) Nilai paket hilang rata-rata semua trafik paling kecil diperoleh pada jaringan dengan 40 *router* dan paling besar pada jaringan dengan 20 *router* untuk jaringan yang disimulasikan pada tugas akhir ini.
- 7) Dengan penambahan jumlah *router* menyebabkan nilai paket hilang rata-rata semua trafik menurun sampai pada jaringan dengan 40 *router* kemudian meningkat.
- 8) Dengan penambahan jumlah *router* menyebabkan nilai waktu tunda rata-rata semua trafik menurun sampai pada jaringan dengan 40 *router* kemudian meningkat.
- 9) Pada saat terjadi perubahan kondisi jaringan yaitu kegagalan fungsi suatu saluran maka protokol *routing Link-State* akan mencari rute optimal baru untuk aliran trafik tersebut, sehingga trafik tetap dapat terkirim, tidak mengalami *drop*.
- 10) Penggunaan jumlah *router* yang lebih banyak pada jaringan akan menyebabkan lebih banyak tersedianya rute-rute optimal baru yang dapat dipilih ketika terjadi perubahan kondisi jaringan, tetapi juga akan menyebabkan proses perhitungan rute optimal semakin lama, sehingga mempengaruhi kinerja jaringan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Steenstrup Martha E., *Routing In Communication Networks*, Prentice-Hall International Editions, New Jersey, 1995.
- Andrew S. Tanenbaum, "Jaringan Komputer Edisi Bahasa Indonesia dari *Computer Networks 3e*", Jilid 1, Prenhallindo, Jakarta, 1997.
- Andrew S. Tanenbaum, "Jaringan Komputer Edisi Bahasa Indonesia dari *Computer Networks 3e*", Jilid 2, Prenhallindo, Jakarta, 1997.
- Purbo, Onno W., "TCP/IP Standar, Desain, dan Implementasi", Cetakan ke-6, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2001.
- William Stallings, *Data and Computer Communications*, Edisi keempat, Prentice-Hall International, 1997.
- DC Green, "Komunikasi Data", Cetakan Kedua, Andi, Yogyakarta, 1998.
- Telkom'97 Elektro Undip, "Rekayasa Trafik", Elektro Undip, Semarang, 1997.
- B.W. Andi, Eka.I, "Network Simulator-2", ANDI Yogyakarta, Yogyakarta, 2004.
- Godbole Achyut.S, *Data Communications And Network*, McGraw-Hill, International Editions, New York, 2003.
- Drew Heymond, "Konsep dan Penerapan Microsoft TCP/IP", Andi Offset, Yogyakarta, 2001.
- Hunt Craig, *TCP/IP Network Administration*, Second Edition, O'Reilly & Assoc., USA, 1997.
- , *Routing*,  
<http://www.in.wikipedia.org/routing>.
- , *NS-2*,  
<http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- , *Throughput*,  
<http://www.in.wikipedia.org/throughput>.
- , *Packet Loss*,  
<http://www.in.wikipedia.org/packet loss>.