

IMPLEMENTASI BACK UP LINK PADA IUPS INTERFACE DAN BFD UNTUK MENINGKATKAN PERFORMANSI JARINGAN UMTS

Cindhi Dwi Novita⁽¹⁾, M. Ikrar Yamin⁽²⁾ dan Irmayani⁽³⁾
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jakarta
e-mail : ikrar@istn.ac.id⁽²⁾ dan ir.irmayani@istn.ac.id⁽³⁾

Abstrak

Salah satu teknologi telekomunikasi selular yang sangat berkembang pesat saat ini adalah pengembangan system transport berbasis IP. Kendala yang terjadi pada system transport IP yaitu apabila link utama terputus, maka dibutuhkan *back up link* untuk dapat memindahkan trafik. Hal ini dilakukan untuk menjaga performansi *interface* IuPS agar dapat bekerja dengan baik dan tidak mengganggu layanan ke pengguna di daerah tersebut.

Analisa dilakukan pada RNC suatu operator seluler di daerah layanan Luwuk. Awalnya, RNC Luwuk hanya menggunakan satu link untuk mengirimkan trafik ke *router* yang akan diteruskan ke *core network*. Untuk menghindari terganggunya layanan komunikasi, jika link utama tersebut mengalami gangguan atau terputus maka dilakukan pengaktifan *back up link* dan pengaktifan *Bidirectional Forwarding Detection (BFD)*.

Untuk mengetahui keberhasilan pengaktifan *back up link* dan BFD dilakukan pengamatan terhadap RNC Luwuk. Hasil pengamatan pertama pada *test ping* didapatkan hasil *packet loss* sebesar 0% (semua paket data yang dikirim dapat diterima), *maximum delay* dibawah 60%, dan *maximum jitter* dibawah 75%. Nilai trafik pada link utama yang awalnya mencapai 39,54 Mbps kini mulai stabil menjadi 11,45 Mbps setelah *back up link* diaktifkan.

Abstract

One of the mobile telecommunications technology is growing rapidly at this time is the development of an IP-based transport system. Constraints that occur on IP transport system is if the primary link is disconnected (broken link). So, it takes a utilize back up link to be able to move traffic to back up link. It purpose to maintain performance IuPS interface keep well and not disrupt services to users in the area.

This research was held in one of the biggest operators in Indonesia with sample RNC in the service area Luwuk. Originally, the RNC Luwuk only use a single link to send traffic to the router and it will be forwarded to the core network. To avoid disruption of communications services if the primary link is disturbed or interrupted, then a back up link and Bidirectional Forwarding Detection (BFD) was activated.

Observations were made on the RNC Luwuk to find out the success of back-up link and BFD activations. The first result is come from test ping results obtained for 0% packet loss (all data packets sent acceptable), the maximum delay is below 60%, and maximum jitter below 75%. The value of the traffic on the main link in begining reached 39,54 Mbps now gradually stabilized be 11,45 Mbps after back-up the link has been activated.

Key words: *back up link, IuPS, BFD, RNC, test ping, payload uplink downlink*

I. Pendahuluan

Seiring dengan majunya perkembangan zaman menyebabkan kebutuhan manusia akan teknologi semakin berkembang. Terutama kebutuhan akan teknologi telekomunikasi seluler. Salah satu teknologi telekomunikasi selular yang sangat berkembang pesat saat ini adalah pengembangan system transport berbasis IP, dimana dengan pertimbangan bahwa menggunakan system transport berbasis IP ini dapat menghemat bandwidth, juga murah karena tidak perlu membangun infrastruktur dibandingkan bila masih menggunakan system transport ATM, juga memungkinkan terciptanya jaringan informasi yang berkualitas.

Kendala yang terjadi pada system transport IP yaitu, apabila link utama terputus (*link broken*). Maka, dibutuhkan memanfaatkan *back up link* untuk dapat memindahkan trafik ke *back up link*. Hal ini dilakukan untuk menjaga performansi *interface* IuPS supaya tetap terjaga dengan baik dan tidak mengganggu layanan ke pengguna di daerah tersebut. Pada makalah ini akan dibahas analisa implementasi *back up link* IP port IUPS *Interface* pada jaringan 3G, hasil implementasi akan dilihat berdasarkan perubahan performansi pada *back up link* IP Port.

II. Landasan Teori

2.1 Jaringan UMTS

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) saat ini dipandang sebagai sebuah sistem impian yang menggantikan *Global System for Mobile Communication* (GSM). UMTS merupakan salah satu evolusi generasi ketiga (3G) dari jaringan mobile. UMTS juga memperlihatkan permintaan yang makin berkembang dari aplikasi *mobile* dan aplikasi internet untuk kapasitas baru sehingga dunia komunikasi *mobile* makin ramai. Transmisi peningkatan jaringannya mencapai kecepatan sampai 2 Mbps per pemakai *mobile* dan menetapkan suatu standard penjelajahan yang global.

UMTS disebut juga sebagai *Wideband - Code Division Multiple Access* (W-CDMA). Sistem ini memungkinkan banyak aplikasi yang lain untuk diperkenalkan ke pelosok di seluruh dunia kepada para pemakai *mobile* dan menyediakan suatu link yang penting di masa kini antara sistem GSM dan standar terakhir dari *worldwide* tunggal untuk seluruh telekomunikasi *mobile* yaitu *International Mobile Telecommunications-2000* (IMT-2000).

WCDMA merupakan suatu sistem *wideband Direct-Sequence Code Division Multiple Access* (DS-CDMA), dalam penjelasannya bit-bit informasi ditebar pada sebuah *wide bandwidth* dengan cara perkalian antara data *user* dengan bit-bit *quasi-random* (disebut *chip-chip*) yang berasal dari kode-kode *spreading* CDMA.

Chip rate dengan nilai 3.84 Mbps memandu sinyal *user* pada sebuah *carrier bandwidth* yaitu kira-kira 5 MHz. Sistem DS-CDMA biasanya yang dipakai sebelumnya dengan *bandwidth* sekitar 1 MHz, seperti pada IS-95, secara umum digunakan sebagai dasar *narrowband* pada *system* CDMA. Sudah menjadi sifat dari *wide carrier bandwidth* dari WCDMA mendukung *high user data rate*.

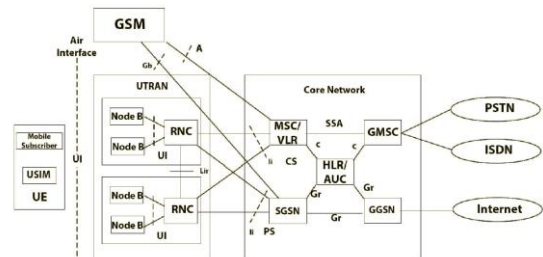
Sistem WCDMA mendukung *variabel data rates user* yang cukup besar. *Data rate user* dijaga konstan selama tiap 10, 20, 40 dan 80 ms frame tergantung kebutuhan QoSnya. Namun, kapasitas data diantara user dapat berubah dari *frame to frame*.

WCDMA mendukung operasi dua mode dasar: *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Pada mode FDD, frekuensi-frekuensi carrier dipisah 5 MHz untuk penggunaan uplink dan downlink masing-masing, sedangkan pada mode TDD hanya satu frekuensi 5 MHz dengan waktu yang dipakai bergantian (*time-shared*) antara uplink dan downlink. Dengan uplink sebagai koneksi dari *mobile user* ke arah *base station*, dan downlink sebagai koneksi dari *base station* ke arah *mobile*.^[1]

2.2 Arsitektur Jaringan UMTS

Teknologi telekomunikasi wireless generasi ketiga (3G) yaitu Universal Mobile

Telecommunication System (UMTS). Universal Mobile Telecommunication System merupakan suatu evolusi dari GSM, dimana interface radionya adalah WCDMA, serta mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk aplikasi-aplikasi dengan QoS yang berbeda. Arsitektur jaringan UMTS terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan UMTS

Dari Gambar 2.1 terlihat bahwa arsitektur jaringan UMTS terdiri dari perangkat-perangkat yang saling mendukung, yaitu User Equipment (UE), UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) dan Core Network (CN).

1. UE (User Equipment)

User Equipment merupakan perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. UE dilengkapi dengan *smart card* yang dikenal dengan nama USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*) yang berisi nomor identitas pelanggan dan juga algoritma *security* untuk keamanan seperti *authentication algorithm* dan algoritma enkripsi.

2. UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

UTRAN terdiri dari satu atau lebih Jaringan *Radio Sub-Sistem* (RNS). Sebuah RNS merupakan suatu sub-jaringan dalam UTRAN dan terdiri dari *Radio Network Controller* (RNC) dan satu atau lebih Node B. RNS dihubungkan antar RNC melalui suatu *Iur Interface* dan Node B dihubungkan dengan satu *Iub Interface*.

A. RNC (*Radio Network Controller*)

RNC bertanggung jawab mengontrol *radio resources* pada UTRAN yang membawahi beberapa Node-B, menghubungkan CN (*Core Network*) dengan *user*, dan merupakan tempat berakhirnya protokol RRC (*Radio Resource Control*) yang mendefinisikan pesan dan prosedur antara *mobile user* dengan UTRAN.

B. Node-B

Node-B sama dengan *Base Station* di dalam jaringan GSM. Node-B merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada UE. Fungsi utama Node-B adalah melakukan proses pada *layer 1* antara lain : *channel coding, interleaving, spreading, de-spreading, modulasi, demodulasi* dan lain-lain. Node-B juga melakukan beberapa operasi RRM (*Radio Resouce Management*), seperti *handover* dan *power control*.

3. CN (Core Network)

Jaringan Lokal (*Core Network*) menggabungkan fungsi kecerdasan dan transport. *Core Network* ini mendukung pensinyalan dan transport informasi dari trafik, termasuk peringanan beban trafik. Fungsi-fungsi kecerdasan yang terdapat langsung seperti logika dan dengan adanya keuntungan fasilitas kendali dari layanan melalui antarmuka yang terdefinisi jelas. Dengan melewati inti jaringan, UMTS juga dihubungkan dengan jaringan telekomunikasi lain, jadi sangat memungkinkan tidak hanya antara pengguna UMTS *mobile*, tetapi juga dengan jaringan yang lain.

A. MSC (*Mobile Switching Center*)

MSC didesain sebagai *switching* untuk layanan berbasis *circuit switch* seperti *video*, dan *video call*.

B. VLR (*Visitor Location Register*)

VLR merupakan database yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan terutama mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan area jaringan.

C. HLR (*Home Location Register*)

HLR merupakan database yang berisi data-data pelanggan yang tetap. Data-data tersebut antara lain berisi layanan pelanggan, service tambahan serta informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir (*Update Location*).

D. SGSN (*Serving GPRS Support Node*)

SGSN merupakan gerbang penghubung jaringan BSS/BTS ke jaringan GPRS. Fungsi SGSN adalah sebagai berikut :

- a. Mengantarkan paket data ke MS.
- b. Update pelanggan ke HLR.
- c. Registrasi pelanggan baru.

E. GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)

GGSN berfungsi sebagai gerbang penghubung dari jaringan GPRS ke jaringan paket data standard. GGSN berfungsi dalam menyediakan fasilitas internetworking dengan eksternal *packet-switch network* dan dihubungkan dengan SGSN via *Internet Protokol (IP)*. GGSN akan berperan antarmuka logik bagi PDN, dimana GGSN akan memancarkan dan menerima paket data dari SGSN atau PDN. Selain itu juga terdapat beberapa interface baru, seperti: Uu, Iu, Iub, Iur. Antara UE dan UTRAN terdapat interface Uu. Di dalam UTRAN terdapat interface Iub yang menghubungkan Node-B dan RNC, Interface Iur yang menghubungkan antar RNC, sedangkan UTRAN dan CN dihubungkan oleh interface Iu.

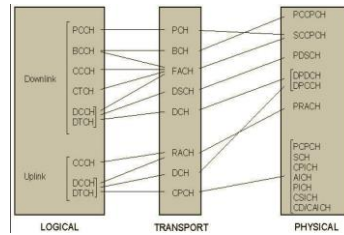
Protokol pada *interface Uu* dan *Iu* dibagi menjadi dua sesuai fungsinya, yaitu bagian *control plane* dan *user plane*. Bagian *user plane* merupakan protokol yang mengimplementasikan layanan *Radio Access Bearer (RAB)*, misalnya membawa data *user* melalui *Access Stratum (AS)*. Sedangkan *control plane* berfungsi mengontrol RAB dan koneksi antara *mobile user* dengan jaringan dari aspek : jenis layanan yang diminta, pengontrolan sumber daya transmisi, *handover*, mekanisme transfer *Non Access Stratum (NAS)* seperti *Mobility Management (MM)*, *Connection Management (CM)*, *Session Management (SM)* dan lain-lain.^[2]

2.3 IuPS Interface

Merupakan bagian *logical* dari *interface Iu*, adalah diantara RNC dan SGSN. Mirip dengan *interface IuCS*, juga terdiri dari *user plane* dan *control plane*: protokol AAL5 bertanggung jawab untuk mengangkut pesan dalam *control* dan *user plane*. *Signaling Connection Kontrol Part (SCCP)* diadopsi untuk mentransfer pesan pensinyalan dalam *control plane*. Protokol stack dari antarmuka IuPS ditampilkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Protokol *stack* dan *header size* IuPS *Interface*

User Plane	Header Size (Octets)
Iu-UP	4
GTP-U	12
UDP	8
IP	20
AAL5	3
ATM	5
Total	52



Gambar 2.2 Pembagian kanal pada UMTS

Untuk menghitung jumlah ATM Cell pada IuPS ditentukan oleh :

$$N_{ATMCell} = (S_{Packet} + H_{IuUP} + H_{GTP} + H_{UDP} + H_{IP} + H_{AAL5}) / (53 - H_{ATM}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana S_{packet} menunjukkan ukuran rata-rata paket data, H_{IuUP} menunjukkan header paket IuUP yang diperoleh dari Tabel 2.1, H_{IP} menunjukkan header paket IP, H_{AAL5} menunjukkan header paket AAL5, H_{ATM} menunjukkan header sel ATM, kemudian dapat diperoleh *bandwidth* antarmuka IuPS.

$$BW_{IuPS} = N_s \times Th_{User/BH} \times (N_{ATMCell} \times \frac{53}{S_{Packet}}) \times 8 / (3600 \times F_{Redudancy}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana N_s menunjukkan jumlah pelanggan 3G GPRS, Th_{User} / BH menunjukkan *throughput* rata-rata per pengguna per jam sibuk, $N_{ATMCell}$ menunjukkan jumlah Sel ATM. [6]

2.4 Bidirectional Forwarding Detection

Bidirectional Forwarding Detection merupakan *protocol* yang berada di layer 3, salah satu fitur yang ada pada *router* CISCO yang bisa digunakan untuk mendeteksi adanya masalah pada suatu link pada suatu jaringan.

Pada suatu *network*, banyak sekali *packet* data yang melewati suatu link, untuk mengetahui terjadinya masalah pada suatu link, *router* akan mengirimkan suatu *failure detection* yang berguna untuk mengetahui tentang itu. Semakin sering dan semakin banyak *router* mengirimkan *failure detection packet* data, maka akan semakin tinggi pula *traffic* yang terjadi pada suatu link. Dan ini tentunya menyebabkan link atau *network* semakin terbebani. Dikarenakan *network* menggunakan cara seperti ini untuk mengetahui tentang *failure* yang terjadi pada suatu *network*.

Hello message dari *routing protocol* yang digunakan, mempunyai beberapa kelemahan dikarenakan *hello packet* tidak mempunyai interval yang pendek, dan ini pula yang menyebabkan proses deteksi terhadap *failure* yang terjadi pada link semakin lama.

Sehingga perlunya untuk menggunakan BFD pada perangkat yang berguna untuk menyelesaikan

permasalahan di atas. Keuntungan menggunakan BFD adalah dikarenakan beberapa kelebihan yang ada pada fitur ini, seperti di bawah ini:

1. BFD packet data mempunyai ukuran yang sangat kecil.
2. BFD berdiri sendiri, tidak termasuk dalam suatu *routing protocol*. Sehingga tidak akan berpengaruh walaupun terjadi masalah dengan *routing protocol*nya.
3. BFD mempunyai interval waktu yang sangat pendek. Ukuran waktunya dalam skala *miliseconds*. Semakin sering *packet detection* ini dikirimkan, maka proses deteksi pada *failure link* akan semakin *valid* dalam waktu yang sangat singkat. [7]

2.5 Quality of Service

Quality of Service (QoS) didefinisikan sebagai suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan.

A. Delay

Delay adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Oleh karenanya *delay* dalam suatu jaringan juga merupakan unjuk kerja yang dapat dijadikan acuan dalam menilai kemampuan dan kualitas pentransmision data. *Delay* akan sangat terasa ketika melakukan transmisi paket data bersifat UDP atau secara *realtime*.

$$Delay = \frac{Panjang\ paket\ yang\ diterima\ (L)bit}{Link\ bandwidth\ yang\ tersedia\ (R)bit/s} \text{ detik } \dots(2.3)$$

Ada beberapa penyebab terjadinya *delay* antara lain :

- Kongesti (kelebihan beban data)
- Kekurangan pada metode *traffic shaping*
- Penggunaan paket-paket data yang besar pada jaringan berkecepatan rendah
- Adanya paket-paket data dengan ukuran berbeda-beda
- Perubahan kecepatan antar jaringan WAN
- Pemadatan *bandwidth* secara tiba-tiba

Tabel 2.2. Rekomendasi ITU-T G.114 untuk *delay*

Range in Millisecon	Description
0 – 150 msec	Acceptable for most user application
150 – 400 msec	Acceptable provided that administrators are aware of the transmission time and it's impact on transmission quality of user application
> 400 msec	Unacceptable for general network planning purpose, it is recognized that in some exceptional cases this limit will be exceeded.

B. Jitter

Jitter dapat didefinisikan sebagai variasi *delay* antara blok-blok data yang berurutan. Besarnya nilai

jitter akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai jittersnya akan semakin besar. Semakin besar nilai *jitter* akan mengakibatkan nilai QoS akan semakin turun.

Tabel 2.3. Kategori Degradasi Jitter

Kategori Degradasi	Peak Jitter
sangat bagus	0 ms
bagus	75 ms
sedang	125 ms
jelek	225 ms

C. Packet Loss

Packet loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket data mencapai tujuannya. Kegagalan paket tersebut mencapai tujuan, dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan, di antaranya yaitu :

- a) Terjadinya overload trafik didalam jaringan
- b) Tabrakan (*congestion*) dalam jaringan,
- c) Error yang terjadi pada media fisik,
- d) Kegagalan yang terjadi pada sisi penerima antara lain bisa disebabkan karena overflow yang terjadi pada buffer.

Rumus dasar untuk menghitung jumlah *packet loss* dalam suatu pengiriman data diperlihatkan oleh persamaan 2.4.

$$Packet Loss = \frac{Jumlah\ paket\ yang\ dikirim - Jumlah\ paket\ yang\ diterima}{Jumlah\ paket\ yang\ dikirim} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Tabel 2.4. Kategori Degradasi *packet loss*

Kategori Degradasi	Packet Loss
sangat bagus	0%
bagus	3%
sedang	15%
jelek	25%

D. PING

PING adalah sebuah perintah atau syntax code dalam computer networking di aplikasi berbasis DOS/Text seperti *Command Prompt*. Ping digunakan untuk mengetahui apakah target yang akan diakses melalui sebuah server dalam kondisi aktif atau tidak, serta mengetahui apakah ada masalah yang terjadi selama proses ping tersebut. Cara kerja ping adalah dengan mengirimkan ICMP (*Internet Control Message Protocol*) ke tujuan dan menerima respon dari tujuan tersebut, lalu melaporkan (menampilkan informasi) tentang

koneksi antara komputer user dengan server serta seberapa cepat koneksinya terjadi.

E. Test Ping

Test Ping adalah metode untuk melakukan tes koneksi dengan Command Prompt (Windows) untuk mengetahui kualitas koneksi jaringan dari komputer pribadi ke jaringan ditempat lain yang telah terhubung ke komputer pribadi baik itu melalui jaringan lokal (*intranet*) ataupun jaringan luas (*internet*).

F. Uplink dan Downlink

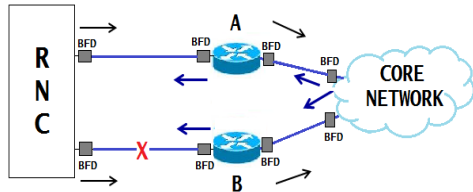
Untuk dapat membedakan antara *uplink* dan *downlink*, masing – masing Cell memiliki *Absolute Radio-Frequency Channel Number* (ARFCN). ARFCN adalah saluran penomoran skema yang digunakan untuk mengidentifikasi saluran RF khusus dalam sistem radio. Satu untuk sinyal *uplink* (UARFCN) dan satu untuk sinyal *downlink* (DUARFCN).

III. Implementasi Back up Link IuPS

Gambar 3.1 menunjukkan kondisi ketika hanya PS Router A yang tetap hidup (menyala), PS router B jatuh (*down*). Dari topologi di atas dapat diketahui bahwa pada sisi RNC masih berpikir mempunyai dua PS router yang hidup (menyala)

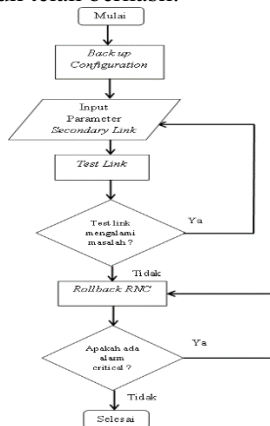
Di sisi RNC tidak mengetahui bahwa PS router telah jatuh (mati), RNC berpikir bahwa port PS router A masih dapat dipergunakan. Sehingga, RNC masih mengirimkan paket data lalu paket data akan sampai di perangkat transmisi dan dijatuhkan oleh perangkat transmisi. Sayangnya, jika *primary link down* (turun), layanan akan turun juga karena trafik dari *core network* biasanya hanya melalui router utama. Pada kasus ini, *primary link* adalah PS router A.

BFD berfungsi untuk menghindari turunnya performansi layanan akibat putusnya salah satu link. Pertama, BFD diaktifkan di kedua sisi NE (RNC dan router). Cara kerja BFD dapat dijelaskan dengan sederhana, yaitu kedua sisi NE akan mengirimkan paket “halo” secara berkala yang harus diterima dan diketahui oleh kedua sisi NE. Jika paket tidak diterima tepat waktu, RNC secara otomatis akan memutuskan bahwa penggunaan link tersebut *down* dan akan menggunakan rute *link* lain untuk meneruskan trafik.



Gambar 3.1. Topologi jaringan IuPS UMTS ketika salah satu link down.

Gambar 3.2 menunjukkan *Flowchart* Tahapan pengaktifan *secondary link* untuk meningkatkan performansi jaringan di RNC Luwuk. Hal – hal yang harus dipersiapkan adalah letak *secondary link* pada board RNC, IP control plane dan user plane untuk *secondary link*, dan routing statis yang berhubungan langsung dengan link tersebut. Pada gambar terlihat, awalnya dilakukan *back up configuration*. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi jika terjadi kegagalan pada saat melakukan penambahan link di RNC tersebut. Kemudian mulai menambahkan parameter – parameter yang telah dipersiapkan sebelumnya di RNC dan router. Parameter yang ditambahkan pada sisi RNC harus ditambahkan pula pada sisi router. Supaya router dapat menginisialisasi kehadiran link baru pada RNC tersebut. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap link yang baru saja ditambahkan dengan cara *test link*. Jika prosedur *test link* telah dijalankan dan link yang baru sudah berfungsi dengan baik maka, proses pengaktifan *secondary link* pada RNC Luwuk telah berhasil.

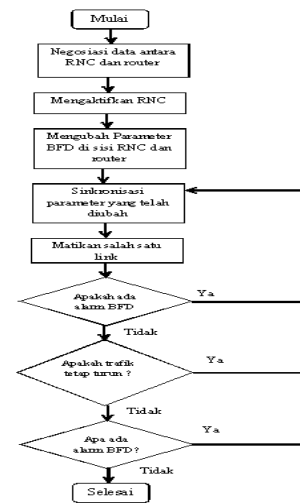


Gambar 3.2. *Flowchart* Tahapan Pengaktifan *secondary link*

Gambar 3.3 menunjukkan *Flowchart* Pengaktifan BFD. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, BFD berfungsi sebagai paket “halo” ketika RNC dan router tidak berada pada satu lokasi. Untuk dapat mengaktifkan BFD hal pertama yang harus dilakukan adalah negosiasi antara RNC dan router. Maksudnya adalah menyamakan parameter – parameter pada sisi RNC sampai sisi core. Hal ini

dilakukan supaya perangkat dari RNC hingga core dapat mendeteksi diaktifkannya BFD.

Setelah itu, mulai mengubah parameter untuk mengaktifkan BFD (pembahasan implementasi pengaktifan BFD ini hanya dilakukan pada sisi RNC saja.) Kemudian ketika semua parameter telah terkonfigurasi dan telah disinkronisasi, dilakukan pengujian dengan mematikan *primary link*. Hal ini dilakukan untuk memastikan trafik akan secara otomatis berpindah ke *secondary link*. Kemudian dilakukan pengecekan performansi jaringan dengan memeriksa *receive bit rate traffic* pada link tersebut. Setelah dipastikan tidak ada yang mengalami penurunan secara signifikan maka, pengaktifan BFD pada RNC Luwuk dinyatakan berhasil.

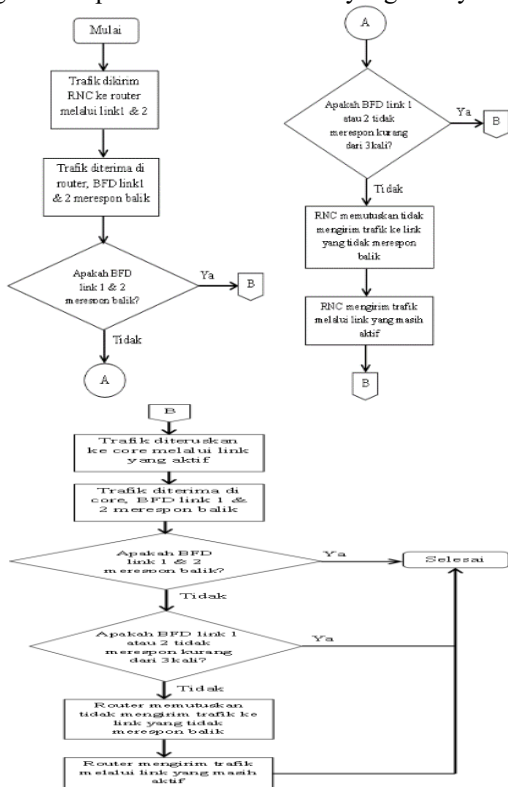


Gambar 3.3. *Flowchart* Pengaktifan BFD

Gambar 3.4 menunjukkan flowchart tahapan proses pengiriman trafik dari RNC ke router. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, Setelah RNC mengirimkan paket data ke kedua link router 1 dan 2, BFD pada sisi RNC tidak menerima respon balik dari BFD pada sisi salah satu router. Namun, RNC masih mencoba mengirimkan paket datanya ke kedua link router 1 dan 2. Setelah jumlah minimum paket berturut-turut yang dapat terkirim terlampaui dan BFD pada sisi RNC tidak mendapatkan respon balik dari BFD pada sisi salah satu router, maka BFD pada sisi RNC akan mengirimkan halo paket yang mengirimkan pesan *acknowledge* pada RNC bahwa link pada router tersebut telah putus. Sehingga RNC hanya akan mengirimkan paket data ke link router yang masih aktif saja.

BFD sangat baik jika diaplikasikan pada kondisi RNC dan router yang berbeda lokasi. Apabila di tengah perjalanan transmisi tersebut mengalami gangguan ataupun terputus maka, BFD yang terpasang pada masing – masing perangkat akan mendeteksi dan mengirimkan pesan *acknowledge* ke

perangkat sebelumnya bahwa telah terjadi *link* putus pada jalur transmisi tersebut. Sehingga, RNC akan mengirimkan paket data ke *link* aktif yang lainnya.



Gambar 3.4. Tahapan proses pengiriman trafik dari RNC ke router

IV. Pengujian dan Analisa

4.1 Pengujian dan analisa pengaktifan backup link

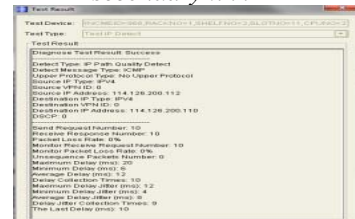
1. Test ping

Test Ping digunakan untuk mengetahui kualitas koneksi jaringan IP. Test ping dilakukan pada sisi RNC ke sisi *secondary link interface*, *gateway*, *SCTP* dan *SGSN* dengan menggunakan *software ZTE EMS Netnumen*.

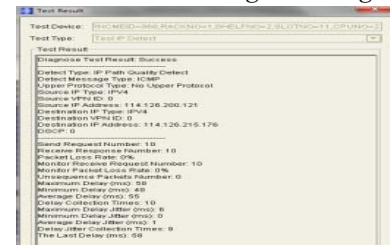
Pengujian pertama dilakukan dari sisi RNC ke sisi *interface secondary link* maka, *source IP address* dengan alamat IP RNC dan mengisi kolom *destination IP address* dengan alamat IP dari *interface secondary link*. Dan didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil Test Ping RNC ke interface secondary link



Gambar 4.2. Hasil Test Ping RNC ke gateway



Gambar 4.3. Pengujian dan hasil test ping RNC ke Sctp (signaling)



Gambar 4.4. Pengujian dan hasil test ping RNC ke SGSN

2. Mengukur nilai uplink dan downlink

Cara kedua untuk menguji *back up link* adalah dengan melihat nilai *uplink* dan *downlink* ketika melakukan *browsing internet*. Besar nilai *payload uplink* dan *downlink* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 dan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned}
 & \text{Uplink Cell Payload PS R99(Mbit)} \\
 & = \frac{(US + UI + UB) \times 8}{1024}
 \end{aligned}$$

Dan

$$\begin{aligned} \text{Downlink Cell Payload PS R99 (Mbit)} \\ &= \frac{(DS + DI + DB) \times 8}{1024} \end{aligned}$$

Tabel 4.1. Hasil query payload uplink dan downlink

Uplink Iub volume of DCH RAB for Streaming class (kBytes)	Uplink Iub volume of DCH RAB for Interactive class (kBytes)	Uplink Iub volume of DCH RAB for Background class (kBytes)	Downlink Iub volume of DCH RAB for Streaming class (kBytes)	Downlink Iub volume of DCH RAB for Interactive class (kBytes)	Downlink Iub volume of DCH RAB for Background class (kBytes)
0.0000	188556.2920	0.0000	0.0000	10164.0520	0.0000

Maka
$$\text{Uplink Cell Payload PS R99(Mbit)} = \frac{(0.0000+188556.2920+0.0000) \times 8}{1024} = 1473.096 \text{ Mbit}$$

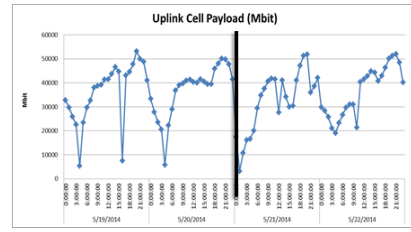
Dan,

$$\text{Downlink Cell Payload PS R99 (Mbit)} = \frac{(0.0000+10164.0520+0.0000) \times 8}{1024} = 79.407 \text{ Mbit}$$

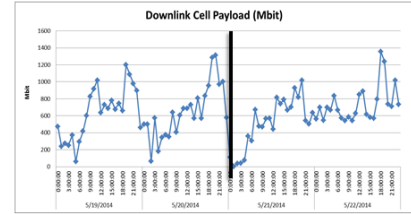
Setelah semua data hasil query uplink dan downlink dihitung, kemudian diolah menjadi grafik terlihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

Pada Gambar 4.5 uplink cell payload mengalami penurunan yang drastis yaitu saat proses pengaktifan link dilakukan. Namun setelah proses pengaktifan link selesai dilakukan, uplink cell payload perlahan kembali normal. Terlihat pada Gambar 4.5 sebelum dilakukan pengaktifan secondary link nilai uplink cell payload dapat mencapai nilai yang sangat rendah mencapai di bawah 10000 Mbit. Hal ini dapat mempengaruhi performansi RNC untuk menghandle trafik terutama ketika user melakukan proses uplink data. Namun setelah dilakukan pengaktifan back up link, nilai uplink cell payload cenderung normal. Meskipun mengalami penurunan tapi masih berada di atas 10000 Mbit. Melalui grafik ini dapat disimpulkan bahwa pengaktifan back up link berpengaruh baik pada performansi uplink cell payload RNC Luwuk.

Terlihat pada Gambar 4.6 downlink cell payload mengalami penurunan yang sangat drastis akibat pengaktifan secondary link. Garis hitam merupakan batasan perbedaan nilai downlink cell payload sebelum dan sesudah proses pengaktifan secondary link. Sebelum secondary link ditambahkan, nilai downlink cell payload sangat tidak stabil. Kadang mengalami kenaikan yang tinggi kadang mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini berpengaruh pada performansi jaringan terutama saat user melakukan proses downloading. Namun setelah back up link ditambahkan, nilai download cell payload menjadi lebih stabil. Penurunannya dan kenaikannya tidak terlalu jauh. Melalui grafik ini dapat disimpulkan bahwa pengaktifan back up link berpengaruh baik pada performansi downlink cell payload RNC Luwuk.



Gambar 4.5. Grafik uplink cell payload (Mbit)



Gambar 4.6. Grafik downlink cell payload (Mbit)

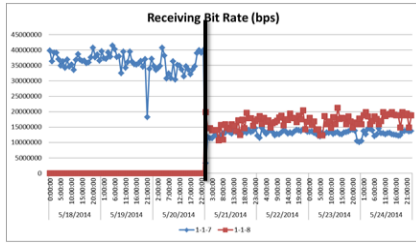
Tabel 4.2 menunjukkan beberapa nilai dari grafik yang diperlihatkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.2. Nilai uplink dan downlink IuPS

Date	Time	Uplink Cell Payload PS R99(Mbit)	Downlink Cell Payload PS R99 (Mbit)
5/20/2014	20:00:00	1590.545906	241.4960313
	21:00:00	1674.886344	139.0019141
	22:00:00	1473.096031	79.40665625
	23:00:00	1647.903266	66.36178125
5/21/2014	0:00:00	438.6016328	10.34364063
	1:00:00	162.6751172	1.270234375
	2:00:00	565.8325703	5.897921875
	3:00:00	1143.338336	10.11541406
	4:00:00	1224.577055	15.15238281

Setelah selesai melakukan pengujian terhadap nilai payload uplink dan downlink, pengujian ketiga adalah melakukan pengujian terhadap trafik (bit rate) yang diterima oleh masing – masing link. Gambar 4.7 adalah trafik yang diterima pada masing – masing link. Link 1-1-7 merupakan primary link dan link 1-1-8 merupakan link yang ditambahkan atau secondary link. Terlihat pada Gambar 4.7 (warna biru) trafik hanya melewati primary link saja. Namun pada primary link terjadi penurunan yang cukup drastis (warna merah) yaitu ketika terjadi proses pengaktifan secondary link dilakukan dan terjadi kenaikan trafik pada secondary link pada waktu yang sama. Kini trafik pada RNC Luwuk terbagi dua dan melewati kedua link atau loadshare.

Trafik yang dibagi oleh RNC ditentukan pada pengaturan static route dari sisi RNC, pengaturan tersebut terlihat pada Tabel 4.5 kolom Management Distance menentukan prioritas yang akan dilalui oleh trafik. Semakin kecil nilai pada kolom tersebut, semakin besar prioritasnya dilalui oleh trafik. Terlihat pada Gambar, untuk IuPS memiliki nilai management distance 1, berarti memiliki prioritas 100% untuk dilalui oleh trafik.



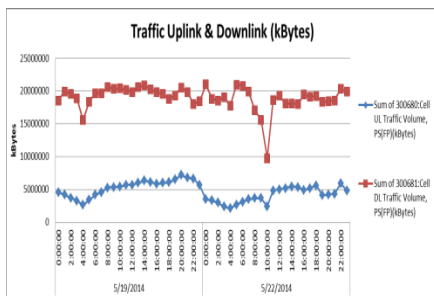
Gambar 4.7. Grafik Receiving Bit Rate (bps)

Tabel 4.3 menunjukkan besar *receiving bit rate (bps)* saat sebelum dan sesudah *secondary link* ditambahkan.

Tabel 4.3. Nilai Receiving bit rate (bps)

Date	Time	Max receiving bit rate(bps) link 1 (1-1-9)	Max receiving bit rate(bps) link 2 (1-1-9)
5/19/2014	0:00:00	4144	39639983
1:00:00	4416		37424521
2:00:00	4144		36255735
3:00:00	4144		38265727
4:00:00	4144		36830469
5:00:00	4416		40471061
6:00:00	4144		39387087
7:00:00	4144		36785413
8:00:00	4144		37009791
9:00:00	4416		31580429
10:00:00	4144		38555509
11:00:00	4144		33357505
12:00:00	4144		35225767
13:00:00	4144		38540715
14:00:00	4144		35246399
15:00:00	4144		34487089
16:00:00	4144		34395221
17:00:00	4416		34702747
18:00:00	4144		35494555
19:00:00	4144		33673715
20:00:00	4144		36113455
21:00:00	4144		3553429
22:00:00	4144		33005755
23:00:00	4144		35234109
5/22/2014	0:00:00	37571484	18192839
1:00:00	18571484		17452306
2:00:00	15968976		18792622
3:00:00	17968976		16675028
4:00:00	16693512		16777878
5:00:00	17193512		15475626
6:00:00	18007444		16003376
7:00:00	16300744		13371796
8:00:00	16625942		15345268
9:00:00	17112706		15735339
10:00:00	18112706		15615047
11:00:00	18625942		13265466
12:00:00	15602412		14755157

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 terdapat selisih *receiving bit rate (bps)* sebelum dan sesudah *secondary link* ditambahkan. Jika nilai link 1 + link 2 mengalami penurunan sebesar 3625981 bps atau sekitar 11.41%. Hal ini dikarenakan terjadi penurunan aktifitas user ketika *secondary link* selesai diaktifkan. Gambar 4.8. Trafik uplink dan downlink pada RNC Luwuk sebelum dan sesudah *secondary link* diaktifkan.



Gambar 4.8. Traffic Uplink dan Downlink (Kbytes)

Terlihat pada Gambar 4.8 terjadi penurunan aktifitas user dalam proses *uplink* dan *downlink* sebesar 30%. Hal ini masih dapat ditolerir karena penurunan tidak mencapai 30% serta tidak adanya alarm yang mempengaruhi pelayanan komunikasi yang muncul akibat penurunan ini.

Tabel 4.4. Pengaturan *static route* RNC Luwuk

User Label	Static Route No	Static Route Prefix	Static Route Subnet Mask	next hop IP address	Management distance	Bidirectional Forwarding Detection flag
IUPS CP IP1	91	114.126.215.176	255.255.255.255	114.126.200.98	1	OPEN
IUPS CP IP2	92	114.126.215.177	255.255.255.255	114.126.200.98	1	OPEN
IUPS CP-2 IP1	91	114.126.215.176	255.255.255.255	114.126.200.102	1	OPEN
IUPS CP-2 IP2	92	114.126.215.177	255.255.255.255	114.126.200.102	1	OPEN
IUPS UP GGSN1	34	221.132.244.32	255.255.255.240	114.126.200.106	1	OPEN
IUPS UP GGSN2	35	221.132.244.96	255.255.255.240	114.126.200.106	1	OPEN
IUPS UP GGSN3	36	221.132.217.64	255.255.255.224	114.126.200.106	1	OPEN
IUPS UP-2 GGSN1	94	221.132.244.32	255.255.255.240	114.126.200.110	1	OPEN
IUPS UP-2 GGSN2	95	221.132.244.96	255.255.255.240	114.126.200.110	1	OPEN
IUPS UP-2 GGSN3	96	221.132.217.64	255.255.255.224	114.126.200.110	1	OPEN
IUPS UP-2 IP1	89	114.126.215.160	255.255.255.255	114.126.200.110	1	OPEN

Setelah selesai melakukan pengujian pada trafik di masing – masing link, selanjutnya adalah melakukan *rollback* pada RNC. Sehingga konfigurasi *slave* dimana tempat pengaktifan link dilakukan akan diubah statusnya menjadi *master*. Setelah *rollback*, dilakukan *monitoring* alarm yang aktif untuk mengetahui status dari RNC tersebut dalam kondisi baik atau tidak.

Tabel 4.5 menunjukkan kondisi alarm pada *secondary link* ketika proses pengaktifan *secondary link* dilakukan. Terlihat pada tabel, alarm aktif yang muncul hanyalah alarm dari sisi transmisi saja dan tidak berpengaruh pada pelayanan komunikasi.

Tabel 4.5. Kondisi *secondary link* saat proses pengaktifan dilakukan

Severity	Phase/Time	Duration / Cleared Time	ME	Alarm Code	Alarm Type	Site Name/Office
Major	2014-05-21 00:27:12	00:00:02	2014-05-21 00:27:14	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of frame alarm(18085016)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:11	00:00:03	2014-05-21 00:27:13	LWA033MNY_DMT...E1T1 link gross bit error rate alarm(18085019)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:10	00:00:04	2014-05-21 00:27:14	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of frame alarm(18085016)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:10	00:00:02	2014-05-21 00:27:12	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of cell deletion alarm(18085017)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:10	00:00:02	2014-05-21 00:27:12	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of cell deletion alarm(18085017)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:04	00:00:02	2014-05-21 00:27:06	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of MA frame alarm(18085018)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:04	00:00:02	2014-05-21 00:27:06	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of MA frame alarm(18085018)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:04	00:00:02	2014-05-21 00:27:06	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of MA frame alarm(18085018)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:04	00:00:02	2014-05-21 00:27:06	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of MA frame alarm(18085018)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:04	00:00:02	2014-05-21 00:27:06	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of MA frame alarm(18085018)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:01	00:00:04	2014-05-21 00:27:05	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of frame alarm(18085016)	Communication	LWA033MNY_DMT...
Major	2014-05-21 00:27:01	00:00:04	2014-05-21 00:27:05	LWA033MNY_DMT...E1T1 link loss of frame alarm(18085016)	Communication	LWA033MNY_DMT...

Dengan melihat grafik dan alarm yang aktif ini dapat disimpulkan bahwa *secondary link* atau *back up link* telah berfungsi dengan baik untuk menangani trafik di RNC Luwuk.

4.2. Pengujian dan analisa pengaktifan BFD

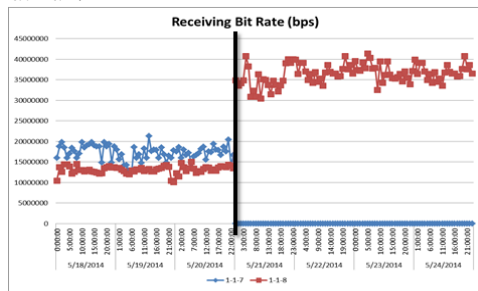
Pengujian selanjutnya adalah pengujian kinerja BFD yang telah diaktifkan. Untuk mengetahui apakah BFD telah berfungsi dengan benar, pengujian dilakukan dengan mematikan salah satu link dan melihat kondisi performansi trafik RNC tersebut. Setelah salah satu link dimatikan, akan muncul alarm *BFD session interrupted* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Hal ini berarti BFD sedang mendeteksi telah terjadi kegagalan pada salah satu kemudian BFD akan mengirimkan paket “hello” kepada asal trafik dikirimkan untuk menghentikan pengiriman trafik melalui link yang terputus tersebut dan memindahkan trafik ke link yang aktif.

Tabel 4.6. Kondisi *secondary link* ketika salah satu *link* dimatikan

No.	Severity	NE	Board	Location	Raised Time	Alarm Type	Alarm Code
1	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:07:12	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
2	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:13:33	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
3	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:08:55	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
4	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:14:55	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
5	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:09:55	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
6	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:14:55	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
7	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:09:55	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
8	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:14:55	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
9	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:20:28	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
10	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:45:47	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)
11	Critical	RNCZ_LLWUK(966)	ROMB	EGRNCID=966	2014-05-21 00:22:56	Communication...	BFD Session Interrupted(198022784)

Gambar 4.9 menunjukkan kondisi trafik pada masing – masing link setelah salah satu link dimatikan. Terlihat pada Gambar setelah trafik terbagi menjadi dua jalur perlintasan, link pada board 1-1-7 dimatikan trafik langsung berpindah ke link yang aktif atau link pada board 1-1-8. Trafik pada board 1-1-8 menjadi dua kali lipat dibandingkan saat kedua link aktif. Hal ini berarti tidak ada trafik yang loss ketika salah satu link dimatikan.



Gambar 4.9. *Receiving Bit Rate* setelah dimatikan salah satu link

Melalui pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pengaktifan BFD pada link interface IuPS RNC Luwuk berfungsi dengan baik.

Tabel 4.7 menunjukkan kondisi alarm yang aktif setelah trafik ditangani oleh *link* pada board 1-1-8. Terlihat pada Gambar, alarm *BFD session interrupted* tidak muncul kembali. Hal ini dikarenakan trafik sudah ditangani oleh *link* yang aktif. Alarm yang muncul sebagian besar hanya alarm pada sisi transmisi.

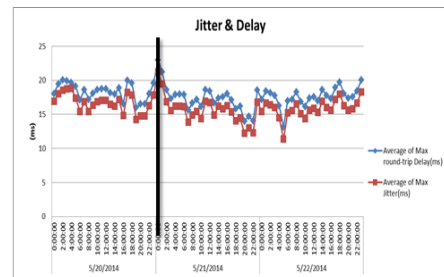
Setelah melakukan pengujian performansi trafik bit rate dan alarm setelah salah satu link diputus, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian nilai packet loss, jitter, dan delay saat back up link ditambahkan. Terlihat pada Gambar 4.10 grafik jitter dan delay dari jaringan RNC Luwuk mengalami peningkatan yaitu ketika back up link

ditambahkan. Namun, grafik berangsur normal setelahnya.

Tabel 4.7. Kondisi *secondary link* setelah trafik ditangani *link* yang aktif

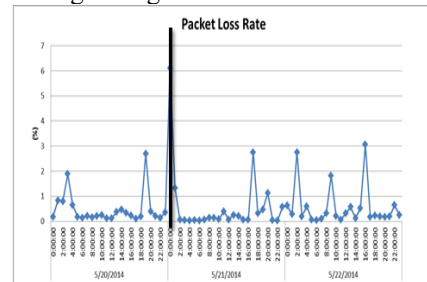
No.	Severity	Raised Time	Duration	Cleared Time	NE	Alarm Code	Alarm Type
1	Minor	2014-05-21 01:56:14	00:02:07	2014-05-21 01:58:21	RNCZ_LLWUK(966)	Loss of Level 3 reference source clock(1980206)	Equipment Alarm
2	Major	2014-05-21 01:56:51	00:00:02	2014-05-21 01:56:53	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
3	Major	2014-05-21 01:56:51	00:00:02	2014-05-21 01:56:53	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
4	Major	2014-05-21 01:56:51	00:00:02	2014-05-21 01:56:53	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
5	Major	2014-05-21 01:56:51	00:00:02	2014-05-21 01:56:53	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
6	Major	2014-05-21 01:56:51	00:00:04	2014-05-21 01:56:56	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 IMA group is not operational(198095016)	Communication...
7	Major	2014-05-21 01:56:18	00:00:02	2014-05-21 01:56:20	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 IMA group is not operational(198095016)	Communication...
8	Major	2014-05-21 01:56:18	00:00:02	2014-05-21 01:56:20	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
9	Major	2014-05-21 01:56:18	00:00:02	2014-05-21 01:56:20	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
10	Major	2014-05-21 01:56:18	00:00:02	2014-05-21 01:56:20	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
11	Major	2014-05-21 01:56:18	00:00:02	2014-05-21 01:56:20	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of IMA frame alarm(198095016)	Communication...
12	Major	2014-05-21 01:56:09	00:00:05	2014-05-21 01:55:14	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 IMA group is not operational(198095016)	Communication...
13	Major	2014-05-21 01:55:09	00:00:02	2014-05-21 01:55:11	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of frame alarm(198095016)	Communication...
14	Major	2014-05-21 01:55:09	00:00:02	2014-05-21 01:55:11	LWK063MNY_CMT...	E1/T1 link loss of frame alarm(198095016)	Communication...

Dan grafik pada Gambar 4.11 menunjukkan prosentase packet loss jaringan RNC Luwuk. Sama seperti grafik jitter dan delay, packet loss mengalami peningkatan yaitu ketika back up link ditambahkan. Namun, kembali normal setelahnya.



Gambar 4.10. Delay dan Jitter

Berdasarkan grafik jitter, delay, dan packet loss pada gambar 4.10 dan gambar 4.11, dapat disimpulkan bahwa performansi jaringan RNC Luwuk terinterupsi yaitu ketika ditambahkan back up link namun kembali normal setelahnya. Hal ini menunjukkan bahwa back up link yang ditambahkan dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 4.11. Packet Loss

V SIMPULAN

Setelah melakukan analisa terhadap nilai *uplink* dan *downlink* serta trafik, maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan analisis nilai *uplink* dan *downlink* IuPS, penambahan *back up link* IuPS yang dilakukan di RNC Luwuk membuat performansi

- RNC Luwuk menjadi lebih baik. Kondisi *uplink* yang awalnya fluktuatif bisa mencapai titik terendah 1512.207 Mbit hingga 1244.0141 Mbit dalam waktu yang berdekatan setelah dilakukan penambahan *back up link*, *uplink* RNC Luwuk menjadi lebih stabil di kisaran 800.00 – 1200.000 Mbit. Tidak mengalami penurunan dan peningkatan secara drastis. Sedangkan kondisi *downlink* pada RNC Luwuk juga menjadi lebih stabil di kisaran 99.000 – 1200.000 Mbit.
2. Berdasarkan analisis terhadap kondisi trafik dari RNC Luwuk setelah menambahkan *back up link* dan mengaktifkan fitur BFD, beban trafik menjadi lebih rendah. Karena beban trafik terbagi sama rata di dua perlintasan. Awalnya, link utama menanggung beban trafik sebesar 39539982 bps setiap mengirimkan trafik. Ketika *back up link* telah diaktifkan, beban trafik yang ditanggung oleh link utama berkurang 30.53% menjadi 12192839 bps. Sehingga dapat mengurangi *packet loss* yang diakibatkan *link* yang telah melampaui kapasitas. Ketika salah satu link dimatikan, trafik secara otomatis berpindah ke link yang aktif, sehingga paket data masih dapat dilayani oleh link yang aktif tersebut dan terhindar dari *loss data*.
- [8] Diktat perkuliahan ITT Telkom. “BAB XVI : *Quality of Service (Qos) dan Pengukurannya*”.
- [9] Dharma, Sutedjo Dharma dkk. 2007. “*Pengantar Teknologi Informasi Internet : Konsep dan Aplikasi*”. Yogyakarta : Andi Publisher.
- [10] Sutedjo, Budi. 2006. “*Konsep dan Perancangan Jaringan Komputer*”. Yogyakarta : Andi Publisher.
- [11] Anonim. “WCN(PS)-BC-EN-ZXWN PS Protocols and Signaling Flow(TCPIP)-4-201005-45”. ZTE, Shenzhen : 2011
- [12] Anonim. “*Standard Operation Procedure LuPS over IP*”. ZTE, Shenzhen : 2011
- [13] Anonim, “*SOP BFD Activation in Telkomsel Network*”. ZTE, Shenzhen : 2011

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan Wibisono, Uke Kurniawam Usman, Gunadi Dwi Hantoro. 2008. “*Konsep Teknologi Seluler*”. Bandung : Informatika.
- [2] Danaryani, Sri. 2008. “*Sistem Komunikasi Bergerak*”. Depok : Politeknik Negeri Jakarta.
- [3] Dornan, Andy. 2001. “*The Essential Guide to Wireless Communication Applications*”. ., NJ : Prentice Hall Inc.
- [4] Mulyanta, Edi S. 2004. “*Kupas Tuntas Telepon Selular Anda*”. Yogyakarta : Andi Publisher.
- [5] Silalahi, Nurain. 2002. “*Layanan Informasi dan Telekomunikasi Mobil Nirkabel*” Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- [6] Edi S. Mulyanta, S.SI. 2005. “*Pengenalan Protokol Jaringan Wireless Komputer*”. Yogyakarta : Andi Publisher.
- [7] Cisco. 2011 “*Bidirectional Forwarding Detection*”. USA : Cisco System.