



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PERFORMA JARINGAN MOBILE IPV6  
DENGAN APLIKASI *TRANSFERFILE* MENGGUNAKAN  
*PROTOCOL* FTP DAN SFTP PADA VERTICAL HANDOVER**

**SKRIPSI**

**SALMAN AL-FARISYI**

**0806459892**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER**

**JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PERFORMA JARINGAN MOBILE IPV6  
DENGAN APLIKASI *TRANSFERFILE* MENGGUNAKAN  
*PROTOCOL* FTP DAN SFTP PADA VERTICAL HANDOVER**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**SALMAN AL-FARISYI**

**0806459892**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER**

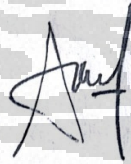
**JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Salman Al-Farisyi**

**NPM : 0806459892**



**Tanda Tangan : .....**

**Tanggal: 12 Juni 2012**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Salman Al-Farisyi

NPM : 0806459892

Program Studi : Teknik Komputer

Judul Skripsi : **ANALISA PERFORMA JARINGAN MOBILE**

**IPV6 DENGAN APLIKASI *TRANSFER FILE***

**MENGGUNAKAN *PROTOCOL* FTP DAN SFTP**

**PADA VERTICAL HANDOVER**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

**DEWAN PENGUJI**

Pembimbing : Ir. A. Endang Sriningsih, M.T., Si. (.....)

Penguji 1 : Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna, M.Eng (.....)

Penguji 2 : Prima Dewi Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : .....

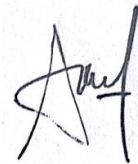
## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat dalam menuntaskan pendidikan Sarjana Teknik Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Ucapan terima kasih yang setulus hati saya ucapkan kepada Ibu Ir. Endang Sriningsih M.T., Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan pengarahan kepada saya dalam penulisan. Tidak lupa pula rasa terima kasih saya kepada orang tua dan keluarga serta teman-teman terutama kelompok skripsi saya yang telah banyak mendukung dan mengingatkan saya selama mengerjakan skripsi ini.

Akhir kata saya mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penulisan nama ataupun gelar, serta kesalahan pada penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun saya harapkan agar dapat menyempurnakan skripsi ini.

Depok, 12 Juni 2012



Salman Al-Farisyi

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salman Al-Farisyi  
NPM : 0806459892  
Program Studi : Teknik Komputer  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISA PERFORMA JARINGAN MOBILE IPV6 DENGAN APLIKASI  
TRANSFERFILE MENGGUNAKAN *PROTOCOL* FTP DAN SFTP PADA  
VERTICAL HANDOVER**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Salman Al-Farisyi)

..:

## ABSTRAK

Nama : Salman Al-Farisyi

Program Studi: Teknik Komputer

Judul : ANALISA PERFORMA JARINGAN MOBILE IPV6  
DENGAN APLIKASI *TRANSFERFILE*  
MENGUNAKAN *PROTOCOL* FTP DAN SFTP  
PADA VERTICAL HANDOVER

Jaringan *Mobile IPv6* mendukung perpindahan *mobile node* dari titik akses jaringan satu ke titik akses lain tanpa harus memutuskan koneksi baik menggunakan *vertical handover* maupun *horizontal handover*. Untuk mengetahui performa jaringan dapat diukur beberapa parameter QoS seperti *throughput*, *delay*, dan *transfertime* untuk aplikasi pengiriman *file*. Dalam hal ini, aplikasi yang akan dibandingkan adalah *FileTransferProtocol* (FTP) dan *SSH FileTransferProtocol* (SFTP). Hasil pengukuran tersebut akan menunjukkan perbedaan antara kedua *protocol* untuk kemudian dianalisa berdasarkan teorinya masing-masing.

Berdasarkan hasil uji coba didapatkan nilai *throughput* pada *protocol* FTP lebih besar sebanyak 7.43% dibandingkan SFTP pada *vertical handover*. *Transfertime* yang diperlukan SFTP untuk mengirimkan data yang sama akan lebih besar 21.45% dibandingkan saat menggunakan *protocol* FTP. Sementara *delay* yang mana pada SFTP besarnya *delay* lebih besar 17.99% dibandingkan saat melakukan pengiriman *file* yang sama menggunakan *protocol* FTP pada *vertical handover*. Meskipun demikian, *protocol* SFTP memiliki nilai lebih dari sisi keamanan karena telah mendukung fitur enkripsi.

Kata kunci:

*Mobile IPv6, vertical handover, FTP, SFTP, transferfile.*

## ABSTRACT

Name : Salman Al-Farisyi  
Study Prorgam : Teknik Komputer  
Title : ANALYSIS OF NETWORK PERFORMANCE OF MOBILE IPv6 WITH USING FILETRANSFERPROTOCOL FTP AND SFTP ON VERTICAL HANDOVER

Mobile network supports IPv6 mobile node displacement from one network access point to another access point without having to disconnect the connection using either vertical or horizontal handover. To find out the network performance can be measured several parameters such as QoS, throughput, delay and *transfertime* for the application of *transferfile*. In this case, the application will be compared is a *FileTransferProtocol* (FTP) and SSH *FileTransferProtocol* (SFTP). The results of these measurements will show the difference between each *protocol* to later studied on the basis of its theory.

Based on the results of tests obtained value of throughput on the FTP *protocolis* 7.43% better compared to SFTP on vertical handover. *Transfertime* which SFTP require to send the same data will be greater 21.45% compared to when using the FTP *protocol*. While delay on SFTP is 17.99% longer compared to when doing the same using FTP on vertical handover. Nevertheless, the SFTP *protocol* have more value in the security aspect because it has supported features of encryption

Keywords:

Mobile IPv6, vertical handover, FTP, SFTP, *transferfile*



## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....              | iii  |
| KATA PENGANTAR .....                               | v    |
| ABSTRAK .....                                      | vii  |
| ABSTRACT .....                                     | viii |
| DAFTAR ISI .....                                   | ix   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                                 | xii  |
| DAFTAR SINGKATAN .....                             | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                            | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                           | 1    |
| 1.2 Tujuan Penelitian .....                        | 2    |
| 1.3 Pembatasan Masalah .....                       | 2    |
| 1.4 Metodologi Penulisan .....                     | 3    |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                    | 3    |
| BAB II MOBILE IP, IPV4, IPV6, FTP dan SFTP .....   | 5    |
| 2.1 TCP dan IP .....                               | 5    |
| 2.2 Internet Protokol Versi 4 (IPv4) .....         | 7    |
| 2.3 Internet Protokol Versi 6 (IPv6) .....         | 8    |
| 2.4 Mobile Internet <i>Protocol</i> .....          | 10   |
| 2.4.1 Mobile IP .....                              | 10   |
| 2.4.2 Operasional Mobile IPv6 .....                | 13   |
| 2.4.3 Proses Perpindahan Pada Mobile IPv6 .....    | 14   |
| 2.4.4 Fast Handover Mobile IPv6 (FMIPv6) .....     | 15   |
| 2.5 File Transfer Protokol (FTP) .....             | 19   |
| 2.6 SSH <i>FileTransferProtocol</i> .....          | 22   |
| BAB III PERANCANGAN JARINGAN MIPv6 .....           | 23   |
| 3.1 Perancangan Topologi Jaringan .....            | 23   |
| 3.2 Spesifikasi Sistem .....                       | 24   |
| 3.2.1 Spesifikasi Hardware .....                   | 24   |
| 3.2.2 Spesifikasi Software .....                   | 26   |
| 3.3 Skenario Pengukuran Performansi Jaringan ..... | 27   |
| 3.4 Pembuatan Sistem .....                         | 29   |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 3.4.1   | Persiapan Kernel .....  | 29        |
| 3.4.2   | Instalasi Perangkat Lunak UMIP Linux Mobile IPv6 Daemon dan RADVD ..... | 30        |
| 3.4.3   | Instalasi VSFTPD dan Filezilla .....                                    | 31        |
| 3.5   | Konfigurasi Node .....  | 32        |
| 3.5.1   | Home Agent .....  | 32        |
| 3.5.2   | Foreign Router .....  | 33        |
| 3.5.3   | Correspondent Node .....  | 33        |
| 3.5.4   | Mobile Node .....   | 34        |
| 3.6   | Rekayasa Trafik Menggunakan MGEN .....                                  | 34        |
| <b>BAB IV ANALISA DATA DAN KUALITAS LAYANAN MOBILE IPV6 .....</b> |   | <b>36</b> |
| 4.1   | ANALISA PERFORMA JARINGAN .....   | 36        |
| 4.2   | ANALISA PADA HOME LINK .....  | 38        |
| 4.2.1   | Analisa Throughput .....  | 38        |
| 4.2.2   | Analisa Transfer time .....   | 41        |
| 4.2.3   | Analisa Delay .....   | 44        |
| 4.3   | ANALISA PADA <i>FOREIGN LINK</i> .....                                  | 47        |
| 4.3.1   | Analisa Throughput .....  | 47        |
| 4.3.2   | Analisa Transfer time .....   | 49        |
| 4.3.3   | Analisa Delay .....   | 52        |
| 4.4   | ANALISA PERBANDINGAN <i>PROTOCOL</i> FTP DAN SFTP .....                 | 54        |
| 4.4.1   | Analisa Perbandingan FTP dan SFTP pada Home Link .....                  | 54        |
| 4.4.2   | Analisa Perbandingan FTP dan SFTP pada Foreign Link .....               | 56        |
| <b>BAB V KESIMPULAN .....</b>                                     |   | <b>57</b> |
| <b>DAFTAR REFERENSI .....</b>                                     |   | <b>58</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1.Mobile Internet Protocol [1].....   | 11 |
| Gambar 2.2 Skema FMIPv6 [2] .....  | 16 |
| Gmabar 2.3 Skema FTP [3].....  | 20 |
| Gmabar 2 Vertikal Handover [4].....  | 27 |
| Gambar 3.1 Proses vertical <i>handover</i> .....   | 28 |
| Gambar 4.1 Topologi jaringan yang digunakan.....   | 36 |
| Gambar 4.2 <i>Screenshot</i> penerapan filter “ftp-data” pada <i>wireshark</i> .....         | 38 |
| Gambar 4.3 <i>Throughput</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario 1).....                 | 39 |
| Gambar 4.4 <i>Throughput</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario 3).....                 | 41 |
| Gambar 4.5 <i>Transfer time</i> pada <i>summarywireshark</i> .....                           | 42 |
| Gambar 4.6 <i>Transfer time</i> pada <i>summary wireshark</i> SFTP .....                     | 43 |
| Gambar 4.7 <i>Delay</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario1).....                       | 45 |
| Gambar 4.8 <i>Delay</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario3).....                       | 46 |
| Gambar 4.9 <i>Throughput</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario 2).....                 | 47 |
| Gambar 4.10 <i>Throughput</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario 4).....                | 49 |
| Gambar 4.11 <i>transfer time</i> pada <i>summarywireshark</i> FTP .....                      | 50 |
| Gambar 4.12 <i>Capturewireshark</i> untuk <i>protocol</i> SFTP pada <i>foreignlink</i> ..... | 51 |
| Gambar 4.13 <i>Transfer time</i> pada <i>summarywireshark</i> SFTP .....                     | 51 |
| Gambar 4.14 <i>Delay</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario 2).....                     | 52 |
| Gambar 4.15 <i>Delay</i> pada <i>summary wireshark</i> (skenario 4).....                     | 53 |
| Gambar 4.16 Grafik Perbandingan FTP dan SFTP pada <i>HomeLink</i> .....                      | 55 |
| Gambar 4.17 Grafik Perbandingan FTP dan SFTP pada <i>ForeignLink</i> .....                   | 56 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.1 Data rata-rata nilai <i>throughput</i> pada <i>homelink</i> menggunakan FTP .....  | 40 |
| Tabel 4.2 Data nilai <i>throughput</i> pada <i>homelink</i> menggunakan SFTP .....           | 41 |
| Tabel 4.3 Data rata-rata nilai <i>transfer time</i> pada <i>homelink</i> menggunakan FTP.... | 42 |
| Tabel 4.4 Data rata-rata nilai <i>transfer time</i> pada <i>homelink</i> menggunakan FTP.... | 44 |
| Tabel 4.5 Data nilai rata-rata <i>delay</i> pada skenario 1 .....                            | 45 |
| Tabel 4.6 Data nilai rata-rata <i>delay</i> pada skenario 3 .....                            | 46 |
| Tabel 4.7 Data nilai rata-rata pada skenario 2.....  | 48 |
| Tabel 4.8 Data nilai rata-rata <i>throughput</i> pada skenario 4.....                        | 49 |
| Tabel 4.9 Data nilai <i>transfer time</i> pada <i>foreignlink</i> menggunakan FTP.....       | 50 |
| Tabel 4.10 Data nilai <i>transfer time</i> pada foreign link menggunakan SFTP.....           | 52 |
| Tabel 4.11 Data nilai rata-rata <i>delay</i> pada skenario 2.....                            | 53 |
| Tabel 4.12 Data nilai rata-rata <i>delay</i> pada skenario 4.....                            | 54 |
| Tabel 4.13 Data perbandingan FTP dan SFTP .....  | 54 |

## DAFTAR SINGKATAN

*AP Access Point*  
*AR Access Router*  
*CN Correspondent Node*  
*CoA Care of Address*  
*FA Foreign Agent*  
*FBU Fast Binding Update*  
*FNA Fast Neighbour Advertisement*  
*FTP File Transfer Protocol*  
*HA Home Agent*  
*MN Mobile Node*  
*NAR New Access Router*  
*NCoA New Care Of Address*  
*PAR Previous Access Router*  
*PCoA Previous Care of Address*  
*QoS Quality of Service*  
*SFTP SSH File Transfer Protocol*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Dewasa ini, perkembangan teknologi sudah semakin maju dengan pesatnya. Internet merupakan salah satu media yang mendukung majunya perkembangan teknologi tersebut. Dampaknya dari pertumbuhan tersebut adalah dibutuhkan sedemikian banyak alamat IP yang digunakan *user* untuk dapat mengakses internet. Masalah kemudian muncul ketika alamat IP yang tersedia tidak lagi mencukupi. Oleh karena itu, muncullah IPv6 sebagai suatu solusi untuk mengatasi kekurangan alamat IP tersebut. IPv6 merupakan versi terbaru dari IP yang merupakan pengembangan dari IPv4 yang hanya memiliki panjang 32 bit. IP versi 6 menyediakan pengalamatan yang sangat besar ( $2^{128}$ ) dibandingkan dengan IPv4 yang jumlah pengalamatannya hanya  $2^{32}$  dan sudah semakin terbatas.

Pertukaran informasi yang terjadi di internet memerlukan suatu *protocol* yang mengatur jalannya proses pertukaran tersebut. Salah satunya saat melakukan *transferfile*. *Transferfile* merupakan salah satu tonggak penting dalam majunya teknologi informasi di dunia pada masa ini. Dengan adanya *protocol* ini, pengguna internet dapat dengan mudah mengirim dan menerima *file* kepada penerima dengan sangat mudah dan cepat. *Protocol* ini menjamin kelancaran dan kualitas saat melakukan proses pengiriman data. Pada implementasinya terdapat cukup banyak *protocol* yang mengatur proses pengiriman *file*, namun yang populer dan banyak digunakan di jaringan adalah FTP dan SFTP.

Salah satu fenomena lain yang muncul dewasa ini adalah makin tingginya tingkat mobilitas penggunaan internet. Di sinilah peran *Mobile IP* sangat diperlukan. *Mobile IP* merupakan suatu *protocol* yang menyediakan konektivitas tanpa persyaratan untuk peralatan *mobile* seperti *notebook* yang dapat berpindah

antar jaringan IP, terutama pada jaringan *wireless (hotspot)*. *Mobile IP* tersebut dapat dikembangkan pada IPv4 dan juga IPv6.

*Mobile IP* versi 6 adalah *protocol* baru yang didesain untuk menggantikan *Mobile IP* versi 4. *MIPv6* merupakan *MIP* generasi berikutnya atau biasa disebut *Internet Protocol Next Generation (IPng)*. *MIPv6* menawarkan kinerja yang lebih handal bila dibandingkan dengan *MIPv4* seperti dalam hal pengiriman paket data, sekuritas, *authentication* dan *Quality of Service (QoS)*.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu untuk mengukur dan menganalisa performansi jaringan *Mobile IP* versi 6 dengan cara membangun jaringan *Mobile IP* versi 6. Aplikasi *FileTransferProtocol* dan *SSH FileTransferProtocol* digunakan untuk melihat parameter-parameter *QoS* jaringan yang dibuat. Dalam penelitian ini terdapat dua skenario yang berbeda untuk mengetahui pengaruh mobilitas *mobile node* terhadap aplikasi yang dijalankan, yaitu saat penggunaan *FileTransferProtocol* saat melakukan proses pengiriman *file* dan penggunaan *SSH FileTransferProtocol* untuk mengirim *file* yang sama. Kedua skenario ini berjalan pada *vertical handover*.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Batasan Masalah yang dibahas dalam tulisan ini adalah menganalisa penggunaan *Mobile Internet Protocol* yang diaplikasikan pada proses *transfer file* menggunakan dua buah *protocol* yang berbeda, yaitu *FTP (FileTransferProtocol)* dan *SSH FileTransferProtocol (SFTP)* pada *protocol IPv6*. Kemudian dilihat parameter-parameter *QoS* yang akan dibandingkan yaitu, *throughput*, *transfertime*, dan *delay*. Kedua skenario pengiriman *file* dilakukan pada *vertical handover*.

## 1.4 Metodologi Penulisan

Metodologi Penulisan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu :

### 1. Studi Pustaka

Pencarian dan pengumpulan referensi berupa artikel, jurnal, buku, dan sumber lain untuk memahami konsep jaringan yang digunakan pada protokol IPv6, *Mobile IPv6*, perpindahan node atau handover, aplikasi FTP, serta penguasaan konfigurasi jaringan.

### 2. Perancangan dan Implementasi

Perancangan sistem meliputi perancangan jaringan yang akan digunakan untuk mengukur dan menganalisa parameter QoS dalam jaringan Mobile IPv6 dengan dua skenario aplikasi *transferfileprotocol* yang berbeda. Setelah itu dilakukan implementasi berdasarkan rancangan yang dibuat dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung.

### 3. Pengukuran dan Analisa

Berdasarkan jaringan yang telah dibuat, pengukuran parameter QoS dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dengan dua skenario yang berbeda. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisa sehingga mendapatkan perbandingan saat penggunaan FTP dan SFTP.

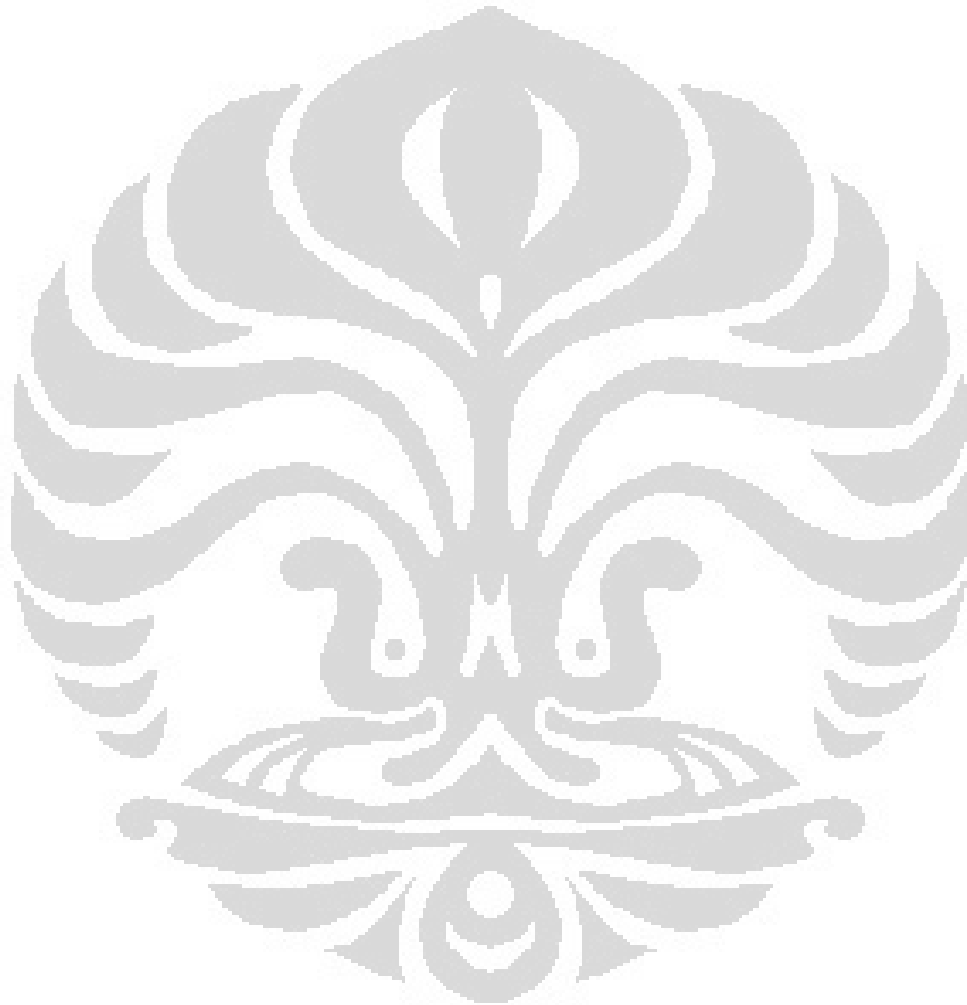
## 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini akan dibagi menjadi lima bab yaitu :

- BAB 1 Pendahuluan, terdiri dari latar belakang, tujuan, metodologi penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
- BAB 2 Dasar teori mengenai *MOBILE IP, IPV4, IPV6, FTP dan SFTP* berisikan landasan dalam merancang bangun jaringan IPv6 yang akan dibahas dalam skripsi ini.



- BAB 3 PERANCANGAN JARINGAN MIPv6 berisi rancangan sistem serta penjelasan komponen sistem yang digunakan.
- BAB 4 ANALISA DATA DAN KUALITAS LAYANAN *MOBILE* IPV6
- BAB 5 Kesimpulan, berisikan kesimpulan dari apa yang dibahas dalam Skripsi ini.



## BAB II

### MOBILE IP, IPV4, IPV6, FTP dan SFTP

#### 2.1 TCP dan IP

TCP dan IP merupakan salah satu standar protokol yang dirancang untuk melakukan fungsi-fungsi komunikasi data dalam jaringan internet. TCP/IP terdiri atas sekumpulan protokol yang masing-masing bertanggung jawab atas bagian-bagian tertentu dalam komunikasi data. Dengan prinsip ini maka tugas masing-masing protokol menjadi jelas dan sederhana, sehingga mudah untuk diimplementasikan di seluruh perangkat dan perangkat lunak jaringan dan juga mudah dalam melakukan proses *troubleshooting*.

Dalam proses pengiriman data antar layer, setiap layer akan menganggap informasi yang datang dari layer sebelumnya sebagai data, sehingga akan menambahkan informasi berupa *header* pada data tersebut. Begitu juga sebaliknya, jika menerima data yang dianggap *valid* maka *layer* tersebut akan melepas informasi tersebut.

Arsitektur TCP/IP dapat dimodelkan dalam empat lapisan TCP/IP, yaitu *network interface layer*, *network layer*, *transport layer* dan *application layer*. Adapun penjelasan masing-masing *layer* adalah sebagai berikut :

- a. *Network interface layer* merupakan lapisan terbawah yang bertanggung jawab untuk mengirim dan menerima data ke dan dari media fisik. Oleh karena *protocol* dalam layer ini harus mampu mengubah bit-bit informasi menjadi sinyal listrik. Contoh dari protokol dalam layer ini adalah PPP, SLIP dan Ethernet. PPP (Point to Point *Protocol*) adalah protokol yang biasa dipakai pada komunikasi *router to router* dan *host to network* di atas jaringan *asynchronous* dan *synchronous*. SLIP (*Serial Line in Protocol*) adalah protokol sebelum PPP dimana teknik enkapsulasinya

lebih sederhana dari PPP. *Ethernet* adalah standar IEEE 802.3 untuk komunikasi

dua komputer atau lebih, *Ethernet* menggunakan CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) yaitu metode agar tidak saling mengirimkan informasi secara bersamaan. Setiap *ethernet card* mempunyai 48 bit sebagai alamatnya.

- b. **Internet layer** merupakan protokol yang bertanggung jawab dalam proses pengiriman paket ke alamat yang tepat dan bersifat *unreliable* dan *connectionless*. Pada layer ini terdapat tiga macam protokol yaitu IP, ARP dan ICMP [5]. *Internet protocol* berfungsi untuk menyampaikan paket data ke alamat yang tepat. ARP (*Address Resolution Protocol*) ialah protokol yang digunakan untuk menemukan alamat *hardware* dari LAN card
- c. **Transport layer** merupakan protokol yang bertugas untuk mengadakan hubungan dan mengatur transportasi data antara dua *host*/komputer. Protokol dalam lapisan ini, yaitu TCP dan UDP. TCP (*Transmission Control Protocol*) bersifat *reliable* dan *connection oriented*, Sedangkan UDP (*Unit Datagram Protocol*) bersifat *connectionless* dan *unreliable* [5].
- d. **Application layer**, merupakan lapisan teratas yang berisi semua aplikasi berbasis TCP & IP dan berhubungan langsung dengan pemakai. Aplikasi tersebut misalnya FTP, HTTP dan Telnet [5]. FTP (*File Transfer Protokol*) adalah program aplikasi untuk mentransfer file antara *client-server*. HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) adalah program aplikasi yang digunakan untuk menerjemahkan alamat IP menjadi susunan huruf yang dipisahkan dengan tanda “.” Misal <http://www.ui.ac.id>. Dari beberapa macam *protocol* yang ada dalam TCP & IP, protokol IP merupakan inti dari protokol TCP & IP. Seluruh data yang berasal dari lapisan di atas IP harus dilewatkan, diolah oleh protokol IP dan kemudian dikirimkan sebagai paket IP ke tujuan. Dalam melakukan pengiriman paket, protokol IP bersifat *unreliable*, *connectionless* dan *datagram delivery service*. Saat ini terdapat dua versi dari protokol yaitu IPv4 (32 bit) dan IPv6 (128 bit). *Unreliable* berarti protokol IP tidak menjamin *datagram* yang dikirim pasti sampai di

tujuan. Protokol IP hanya berusaha sebaik mungkin untuk membawa *datagram* sampai ke tujuan. *Connectionless* berarti dalam mengirim paket ke tujuan tidak ada perjanjian terlebih dahulu (*handshake*). *Datagram delivery service* berarti paket data yang dikirim *independent* terhadap paket data yang lain. Akibatnya jalur yang ditempuh oleh masing-masing paket berbeda satu dengan lainnya.

## 2.2 Internet Protokol Versi 4 (IPv4)

IPv4 adalah pengalamatan jaringan yang digunakan di dalam protokol jaringan TCP/IP yang menggunakan protokol IP versi 4. IP versi ini memiliki keterbatasan yakni hanya mampu mengalami sebanyak 4 miliar host komputer di seluruh dunia. Contoh alamat IPv4 adalah 192.168.0.3. Pada IPv4 ada 3 jenis kelas, tergantung dari besarnya bagian *host*, yaitu kelas A (bagian *host* sepanjang 24 bit, *IP address* dapat diberikan pada 16,7 juta *host*), kelas B (bagian *host* sepanjang 16 bit = 65534 *host*) dan kelas C (bagian *host* sepanjang 8 bit = 254 *host*). Administrator jaringan mengajukan permohonan jenis kelas berdasarkan skala jaringan yang dikelolanya. Konsep kelas ini memiliki keuntungan yaitu: pengelolaan rute informasi tidak memerlukan seluruh 32 bit tersebut, melainkan cukup hanya bagian jaringannya saja, sehingga besar informasi rute yang disimpan di *router*, menjadi kecil. Setelah *address* jaringan diperoleh, maka organisasi tersebut dapat secara bebas memberikan *address* bagian *host* pada masing-masing *host*-nya.

Pemberian alamat dalam internet mengikuti format *IP address* (RFC 1166). Alamat ini dinyatakan dengan 32 bit (bilangan 1 dan 0) yang dibagi atas 4 kelompok (setiap kelompok terdiri dari 8 bit atau oktet) dan tiap kelompok dipisahkan oleh sebuah tanda titik. Untuk memudahkan pembacaan, penulisan alamat dilakukan dengan angka desimal, misalnya 100.3.1.100 yang jika dinyatakan dalam *binary* menjadi 01100100.00000011.00000001.01100100. Dari 32 bit ini berarti banyaknya jumlah maksimum alamat yang dapat dituliskan adalah 2 pangkat 32, atau 4.294.967.296 alamat. Format alamat ini terdiri dari 2 bagian, *netid* dan *hostid*. *Netid* sendiri menyatakan alamat jaringan sedangkan

hostid menyatakan alamat lokal (host/router). Dari 32 bit ini, tidak boleh semuanya angka 0 atau 1 (0.0.0.0 digunakan untuk jaringan yang tidak dikenal dan 255.255.255.255 digunakan untuk broadcast).

Dalam penerapannya, alamat internet ini diklasifikasikan ke dalam kelas (A-E). Alasan klasifikasi ini antara lain :

- Memudahkan sistem pengelolaan dan pengaturan alamat-alamat.
- Memanfaatkan jumlah alamat yang ada secara optimal (tidak ada alamat yang terlewat).
- Memudahkan pengorganisasian jaringan di seluruh dunia dengan membedakan jaringan tersebut termasuk kategori besar, menengah, atau kecil.
- Membedakan antara alamat untuk jaringan dan alamat untuk host/router.

### 2.3 Internet Protokol Versi6 (IPv6)

Pada dasarnya IPv6 dikembangkan untuk mengantisipasi kelangkaan IP *address* yang disediakan oleh IPv4. Karena IPv6 ini tidak lagi menggunakan 32bit biner tetapi 128 bit biner, sehingga alamat yang mampu disediakan yaitu  $2^{128}$  alamat. Selain itu juga dilakukan perubahan dalam penulisannya yaitu 128 bit alamat dipisahkan menjadi masing-masing 16 bit yang tiap bagian dipisahkan dengan “:” dan dituliskan dengan bilangan *hexadesimal*. Untuk mengetahui letak *subnet* dari alamat tersebut maka penulisan alamat IPv6 harus mempunyai format

$$\underbrace{5AB4:3C12:5412:66DD:CA74:2176:22BB:6C77}_{\text{IPv6-Address}} / \underbrace{64}_{\text{Prefix Length}}$$

Protokol IPv6 ini memiliki beberapa fitur baru yang merupakan perbaikan dari IPv4, diantaranya :

- Memiliki format *header* baru

*Header* pada IPv6 memiliki format baru yang didesain untuk menjaga agar *overhead header* minimum, dengan menghilangkan *field-field* yang tidak diperlukan serta beberapa *field* opsional yang ditempatkan setelah *header* IPv6. *Header* IPv6 sendiri besarnya adalah dua kali dari besar *header* dari IPv4.

- *Range* alamat yang sangat besar

IPv6 memiliki 128-bit atau 16-byte untuk masing-masing alamat IP *source* dan *destination* sehingga secara logika IPv6 dapat menampung sekitar  $2^{128}$  kemungkinan kombinasi alamat.

- Konfigurasi pengalamatan secara *stateless* dan *statefull*

IPv6 mendukung konfigurasi pengalamatan secara *statefull*, seperti konfigurasi alamat menggunakan *server* DHCP, atau secara *stateless* yang tanpa menggunakan *server* DHCP. Pada konfigurasi kedua, *host* secara otomatis mengkonfigurasi dirinya sendiri dengan alamat IPv6 untuk *link* yang disebut dengan alamat link-lokal dan alamat yang diturunkan dari *prefiks* yang ditransmisikan oleh *router* lokal.

- Built-in security

Dukungan terhadap *IPsec* memberikan dukungan terhadap keamanan jaringan dan menawarkan interoperabilitas antara implementasi IPv6 yang berbeda.

- Dukungan yang lebih baik dalam hal QoS

Pada header IPv6 terdapat trafik yang diidentifikasi menggunakan *field Flow Label*, sehingga dukungan QoS dapat tetap diimplementasikan meskipun *payload* paket terenkripsi melalui *IPsec*.

- Protokol baru untuk interaksi *node*

Pada IPv6 terdapat Protokol *Neighbor Discovery* yang menggantikan *Address Resolution Protocol*.

- Ekstensibilitas

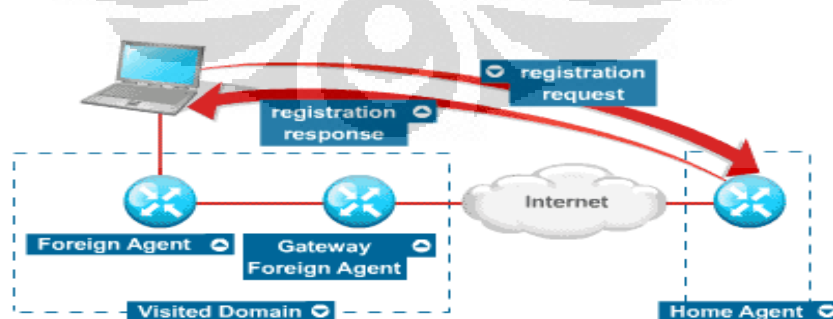
IPv6 dapat dengan mudah ditambahkan fitur baru dengan menambahkan *header* ekstensi setelah *header* IPv6. Ukuran dari *header* ekstensi IPv6 ini hanya dibatasi oleh ukuran dari paket IPv6 itu sendiri.

## 2.4 Mobile Internet Protocol

### 2.4.1 Mobile IP

Mobile IP adalah suatu standar yang dibuat oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF) RFC 2002[3]. Mobile IP bekerja di *network layer* (layer 3) yang mempunyai beberapa karakteristik yang saling berhubungan, kemampuan dalam mendukung *node mobility*. Beberapa karakteristik dari Mobile IP adalah bahwa seorang *user (node)* tidak terpacu pada suatu tempat atau tidak ada batasan geografis, tidak ada hubungan fisik yang dibutuhkan dan yang terakhir adalah keamanan sudah *disupport* oleh *Mobile IP*. Konektifitas pada jaringan yang berbeda tersebut terjadi secara otomatis tanpa intervensi dari pengguna. Proses berpindah dari *home network* ke *foreign network* disebut dengan *handover*.

Berikut *Mobile Internet Protocol* digambarkan pada Gambar 2.1.



Dari beberapa karakteristik terdapat beberapa entitas baru yang mendukung karakteristik *Mobile IP*, yaitu

a. *Mobile Node (MN)*

Merupakan sebuah node yang melakukan perpindahan posisi dari sebuah jaringan satu ke jaringan yang lain tanpa mengubah alamat IP dan

**Gambar 2.1.Mobile Internet Protocol [1]**

juga dapat berkomunikasi dengan *node* lain yang berada pada suatu lokasi yang tertentu dengan menggunakan alamat IP konstan.

b. *Correspondent Node (CN)*

Sebuah node yang melakukan komunikasi dengan *Mobile Node*. *Correspondent Node* dapat berfungsi sebagai *Mobile Node*.

c. *Home Agent (HA)*

Sebuah router pada *Home Network* yang dapat mengirimkan paket data untuk MN saat berpindah dari asalnya dan juga memelihara informasi lokasi dari MN.

d. *Foreign Agent (FA)*

Sebuah router pada *Foreign Network* yang berfungsi seperti *Home Network*.

e. *Access Point (AP)*

Sebuah akses entiti *layer 2 (data-link layer)* yang berfungsi menyediakan sebuah hubungan antara MN dan *layer 2 (data-link layer) wireless link*.



f. *Care-of-Address (COA)*

Alamat yang mengidentifikasi lokasi MN saat ini.

g. *Tunnel*

Jalur yang diambil oleh paket yang dienkapsulasi.

h. *Agent Advertisement (AA)*

Pesan pemberitahuan yang dibangun melalui ekstensi khusus dalam sebuah pesan *advertise router* yang berisi informasi bagi MN untuk terhubung ke *Mobility Agent*.

Beberapa layanan yang mendukung Mobile IP adalah:

a. *Agent Solicitation*

Permintaan atau permohonan kiriman *advertisement message* dari HA, FA dan *Access Point* oleh MN yang berisi permintaan link untuk mendeteksi adanya paket hilang tetapi masih memiliki *Care-of Address* yang valid.

b. *Registration*

Ketika MN menjauhi HA, MN akan register ke HA dengan *Care-of Address* yang dimiliki, sehingga HA dapat mengetahui lokasi terbaru MN dan mengirimkan paket data.

c. *Enkapsulasi*

Proses penumpangan IP datagram dengan header IP lain yang berisi *Care-of Address* (alamat sementara) pada MN. *IP datagram* tetap utuh.

d. *Dekapsulasi*

Proses pemisahan *header IP* terluar pada paket yang datang, sehingga *datagram* yang ditumpangkan itu dapat diakses dan dapat dikirimkan ke tujuan yang sebenarnya. Dekapsulasi adalah kebalikan dari enkapsulasi.

#### 2.4.2 *Operasional Mobile IPv6*

Pada IPv6 Mobile Node memperoleh suatu *Care-of Address* yang kemudian akan menginformasikan kepada lawan komunikasinya tentang setiap perubahan *Care-of Address*. Sebuah opsi tujuannya yang baru, *Binding updated*, melayani pemberitahuan *Care-of Address* yang baru kepada *Home Agent* dan *Correspondent Node*. Tidak hanya itu, MN juga menjamin avabilitas untuk keperluan mobilitas. Dengan tambahan *Binding acknowledgement* membantu memastikan MN tentang pengiriman *Binding Update*.

Mobilitas IPv6 meminjam ide paling umum dari Mobile IPv4 yaitu *Home Network*, *Home Agent* dan *Care-of Address*. MN harus selalu dapat dijangkau oleh paket-paket yang ditujukan untuknya yaitu ke *Home Address*-nya. Jika *Mobile Node* tidak lagi berada pada *Home Network*-nya, maka *Home Agent* harus bertanggung jawab untuk mengirimkan datagram untuk *Mobile Node*. Hal ini secara tidak langsung menyatakan bahwa *Home Agent* dan *Mobile Node* bekerjasama untuk memastikan bahwa *Home Agent* selalu waspada terhadap alamat *Care-of Address* dari *Mobile Node*. Proses kerjasama tersebut dapat disebut *registration* dan kemudian *registration* akan terjadi saat MN mendapatkan *Care-Of Address* yang baru.

IPv6 mengharuskan setiap node agar dapat melakukan *address autoconfiguration*. Dengan menggunakan protokol ini, sebuah MN mampu menentukan *prefix* jaringan pada *point of attachment* dimana saja yang bisa dipilih, kemudian mendapatkan alamat IPv6 secara global yang dapat di-*routing*-kan sesuai *point of attachment* tersebut. Fitur-fitur yang tersedia pada protokol IPv6 mempermudah MN dalam melakukan pelayanan untuk dirinya sendiri pada saat berada pada area barunya.

HA harus selalu waspada terhadap perubahan alamat *Care-of Address* milik MN secepat mungkin. HA menemukan dan mempertahankan informasi *Care-of Address* dari MN dengan dua cara. Yang pertama ketika HA menemukan bahwa MN telah berpindah *subnet*, maka HA menggunakan teknik *Neighbour Discovery* untuk menunjukkan alamat MAC yang baru dari MN untuk diinformasikan kepada seluruh lawan bicara MN yang ada pada *home network*. Kedua, ketika HA menerima paket yang ditujukan untuk MN maka HA akan menggunakan IP6-to-IP6 enkapsulasi untuk mengirimkan paket tersebut ke alamat *Care-of Address*. Ketika MN menerima datagram yang sudah dienkapsulasi, maka MN akan mengetahui bahwa MN harus menginformasikan kepada CN tentang alamat *Care-of Address*-nya.

Hal terpenting untuk penjangkauan MN, HA harus selalu diberikan sinyal *acknowledge* oleh MN tentang semua informasi dari *Care-of Address*. Kemudian terjadi dua buah proses *binding*, yaitu:

- *Binding Updated Option*, di mana MN menggunakan *destination option (Binding Update Option)* yang berfungsi untuk menginformasikan kepada HA dan CN tentang alamat *Care-of Address*-nya.
- *Binding Acknowledgement Option*, digunakan untuk memastikan bahwa HA telah menerima binding update dari MN maka HA harus selalu memberikan sinyal *acknowledgment* sesudah menerima *binding update*.

#### 2.4.3 Proses Perpindahan Pada Mobile IPv6

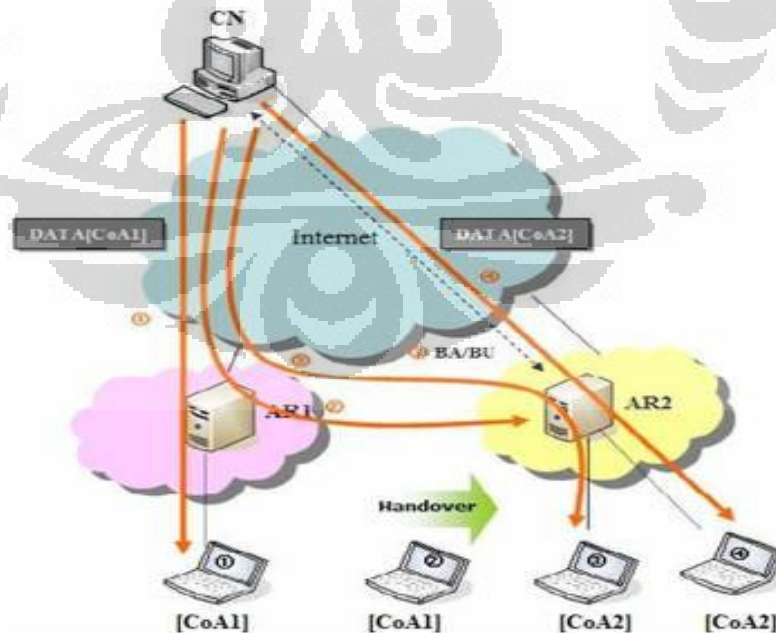
Mekanisme perpindahan pada IPv6 menggunakan mekanisme penemuan (*discovery*) sehingga MN dapat terus melacak status konektivitasnya kepada *Point of Attachment*. Mekanisme *Medium Specific* dibawah *layer network* dapat selalu memberikan petunjuk tentang status hubungan komunikasi, sehingga MN dapat menggunakan status informasi tersebut ketika mempertimbangkan apakah masih terhubung secara fisik dengan *Point of Attachment*-nya. MN menggunakan mekanisme NUD (*Neighbour Unreachability Detection*) untuk mendeteksi kapan *default router*-nya menjadi tidak dapat dijangkau. Ketika MN secara aktif sedang

mengirimkan paket-paket, MN akan mendeteksi bahwa router tersebut apakah masih dapat terjangkau atau tidak, dengan cara:

1. Melalui indikasi dari protokol layer MN, yaitu apabila sudah tidak menghasilkan hasil yang baik.
2. Melalui kegagalan pada saat menerima sinyal *Neighbour Advertisement* dari default routernya dan memberikan balasan berupa *Neighbour Solicitation*. Jadi NUD merupakan metoda yang cocok bagi MN untuk menentukan kapanMN tidak dapat mengirimkan paket-paket kepada default routernya.

#### 2.4.4 Fast Handover Mobile IPv6 (FMIPv6)

Pada intinya protokol FMIPv6 (RFC 4068) adalah bahwa sebuah *Access Router* (AR) harus tahu AR lainnya yang berdekatan dengannya yang kemungkinan MN akan terkoneksi kepada AR tersebut. Terlebih lagi, hal ini juga meminta *Access Point Layer 2* untuk tahu setiap kemampuan dan tanggung jawab dari setiap AR. Hal ini sangat cocok untuk diimplementasikan dalam pembangunan jaringan intra-organisasi.



Skema FMIPv6 dapat dilihat pada Gambar 2.3. Sedangkan untuk jaringan inter-organisasi akan memerlukan kerjasama pemodelan yang dapat dipercaya antara organisasi yang terkait. FMIPv6 memiliki beberapa terminologi baru:

1. Access Router (AR). Default router dari MN, sebagai contoh adalah router dimana MN terkoneksi.
  2. Previous Access Router (PAR). AR akan terlibat didalam penanganan trafik dari MN saat terjadi perpindahan. PAR adalah router dimana MN terkoneksi sebelum melakukan perpindahan.
  3. New Access Router (NAR). NAR adalah router dimana MN terkoneksi
- Gambar 2.2 Skema FMIPv6 [2]
4. Previous Care of Address (PCoA). CoA yang dimiliki oleh MN sebelum pindah.
  5. New CoA (NCoA). CoA yang dimiliki MN setelah berpindah ke jaringan yang baru.

Protokol ini juga mendefinisikan beberapa tipe pesan yang baru yaitu:

1. *Router Solicitation Proxy* (RtSolPr) - (Dari MN ke PAR). Pesan ini dikirimkan oleh MN untuk meminta informasi *handover* dari PAR.
2. *Proxy Router Advertisement* (PrRtAdv) - (Dari PAR ke MN). Pesan ini dikirimkan oleh PAR untuk menginformasikan *neighbouring link* kepada MN
3. *Fast Binding Update* (FBU) - (Dari MN ke PAR). Dikirim oleh MN untuk melakukan BU dengan NCoA yang didapat dari pesan PrRtAdv.
4. *Handover Initiate* (HI) - (Dari PAR ke NAR). Dikirimkan oleh PAR ke NAR untuk menginisiasi *handover*.
5. *Handover Acknowledgement* (HAck) - (Dari NAR ke PAR). Dikirim oleh NAR untuk meng-*acknowledge* inisiasi *handover* yang telah dilakukan.

6. *Fast Binding Acknowledgement* (FBack) - (Dari Par ke MN). Dikirim oleh PAR untuk meng-*acknowledge* FBU.
7. *Fast Neighbour Advertisement* (FNA) - (Dari MN ke NAR). Dikirim oleh MN untuk mengumumkan keberadaan linknya ke NAR.

Dalam prakteknya terdapat beberapa jenis *Handover* yang diterapkan dalam aplikasi Mobile IPv6, di antaranya :

a. *Mobile Node Initiated Handover*

Untuk metode Mobile Node Initiated Handover (sebagai contoh adalah ketika MN yang memutuskan untuk berpindah link) maka MN akan mengirimkan pesan RtSolPr ke AR nya sekarang atau PAR, untuk mendapatkan informasi jaringan tetangganya. Untuk jaringan 802.11, pesan RtSolPr ini akan memuat list dari AP yang dapat dideteksi MN. PAR kemudian akan mereply dengan pesan PrRtAdv yang memuat list dari informasi layer IPv6 dari setiap AR yang berhubungan ke setiap AP tadi. Informasi IPv6 ini termasuk alamat link-layer dari setiap AR dan prefix yang mana dapat digunakan oleh MN untuk mengautokonfigurasi CoAny.

Pada saat MN menerima PrRtAdv, MN dapat memutuskan (misal berdasarkan informasi kekuatan sinyal PHY dari 802.11) untuk mengasosiasikan dirinya ke AP yang mana. MN kemudian akan mengirimkan FBU ke PAR yang mengindikasikan AP mana yang akan diambil oleh MN untuk asosiasi (dan juga ke NAR yang mana MN akan terkoneksi). Pesan HI dan HAcK adalah untuk memverifikasi data konfigurasi IPv6 yang benar. Ketika menerima HAcK, PAR kemudian membangun binding antara PCoA dengan NCoA dan akan men-tunnel setiap paket yang terhubung dari PCoA dan NCoA. Pada saat terjadi perpindahan (misal ketika FBU telah dikirimkan ke PAR oleh MN) maka PAR akan meneruskan paket dari PCoA nya MN ke NCoA melalui tunnel dua arah. NAR dapat menyimpan sementara paket ini sampai MN tiba pada link barunya dan kemudian baru mengirimkannya ke MN. MN

mengumumkan keberadaannya pada link yang baru dengan mengirimkan pesan FNA ke NAR. Ketika sudah terhubung ke link barunya, MN masih mempergunakan tunnel dua arah tersebut dan mengirimkan paket dengan menggunakan source address PcoA sampai MN selesai melakukan prosedur BU dari MIPv6. Prosedur handover MIPv6 biasa digunakan untuk melakukan registrasi CoA dengan HA dan CN setelah terjadi prosedur FMIPv6. Pada cara ini, setiap paket yang biasanya hilang ketika terjadi perpindahan akan dibuffer oleh NAR dan dikirimkan ke MN ketika MN sudah sampai ke link barunya. Lebih lanjut lagi, komunikasi antara CN dapat terus dilakukan melalui tunnel dua arah yang mampu melawan efek latensi yang biasanya terjadi ketika melakukan prosedur BU. Efek latensi pada trafik *realtime* akan tetap ada, akan tetapi mampu dikurangi pada saat terjadi perpindahan yang sebenarnya, misal ketika terputus dari PAR dan terhubung ke NAR.

*b. Network Initiated Handover*

Pada beberapa jaringan, memungkinkan untuk melakukan inisiasi prosedur handover, bukan oleh MN. Satu contoh skenario untuk subsistem pintar pada PAR untuk menentukan bahwa sebuah MN akan lebih baik dilayani oleh jaringan terdekatnya. misalnya ketika secara topologi MN lebih dekat ke CN atau untuk tujuan rekayasa trafik. Pada situasi seperti itu, PAR akan mengirimkan PrRtAdv ke MN yang berisi tentang informasi MN dapat terkoneksi ke network baru. Akan tetapi, prosesnya sedikit berbeda pada saat MN harus terkoneksi ke jaringan yang diindikasikan pada PrRtAdv dengan mengkonfigurasi satu CoA untuk dirinya sendiri dan melakukan FBU ke PAR.

*c. Predictive Handover*

Jenis handover ini mengasumsikan bahwa MN hanya berpindah ke jaringan yang baru ketika FBU telah dikirimkan ke PAR. Dengan FMIPv6 maka MN dapat melakukan handoff dari PAR ke suatu NAR sebelum MN terputus dari PAR (buffering support). Jadi NAR akan menampung data-

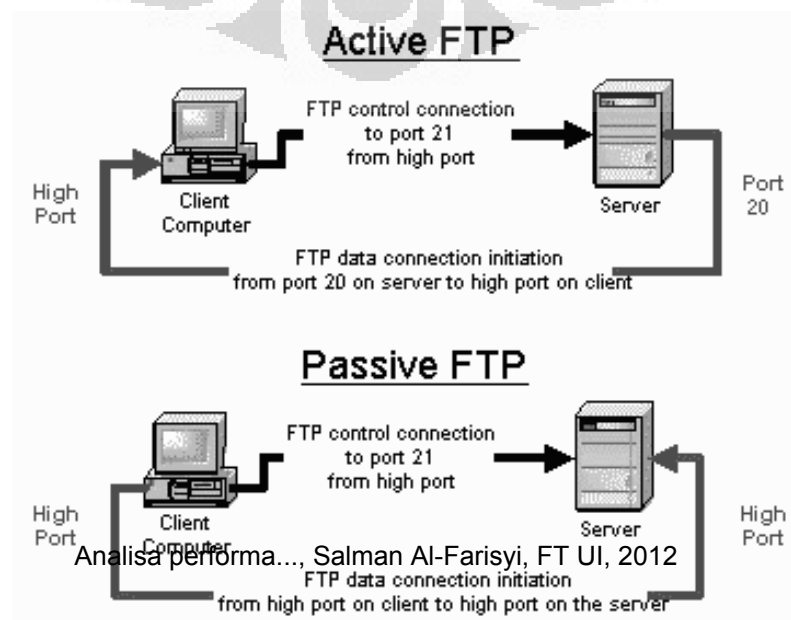
data yang dikirimkan oleh PAR yang kemudian diteruskan ke MN ketika MN sudah terhubung ke akses point yang baru. Handoff ini meminimalisir packet loss ketika terjadi perpindahan jaringan.

#### d. Reactive Handover

Jenis handover ini telah mengasumsikan bahwa MN hanya berpindah ke jaringan yang baru ketika FBU telah dikirimkan ke PAR. Namun, situasinya dapat meningkat ketika MN berpindah ke jaringan baru sebelum MN memiliki kesempatan untuk mengirim FBU ke PAR. Pada kasus ini, MN akan mengirimkan FBU yang telah dienkapsulasi didalam FNA yang dikirimkan ke NAR. NAR kemudian akan meneruskan FBU ke PAR kemudian mengijinkan PAR membuat binding antara PCoA ke NCoA dan meneruskan setiap paket yang ditujukan untuk PCoA ke NCoA. Tentu saja waktu jeda antara perpindahan MN dan penerimaan FBU oleh PAR berarti ada potensi untuk terjadi loss paket selama reactive handover terjadi.

## 2.5 FileTransfer Protokol (FTP)

*FileTransfer* Protokol (FTP) adalah suatu protokol yang berfungsi untuk tukar-menukar *file* dalam suatu network yang mensupport TCP/IP protokol. Dua hal penting yang ada dalam FTP adalah FTP server dan FTP Client. FTP server menjalankan software yang digunakan untuk tukar menukar *file*, yang selalu siap memberikan layanan FTP apabila mendapat request dari FTP client. FTP client





adalah komputer yang merequest koneksi ke FTP server untuk tujuan tukar

menukar *file* (mengupload atau mendownload *file*).

Tujuan FTP server adalah sebagai berikut :

1. Untuk men-sharing data.
2. Untuk menyediakan indirect atau implicit remote computer.
3. Untuk menyediakan teempat penyimpanan bagi user.

Gmabar 2.3 Skema FTP [3]

Adapun skema FTP dapat dilihat pada gambar 2.2.

FTP sebenarnya cara yang tidak aman untuk mentransfer *file* karena *file* tersebut ditransfer tanpa melalui enkripsi terlebih dahulu tetapi melalui clear text. Mode text yang dipakai untuk transfer data adalah format ASCII atau format Binary. Secara default, ftp menggunakan mode ASCII untuk transfer data. Karena pengirimannya tanpa enkripsi, maka username, password, data yang ditransfer, maupun perintah yang dikirim dapat di sniffing oleh orang dengan menggunakan *protocol analyzer* (Sniffer). Solusi yang digunakan adalah dengan menggunakan SFTP (SSH FTP) yaitu FTP yang berbasis pada SSH atau menggunakan FTPS (FTP over SSL) sehingga data yang dikirim terlebih dahulu dienkripsi (dikodekan).

FTP biasanya menggunakan dua buah port yaitu port 20 dan 21 dan berjalan exclusively melalui TCP. FTP server Listen pada port 21 untuk incoming connection dari FTP client. Biasanya port 21 untuk command port dan port 20

untuk data port. Pada FTP server, terdapat 2 mode koneksi yaitu aktif mode dan pasif mode.

Perintah-perintah FTP dikirim melalui *control TCP connection* baik dari client ke server, dan juga balasannya, dari server ke client. Perintah-perintah tersebut dikirim dalam format ASCII 7 bit. Seperti halnya perintah HTTP, perintah FTP bisa dibaca oleh manusia. Setiap perintah terdiri dari empat karakter ASCII kapital. Beberapa perintah FTP yang umum di antaranya:

USER *username* : digunakan untuk mengirim identifikasi user ke server

PASS *password* : digunakan untuk mengirim password user ke server.

LIST : digunakan untuk meminta server mengirimkan balik daftar *file* pada direktori yang sedang diakses di remote host.

RETR *filename* : digunakan untuk mengambil *file* dari direktori yang sedang diakses pada remote host.

STOR *filename* : digunakan untuk meletakkan *file* ke direktori yang sedang diakses pada remote host.

Setiap perintah yang dikirim client akan mendapat balasan dari server. Balasan dari server berupa angka tiga digit dengan pesan tambahan di belakang angka tersebut. Beberapa balasan dari server FTP diantaranya:

331 Username OK, password required

125 Data connection already openl *transfer*  
starting

425 Can't open data connection

452 error writing *file*

## 2.6 SSH *FileTransferProtocol*

SFTP adalah singkatan dari *Secure FileTransferProtocol*. SFTP merupakan fitur gabungan antara FTP dan SCP. Protokol ini mengkombinasikan fleksibilitas FTP dan keamanan dari SCP. Protokol ini mendukung *transferfile* dan manipulasi *file*. Protokol SFTP bisa juga disebut sebagai protokol baru, yang mana bukan hanya menggunakan FTP melalui SSH.

Secure shell atau SSH adalah *protocol* jaringan yang memungkinkan pertukaran data melalui saluran aman antara dua perangkat jaringan. *Protocol* ini banyak digunakan pada sistem berbasis Linux dan Windows untuk mengakses akun shell. SSH dirancang sebagai pengganti Telnet dan shell remote tak aman lainnya untuk mengirimkan informasi terutama kata sandi dalam bentuk bentuk sederhana yang membuatnya mudah untuk dicegat. Enkripsi yang dijalankan SSH menyediakan kerahasiaan dan integritas data melalui jaringan yang tidak aman seperti internet. Standar Port TCP yang digunakan untuk mengakses SSH adalah port 22.

Hal ini biasanya digunakan dengan dua versi protokol SSH (TCP port 22) untuk menyediakan *transferfile* aman, tetapi dimaksudkan untuk digunakan dengan protokol lain juga.

Protokol ini mengenkripsi komunikasi data anda dengan memberikan standard keamanan yang lebih baik dan membantu anda dalam mengamankan data anda dari 'pencuri' data.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN JARINGAN MIPv6**

Pada perancangan topologi jaringan MIPv6 dirancang suatu jaringan yang akan mengakomodasi aplikasi *transferfile* yang berbeda yaitu FTP dan SFTP. Jaringan yang dibangun akan berjalan pada sistem operasi Linux Ubuntu. Proses perpindahan pada jaringan yang akan dianalisa adalah vertical handover.

Vertical handover adalah proses perpindahan yang mana saat perpindahan terjadi akan mempengaruhi layer 2 dan layer 3 pada jaringan. Proses handover ini akan diamati melalui jaringan MIPv6 sederhana yang akan dirancang bangun sesuai dengan scenario tertentu untuk masing-masing *protocoltransferfile*.

Berdasarkan hasil pengukuran untuk tiap scenario pada masing-masing *protocol* akan didapatkan data yang akan dianalisa. Hasil analisa akan menunjukkan pengaruh masing-masing *protocol* pada proses *transferfile* yang terjadi pada jaringan MIPv6 yang telah dirancang.

#### **3.1 Perancangan Topologi Jaringan**

Rencana jaringan yang akan diimplementasikan pada Mobile IPv6 terdiri dari tiga buah PC, satu buah laptop, dua buah access point, dan dua buah switch. Adapun masing masing alat berfungsi sebagai:

- 1 laptop berfungsi sebagai mobile node
- 1 PC sebagai home agent
- 1 PC sebagai correspondent node di antara home agent dan foreign router melalui sebuah switch
- 1 router sebagai foreign router.
- 2 access point terhubung ke home agent melalui sebuah switch pada topologi horizontal handover.

- 1 access point terhubung ke home agent dan 1 access point ke foreign router pada topologi vertical handover.

Perangkat-perangkat ini akan disusun membentuk topologi jaringan Mobile IPv6 sederhana. Perbedaannya hanya terdapat pada aplikasi *transfer* dile yang akan digunakan saat melakukan proses pengiriman *file*. Topologi yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar

### 3.2 Spesifikasi Sistem

#### 3.2.1 Spesifikasi Hardware

*Hardware* yang akan digunakan dalam perancangan jaringan *Mobile IPv4* dan *Mobile IPv6* ini adalah :

##### 1. Home Router

*HomeRouter* akan menggunakan sebuah PC Router yang akan bertindak sebagai Home Router dan Home Agent.

Prosesor : Intel® Dual-Core™ CPU E6300 @ 2.80GHz

Memori : 2 GB

Harddisk : Hitachi HDT72103 - 320GB

##### 2. Foreign Router

Untuk Foreign Router, akan digunakan sebuah PC Router yang mendukung Mobile IPv6

Prosesor : Intel® Dual-Core™ CPU E6300 @ 2.80GHz

Memori : 2 GB

Harddisk : Hitachi HDT72103 - 320GB

### 3. Mobile node

Untuk Mobile Node, akan digunakan laptop yang akan berpindah Access Point dalam Home Link (untuk topologi horizontal) dan berpindah jaringan ke Foreign Link (untuk topologi vertikal)

Prosesor : Intel® Core™ 2 Duo CPU T8100 @ 2.1 GHz

Memori : 2 GB

Harddisk : FUJITSU MHY2250BH - 250 GB

### 4. Correspondent Node

Untuk Correspondent Node, akan digunakan sebuah laptop yang berhubungan dengan Mobile Node

Prosesor : Intel® Core™ i7-740QM Processor @ 1.73 GHz

Memori : 4 GB

Harddisk : 500 GB

### 5. Access Point

Access point akan digunakan sebagai penghubung router dengan Mobile Node dan Correspondent Node.

Type : TP-LINK Wireless-G Access Point [TL-WA500G]

Data Rates : 54Mbps

### 6. Switch

Switch digunakan untuk menghubungkan Home Agent dengan 2 buah Access Point.

Tipe : TP-LINK TL-SF1005D

Ports : 5-ports 10/100/Mbps

### 3.2.2 Spesifikasi Software

Software yang akan digunakan untuk perancangan jaringan *Mobile IPv4* dan *Mobile IPv6* ini adalah :

#### 1. Traffic Generator

*Traffic generator* merupakan sebuah *software* yang berfungsi untuk memberikan *traffic* pada jaringan. Hal ini dilakukan skenario yang dilakukan mendekati keadaan jaringan yang sesungguhnya.

*Trafficgenerator* akan dipasang pada sebuah *node* pada jaringan dan akan terus memberikan *traffic* pada jaringan tersebut.

#### 2. Linux Operating System (OS) 10.04 LTS (Lucid Lynx)

Pertimbangan menggunakan *Linux* OS dikarenakan kemudahan dalam mengkonfigurasi jaringan karena kernel *Linux* merupakan kernel modular sehingga dapat dikonfigurasi dengan modul-modul. Pada dasarnya kernel *Linux* yang terdapat pada *Linux Ubuntu 10.04 LTS* tidak mendukung fitur *Mobile IPv6*. Oleh karena itu, sebelumnya dilakukan instalasi kernel baru, yaitu kernel *Linux-2.6.32.32*. Pada saat proses konfigurasi kernel ini lah fitur *mobility* pada *IPv6* diaktifkan.

#### 3. Wireshark

Perangkat lunak ini bersifat *freeware* dan dapat digunakan untuk memonitor proses *transferfile* yang terjadi pada saat *handover*. Pemantauan dilakukan dengan membaca paket-paket yang dikirim dalam jaringan melalui sebuah interface jaringan. *Wireshark* yang digunakan adalah versi 1.2.7.

#### 4. RADVD (Router Advertisement Daemon)

*RADVD* adalah perangkat lunak yang digunakan pada *HA* dan *FR* dimana keduanya berperan sebagai *router*. *RADVD* berfungsi untuk

melakukan pengiriman pesan router advertisement untuk dapat memberikan alamat pada mobile node ketika mobilenode mengirimkan permintaan router solicitation pada router HA dan FR. Radvd yang digunakan adalah versi 1.3.

5. UMIP (Linux Mobile IPv6 Daemon)

Untuk menciptakan environment mobile IPv6, digunakan sebuah perangkat lunak, yaitu UMIP. Perangkat lunak ini yang membuat konfigurasi untuk HA, CN, maupun MN. Perangkat lunak ini juga mengatur penggunaan bidirectional tunneling atau route optimization. Pada sistem ini digunakan UMIP versi 0.4.

6. VSFTPD (Very Secure FTP Daemon)

VSFTPD adalah perangkat lunak FTP server untuk sistem serupa UNIX, termasuk Linux. Karena mendukung IPv6, maka VSFTPD dapat digunakan pada sistem yang akan dibuat. VSFTPD nantinya dipasang pada CN.

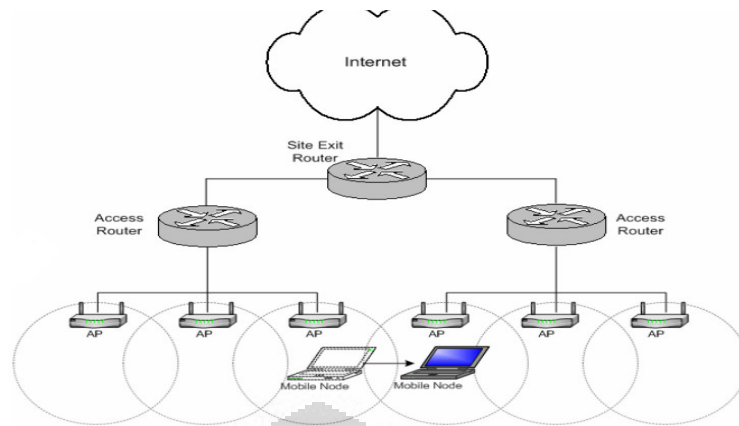
7. FileZilla

Filezilla adalah perangkat lunak FTP client. Filezilla terdida untuk berbagai platform, salah satunya Linux. Filezilla memiliki tampilan GUI yang mempermudah operasi FTP yang dilakukan sehingga pengguna tidak harus mengetikkan perintah-perintah FTP secara manual.

### 3.3 Skenario Pengukuran Performansi Jaringan

Pengukuran perfomansi secara umum akan dilakukan dengan dua skenario. Skenario pertama adalah pengukuran performasi pada *mobile internet protocol versi 4* dan skenario kedua adalah pengukuran performansi pada *mobile internet protocol versi 6*. Skenario pertama dan kedua akan dilaksanakan pada proses *vertical handover* seperti pada ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Proses *vertical handover*

Pada proses *vertical handover*, mobile node akan berpindah dari satu access point ke access point yang lain, namun pada kedua access point tersebut akan dibedakan dengan router access yang berbeda. Mobile node adalah laptop yang sedang melakukan proses *transferfile* dari server yang berada pada correspondent node. Untuk mendapatkan hasil yang akurat pengaksesan server akan dilakukan dengan variasi ukuran *file* yang berbeda. Ukuran *file* yang akan *ditransfer* tersebut berukuran 0 (nol) kilobyte sampai 1 megabyte, 1 megabyte sampai 10 megabyte, dan 10 megabyte sampai 50 megabyte. Variasi ukuran ini kemudian akan disesuaikan dengan kebutuhan analisa.

Parameter QoS yang akan diukur diantaranya:

- *Throughput*  
Throughput menunjukkan kecepatan *transfer* data, yaitu besaran data rata-rata yang mampu di-*transfer* melewati jaringan setiap detik.
- *Transfertime*  
*Transfertime* merupakan jumlah total waktu yang dibutuhkan untuk *mentransfer* suatu *file* dari server FTP ke client FTP. Besarnya *transfertime* sangat dipengaruhi oleh throughput jaringan. apabila throughput jaringan semakin besar, maka untuk ukuran *file* yang sama, *transfertime* yang dibutuhkan akan semakin kecil. Perhitungan *transfertime* pada FTP dimulai saat client FTP melakukan request *file* ke server FTP hingga keseluruhan *file* selesai *ditransfer*.

- Packet latency

Latency adalah parameter yang menunjukkan waktu yang dibutuhkan sebuah paket mulai dari dikirim hingga sampai ke tujuan. Karena waktu pengiriman dihitung per paket, maka dengan perhitungan latency dapat merepresentasikan perlakuan paket yang berbeda pada tiap topologi.

### 3.4 Pembuatan Sistem

Dalam menimplementasikan jaringan sesuai topologi yang telah dirancang perlu dilakukan penyesuaian sistem pada tiap node yang digunakan agar dapat mendukung jaringan Mobile IPv6. Persiapan yang harus dilakukan terbagi menjadi tiga tahapan, yaitu:

- Membuat kernel yang siap dengan fitur IPv6 mobility
- Melakukan instalasi perangkat lunak yang akan digunakan
- Mengkonfigurasi setiap node sehingga dapat berkomunikasi dalam jaringan serta mendukung Mobile IPv6.

#### 3.4.1 Persiapan Kernel

Pada kernel bawaan yang digunakan Linux Ubuntu 10.04 belum mendukung fitur Mobile Ipv6 sehingga diperlukan kernel baru yang ditambahkan pada sistem. Source code untuk menambahkan kernel baru tersebut dapat diunduh melalui [kambing.ui.ac.id](http://kambing.ui.ac.id) atau [kernel.org](http://kernel.org). Untuk sistem yang digunakan disini, source code diunduh dari <http://kambing.ui.ac.id/linux/v2.6/longterm/v2.6.32/linux-2.6.32.32.tar.bz2>.

*File* yang didownload kemudian diletakkan pada direktori /usr/src. Kemudian pada terminal dimasukkan perintah `# cd /usr/src/`. Adapun untuk mengunduh file menggunakan `# wget` <http://kambing.ui.ac.id/linux/v2.6/longterm/v2.6.32/linux-2.6.32.32.tar.xz>.

Arsip terkompresi berisi source code itu kemudian diekstrak. Kemudian perlu dibuatkan link simbolik dalam direktori /usr/src/linux untuk source code

tersebut, yaitu dengan menggunakan command **#tar jxvf linux-2.6.32.32.tar.bz2** dan **#rm linux-2.6.32.32.tar.bz2\*** yang di susul dengan command **#ln -s /usr/src/linux-2.6.32.32/include /usr/src/linux** untuk menunjukkan direktorinya.

Pemasangan kernel tersebut harus memperhatikan beberapa perangkat lunak yang akan digunakan untuk mendukung kinerja kernel tersebut. Setelah memastikan perangkat lunak yang diperlukan telah teinstall, maka perlu dilakukan konfigurasi pada *file* kernel agar opsi ipv6 mobility pada kernel dapat berfungsi. Dalam konfigurasi yang digunakan pada jaringan ini menggunakan konfigurasi kernel lama dan mengatur opsi mobility yang dibutuhkan dengan perintah **# cd linux-2.6.32.32/**. Konfigurasi lama yang sudah tersimpan kemudian dipanggil dengan command **# make oldconfig** dan **# make menuconfig**.

Untuk mendukung kinerja Mobile IP versi 6 diperlukan beberapa opsi yang harus dinyalakan pada kernel. Hal ini penting sebelum kita melakukan penyusunan dan instalasi kernel.

Setelah itu, dapat dilakukan penyusunan dan instalasi kernel dan memeriksa kembali konfigurasi bootloader pada *grub* untuk memastikan kernel yang baru sudah dapat digunakan.

#### 3.4.2 Instalasi Perangkat Lunak UMIP Linux Mobile IPv6 Daemon dan RADVD

Dalam melakukan Instalasi UMIP perlu dilakukan penyusunan source code-nya lebih dulu. Sistem yang akan digunakan harus memiliki paket perangkat lunak pendukung tertentu untuk dapat menyusun dan menggunakan UMIP. Paket-paket tersebut di antaranya: **autoconf**, **automake**, **bison**, **flex**, **libssl-de**, **indent**, **ipsec-tools**, dan **radvd**. Untuk melakukan instalasi paket-paket di atas, digunakan command **# apt-get install autoconf automake bison flex libssl-dev indent ipsec-tools radvd**.

Setelah itu source code diunduh dari repositori ke direktori **/usr/src** dan UMIP disusun dan di-install dengan perintah:

```

# autoreconf -i
# CPPFLAGS='-isystem /usr/src/linux/include/' ./configure --
enable-vt
# make
# make install

```

### 3.4.3 Instalasi VSFTPD dan Filezilla

Proses *transferfile* pada jaringan yang menggunakan protokol FTP memerlukan adanya FTP server dan FTP client. Untuk itu, digunakan VSFTPD dan *filezilla*. VSFTPD berguna sebagai FTP server yang di-install di Correspondent Node. Untuk melakukan instalasi VSFTPD digunakan perintah **# apt-get install vsftpd**

Sedangkan *Filezilla* berguna sebagai FTP client yang di-install di Mobile Node, yaitu dengan perintah **# apt-get install filezilla**

Untuk menjalankan VSFTPD, diperlukan sebuah *file* konfigurasi, yaitu “*vsftpd.conf*” yang berada pada direktori */etc* . Untuk mengubah *file* tersebut, digunakan perintah **# gedit /etc/vsftpd.conf**. *Vsftpd.conf* adalah *file* konfigurasi awal berupa teks. Di dalamnya telah disediakan opsi-opsi tertentu baik yang aktif maupun tidak. Opsi yang perlu ditambahkan dan diaktifkan adalah:

- **listen\_ipv6=YES**, yang digunakan untuk menjalankan VSFTPD untuk melayani permintaan FTP dalam IPv6.
- **local\_enable=YES**, digunakan untuk memungkinkan local user untuk login melalui FTP.
- **write\_enable=YES**, digunakan untuk mengizinkan perintah-perintah penulisan *file* melalui FTP.
- **ftp\_username=ftp, guest\_username=ftp** Username yang terdaftar pada sistem ketika log in melalui ftp dalam modus anonymous, yaitu tanpa username dan password.
- **anon\_root=/home/wega/FTP**, merupakan Direktori root yang dapat diakses ketika log in melalui ftp dalam modus anonymous.

Setelah mengubah isi `vsftpd.conf`, VSFTPD perlu dijalankan ulang. Perintah yang digunakan adalah **# service vsftpd restart**.

### 3.5 Konfigurasi Node

Node-node pada jaringan akan saling berhubungan seperti terlihat pada gambar. Konfigurasi untuk masing-masing node adalah sebagai berikut.

#### 3.5.1 Home Agent

Terdapat dua buah interface pada Home Agent. Interface pertama adalah `eth0` yang terhubung dengan foreign router dan correspondent node melalui switch. Alamat yang digunakan pada `eth0` adalah **2001:db8:ffff:100b::1/64**. Interface kedua adalah `eth1` yang terhubung dengan home link. Alamat `eth1` adalah **2001:db8:ffff:100a::2/64**. Untuk menkonfigurasi alamat pada `eth0` digunakan command **#ifconfig eth0 inet6 add 2001:db8:ffff:100b::1/64** dilanjutkan dengan memberikan alamat untuk `eth1` dengan **#ifconfig eth1 inet6 add 2001:db8:ffff:100a::2/64**

Perlu adanya penambahan konfigurasi untuk static routing agar dapat mengakomodasi akses dari home link ke foreign link. Untuk itu, digunakan perintah **#ip route add 2001:db8:ffff:100c::/64 via 2001:db8:ffff:100b::2**

Selain itu, beberapa fungsi home router diaktifkan dengan perintah:

```
# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/forwarding
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/autoconf
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/accept_ra
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/accept_redirects
```

Agar RADVD pada Home Agent dapat berjalan dibutuhkan *file* konfigurasi `radvd.conf` yang terletak dalam direktori `/etc`.

Sementara agar fungsi UMIP Linux Mobile IPv6 Daemon yang mendukung berjalannya Mobile IP versi 6 diperlukan konfigurasi yang terdapat pada *file* `mip6d.conf` dalam direktori `/usr/local/etc/Foreign Router`

Pada Foreign Router terdapat dua buah interface. Interface pertama adalah `eth0` yang terhubung dengan home agent dan correspondent node melalui switch. Alamat `eth0` adalah `2001:db8:ffff:100b::2/64`. Interface kedua adalah `eth1` yang terhubung dengan foreign link. Alamat `eth1` adalah `2001:db8:ffff:100c::2/64`. Perintah konfigurasi alamat adalah `#ifconfig eth0 inet6 add 2001:db8:ffff:100b::2/64` untuk alamat `eth0` dan `#ifconfig eth1 inet6 add 2001:db8:ffff:100c::2/64` untuk `eth1`.

Konfigurasi static routing diperlukan untuk memungkinkan akses dari foreign link ke home link dengan perintah `#ip route add 2001:db8:ffff:100a::/64 via 2001:db8:ffff:100b::1`

Selain itu, beberapa fungsi foreign router diaktifkan dengan perintah:

```
# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/forwarding
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/autoconf
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/accept_ra
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/accept_redirects
```

Foreign Router juga menjalankan RADVD.

### 3.5.2 Correspondent Node

Correspondent Node memiliki satu interface, yaitu `eth0` yang terhubung dengan Home Agent dan Foreign Router melalui switch. Alamat `eth0` adalah `2001:db8:ffff:100b::3/64`. Perintah konfigurasi alamat adalah `#ifconfig eth0 inet6 add 2001:db8:ffff:100b::3/64`

Pada Correspondent Node juga perlu ditambahkan *static routing* untuk memungkinkan akses ke foreign link dan ke home link.

```
#ip route add 2001:db8:ffff:100a::/64 via 2001:db8:ffff:100b::1
#ip route add 2001:db8:ffff:100c::/64 via 2001:db8:ffff:100b::2
```

Correspondent Node menjalankan UMIP Linux Mobile IPv6 Daemon.

### 3.5.3 Mobile Node

Konfigurasi alamat pada Mobile Node tidak dilakukan secara manual, melainkan dengan *file* konfigurasi *mip6.conf* bersamaan dengan konfigurasi UMIP Linux Mobile IPv6 Daemon. Isi *file* konfigurasi *mip6d.conf* untuk Mobile Node adalah sebagai berikut.

Pada mobile node juga perlu diatur beberapa fungsi sebagai berikut.

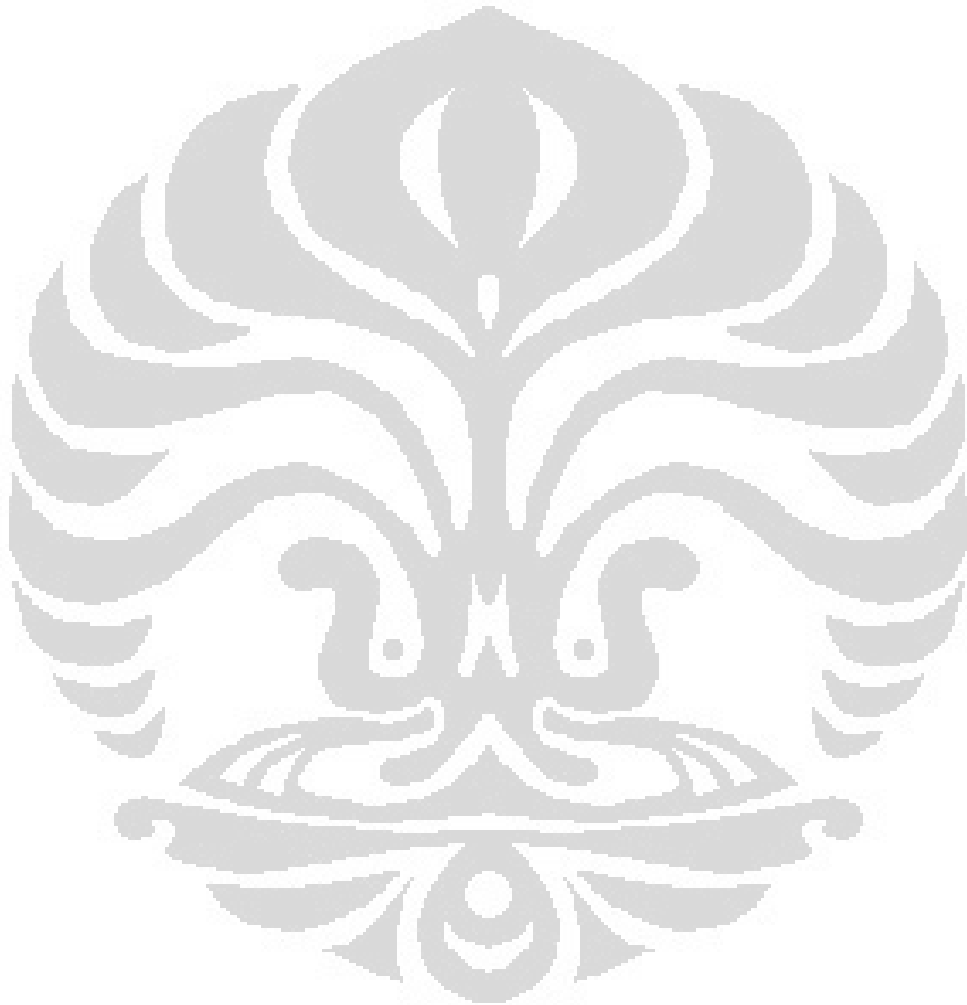
```
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/wlan0/forwarding
# echo 0 > /proc/sys/net/ipv6/conf/wlan0/autoconf
# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/wlan0/accept_ra
# echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/wlan0/accept_redirects
```

## 3.6 Rekayasa Trafik Menggunakan MGEN

Multi-Generator (MGEN) adalah perangkat lunak *open source* yang digunakan untuk membuat pola trafik sehingga jaringan dapat menyerupai kondisi jaringan yang sebenarnya. Trafik yang dibuat dicatat dalam sebuah log untuk kemudian dianalisa. Data log dapat digunakan untuk menghitung statistik performa jaringan, diantaranya throughput, packet loss, delay, dan sebagainya. MGEN berjalan di atas sistem operasi berbasis Unix seperti Linux dan juga platform WIN32.

Diperlukan adanya host yang berperan sebagai server dan client agar MGEN dapat berjalan sebagai suatu pembangkit trafik. MGEN sendiri memiliki antarmuka berupa *command line*. Untuk menjalankannya, format perintah yang digunakan adalah **#mgen [ipv6][input <scriptFile>][output <logFile>]** dan perintah yang dimasukkan pada command line adalah **#mgen ipv6 input /bin/script.mgn**

MGEN yang digunakan akan diimplementasi pada Correspondent Node, Home Agent, dan Foreign Router.



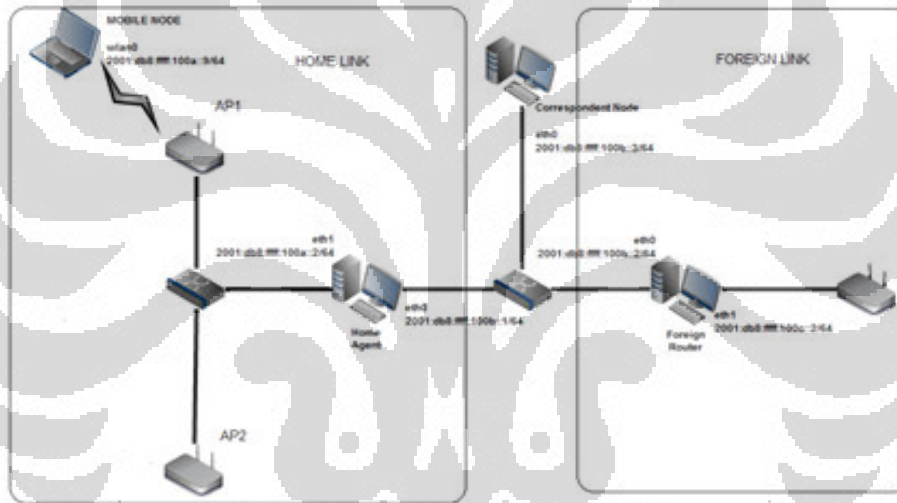


## BAB IV

### ANALISA DATA DAN KUALITAS LAYANAN MOBILE IPV6

#### 4.1 ANALISA PERFORMA JARINGAN

Jaringan yang digunakan dalam analisa performansi *mobile* IPv6 menggunakan *verticalhandover*. Jaringan terdiri dari *Home Agent*, *Foreign Router*, *Correspondent Node*, dan *MobileNode*. Pengujian akan dilakukan dengan mengirim *file* pada *correspondent node* menggunakan *protocol* FTP dan SFTP.



Gambar 4.1 Topologi jaringan yang digunakan

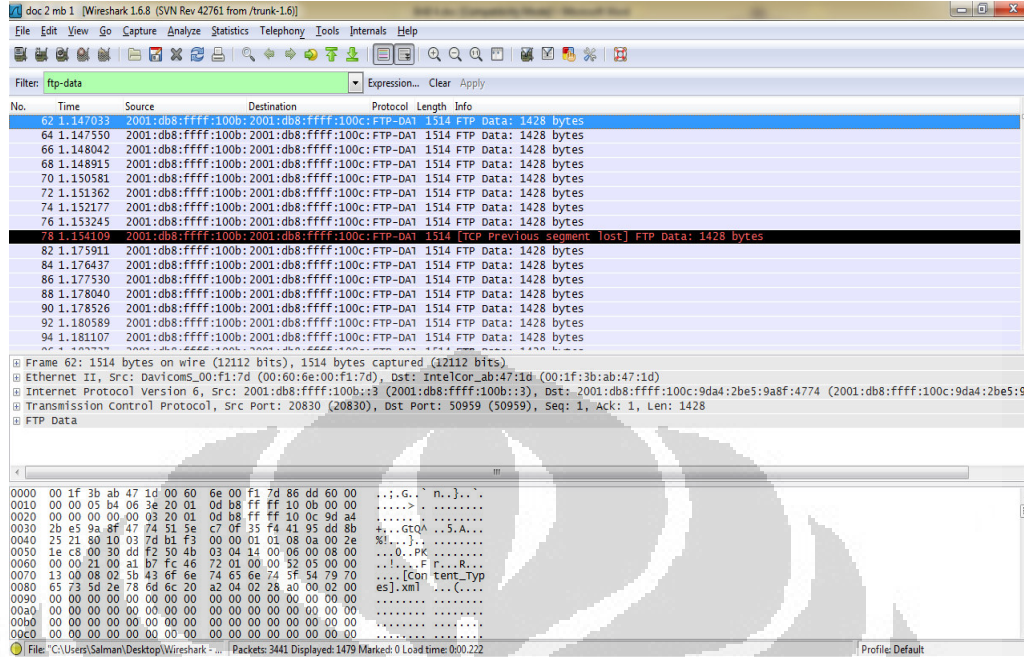
Berdasarkan topologi jaringan pada Gambar 4.1, pengukuran dilakukan pada saat *mobilenode* berpindah-pindah. Pengukuran pertama adalah saat *mobilenode* terhubung dengan access point 1 (AP1) di *homelink* dan pengukuran kedua adalah ketika *mobilenode* telah berpindah ke *foreignlink*. Di sini terjadi proses *verticalhandover*. Pada skenario ini digunakan *protocol* FTP. Kemudian kembali melakukan pengukuran pada *homelink* dan saat berpindah ke *foreignlink* menggunakan *protocol* SFTP.

Proses pengambilan data yang pertama kali dilakukan adalah mengirim *file* menggunakan aplikasi *filezilla*. Pengambilan data terjadi pada saat *file* telah selesai diunduh. Data akan diambil sebanyak sepuluh kali untuk mendapatkan

variasi data yang kemudian akan dianalisa. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada Lampiran B.1

*File* yang akan digunakan pada saat pengambilan data memiliki beberapa variasi jenis *file* dan ukuran. Untuk jenis *file* yang digunakan yaitu, DOCX, PDF, dan JPG. Sementara untuk besarnya ukuran *file* yaitu menggunakan *file* yang berukuran 500 KB, 2 MB dan MB. Parameter-parameter yang akan diukur dalam analisa uji jaringan *mobileIPv6*, antara lain *throughput*, *transfertime*, dan *delay*. Perangkat lunak *Wireshark* digunakan untuk meng-*capture* paket-paket yang ditransfer ke *mobilenode* pada setiap pengunduhan *file*. Hasil *capture* ini dapat digunakan untuk memperoleh parameter-parameter jaringan yang akan dianalisa, diantaranya *throughput*, *transfertime*, dan *packet delay*. Analisa jaringan *mobileIPv6* menggunakan parameter-parameter tersebut dilakukan sesuai dengan skenario yang dibuat, yakni analisa jaringan ketika *mobilenode* berada pada *homelink* menggunakan *protocolFTP* (skenario 1), ketika *mobilenode* berada pada *foreignlink* menggunakan *FTP* (skenario 2), ketika *mobilenode* berada pada *homelink* menggunakan *SFTP* (skenario 3), dan ketika *mobilenode* berada pada *foreignlink* menggunakan *SFTP* (skenario 4).

Hasil *captureWireshark* tidak hanya berisi paket-paket yang dikirimkan antara *mobilenode* dengan correspondent *node* dalam pengiriman *file* menggunakan *FTP*, tapi juga paket-paket lain yang masuk ke interface jaringan pada *mobilenode*. Untuk menampilkan paket-paket *file FTP* saja, digunakan filter “*ftp-data*”. Sementara untuk *SFTP* digunakan filter “*ssh*”. Penerapan filter pada *wireshark* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Screenshot penerapan filter “ftp-data” pada wireshark

## 4.2 ANALISA PADA HOME LINK

Analisa pada *homelink* merupakan analisa yang dilakukan pada saat *mobilenode* berada pada *homelink*. Analisa ini dilakukan mengikuti skenario 1 dan skenario 3, di mana terdapat perbedaan *protocoltransferfile* yang akan digunakan sehingga melakukan analisa ini, diharapkan dapat mengetahui perbedaan kualitas layanan keduanya, yang diterima *mobilenode* pada saat berada di *homelink*.

### 4.2.1 Analisa Throughput

*Throughput* merupakan besaran data rata-rata yang mampu ditransfer melewati jaringan setiap satuan waktu kecepatan pengiriman data yang diukur dalam bps (*bit per second*). Pengambilan data untuk analisa *throughput* skenario 1 dilakukan pada saat *mobilenode* berada pada *homelink* dan mengunduh *file* dari correspondent *node* dengan menggunakan *protocol* FTP. Ketika *mobilenode* mengunduh *file* dari correspondent *node*, pada saat yang bersamaan pada sisi *mobilenode* melakukan penangkapan paket-paket yang masuk melalui *interface* WLAN menggunakan aplikasi *Wireshark*. Melalui hasil pemantauan (*capture*)

paket-paket yang didapatkan *wireshark* dapat diketahui beberapa informasi mengenai protokol jaringan. Hasil *throughput* pada skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 4.3.

| Display                       |                |                |          |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Display filter:               |                |                | ftp-data |
| Ignored packets:              |                |                | 0        |
| Traffic                       | Captured       | Displayed      | Marked   |
| Packets                       | 3441           | 1479           | 0        |
| Between first and last packet | 24.738 sec     | 4.963 sec      |          |
| Avg. packets/sec              | 139,099        | 297.994        |          |
| Avg. packet size              | 1075.690 bytes | 1513.705 bytes |          |
| Bytes                         | 3701448        | 2238769        |          |
| Avg. bytes/sec                | 149627.416     | 451074.864     |          |
| Avg. MBit/sec                 | 1.197          | 3.609          |          |

Gambar 4.3 *Throughput* pada *summary wireshark* (skenario 1)

Data pada Gambar 4.3 merupakan *throughput* hasil pencuplikan data pada *file.docx* berukuran 2 MB saat diunduh menggunakan FTP. Terlihat pada hasil pencuplikan diatas bahwa satuan *throughput* yang diambil menggunakan satuan *Megabit per second* (Mbit/sec). Pada *summary wireshark* tersebut dapat dilihat bahwa rata-rata *throughput* untuk salah satu data pada skenario 1 sebesar 3.609 Mbit/sec. Nilai *throughput* akan diambil sebanyak sepuluh kali memiliki nilai *throughput* yang berbeda-beda. Tabel data ini dapat dilihat pada Lampiran B.1.

Setiap data yang telah diambil sebanyak sepuluh kali menggunakan *protocol transfer file* FTP, akan dicari nilai rata-ratanya *Rata-rata throughput* yang diperoleh dari perhitungan keseluruhan data sesuai dengan ukuran *file* dan jenis *file* pada *protocol* FTP dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Dari Tabel 4.1 di atas, dapat kita lihat bahwa masing-masing *file* memiliki nilai rata-rata *throughput* yang berbeda-beda. Berdasarkan ukuran *file*, besaran *throughput* berubah-ubah tidak beraturan baik itu pada *file* berekstensi DOC, PDF maupun JPG. Tidak terdapat kecenderungan dalam hasil data yang diperoleh.

Tabel 4.1 Data rata-rata nilai *throughput* pada *homelink* menggunakan FTP

| Ukuran <i>File</i> | <i>Throughput</i> (MB/sec) |              |              |
|--------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                    | doc                        | pdf          | jpg          |
| 500KB              | 7.310                      | 7.438        | 7.421        |
| 2MB                | 7.545                      | 7.508        | 6.546        |
| 8MB                | 7.181                      | 7.379        | 7.315        |
| <b>rata-rata</b>   | <b>7.345</b>               | <b>7.442</b> | <b>7.094</b> |

Selain itu perbedaan nilai *throughput* antara *file* yang satu dengan *file* yang lain juga tidak terlalu signifikan. Untuk itu, dapat diasumsikan bahwa besar *file* dan jenis *file* tidak berpengaruh terhadap nilai *throughput*. Variasi nilai rata-rata *throughput* terjadi sebagai akibat dari kondisi jaringan yang berubah-ubah. Sebagaimana dijelaskan pada bab 3 bahwa jaringan dikondisikan agar menyerupai jaringan yang sebenarnya

Terdapatnya perbedaan pada nilai *throughput* berdasarkan tiap ukuran *file* dapat diakibatkan oleh perbedaan kualitas jaringan saat dilakukan pengiriman dan terdapatnya kemungkinan terjadinya kesalahan *checksum*. Kesalahan tersebut dipicu oleh data yang mengalami *overload* yang dapat terjadi akibat *traffic* yang padat.

Analisa *throughput* pada *homelink* berikutnya, yakni ketika *mobilenode* mengunduh *file* dari correspondent *node* saat berada di *homelink* menggunakan *protocol* SFTP (skenario 3). Proses pengambilan data *throughput* menggunakan *wireshark* saat *mobilenode* mulai mengunduh *file* hingga *file* telah berhasil dikirim seluruhnya. Hasil *capture* menggunakan *wireshark* pada skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.

| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter:               | ssh           |                |        |
| Ignored packets:              | 0             |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 2506          | 1640           | 0      |
| Between first and last packet | 6.108 sec     | 3.133 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 410.255       | 523.533        |        |
| Avg. packet size              | 937.987 bytes | 1386.693 bytes |        |
| Bytes                         | 2350596       | 2274176        |        |
| Avg. bytes/sec                | 384813.572    | 725979.363     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 3.079         | 5.808          |        |

Gambar 4.4 *Throughput* pada *summary wireshark* (skenario 3)

Berdasarkan gambar 4.4 di atas, nilai *throughput* hasil pencuplikan menggunakan *wireshark* sebesar 5.808 Mbit/sec. *Throughput* dari pengambilan data dengan ukuran *file* yang berbeda memiliki nilai yang berbeda juga. Data tersebut dapat dilihat pada Lampiran B.2. Rata-rata *throughput* yang diperoleh dari perhitungan keseluruhan data sesuai dengan ukuran *file* dan jenis *file* pada *protocol* SFTP dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data nilai *throughput* pada *homelink* menggunakan SFTP

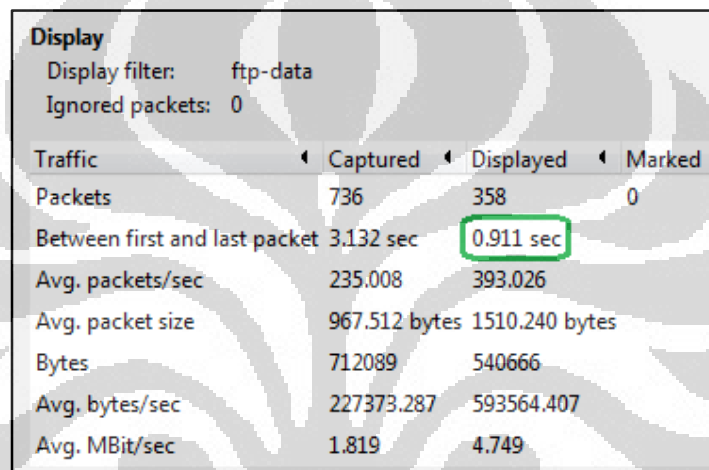
| Ukuran <i>File</i> | <i>Throughput</i> (MB/sec) |              |              |
|--------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                    | doc                        | pdf          | jpg          |
| 500KB              | 6.497                      | 7.013        | 8.909        |
| 2MB                | 6.344                      | 6.589        | 6.002        |
| 8MB                | 5.627                      | 6.901        | 5.289        |
| <b>rata-rata</b>   | <b>6.156</b>               | <b>6.834</b> | <b>6.733</b> |

Sama halnya seperti skenario 1, terjadinya perbedaan *throughput* pada skenario 3 dikarenakan oleh perbedaan kualitas jaringan saat proses pengiriman berlangsung.

#### 4.2.2 *Analisa Transfertime*

*Transfertime* merupakan jumlah total waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer suatu *file* dari server FTP ke client FTP begitu pula ketika

diaplikasikan pada *protocol* SFTP. Besarnya *transfertime* sangat dipengaruhi oleh *throughput* jaringan. Apabila *throughput* jaringan semakin besar, maka untuk ukuran *file* yang sama, *transfertime* yang dibutuhkan akan semakin kecil. Perhitungan *transfertime* pada FTP dimulai saat client FTP melakukan request *file* ke server FTP hingga keseluruhan *file* selesai ditransfer. Analisa terhadap *transfertime* dilakukan menggunakan skenario 1 dan skenario 4. Nilai yang di-capture pada *wireshark* akan difilter terlebih dahulu sesuai dengan *protocoltransferfile* yang digunakan seperti pada gambar 4.5.



| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter: ftp-data      |               |                |        |
| Ignored packets: 0            |               |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 736           | 358            | 0      |
| Between first and last packet | 3.132 sec     | 0.911 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 235.008       | 393.026        |        |
| Avg. packet size              | 967.512 bytes | 1510.240 bytes |        |
| Bytes                         | 712089        | 540666         |        |
| Avg. bytes/sec                | 227373.287    | 593564.407     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 1.819         | 4.749          |        |

Gambar 4.5 Transfer time pada summarywireshark

Gambar 4.5 menunjukkan hasil *capturetransferfile* pada *foreignlink* menggunakan FTP. Pada skenario 1 dilakukan sepuluh kali pengambilan data untuk tiap variasi data dan ukuran *file*. Tabel yang menunjukkan hasil pengambilan data dapat dilihat di Lampiran B.5. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat hasil rata-rata berdasarkan pengambilan data yang dilakukan.

Tabel 4.3 Data rata-rata nilai *transfer time* pada *homelink* menggunakan FTP

| Ukuran File      | Transfertime (sec) |              |              |
|------------------|--------------------|--------------|--------------|
|                  | doc                | pdf          | jpg          |
| 500KB            | 0.605              | 0.609        | 0.599        |
| 2MB              | 2.416              | 2.644        | 2.998        |
| 8MB              | 10.943             | 8.767        | 9.129        |
| <b>rata-rata</b> | <b>4.655</b>       | <b>4.006</b> | <b>4.243</b> |

Dari Tabel 4.3 dapat kita lihat bahwa ukuran *file* sangat berpengaruh terhadap nilai *transfertime*. Semakin besar ukuran *file*, semakin besar pula nilai *transfertime*. Perbedaan paling signifikan dapat dilihat pada *file* berukuran 8 MB yang memiliki *transfertime* di atas 8 detik. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin besar ukuran *file*, semakin banyak pula paket yang harus dikirimkan melalui jaringan. Dengan waktu pengiriman paket yang sama, jumlah paket yang lebih banyak membutuhkan waktu pengiriman yang lebih lama.

Kemudian dilakukan analisa *transferfile* menggunakan skenario 3 yaitu menggunakan *protocol* SFTP.

Gambar 4.6 menunjukkan skenario pengambilan data *transfertime* pada *protocol* SFTP di mana data yang diambil menggunakan filter “ssh” agar data SFTP saja yang digunakan dalam analisa. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada Lampiran B.6. Adapun hasil rata-rata dari pengambilan data menurut variasi data dan ukuran data dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter:               | ssh           |                |        |
| Ignored packets:              | 0             |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 2506          | 1640           | 0      |
| Between first and last packet | 6.108 sec     | 3.133 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 410.255       | 523.533        |        |
| Avg. packet size              | 937.987 bytes | 1386.693 bytes |        |
| Bytes                         | 2350596       | 2274176        |        |
| Avg. bytes/sec                | 384813.572    | 725979.363     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 3.079         | 5.808          |        |

Gambar 4.6 Transfer time pada summary wireshark SFTP

Kembali pada Tabel 4.4 terlihat korelasi antara besar *file* dengan lamanya *transfertime*. Semakin besar ukuran *file* yang dikirimkan maka akan semakin lama waktu *transfer* yang dibutuhkan. *File* berukuran 8 MB sedikitnya membutuhkan waktu di atas 9 detik saat proses *transfer* dilakukan. Untuk variasi data yang dipakai membuktikan bahwa perbedaan jumlah paket yang dikirimkan juga mempengaruhi lamanya waktu *transferfile*.



Tabel 4.4 Data rata-rata nilai *transfer time* pada *homelink* menggunakan FTP

| Ukuran <i>File</i> | <i>Transfertime (sec)</i> |                 |              |
|--------------------|---------------------------|-----------------|--------------|
|                    | doc                       | pdf             | jpg          |
| 500KB              | 0.566                     | 0.616           | 0.420        |
| 2MB                | 2.774                     | 3.020           | 3.245        |
| 8MB                | 15.266                    | 9.747           | 13.247       |
| <b>rata-rata</b>   | <b>6.202</b>              | <b>4.461228</b> | <b>5.637</b> |

#### 4.2.3 Analisa Delay

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*). *Delay* didapat dengan perhitungan waktu keseluruhan pengiriman (*Transfer Time*) dibagi dengan jumlah paket dalam sebuah *file*.

Pengambilan data *delay* pertama dilakukan untuk skenario 1 dan kemudian untuk skenario 3. Nilai *delay* akan dicuplik menggunakan *wireshark* yang sebelumnya telah difilter paket-paket sesuai dengan FTP dan SFTP saja. Hasil *capture delay* pada skenario 1 dapat dilihat pada *summary wireshark* pada Gambar 4.7 berikut.

Contoh perhitungan *delay* terlihat pada salah satu data pengiriman *file* berukuran 500 KB menggunakan FTP terdapat 354 paket dan *transfertime* atau pada *summary wireshark* di atas adalah *between first and last packet* selama 1.589 detik. Nilai *delay* didapat dari hasil pembagian *transfertime* selama 1.589 detik dengan paket sebanyak 354 paket sesuai dengan rumus perhitungan *delay* di atas. Sehingga *delay* yang terjadi pada data tersebut adalah selama 0.0045 detik.

| Display                       |                |                |        |
|-------------------------------|----------------|----------------|--------|
| Display filter: ftp-data      |                |                |        |
| Ignored packets: 0            |                |                |        |
| Traffic                       | Captured       | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 851            | 354            | 0      |
| Between first and last packet | 5.559 sec      | 1.589 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 153.083        | 222.842        |        |
| Avg. packet size              | 1033.364 bytes | 1513.251 bytes |        |
| Bytes                         | 879393         | 535691         |        |
| Avg. bytes/sec                | 158190.380     | 337216.089     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 1.266          | 2.698          |        |

Gambar 4.7 Delay pada summarywireshark (skenario 1)

Berdasarkan data-data yang diperoleh pada saat pengambilan data seperti tertera pada Lampiran B.3 dapat dihitung rata-rata nilai *delay* untuk setiap ukuran *file* dan variasi data. Nilai rata-rata *delays* skenario 1 dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Data nilai rata-rata *delay* pada skenario 1

| Ukuran File      | Delay (sec)    |                |                |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | doc            | pdf            | jpg            |
| 500KB            | 0.00145        | 0.00143        | 0.00143        |
| 2MB              | 0.00147        | 0.00148        | 0.00170        |
| 8MB              | 0.00160        | 0.00152        | 0.00153        |
| <b>rata-rata</b> | <b>0.00151</b> | <b>0.00148</b> | <b>0.00156</b> |

Dari Tabel 4.5 mengenai perbandingan rata-rata nilai *delay*, dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran *file* maka semakin besar *delay* yang terjadi pada jaringan. *Delay* terbesar terjadi saat ukuran *file* sebesar 8 MB yaitu masing-masing 0.00151, 0.00148, dan 0.00156.

Pengambilan data berikutnya dilakukan pada skenario 3, yaitu pada saat *mobile node* berada di *home link* menggunakan *protocol transfer file* SFTP. Hasil *capture delay* pada skenario 3 dapat dilihat pada *summarywireshark* pada Gambar 4.8.

Terkait dengan hasil data *delay* yang telah diambil sebanyak sepuluh kali untuk setiap ukuran *file* dan variasi data seperti tertera pada Lampiran B.4 dapat dicari nilai rata-rata *delay* pada skenario 3. Nilai rata-rata *delay* skenario 3 dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter: ssh           |               |                |        |
| Ignored packets: 0            |               |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 620           | 409            | 0      |
| Between first and last packet | 13.153 sec    | 1.305 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 47.137        | 313.347        |        |
| Avg. packet size              | 917.742 bytes | 1345.384 bytes |        |
| Bytes                         | 569000        | 550262         |        |
| Avg. bytes/sec                | 43259.623     | 421572.039     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 0.346         | 3.373          |        |

Gambar 4.8 Delay pada summary wireshark (skenario 3)

Tabel 4.6 Data nilai rata-rata *delay* pada skenario 3

| Ukuran File      | Delay (sec)    |                |                |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | doc            | pdf            | jpg            |
| 500KB            | 0.00159        | 0.00169        | 0.00117        |
| 2MB              | 0.00187        | 0.00188        | 0.00208        |
| 8MB              | 0.00245        | 0.00185        | 0.00244        |
| <b>rata-rata</b> | <b>0.00197</b> | <b>0.00181</b> | <b>0.00189</b> |

Dari Tabel 4.6 mengenai perbandingan rata-rata nilai *delay*, dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran *file* maka semakin besar *delay* yang terjadi pada jaringan. *Delay* terbesar terjadi saat ukuran *file* sebesar 8 MB yaitu masing-masing 0.00197, 0.00181, dan 0.00189. Besar-kecilnya nilai *delay* dapat dipengaruhi oleh penumpukan data-data yang terjadi saat proses pengiriman data, sehingga data-data akan membutuhkan waktu lebih lama dibanding waktu aslinya.

### 4.3 ANALISA PADA FOREIGNLINK

Analisa pada *foreignlink* merupakan analisa yang dilakukan pada saat *mobilenode* berada pada *foreignlink*. Analisa ini dilakukan mengikuti skenario 2 dan skenario 4, dimana akan terdapat perbedaan aplikasi *transferfile* yang digunakan dalam komunikasi antara *mobilenode* dengan *correspondent node*. Metode tersebut adalah *protocol/FTP* yang digunakan pada skenario 2 dan SFTP yang digunakan pada skenario 4. Dengan melakukan analisa ini, diharapkan dapat mengetahui perbedaan kualitas layanan yang diterima *mobilenode* pada saat berada di *foreignlink*.

#### 4.3.1 Analisa Throughput

Pengambilan data untuk analisa *throughput* skenario 2 dilakukan pada saat *mobilenode* berada pada *foreignlink* menggunakan *protocoltransferfile* FTP saat *mobilenode* mengunduh *file* dari *correspondent node*. Hasil pencuplikan *throughput* pada skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 4.9.

| Display                       |                |                |        |
|-------------------------------|----------------|----------------|--------|
| Display filter:               |                | ftp-data       |        |
| Ignored packets:              |                | 0              |        |
| Traffic                       | Captured       | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 2980           | 1606           | 0      |
| Between first and last packet | 9.336 sec      | 3.758 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 319.196        | 427.403        |        |
| Avg. packet size              | 1003.789 bytes | 1513.517 bytes |        |
| Bytes                         | 2991290        | 2430708        |        |
| Avg. bytes/sec                | 320405.426     | 646881.928     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 2.563          | 5.175          |        |

Gambar 4.9 Throughput pada *summarywireshark* (skenario 2)

Terlihat pada Gambar 4.9 di atas, *throughput* salah satu data PDF berukuran 8 MB pada skenario 2 adalah sebesar 5.175 Mbit/sec. Selanjutnya akan dilakukan pengambilan data sebanyak sepuluh kali pada setiap ukuran *file* dan variasi data lainnya.. Dari hasil *capturewireshark* didapatkan nilai-nilai *throughput* seperti

tertera pada Lampiran B.1 kemudian akan dicari nilai rata-rata *throughput* pada setiap ukuran *file* dan variasi data yang dipakai. Nilai rata-rata *throughput* pada skenario 2 ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Data nilai rata-rata pada skenario 2**

| Ukuran <i>File</i> | <i>Throughput</i> (MB/sec) |              |              |
|--------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                    | doc                        | pdf          | jpg          |
| 500KB              | 4.766                      | 4.468        | 3.757        |
| 2MB                | 5.197                      | 4.459        | 5.194        |
| 8MB                | 5.257                      | 4.982        | 5.083        |
| <b>rata-rata</b>   | <b>5.073</b>               | <b>4.636</b> | <b>4.678</b> |

Berdasarkan data nilai rata-rata pada *throughput* pada Tabel 4.7 di atas, *throughput* relatif semakin besar seiring dengan besarnya ukuran *file*. Namun demikian, tidak terdapat hubungan antara besarnya *file* dengan *throughput* karena terlihat bahwa tidak ada pengaruh besar kecilnya *file* yang akan dikirimkan.

Pengambilan data pada *foreign link* berikutnya dilakukan pada skenario 4, yaitu saat *mobile node* menggunakan *protocol* SFTP saat mengunduh *file*. Hasil *capture wireshark* pada skenario 4 menggunakan metode *route optimization* dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.

Dari data yang telah dicuplik menggunakan *wireshark* sebanyak sepuluh kali, seperti tertera pada Lampiran B.2 didapatkan bahwa nilai *throughput* untuk setiap ukuran *file* dan variasi data yang berbeda-beda. Dari hasil *capture wireshark* di atas didapatkan nilai-nilai *throughput* yang kemudian akan dicari nilai rata-rata *throughput*. Nilai rata-rata *throughput* pada skenario 4 ditunjukkan oleh Tabel 4.8 sebagai berikut.

| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter:               | ssh           |                |        |
| Ignored packets:              | 0             |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 2633          | 1732           | 0      |
| Between first and last packet | 8.715 sec     | 3.509 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 302.118       | 493.561        |        |
| Avg. packet size              | 942.746 bytes | 1387.356 bytes |        |
| Bytes                         | 2482250       | 2402900        |        |
| Avg. bytes/sec                | 284820.147    | 684744.943     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 2.279         | 5.478          |        |

Gambar 4.10 *Throughput* pada *summarywireshark* (skenario 4)Tabel 4.8 Data nilai rata-rata *throughput* pada skenario 4

| Ukuran <i>File</i> | <i>Throughput</i> (MB/sec) |              |              |
|--------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                    | doc                        | pdf          | jpg          |
| 500KB              | 4.574                      | 4.213        | 4.510        |
| 2MB                | 4.369                      | 4.448        | 4.762        |
| 8MB                | 4.119                      | 4.098        | 3.676        |
| <b>rata-rata</b>   | <b>4.354</b>               | <b>4.253</b> | <b>4.316</b> |

*File* yang berukuran lebih besar memiliki *throughput* yang semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari besarnya *throughput* pada *file* berekstensi DOC dan PDF. Sementara pada *file* berekstensi JPG mengalami sedikit penurunan besarnya *throughput*. Dari sini dapat disimpulkan bahwa nilai *throughput* tidak dipengaruhi oleh besar kecilnya data atau jenis data yang dikirimkan pada jaringan *mobile* yang dirancang. Besarnya *throughput* bergantung pada kualitas jaringan saat *transferfile* dilakukan.

#### 4.3.2 Analisa *Transfertime*

Pengambilan data untuk *transfer* pada *ForeignLink* menggunakan skenario 2 dan skenario 4. Gambar 4.11 menunjukkan *summary* salah satu data yang digunakan pada *protocol* FTP saat berada di *foreignlink*

| Display                       |                |                |        |
|-------------------------------|----------------|----------------|--------|
| Display filter: ftp-data      |                |                |        |
| Ignored packets: 0            |                |                |        |
| Traffic                       | Captured       | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 881            | 358            | 0      |
| Between first and last packet | 6.251 sec      | 0.779 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 140.936        | 459.342        |        |
| Avg. packet size              | 1034.442 bytes | 1510.240 bytes |        |
| Bytes                         | 911343         | 540666         |        |
| Avg. bytes/sec                | 145789.664     | 693716.485     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 1.166          | 5.550          |        |

Gambar 4.11 *transfertime* pada *summarywireshark* FTP

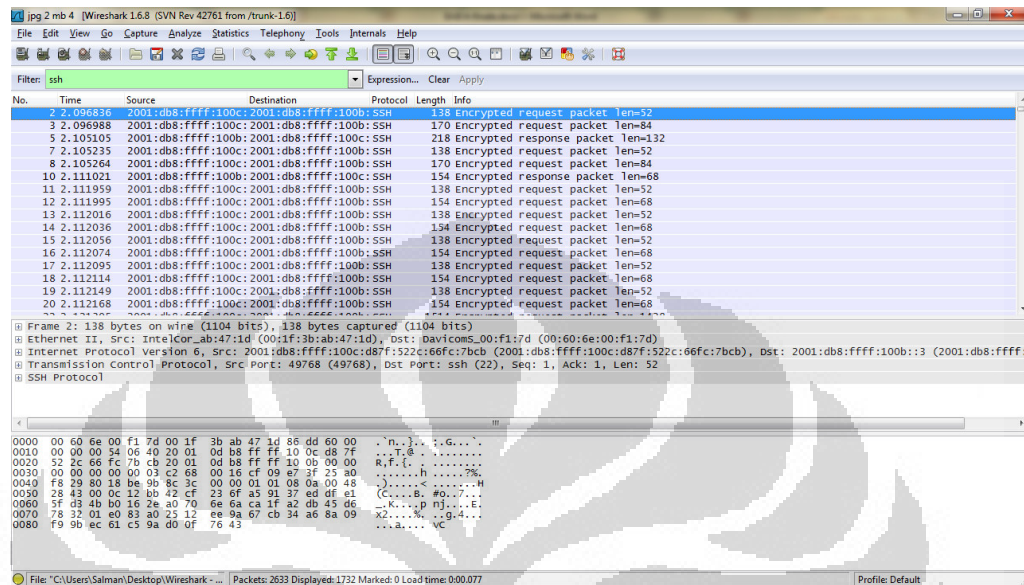
Pada skenario 2 dilakukan sepuluh kali pengambilan data untuk tiap variasi data dan ukuran *file* dengan menggunakan *protocol* FTP. Hasil pengambilan data pada dilihat pada Lampiran B.5..Pada Tabel 4.9 dapat dilihat hasil rata-rata berdasarkan pengambilan data yang dilakukan.

Dari Tabel 4.9 dapat kita lihat bahwa ukuran *file* sangat berpengaruh terhadap nilai *transfertime*. Semakin besar ukuran *file*, semakin besar pula nilai *transfertime*. Perbedaan paling signifikan dapat dilihat pada *file* berukuran 8 MB yang memiliki *transfertime* di atas 13 detik. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin besar ukuran *file*, semakin banyak pula paket yang harus dikirimkan melalui jaringan. Dengan waktu pengiriman paket yang sama, jumlah paket yang lebih banyak membutuhkan waktu pengiriman yang lebih lama.

Tabel 4.9 Data nilai *transfertime* pada *foreignlink* menggunakan FTP

| Ukuran File | <i>Transfertime</i> (sec) |        |        |
|-------------|---------------------------|--------|--------|
|             | doc                       | pdf    | jpg    |
| 500KB       | 1.048                     | 1.058  | 1.683  |
| 2MB         | 3.612                     | 4.459  | 3.474  |
| 8MB         | 14.711                    | 13.122 | 14.072 |

Kemudian dilakukan analisa *transferfile* menggunakan skenario 3 yaitu menggunakan *protocol* SFTP.



Gambar 4.12 Capturewireshark untuk *protocol* SFTP pada *foreignlink*

Gambar 4.12 menunjukkan proses penangkapan data saat *file* sedang ditransfer menggunakan *protocol* SFTP.

| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter:               | ssh           |                |        |
| Ignored packets:              | 0             |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 2506          | 1640           | 0      |
| Between first and last packet | 6.108 sec     | 3.133 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 410.255       | 523.533        |        |
| Avg. packet size              | 937.987 bytes | 1386.693 bytes |        |
| Bytes                         | 2350596       | 2274176        |        |
| Avg. bytes/sec                | 384813.572    | 725979.363     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 3.079         | 5.808          |        |

Gambar 4.13 *Transfertime* pada *summarywireshark* SFTP

Gambar 4.13 menunjukkan skenario pengambilan data *transfertime* pada *protocol* SFTP di mana data yang diambil menggunakan filter “ssh” agar data SFTP saja yang digunakan dalam analisa. Adapun hasil pengambilan data menurut variasi data dan ukuran data dapat dilihat pada Lampiran B.6.



Tabel 4.10 Data nilai transfer time pada foreign link menggunakan SFTP

| Ukuran File | Transfertime (sec) |        |        |
|-------------|--------------------|--------|--------|
|             | doc                | pdf    | jpg    |
| 500KB       | 0.975              | 1.012  | 1.012  |
| 2MB         | 4.147              | 4.070  | 4.070  |
| 8MB         | 20.522             | 18.531 | 18.531 |

Pada Tabel 4.10 terlihat korelasi antara besar file dengan lamanya *transfertime*. Semakin besar ukuran file yang dikirimkan maka akan semakin lama waktu *transfer* yang dibutuhkan. Untuk variasi data yang dipakai membuktikan bahwa perbedaan jumlah paket yang dikirimkan juga mempengaruhi lamanya waktu *transferfile*.

#### 4.3.3 Analisa Delay

Pengambilan data *delay* pertama dilakukan untuk skenario 2 dan kemudian untuk skenario 4. Hasil *delay* pada *capturewireshark* ditunjukkan pada Gambar 4.14 di bawah ini.

| Display                       |                |                |        |
|-------------------------------|----------------|----------------|--------|
| Display filter: ftp-data      |                |                |        |
| Ignored packets: 0            |                |                |        |
| Traffic                       | Captured       | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 766            | 358            | 0      |
| Between first and last packet | 3.922 sec      | 0.748 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 195.318        | 478.837        |        |
| Avg. packet size              | 1012.987 bytes | 1510.240 bytes |        |
| Bytes                         | 775948         | 540666         |        |
| Avg. bytes/sec                | 197854.915     | 723158.583     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 1.583          | 5.785          |        |

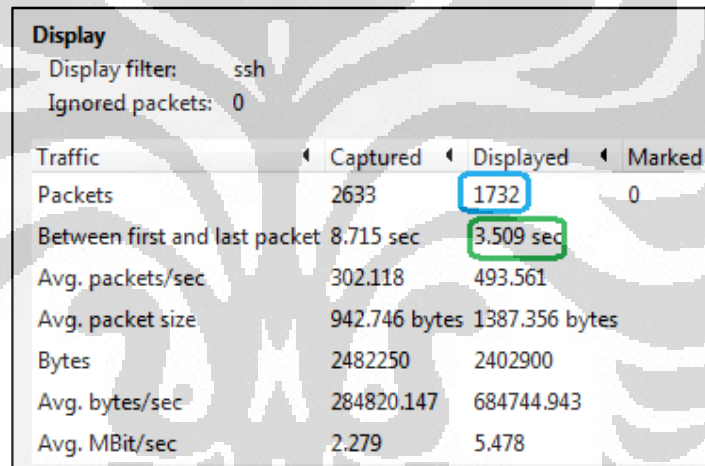
Gambar 4.14 Delay pada *summarywireshark* (skenario 2)

Hasil data *delay* yang telah diambil sebanyak sepuluh kali pada setiap ukuran file dan variasi data seperti tertera pada Lampiran B.3 dapat dicari nilai rata-rata. Nilai rata-rata *delay* skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Data nilai rata-rata *delay* pada skenario 2

| Ukuran <i>File</i> | <i>Delay (sec)</i> |                |                |
|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
|                    | doc                | pdf            | jpg            |
| 500KB              | 0.00254            | 0.00251        | 0.00347        |
| 2MB                | 0.00219            | 0.00254        | 0.00199        |
| 8MB                | 0.00216            | 0.00228        | 0.00215        |
| <b>rata-rata</b>   | <b>0.00229</b>     | <b>0.00244</b> | <b>0.00254</b> |

Pengambilan data *delay* berikutnya dilakukan pada skenario 4 menggunakan *protocol* SFTP. *Delay* pada skenario 4 dapat dilihat pada hasil *capturewireshark* pada Gambar 4.15.



| Display                       |               |                |        |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------|
| Display filter:               | ssh           |                |        |
| Ignored packets:              | 0             |                |        |
| Traffic                       | Captured      | Displayed      | Marked |
| Packets                       | 2633          | 1732           | 0      |
| Between first and last packet | 8.715 sec     | 3.509 sec      |        |
| Avg. packets/sec              | 302.118       | 493.561        |        |
| Avg. packet size              | 942.746 bytes | 1387.356 bytes |        |
| Bytes                         | 2482250       | 2402900        |        |
| Avg. bytes/sec                | 284820.147    | 684744.943     |        |
| Avg. MBit/sec                 | 2.279         | 5.478          |        |

Gambar 4.15 *Delay* pada *summarywireshark* (skenario 4)

Dari hasil *capturewireshark* pada data yang telah diambil sebanyak sepuluh kali seperti tertera pada Lampiran B.4 untuk setiap ukuran *file*, dapat dilihat perbandingan nilai-nilai *delay* pada skenario 4. Nilai-nilai *delay* tersebut kemudian akan dicari nilai rata-rata pada setiap ukuran *file*. Tabel 4.12 menunjukkan nilai rata-rata *delay* pada skenario 4

Tabel 4.12 Data nilai rata-rata *delay* pada skenario 4

| Ukuran <i>File</i> | <i>Delay (sec)</i> |                |                |
|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
|                    | doc                | pdf            | jpg            |
| 500KB              | 0.00276            | 0.00294        | 0.00283        |
| 2MB                | 0.00280            | 0.00282        | 0.00260        |
| 8MB                | 0.00329            | 0.00316        | 0.00341        |
| <b>rata-rata</b>   | <b>0.00295</b>     | <b>0.00297</b> | <b>0.00295</b> |

#### 4.4 ANALISA PERBANDINGAN *PROTOCOL* FTP DAN SFTP

Setelah melakukan analisa untuk tiap parameter QoS pada tiap skenario, maka dilakukan perbandingan kualitas tiap *protocol* terhadap masing-masing *protocol* untuk mengetahui *protocol* mana yang memiliki kualitas yang lebih baik. Untuk melihat perbandingan tersebut digunakan rumus :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Besar QoS Protocol I} - \text{Besar QoS Protocol II}}{\text{Besar QoS Protocol I}} \times 100\% \quad (4.1)$$

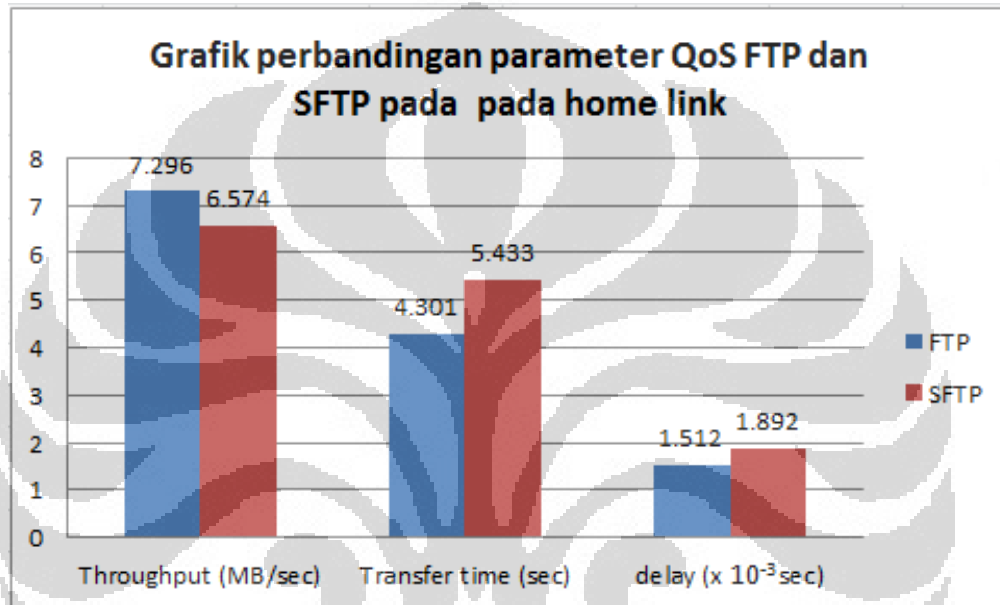
Tabel 4.13 Data perbandingan FTP dan SFTP

| Parameter                       | <i>homelink</i> |         | <i>foreignlink</i> |         |
|---------------------------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
|                                 | FTP             | SFTP    | FTP                | SFTP    |
| <i>Throughput</i><br>(MB/sec)   | 7.293           | 6.574   | 4.796              | 4.308   |
| <i>Transfertime</i><br>(second) | 4.301           | 5.434   | 6.360              | 8.097   |
| <i>Delay (second)</i>           | 0.00151         | 0.00189 | 0.00243            | 0.00296 |

##### 4.4.1 Analisa Perbandingan FTP dan SFTP pada HomeLink

Berdasarkan 4.13 dapat dilihat bahwa pada *homelink* besarnya nilai *throughput* pada *protocol* FTP lebih besar sebanyak 9.86% dibandingkan SFTP pada *homelink* yang sama. Akibatnya *transfertime* yang diperlukan SFTP untuk mengirimkan data yang sama akan lebih besar 20.84% dibandingkan saat menggunakan *protocol* FTP. Hal ini juga dapat dilihat pada parameter QoS

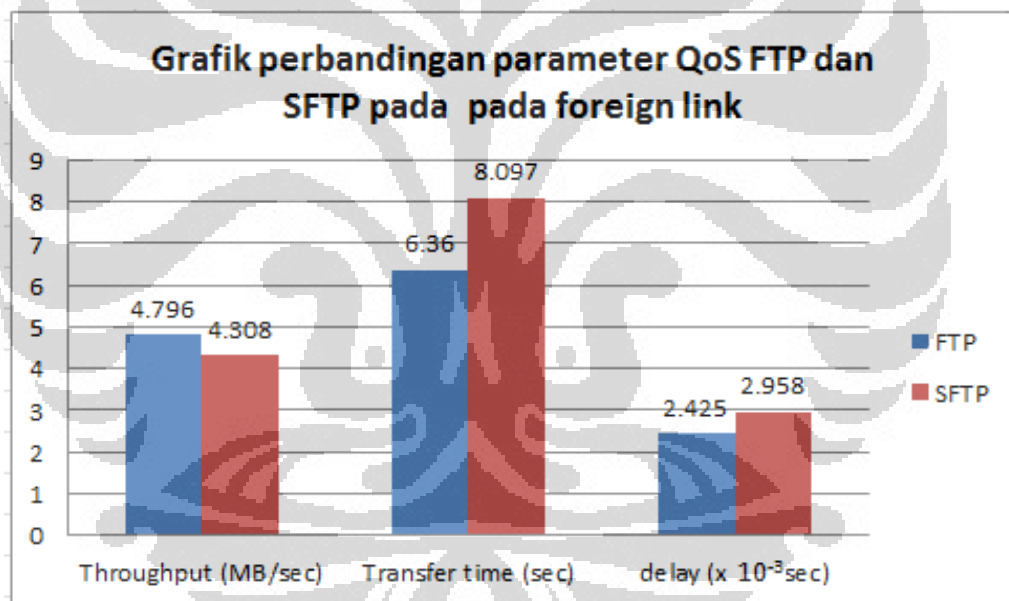
*delay* yang mana pada SFTP besarnya *delay* lebih besar 20.08% dibandingkan saat melakukan pengiriman *file* yang sama menggunakan *protocol* FTP. Gambar 4.16 menunjukkan grafik perbandingan antara FTP dan SFTP pada parameter *throughput* dan *transfer time*.



Adanya perbedaan nilai parameter QoS pada *homelink* pada kedua *protocol* mencerminkan karakteristik masing-masing *protocol* itu sendiri. Pada parameter *throughput*, proses enkapsulasi pada saat enkripsi *file* memakan porsi *bandwidth* yang cukup signifikan sehingga *throughput* yang didapatkan lebih kecil dibandingkan saat menggunakan *protocol* FTP. Pada parameter *transfer time*, *protocol* SFTP memerlukan waktu yang lebih banyak dikarenakan paket yang dikirimkan terlebih dahulu mengalami tahap enkapsulasi data agar data yang dikirimkan terenkripsi sehingga memakan waktu lebih banyak dibandingkan saat menggunakan *protocol* FTP yang tidak melalui tahap enkripsi. Pada parameter *delay*, adanya proses enkripsi *file* menyebabkan jumlah paket yang dikirimkan bertambah dan lamanya waktu pengiriman juga bertambah. Adanya penambahan jumlah paket dan lama transfer inilah yang menyebabkan makin besarnya *delay* di mana *delay* merupakan hasil bagi jumlah waktu keseluruhan dalam pengiriman *file* dibagi jumlah paket pada satu *file* yang dikirimkan.

#### 4.4.2 Analisa Perbandingan FTP dan SFTP pada ForeignLink

Pada *foreignlink* kemudian dianalisa pengaruh perbedaan penggunaan *protocol*. Berdasarkan table 4.13 dapat dilihat bahwa pada *foreignlink* besarnya nilai *throughput* pada *protocol* FTP lebih besar sebanyak 7.43% dibandingkan SFTP pada *foreignlink*. Akibatnya *transfertime* yang diperlukan SFTP untuk mengirimkan data yang sama akan lebih besar 21.45% dibandingkan saat menggunakan *protocol* FTP. Hal ini juga dapat dilihat pada parameter QoS *delay* yang mana pada SFTP besarnya *delay* lebih besar 17.99% dibandingkan saat melakukan pengiriman *file* yang sama menggunakan *protocol* FTP. Grafik pada Gambar 4.17 menunjukkan perbandingan parameter *throughput* dan *transfer time* pada *protocol* FTP dan SFTP.



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan FTP dan SFTP pada ForeignLink

Pada foreign link kembali terlihat pola yang sama seperti home link. Namun demikian, besarnya throughput pada foreign link yang lebih kecil dari pada saat di home link menyebabkan perubahan pada parameter transfer time dan delay. Proses enkapsulasi pada saat enkripsi file memakan porsi bandwidth yang cukup signifikan sehingga throughput yang didapatkan lebih kecil dibandingkan saat menggunakan protocol FTP transfer time, protocol SFTP memerlukan waktu yang lebih banyak dikarenakan paket yang dikirimkan terlebih dahulu mengalami

tahap enkapsulasi data agar data yang dikirimkan terenkripsi sehingga memakan waktu lebih banyak dibandingkan saat menggunakan protocol FTP yang tidak melalui tahap enkripsi. Pada parameter delay, adanya proses enkripsi file menyebabkan jumlah paket yang dikirimkan bertambah dan lamanya waktu pengiriman juga bertambah. Adanya penambahan jumlah paket dan lama transfer inilah yang menyebabkan makin besarnya delay di mana delay merupakan hasil bagi jumlah waktu keseluruhan dalam pengiriman file dibagi jumlah paket pada satu file yang dikirimkan.



## BAB V

### KESIMPULAN

1. Performa jaringan *mobile* IPv6 untuk skenario *transferfile* menggunakan *protocol* FTP lebih cepat daripada *protocol* SFTP.
2. Jenis dan ukuran *file* tidak berpengaruh pada *throughput* dan *delay*. Sedangkan *transfertime* berbanding lurus dengan ukuran *file* pada nilai *throughput* yang tetap.
3. Dari pengukuran dan analisa parameter *throughput*, didapatkan hasil bahwa rata-rata *throughput* untuk *protocol* SFTP pada saat *verticalhandover* lebih kecil 11.43% dari pada rata-rata *throughput* untuk *protocol* FTP.
4. Dari pengukuran dan analisa parameter *transfertime*, didapatkan hasil bahwa rata-rata *transfertime* untuk *protocol* SFTP pada saat *verticalhandover* lebih lambat 21.48% daripada menggunakan *protocol* FTP
5. Dari pengukuran dan analisa parameter *delay*, didapatkan hasil bahwa rata-rata *delay* untuk *protocol* SFTP pada saat *verticalhandover* lebih lambat 17.99% dibandingkan saat menggunakan *protocol* FTP.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Computer Networks, Andrew S. Tanenbaum, 2003
- [2] Data and Computer Communications, Stallings, W. Prentice Hall, 2000
- [3] Dunmore, Martin (2005, September). An IPv6 Deployment Guide. The 6NET Consortium
- [4] An Overview of the Secure Shell (SSH) White Paper. VanDyke Software, Inc. 2008. [http://www.vandyke.com/solutions/ssh\\_overview/ssh\\_overview.pdf](http://www.vandyke.com/solutions/ssh_overview/ssh_overview.pdf). Diakses pada tanggal 8 Juni 2012
- [5] *Windows Server 2008 Introduction to IP Version 6*. Microsoft Corporation, 2008.
- [6] Microsoft(R) Windows(R) Server 2003 White Paper - Understanding *Mobile IPv6*. Microsoft Corporation. Januari 2007. <http://www.microsoft.com/technet/community/columns/cableguy/cg0904.msp>
- [7] Weiss, Rachel. File Transfer Protocol (FTP) Throughput Testing White Paper.  
[http://www.jdsu.com/ProductLiterature/FTP\\_WP\\_acc\\_TM\\_AE.PDF](http://www.jdsu.com/ProductLiterature/FTP_WP_acc_TM_AE.PDF).  
Diakses pada tanggal 8 Juni 2012



Lampiran B.1 Data throughput FTP untuk variasi data berekstensi DOC, PDF, dan JPG

| FTP       |           |        |        |              |        |       |
|-----------|-----------|--------|--------|--------------|--------|-------|
| NO.       | doc       |        |        |              |        |       |
|           | Home Link |        |        | Foreign Link |        |       |
|           | 128KB     | 1MB    | 8MB    | 128KB        | 1MB    | 8MB   |
| 1         | 7.356     | 7.654  | 7.699  | 3.373        | 4.548  | 5.947 |
| 2         | 7.318     | 7.665  | 7.673  | 5.094        | 5.808  | 5.825 |
| 3         | 7.312     | 7.616  | 5.113  | 5.175        | 5.77   | 5.977 |
| 4         | 7.459     | 7.502  | 7.711  | 5.535        | 5.661  | 3.872 |
| 5         | 7.451     | 7.664  | 7.707  | 1.736        | 5.565  | 5.852 |
| 6         | 7.459     | 6.737  |        | 4.889        | 4.566  | 5.142 |
| 7         | 7.445     | 7.625  |        | 5.292        | 5.594  | 5.825 |
| 8         | 6.481     | 7.676  |        | 5.428        | 3.262  | 3.618 |
| 9         | 7.334     | 7.65   |        | 5.513        | 5.559  | 4.782 |
| 10        | 7.474     | 7.658  |        | 5.626        | 5.632  | 5.73  |
| Rata-rata | 7.3089    | 7.5447 | 7.1806 | 4.7661       | 5.1965 | 5.257 |

| FTP       |           |        |        |              |        |        |
|-----------|-----------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| NO.       | pdf       |        |        |              |        |        |
|           | Home Link |        |        | Foreign Link |        |        |
|           | 128KB     | 1MB    | 8MB    | 128KB        | 1MB    | 8MB    |
| 1         | 7.458     | 7.687  | 7.709  | 4.086        | 5.446  | 5.46   |
| 2         | 7.494     | 7.63   | 6.937  | 2.965        | 4.768  | 4.077  |
| 3         | 7.435     | 7.666  | 6.915  | 4.568        | 5.111  | 5.275  |
| 4         | 7.28      | 7.674  | 7.697  | 4.899        | 5.379  | 4.432  |
| 5         | 7.496     | 7.664  | 7.639  | 2.931        | 4.108  | 5.564  |
| 6         | 7.419     | 7.65   |        | 5.206        | 3.894  | 4.894  |
| 7         | 7.513     | 7.603  |        | 4.726        | 4.267  | 5.641  |
| 8         | 7.493     | 6.188  |        | 4.896        | 3.974  | 5.352  |
| 9         | 7.3       | 7.65   |        | 5.222        | 4.098  | 4.335  |
| 10        | 7.493     | 7.671  |        | 5.184        | 3.542  | 4.785  |
| Rata-rata | 7.4381    | 7.5083 | 7.3794 | 4.4683       | 4.4587 | 4.9815 |

| FTP       |           |        |        |              |        |        |
|-----------|-----------|--------|--------|--------------|--------|--------|
|           | jpg       |        |        |              |        |        |
| NO.       | Home Link |        |        | Foreign Link |        |        |
|           | 128KB     | 1MB    | 8MB    | 128KB        | 1MB    | 8MB    |
| 1         | 7.328     | 5.759  | 6.868  | 4.44         | 5.376  | 3.414  |
| 2         | 7.437     | 5.825  | 7.705  | 3.881        | 5.546  | 5.536  |
| 3         | 7.412     | 7.664  | 7.699  | 5.106        | 5.3    | 5.802  |
| 4         | 7.439     | 7.639  | 7.361  | 3.262        | 5.478  | 5.823  |
| 5         | 7.488     | 5.845  | 6.94   | 1.101        | 5.865  | 4.196  |
| 6         |           |        |        | 2.941        | 5.949  | 5.579  |
| 7         |           |        |        | 4.65         | 4.989  | 5.828  |
| 8         |           |        |        | 4.872        | 4.14   | 5.904  |
| 9         |           |        |        | 2.596        | 3.865  | 3.5    |
| 10        |           |        |        | 4.72         | 5.433  | 5.252  |
| Rata-rata | 7.4208    | 6.5464 | 7.3146 | 3.7569       | 5.1941 | 5.0834 |

Lampiran B.2. Data throughput pada SFTP

| SFTP      |             |          |          |         |        |        |
|-----------|-------------|----------|----------|---------|--------|--------|
|           | doc         |          |          |         |        |        |
| NO.       | Home Link 1 |          |          | foreign |        |        |
|           | 128KB       | 1MB      | 8MB      | 128KB   | 1MB    | 8MB    |
| 1         | 4.5866      | 5.240343 | 6.111091 | 2.698   | 3.609  | 4.474  |
| 2         | 6.3105      | 5.401517 | 5.57019  | 4.207   | 3.72   | 4.078  |
| 3         | 6.9602      | 6.786745 | 5.701317 | 5.354   | 4.674  | 4.174  |
| 4         | 5.9472      | 6.622667 | 6.815901 | 4.956   | 4.561  | 4.99   |
| 5         | 6.6716      | 6.968248 | 4.633174 | 5.132   | 4.799  | 3.392  |
| 6         | 6.5926      | 6.242237 | 4.646833 | 3.878   | 4.299  | 3.402  |
| 7         | 8.9233      | 6.734472 | 6.798145 | 5.249   | 4.638  | 4.977  |
| 8         | 6.663       | 7.049561 | 4.63454  | 4.442   | 4.855  | 3.393  |
| 9         | 6.8705      | 6.853538 | 5.708147 | 5.285   | 4.72   | 4.179  |
| 10        | 5.442       | 5.540911 | 5.649413 | 4.535   | 3.816  | 4.136  |
| Rata-rata | 6.49675     | 6.344024 | 5.626875 | 4.5736  | 4.3691 | 4.1195 |

| SFTP      |             |          |          |         |        |        |
|-----------|-------------|----------|----------|---------|--------|--------|
|           | pdf         |          |          |         |        |        |
| NO.       | Home Link 1 |          |          | foreign |        |        |
|           | 128KB       | 1MB      | 8MB      | 128KB   | 1MB    | 8MB    |
| 1         | 7.76387     | 7.910468 | 8.448458 | 4.664   | 5.34   | 5.017  |
| 2         | 7.146289    | 7.067574 | 7.68057  | 4.293   | 4.771  | 4.561  |
| 3         | 8.684414    | 7.666043 | 8.103245 | 5.217   | 5.175  | 4.812  |
| 4         | 8.731024    | 4.432232 | 8.387836 | 5.245   | 2.992  | 4.981  |
| 5         | 6.442147    | 6.805373 | 8.165552 | 3.87    | 4.594  | 4.849  |
| 6         | 6.628587    | 6.119502 | 6.077434 | 3.982   | 4.131  | 3.609  |
| 7         | 5.416731    | 8.027495 | 4.528185 | 3.254   | 5.419  | 2.689  |
| 8         | 6.104226    | 5.349195 | 4.491138 | 3.667   | 3.611  | 2.667  |
| 9         | 6.335611    | 6.565392 | 7.037295 | 3.806   | 4.432  | 4.179  |
| 10        | 6.873288    | 5.94322  | 6.09259  | 4.129   | 4.012  | 3.618  |
| Rata-rata | 7.012619    | 6.588649 | 6.90123  | 4.2127  | 4.4477 | 4.0982 |

| SFTP      |             |          |          |         |        |        |
|-----------|-------------|----------|----------|---------|--------|--------|
|           | jpg         |          |          |         |        |        |
| NO.       | Home Link 1 |          |          | fpreign |        |        |
|           | 128KB       | 1MB      | 8MB      | 128KB   | 1MB    | 8MB    |
| 1         | 9.633273    | 4.075982 | 3.880764 | 4.877   | 3.234  | 2.697  |
| 2         | 8.369115    | 6.234967 | 5.40314  | 4.237   | 4.947  | 3.755  |
| 3         | 6.255603    | 6.449227 | 6.096699 | 3.167   | 5.117  | 4.237  |
| 4         | 8.904407    | 5.849299 | 6.046337 | 4.508   | 4.641  | 4.202  |
| 5         | 11.4268     | 6.53115  | 7.065091 | 5.785   | 5.182  | 4.91   |
| 6         | 9.380441    | 6.913037 | 4.902396 | 4.749   | 5.485  | 3.407  |
| 7         | 5.212673    | 5.774938 | 5.322561 | 2.639   | 4.582  | 3.699  |
| 8         | 9.283654    | 5.002341 | 3.687949 | 4.7     | 3.969  | 2.563  |
| 9         | 10.96261    | 6.701297 | 5.17723  | 5.55    | 5.317  | 3.598  |
| 10        | 9.658951    | 6.490818 | 5.306733 | 4.89    | 5.15   | 3.688  |
| Rata-rata | 8.908752    | 6.002306 | 5.28889  | 4.5102  | 4.7624 | 3.6756 |

Lampiran B.3 Data delay pada FTP

| FTP       |           |         |         |              |         |         |
|-----------|-----------|---------|---------|--------------|---------|---------|
| NO.       | doc       |         |         |              |         |         |
|           | Home Link |         |         | Foreign Link |         |         |
|           | 128KB     | 1MB     | 8MB     | 128KB        | 1MB     | 8MB     |
| 1.00000   | 0.00144   | 0.00145 | 0.00145 | 0.00319      | 0.00239 | 0.00188 |
| 2.00000   | 0.00145   | 0.00144 | 0.00147 | 0.00210      | 0.00191 | 0.00192 |
| 3.00000   | 0.00145   | 0.00145 | 0.00219 | 0.00206      | 0.00192 | 0.00187 |
| 4.00000   | 0.00141   | 0.00148 | 0.00145 | 0.00193      | 0.00196 | 0.00289 |
| 5.00000   | 0.00142   | 0.00144 | 0.00145 | 0.00614      | 0.00199 | 0.00191 |
| 6.00000   | 0.00141   | 0.00165 |         | 0.00218      | 0.00244 | 0.00218 |
| 7.00000   | 0.00142   | 0.00145 |         | 0.00201      | 0.00198 | 0.00192 |
| 8.00000   | 0.00163   | 0.00144 |         | 0.00196      | 0.00340 | 0.00310 |
| 9.00000   | 0.00144   | 0.00145 |         | 0.00193      | 0.00200 | 0.00194 |
| 10.00000  | 0.00141   | 0.00144 |         | 0.00189      | 0.00197 | 0.00196 |
| Rata-rata | 0.00145   | 0.00147 | 0.00160 | 0.00254      | 0.00220 | 0.00216 |

| FTP       |           |         |         |              |         |         |
|-----------|-----------|---------|---------|--------------|---------|---------|
| NO.       | pdf       |         |         |              |         |         |
|           | Home Link |         |         | Foreign Link |         |         |
|           | 128KB     | 1MB     | 8MB     | 128KB        | 1MB     | 8MB     |
| 1.00000   | 0.00142   | 0.00144 | 0.00145 | 0.00262      | 0.00204 | 0.00205 |
| 2.00000   | 0.00141   | 0.00145 | 0.00161 | 0.00358      | 0.00233 | 0.00275 |
| 3.00000   | 0.00142   | 0.00145 | 0.00162 | 0.00238      | 0.00218 | 0.00212 |
| 4.00000   | 0.00145   | 0.00144 | 0.00145 | 0.00221      | 0.00207 | 0.00252 |
| 5.00000   | 0.00141   | 0.00145 | 0.00145 | 0.00367      | 0.00270 | 0.00201 |
| 6.00000   | 0.00143   | 0.00145 |         | 0.00206      | 0.00286 | 0.00229 |
| 7.00000   | 0.00141   | 0.00146 |         | 0.00227      | 0.00261 | 0.00199 |
| 8.00000   | 0.00142   | 0.00180 |         | 0.00218      | 0.00279 | 0.00209 |
| 9.00000   | 0.00145   | 0.00145 |         | 0.00205      | 0.00272 | 0.00258 |
| 10.00000  | 0.00141   | 0.00145 |         | 0.00207      | 0.00314 | 0.00234 |
| Rata-rata | 0.00143   | 0.00148 | 0.00152 | 0.00251      | 0.00254 | 0.00227 |

| FTP       |           |         |         |              |         |         |
|-----------|-----------|---------|---------|--------------|---------|---------|
|           | jpg       |         |         |              |         |         |
| NO.       | Home Link |         |         | Foreign Link |         |         |
|           | 128KB     | 1MB     | 8MB     | 128KB        | 1MB     | 8MB     |
| 1.00000   | 0.00144   | 0.00189 | 0.00163 | 0.00241      | 0.00206 | 0.00328 |
| 2.00000   | 0.00142   | 0.00187 | 0.00145 | 0.00275      | 0.00200 | 0.00202 |
| 3.00000   | 0.00143   | 0.00144 | 0.00145 | 0.00209      | 0.00204 | 0.00193 |
| 4.00000   | 0.00142   | 0.00146 | 0.00152 | 0.00327      | 0.00203 | 0.00192 |
| 5.00000   | 0.00141   | 0.00186 | 0.00161 | 0.00971      | 0.00189 | 0.00267 |
| 6.00000   |           |         |         | 0.00363      | 0.00187 | 0.00201 |
| 7.00000   |           |         |         | 0.00230      | 0.00222 | 0.00192 |
| 8.00000   |           |         |         | 0.00219      | 0.00268 | 0.00190 |
| 9.00000   |           |         |         | 0.00412      | 0.00288 | 0.00169 |
| 10.00000  |           |         |         | 0.00226      | 0.00020 | 0.00213 |
| Rata-rata | 0.00143   | 0.00170 | 0.00153 | 0.00347      | 0.00199 | 0.00215 |

Lampiran B.4 Data Delay pada SFTP

| SFTP      |             |         |         |         |         |         |
|-----------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           | doc         |         |         |         |         |         |
| NO.       | Home Link 1 |         |         | foreign |         |         |
|           | 128KB       | 1MB     | 8MB     | 128KB   | 1MB     | 8MB     |
| 1         | 0.00259     | 0.00224 | 0.00218 | 0.00449 | 0.00336 | 0.00293 |
| 2         | 0.00166     | 0.00218 | 0.00245 | 0.00288 | 0.00325 | 0.00330 |
| 3         | 0.00131     | 0.00173 | 0.00277 | 0.00226 | 0.00259 | 0.00372 |
| 4         | 0.00141     | 0.00177 | 0.00181 | 0.00244 | 0.00265 | 0.00243 |
| 5         | 0.00136     | 0.00169 | 0.00266 | 0.00236 | 0.00252 | 0.00357 |
| 6         | 0.00180     | 0.00188 | 0.00265 | 0.00312 | 0.00282 | 0.00356 |
| 7         | 0.00133     | 0.00174 | 0.00181 | 0.00231 | 0.00261 | 0.00243 |
| 8         | 0.00157     | 0.00167 | 0.00266 | 0.00273 | 0.00249 | 0.00357 |
| 9         | 0.00132     | 0.00172 | 0.00216 | 0.00229 | 0.00257 | 0.00290 |
| 10        | 0.00154     | 0.00212 | 0.00339 | 0.00267 | 0.00317 | 0.00456 |
| Rata-rata | 0.00159     | 0.00187 | 0.00245 | 0.00275 | 0.00280 | 0.00330 |

| SFTP      |             |         |         |         |         |         |
|-----------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NO.       | pdf         |         |         |         |         |         |
|           | Home Link 1 |         |         | foreign |         |         |
|           | 128KB       | 1MB     | 8MB     | 128KB   | 1MB     | 8MB     |
| 1         | 0.00149     | 0.00152 | 0.00141 | 0.00259 | 0.00227 | 0.00241 |
| 2         | 0.00162     | 0.00170 | 0.00155 | 0.00282 | 0.00254 | 0.00266 |
| 3         | 0.00133     | 0.00156 | 0.00147 | 0.00232 | 0.00234 | 0.00251 |
| 4         | 0.00133     | 0.00270 | 0.00142 | 0.00231 | 0.00405 | 0.00243 |
| 5         | 0.00180     | 0.00179 | 0.00143 | 0.00313 | 0.00268 | 0.00245 |
| 6         | 0.00175     | 0.00196 | 0.00196 | 0.00304 | 0.00293 | 0.00336 |
| 7         | 0.00214     | 0.00149 | 0.00264 | 0.00372 | 0.00223 | 0.00450 |
| 8         | 0.00190     | 0.00224 | 0.00266 | 0.00330 | 0.00335 | 0.00454 |
| 9         | 0.00181     | 0.00183 | 0.00201 | 0.00315 | 0.00274 | 0.00343 |
| 10        | 0.00176     | 0.00202 | 0.00196 | 0.00305 | 0.00302 | 0.00335 |
| Rata-rata | 0.00169     | 0.00188 | 0.00185 | 0.00294 | 0.00281 | 0.00316 |

| SFTP      |             |         |         |         |         |         |
|-----------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NO.       | jpg         |         |         |         |         |         |
|           | Home Link 1 |         |         | fpreign |         |         |
|           | 128KB       | 1MB     | 8MB     | 128KB   | 1MB     | 8MB     |
| 1         | 0.00103     | 0.00298 | 0.00321 | 0.00248 | 0.00374 | 0.00449 |
| 2         | 0.00118     | 0.00195 | 0.00231 | 0.00285 | 0.00245 | 0.00323 |
| 3         | 0.00158     | 0.00189 | 0.00204 | 0.00382 | 0.00237 | 0.00286 |
| 4         | 0.00111     | 0.00208 | 0.00206 | 0.00268 | 0.00261 | 0.00288 |
| 5         | 0.00087     | 0.00186 | 0.00176 | 0.00209 | 0.00234 | 0.00247 |
| 6         | 0.00106     | 0.00176 | 0.00254 | 0.00254 | 0.00221 | 0.00356 |
| 7         | 0.00190     | 0.00211 | 0.00234 | 0.00458 | 0.00264 | 0.00327 |
| 8         | 0.00107     | 0.00244 | 0.00338 | 0.00257 | 0.00306 | 0.00473 |
| 9         | 0.00090     | 0.00182 | 0.00241 | 0.00218 | 0.00228 | 0.00337 |
| 10        | 0.00103     | 0.00187 | 0.00235 | 0.00247 | 0.00235 | 0.00328 |
| Rata-rata | 0.00117     | 0.00208 | 0.00244 | 0.00283 | 0.00260 | 0.00341 |

Lampiran B.5 Data transfer time dan jumlah paket pada FTP

| FTP       |               |              |              |               |               |               |              |            |               |               |                |               |
|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| NO.       | DOC           |              |              |               |               |               |              |            |               |               |                |               |
|           | Home Link 1   |              |              |               |               |               | Foreign Link |            |               |               |                |               |
|           | 500KB         |              | 2MB          |               | 8MB           |               | 500KB        |            | 2MB           |               | 8MB            |               |
|           | TT            | Pack et      | TT           | Pack et       | TT            | Pack et       | TT           | Pack et    | TT            | Pack et       | TT             | Pack et       |
| 1         | 0.6           | 418          | 2.378        | 1645          | 9.919         | 6820          | 1.305        | 409        | 4.016         | 1677          | 12.838         | 6814          |
| 2         | 0.603         | 417          | 2.375        | 1646          | 10.002        | 6820          | 0.864        | 411        | 3.133         | 1640          | 13.109         | 6816          |
| 3         | 0.603         | 417          | 2.39         | 1646          | 14.983        | 6833          | 0.851        | 414        | 3.153         | 1640          | 12.776         | 6816          |
| 4         | 0.591         | 418          | 2.426        | 1644          | 9.903         | 6819          | 0.796        | 413        | 3.214         | 1639          | 19.723         | 6816          |
| 5         | 0.592         | 418          | 2.375        | 1645          | 9.908         | 6821          | 2.537        | 413        | 3.269         | 1640          | 13.048         | 6814          |
| 6         | 0.592         | 420          | 2.702        | 1641          |               |               | 0.901        | 414        | 4.003         | 1640          | 14.851         | 6819          |
| 7         | 0.593         | 418          | 2.387        | 1645          |               |               | 0.832        | 413        | 3.252         | 1640          | 13.109         | 6812          |
| 8         | 0.681         | 418          | 2.371        | 1645          |               |               | 0.812        | 415        | 5.578         | 1640          | 21.123         | 6820          |
| 9         | 0.602         | 417          | 2.379        | 1645          |               |               | 0.799        | 413        | 3.273         | 1640          | 13.206         | 6813          |
| 10        | 0.59          | 418          | 2.377        | 1645          |               |               | 0.783        | 415        | 3.231         | 1640          | 13.325         | 6814          |
| Rata-rata | <b>0.6047</b> | <b>417.9</b> | <b>2.416</b> | <b>1644.7</b> | <b>10.943</b> | <b>6822.6</b> | <b>1.048</b> | <b>413</b> | <b>3.6122</b> | <b>1643.6</b> | <b>14.7108</b> | <b>6815.4</b> |

| FTP |           |         |       |         |       |         |              |         |       |         |        |         |
|-----|-----------|---------|-------|---------|-------|---------|--------------|---------|-------|---------|--------|---------|
| NO. | PDF       |         |       |         |       |         |              |         |       |         |        |         |
|     | Home Link |         |       |         |       |         | Foreign Link |         |       |         |        |         |
|     | 128KB     |         | 1MB   |         | 8MB   |         | 128KB        |         | 1MB   |         | 8MB    |         |
|     | TT        | Pack et | TT    | Pack et | TT    | Pack et | TT           | Pack et | TT    | Pack et | TT     | Pack et |
| 1   | 0.607     | 427     | 2.57  | 1782    | 8.382 | 5763    | 1.106        | 422     | 5.446 | 3.625   | 11.83  | 5770    |
| 2   | 0.605     | 428     | 2.589 | 1781    | 9.315 | 5775    | 1.529        | 427     | 4.768 | 4.141   | 15.841 | 5768    |
| 3   | 0.609     | 428     | 2.577 | 1783    | 9.345 | 5773    | 0.989        | 416     | 5.111 | 3.863   | 12.244 | 5768    |
| 4   | 0.622     | 428     | 2.574 | 1782    | 8.393 | 5773    | 0.923        | 418     | 5.379 | 3.67    | 14.579 | 5779    |
| 5   | 0.60      | 427     | 2.578 | 1784    | 8.398 | 5774    | 1.543        | 420     | 4.108 | 4.81    | 11.60  | 5763    |

|           |              |              |               |               |               |               |               |              |               |              |                |               |
|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
|           | 4            |              |               |               |               |               |               |              |               | 7            |                |               |
| 6         | 0.61<br>1    | 427          | 2.582         | 1781          |               |               | 0.869         | 421          | 3.894         | 5.07<br>1    | 13.2           | 5772          |
| 7         | 0.60<br>3    | 427          | 2.598         | 1781          |               |               | 0.957         | 422          | 4.267         | 4.62<br>7    | 11.45          | 5765          |
| 8         | 0.60<br>5    | 427          | 3.21          | 1788          |               |               | 0.924         | 423          | 3.974         | 4.97<br>2    | 12.06<br>8     | 5767          |
| 9         | 0.62         | 427          | 2.582         | 1780          |               |               | 0.866         | 422          | 4.098         | 4.81<br>7    | 14.90<br>3     | 5770          |
| 10        | 0.60<br>4    | 427          | 2.575         | 1781          |               |               | 0.873         | 422          | 3.542         | 5.57<br>4    | 13.49<br>9     | 5766          |
| Rata-rata | <b>0.609</b> | <b>427.3</b> | <b>2.6435</b> | <b>1782.3</b> | <b>8.7666</b> | <b>5771.6</b> | <b>1.0579</b> | <b>421.3</b> | <b>4.4587</b> | <b>4.517</b> | <b>13.1221</b> | <b>5768.8</b> |

| FTP       |               |              |               |               |               |               |               |              |               |               |                |              |
|-----------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| NO.       | JPG           |              |               |               |               |               |               |              |               |               |                |              |
|           | Home Link     |              |               |               |               |               | Foreign Link  |              |               |               |                |              |
|           | 128KB         |              | 1MB           |               | 8MB           |               | 128KB         |              | 1MB           |               | 8MB            |              |
|           | TT            | Pack et      | TT            | Pack et       | TT            | Pack et       | TT            | Pack et      | TT            | Pack et       | TT             | Pack et      |
| 1         | 0.60<br>7     | 421          | 3.35<br>1     | 1773          | 9.70<br>1     | 5955          | 1.00<br>1     | 416          | 3.57<br>5     | 1732          | 19.50<br>9     | 594<br>5     |
| 2         | 0.59<br>9     | 421          | 3.31<br>3     | 1772          | 8.64<br>5     | 5952          | 1.14<br>5     | 417          | 3.46<br>6     | 1732          | 12.03<br>3     | 594<br>6     |
| 3         | 0.60<br>1     | 421          | 2.50<br>9     | 1737          | 8.65<br>2     | 5951          | 0.87<br>416   | 3.54<br>1732 | 11.47<br>9    | 594<br>4      |                |              |
| 4         | 0.59<br>8     | 421          | 2.51<br>8     | 1773          | 9.04<br>9     | 5949          | 1.36<br>3     | 417<br>9     | 3.50<br>1732  | 11.43<br>8    | 594<br>5       |              |
| 5         | 0.59<br>4     | 420          | 3.30<br>1     | 1772          | 9.60<br>2     | 5955          | 4.03<br>8     | 416<br>8     | 3.27<br>1733  | 15.9<br>7     | 595<br>7       |              |
| 6         |               |              |               |               |               |               | 1.51<br>1     | 416          | 3.23<br>2     | 1732          | 11.93<br>8     | 594<br>4     |
| 7         |               |              |               |               |               |               | 0.95<br>6     | 416          | 3.85<br>4     | 1735          | 11.43<br>8     | 594<br>8     |
| 8         |               |              |               |               |               |               | 0.91<br>2     | 416          | 4.64<br>4     | 1730          | 11.28<br>2     | 594<br>8     |
| 9         |               |              |               |               |               |               | 1.71<br>6     | 417          | 4.97<br>4     | 1729          | 10.02<br>9     | 594<br>8     |
| 10        |               |              |               |               |               |               | 0.94<br>2     | 416          | 3.53<br>8     | 1730<br>4     | 12.68<br>2     | 594<br>5     |
| Rata-rata | <b>0.5998</b> | <b>420.8</b> | <b>2.9984</b> | <b>1765.4</b> | <b>9.1298</b> | <b>5952.4</b> | <b>1.6834</b> | <b>416.4</b> | <b>3.4736</b> | <b>1732.2</b> | <b>14.0718</b> | <b>594.7</b> |



Lampiran B.6 Data transfer time dan jumlah paket pada SFTP

| SFTP      |                      |            |                      |                  |                      |                  |                    |            |                    |                  |                     |                  |
|-----------|----------------------|------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------|------------------|---------------------|------------------|
| NO.       | doc                  |            |                      |                  |                      |                  |                    |            |                    |                  |                     |                  |
|           | Home Link 1          |            |                      |                  |                      |                  | FOREIN LINK        |            |                    |                  |                     |                  |
|           | 500KB                |            | 2MB                  |                  | 8MB                  |                  | 500KB              |            | 2MB                |                  | 8MB                 |                  |
|           | TT                   | Pac ket    | TT                   | Pac ket          | TT                   | Pac ket          | TT                 | Pac ket    | TT                 | Pac ket          | TT                  | Pac ket          |
| 1         | 0.921<br>62          | 356        | 3.319<br>475         | 148<br>0         | 13.57<br>721         | 622<br>4         | 1.5<br>89          | 354        | 4.9<br>63          | 147<br>9         | 18.2<br>51          | 622<br>4         |
| 2         | 0.591<br>02          | 356        | 3.219<br>817         | 148<br>0         | 15.25<br>845         | 622<br>4         | 1.0<br>19          | 354        | 4.8<br>14          | 147<br>9         | 20.5<br>11          | 622<br>4         |
| 3         | 0.464<br>58          | 356        | 2.563<br>012         | 148<br>0         | 17.23<br>058         | 622<br>4         | 0.8<br>01          | 354        | 3.8<br>32          | 147<br>9         | 23.1<br>62          | 622<br>4         |
| 4         | 0.501<br>7           | 356        | 2.625<br>883         | 148<br>0         | 11.23<br>759         | 622<br>4         | 0.8<br>65          | 354        | 3.9<br>26          | 147<br>9         | 15.1<br>06          | 622<br>4         |
| 5         | 0.484<br>3           | 356        | 2.496<br>128         | 148<br>0         | 16.53<br>129         | 622<br>4         | 0.8<br>35          | 354        | 3.7<br>32          | 147<br>9         | 22.2<br>22          | 622<br>4         |
| 6         | 0.640<br>9           | 356        | 2.786<br>406         | 148<br>0         | 16.50<br>526         | 622<br>4         | 1.1<br>05          | 354        | 4.1<br>66          | 147<br>9         | 22.1<br>87          | 622<br>4         |
| 7         | 0.473<br>28          | 356        | 2.582<br>409         | 148<br>0         | 11.26<br>735         | 622<br>4         | 0.8<br>16          | 354        | 3.8<br>61          | 147<br>9         | 15.1<br>46          | 622<br>4         |
| 8         | 0.559<br>7           | 356        | 2.467<br>367         | 148<br>0         | 16.52<br>683         | 622<br>4         | 0.9<br>65          | 354        | 3.6<br>89          | 147<br>9         | 22.2<br>16          | 622<br>4         |
| 9         | 0.470<br>38          | 356        | 2.538<br>265         | 148<br>0         | 13.42<br>024         | 622<br>4         | 0.8<br>11          | 354        | 3.7<br>95          | 147<br>9         | 18.0<br>4           | 622<br>4         |
| 10        | 0.548<br>1           | 356        | 3.139<br>556         | 148<br>0         | 21.11<br>01          | 622<br>4         | 0.9<br>45          | 354        | 4.6<br>94          | 147<br>9         | 28.3<br>77          | 622<br>4         |
| Rata-rata | <b>0.565<br/>558</b> | <b>356</b> | <b>2.773<br/>832</b> | <b>148<br/>0</b> | <b>15.26<br/>649</b> | <b>622<br/>4</b> | <b>0.9<br/>751</b> | <b>354</b> | <b>4.1<br/>472</b> | <b>147<br/>9</b> | <b>20.5<br/>218</b> | <b>622<br/>4</b> |

| SFTP      |                      |            |                      |                  |                      |                  |                    |            |                    |                  |                    |                  |
|-----------|----------------------|------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| NO.       | PDF                  |            |                      |                  |                      |                  |                    |            |                    |                  |                    |                  |
|           | Home Link            |            |                      |                  |                      |                  | FOREIGN LINK       |            |                    |                  |                    |                  |
|           | 128KB                |            | 1MB                  |                  | 8MB                  |                  | 128KB              |            | 1MB                |                  | 8MB                |                  |
|           | TT                   | Pac<br>ket | TT                   | Pac<br>ket       | TT                   | Pac<br>ket       | TT                 | Pac<br>ket | TT                 | Pac<br>ket       | TT                 | Pac<br>ket       |
| 1         | 0.543<br>431         | 364        | 2.437<br>82          | 160<br>6         | 7.437<br>148         | 526<br>5         | 0.9<br>44          | 364        | 3.6<br>49          | 160<br>6         | 5.0<br>17          | 12.<br>708       |
| 2         | 0.590<br>636         | 364        | 2.723<br>09          | 160<br>6         | 8.181<br>565         | 526<br>5         | 1.0<br>26          | 364        | 4.0<br>76          | 160<br>6         | 4.5<br>61          | 13.<br>98        |
| 3         | 0.485<br>864         | 364        | 2.510<br>641         | 160<br>6         | 7.749<br>078         | 526<br>5         | 0.8<br>44          | 364        | 3.7<br>58          | 160<br>6         | 4.8<br>12          | 13.<br>241       |
| 4         | 0.483<br>562         | 364        | 4.342<br>514         | 160<br>6         | 7.490<br>99          | 526<br>5         | 0.8<br>4           | 364        | 6.5                | 160<br>6         | 4.9<br>81          | 12.<br>8         |
| 5         | 0.655<br>111         | 364        | 2.870<br>736         | 160<br>6         | 7.534<br>297         | 526<br>5         | 1.1<br>38          | 364        | 4.2<br>97          | 160<br>6         | 4.8<br>49          | 12.<br>874       |
| 6         | 0.636<br>69          | 364        | 3.144<br>648         | 160<br>6         | 10.33<br>991         | 526<br>5         | 1.1<br>06          | 364        | 4.7<br>07          | 160<br>6         | 3.6<br>09          | 17.<br>668       |
| 7         | 0.778<br>88          | 364        | 2.397<br>736         | 160<br>6         | 13.88<br>057         | 526<br>5         | 1.3<br>53          | 364        | 3.5<br>89          | 160<br>6         | 2.6<br>89          | 23.<br>718       |
| 8         | 0.691<br>378         | 364        | 3.597<br>606         | 160<br>6         | 13.98<br>942         | 526<br>5         | 1.2<br>01          | 364        | 5.3<br>85          | 160<br>6         | 2.6<br>67          | 23.<br>904       |
| 9         | 0.659<br>141         | 364        | 2.934<br>871         | 160<br>6         | 10.55<br>761         | 526<br>5         | 1.1<br>45          | 364        | 4.3<br>93          | 160<br>6         | 4.1<br>79          | 18.<br>04        |
| 10        | 0.640<br>144         | 364        | 3.238<br>179         | 160<br>6         | 10.31<br>357         | 526<br>5         | 1.1<br>12          | 364        | 4.8<br>47          | 160<br>6         | 3.6<br>18          | 17.<br>623       |
| Rata-rata | <b>0.616<br/>484</b> | <b>364</b> | <b>3.019<br/>784</b> | <b>160<br/>6</b> | <b>9.747<br/>416</b> | <b>526<br/>5</b> | <b>1.0<br/>115</b> | <b>358</b> | <b>4.0<br/>699</b> | <b>156<br/>3</b> | <b>18.<br/>531</b> | <b>542<br/>9</b> |

| SFTP          |                      |            |                      |                  |                     |                  |                    |            |                    |                  |                    |                  |
|---------------|----------------------|------------|----------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| NO.           | jpg                  |            |                      |                  |                     |                  |                    |            |                    |                  |                    |                  |
|               | Home Link            |            |                      |                  |                     |                  | Home Link 2        |            |                    |                  |                    |                  |
|               | 128KB                |            | 1MB                  |                  | 8MB                 |                  | 128KB              |            | 1MB                |                  | 8MB                |                  |
|               | TT                   | Pac<br>ket | TT                   | Pac<br>ket       | TT                  | Pac<br>ket       | TT                 | Pac<br>ket | TT                 | Pac<br>ket       | TT                 | Pac<br>ket       |
| 1             | 0.368<br>08          | 358        | 4.665<br>418         | 156<br>3         | 17.42<br>682        | 542<br>9         | 0.8<br>87          | 358        | 5.8<br>52          | 156<br>3         | 24.<br>379         | 542<br>9         |
| 2             | 0.423<br>686         | 358        | 3.050<br>22          | 156<br>3         | 12.51<br>881        | 542<br>9         | 1.0<br>21          | 358        | 3.8<br>26          | 156<br>3         | 17.<br>513         | 542<br>9         |
| 3             | 0.566<br>851         | 358        | 2.948<br>971         | 156<br>3         | 11.09<br>558        | 542<br>9         | 1.3<br>66          | 358        | 3.6<br>99          | 156<br>3         | 15.<br>522         | 542<br>9         |
| 4             | 0.397<br>958         | 358        | 3.251<br>123         | 156<br>3         | 11.18<br>493        | 542<br>9         | 0.9<br>59          | 358        | 4.0<br>78          | 156<br>3         | 15.<br>647         | 542<br>9         |
| 5             | 0.310<br>399         | 358        | 2.911<br>501         | 156<br>3         | 9.572<br>279        | 542<br>9         | 0.7<br>48          | 358        | 3.6<br>52          | 156<br>3         | 13.<br>391         | 542<br>9         |
| 6             | 0.378<br>039         | 358        | 2.751<br>257         | 156<br>3         | 13.80<br>979        | 542<br>9         | 0.9<br>11          | 358        | 3.4<br>51          | 156<br>3         | 19.<br>319         | 542<br>9         |
| 7             | 0.680<br>139         | 358        | 3.293<br>377         | 156<br>3         | 12.70<br>609        | 542<br>9         | 1.6<br>39          | 358        | 4.1<br>31          | 156<br>3         | 17.<br>775         | 542<br>9         |
| 8             | 0.381<br>774         | 358        | 3.806<br>796         | 156<br>3         | 18.34<br>109        | 542<br>9         | 0.9<br>2           | 358        | 4.7<br>75          | 156<br>3         | 25.<br>658         | 542<br>9         |
| 9             | 0.323<br>263         | 358        | 2.838<br>156         | 156<br>3         | 13.06<br>565        | 542<br>9         | 0.7<br>79          | 358        | 3.5<br>6           | 156<br>3         | 18.<br>278         | 542<br>9         |
| 10            | 0.367<br>25          | 358        | 2.929<br>838         | 156<br>3         | 12.74<br>398        | 542<br>9         | 0.8<br>85          | 358        | 3.6<br>75          | 156<br>3         | 17.<br>828         | 542<br>9         |
| Rata-<br>rata | <b>0.419<br/>744</b> | <b>358</b> | <b>3.244<br/>666</b> | <b>156<br/>3</b> | <b>13.24<br/>65</b> | <b>542<br/>9</b> | <b>1.0<br/>115</b> | <b>358</b> | <b>4.0<br/>699</b> | <b>156<br/>3</b> | <b>18.<br/>531</b> | <b>542<br/>9</b> |