

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Adapun beberapa penelitian terkait tentang Perbandingan ION-DTN dan IBR-DTN menggunakan *Raspberry Pi* dapat dilihat sebagai berikut:

Penelitian tentang *Pengembangan Sistem Aplikasi Pengiriman Data Daerah Terpencil Berbasis Delay Tolerant Network*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengirim data dari TPU ke KPUD kemudian diteruskan KPU kota, di mana akses Internet di TPU sangat terbatas. Aplikasi ini menggunakan protokol DTN di mana *DTN mule* berupa laptop sebagai kurir digital untuk mengirim data dari TPU ke KPUD. Metode yang dipakai dalam protokol DTN ini menggunakan metode *Store-carry-forward*. Berdasarkan pengujian dan analisis sistem ini berjalan dengan baik. Waktu yang diperlukan untuk mengirim data dari 100 TPS adalah 3,0906 detik. Kelemahan sistem ini adalah pembangunan sistem yang mahal karena menggunakan laptop sebagai *DTN mule* atau *router*. Namun sistem ini sangat *user friendly* untuk mengirim data dari TPS karena sistem ini secara otomatis menyimpan data berupa alamat TPS dan hasil (Siswanti, 2013).

Penelitian tentang *Analisa Kerja Protocol TCP/IP dan DTN Pada jaringan Multi Jalur* bertujuan meneliti kinerja DTN yang mengatasi kelemahan pada protokol *TCP/IP* yang tidak mampu menangani masalah konektivitas. Penelitian ini menggunakan enam buah *PC* dan dua buah *switch* dan dua buah *PC router*. Dari hasil pengujian, *delay* pada protokol *TCP/IP* 3,3 kali lebih kecil dibandingkan dengan protokol DTN sedangkan *throughput* pada protokol DTN 7,5% lebih cepat dibandingkan protokol *TCP/IP*. Kelemahan dari sistem ini adalah pembangunan sistem yang mahal, apabila terjadi gangguan listrik sistem ini tidak dapat digunakan dan diperlukan waktu yang cukup lama untuk *maintenance* dan perbaikan apabila terjadi *troubleshooting*. Namun sistem ini Handal dalam mengirim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

file dalam kondisi *intermittent connectivity* dan *non-intermittent connectivity*. (Naisuty, 2012).

Penelitian tentang *Implementasi Interplanetary Overlay Network Pada Delay Tolerant Network Sebagai Jaringan Transmisi Dalam Pencarian Korban Bencana Alam* meneliti tentang implementasi jaringan DTN pada suatu tempat yang telah terjadi bencana alam. Dalam jaringan ini, *router* yang dipakai adalah *Raspberry pi* dengan menggunakan *drone*. Sehingga jaringan ini dapat mengirim data yang sulit dijangkau, dan sistem ini mudah dikembangkan. Namun pembangunan sistem ini sangat mahal karena menggunakan *drone* untuk menjangkau area bencana alam dan *drone* memiliki batas jangkauan sehingga tidak dapat menjangkau area yang sangat jauh. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa implementasi jaringan DTN menggunakan *drone* berhasil menggunakan *software ION-DTN. Throughput* yang dihasilkan dari dua kali pengujian pada jaringan ini adalah di bawah 80 *ms* (Runi, 2017).

Penelitian tentang *Implementasi Publish-Subscribe Pada Delay Tolerant Network (DTN)* bertujuan menerapkan jaringan DTN untuk *publisher* dan *subscriber* yang memiliki konektivitas Internet yang rendah. Sistem ini menggunakan tiga *node* yaitu *node publisher*, *node subscriber* dan *node broker*. Ketiga *node* ini dijalankan dalam mesin virtual dalam sebuah komputer. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan mengirim *file* sebanyak 1000 hingga 5000 *file*. Dari hasil pengujian, *file* yang dikirim 100% sampai ke tujuan. Kelemahan sistem ini adalah sistem ini memerlukan komputer dengan spesifikasi tinggi dan apabila terjadi gangguan listrik sistem tidak berjalan. Dan keunggulan dari sistem ini adalah mudah dikembangkan seperti pengembangan keamanan data dan kelebihan yang diperlukan *user* (Jannatin, 2017).

Penelitian tentang *Implementasi Aplikasi Pengiriman File Pada Protokol DTN* meneliti tentang implementasi aplikasi transfer *file* menggunakan jaringan DTN. Sistem ini menggunakan enam buah *server*,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dua di antaranya sebagai *server*, empat buah *router* dan dua buah *switch*. Pengujian dilakukan dengan cara mengirim *file* secara *public* maupun *private* menggunakan aplikasi yang telah dibuat menggunakan bahasa pemrograman *PHP*. Dari hasil pengujian *file* yang dikirim berhasil sampai ke tujuan baik secara *private* maupun *public*. Keunggulan sistem ini adalah sistem ini memiliki tingkat keamanan data yang tinggi karena data yang dikirim dapat di-*monitoring* dan memiliki *form login* untuk melakukan pertukaran data. Kelemahan dari sistem ini adalah jaringan yang dibangun sangat kompleks sehingga memerlukan waktu yang lama untuk *maintenance* sebuah sistem, membangun sistem dan perbaikan apabila terjadi masalah dan implementasi sistem ini memerlukan biaya yang mahal (Janitra, 2014).

2.2 Pengertian *Delay Tolerant Network* (DTN)

Delay Tolerant Network (DTN) adalah sebuah jaringan yang dirancang dapat beroperasi pada jarak yang sangat jauh dengan lancar. Dalam kondisi seperti itu, *latency* yang sangat panjang tidak dapat dihindari, biasanya diukur dalam jam atau hari. *Delay Tolerant Network* juga merupakan model arsitektur yang meningkatkan keamanan infrastruktur jaringan dari akses yang tidak sah. (Forest Warthman. 2011)

Konsep *Delay Tolerant Network* (DTN) pertama kali dikenalkan oleh Kevin Fall, untuk diterapkan pada jaringan dengan waktu tunda yang lama dan koneksi yang tidak dapat dipastikan. DTN merupakan arsitektur jaringan untuk menyediakan solusi bagi jaringan yang memiliki konektivitas yang terputus-putus, *long delay*, kecepatan data yang berbeda dan *undelivered rate* yang tinggi. DTN menyediakan model komunikasi *store-carry-forward*, yaitu model komunikasi yang dapat mengirimkan data berupa *bundle* yang dapat disimpan dan diteruskan oleh DTN. Model komunikasi ini bertumpu pada mobilitas *node* untuk mengirimkan data antara *node* yang terpisah secara geografis. DTN menerapkan konsep simpan dan teruskan seperti yang digunakan sistem pos. Keseluruhan pesan atau pecahannya (*fragment*) dipindahkan dari tempat penyimpanan di

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sebuah titik (*node*) ke titik lain pada jalur antara sumber dan tujuan. Arsitektur DTN menyediakan metode interkoneksi antara *gateway* yang heterogen atau *proxy* dengan menyediakan rute untuk pesan secara *store and forward*. Arsitektur DTN menyediakan layanan yang hampir sama dengan *email*, namun lebih menekankan pada penamaan (*naming*), *rute (routing)*, dan kemampuan keamanan. *Node* tidak selalu mendukung kemampuan yang diperlukan oleh arsitektur tersebut, kemungkinan karena tidak didukung layer aplikasi *proxy* yang berfungsi sebagai aplikasi DTN.

Fall menyatakan bahwa arsitektur DTN didasarkan pada sejumlah prinsip sebagai berikut:

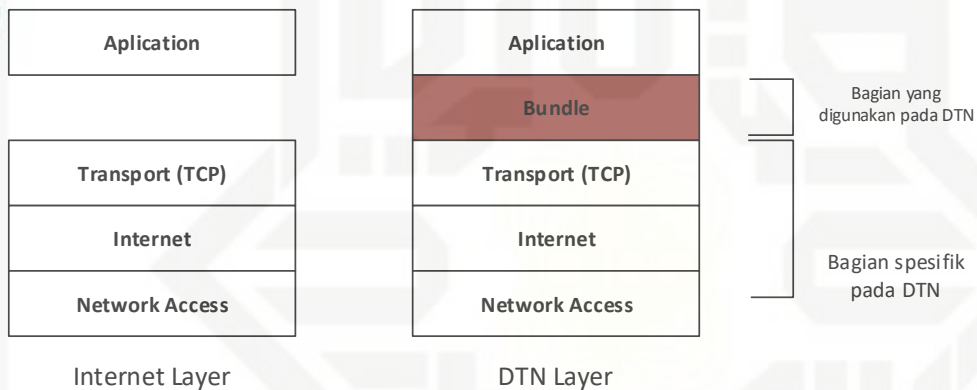
1. Penggunaan variabel tunda (*delay*) yang panjang dalam komunikasi bertujuan membantu dan meningkatkan kemampuan jaringan dalam menyediakan penjadwalan atau keputusan pemilihan jalur yang dilalui.
2. Penggunaan sintak penamaan yang mendukung berbagai penamaan dan konvensi pemberian alamat untuk meningkatkan interoperabilitas.
3. Penggunaan penyimpanan (*storage*) dalam jaringan untuk mendukung operasi *store and forward* pada beberapa jalur di mana tidak terdapat jalur *end-to-end*, dalam rentang waktu yang panjang, dalam hal ini tidak mengharuskan keandalan jalur *end-to-end*.
4. Menyediakan mekanisme keamanan yang melindungi infrastruktur dari penggunaan yang tidak sah dengan pemutusan *traffic* secepat mungkin.
5. Menyediakan layanan, pilihan pengiriman, dan mempertahankan umur data dan memberikan kesempatan pada jaringan agar mengirim data lebih baik sehingga memenuhi kebutuhan aplikasi. (Kevill Fall 2003)

2.3 Bundle Layer

Arsitektur DTN mengimplementasikan metode *store and forward* dengan menggunakan lapisan protokol baru yang disebut *bundle layer*. *Bundle layer* terletak di atas *layer transport* atau layer lainnya pada suatu jaringan yang *ter-hosted* dan di mana di dalamnya terdapat berbagai aplikasi. Perangkat yang mengimplementasikan *bundle layer* disebut sebagai DTN

nodes. Bentuk-bentuk *bundle layer* tersebut ada yang dijadikan sebagai tempat penyimpanan yang *persistent* untuk membantu mengurangi adanya gangguan jaringan. (Sri Desy Siswanti. 2013)

Bundle layer menyediakan sejumlah fungsionalitas mirip dengan *gateway layer* Internet yang dijelaskan dalam ARPANET. Namun, *bundle layer* berbeda dengan ARPANET *gateways* karena *bundle layer* ini merupakan *layer-agnostic* dan lebih terfokus pada *virtual message forwarding* dari pada terfokus pada *packet switching*.



Gambar 2.1 Lapisan TCP/IP dan Lapisan DTN
 (Sumber: Forrest Warthman 2011)

Lapisan *bundle* berada di antara lapisan *transport* dan *application* dalam lapisan OSI. Sebuah protokol *bundle layer* digunakan di seluruh jaringan yang tercakup dalam DTN . DTN menerapkan konsep simpan dan teruskan seperti yang digunakan sistem pos. Keseluruhan pesan atau pecahannya (*fragment*) dipindahkan dari tempat penyimpanan di sebuah titik (*node*) ke titik lain pada jalur antara sumber dan tujuan.

Durasi penyimpanan pesan atau data pada setiap *node* DTN, secara signifikan lebih lama dari durasi penyimpanan pada *router* TCP/IP. Jadi semua DTN *node* yang berada pada suatu jaringan, perlu mempunyai kapasitas penyimpanan yang cukup besar. Media yang dapat digunakan yaitu *hard disk* dan *flash memory* sebagai tempat penyimpanan sementara.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sehubungan dengan jaringan sementara (*link-intermittency*), DTN mendukung transmisi ulang *node* ke *node* dengan metode *store and forward*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 .



Gambar 2.2 Metode Store and Forward
(Sumber: Forest Warthman 2011)

DTN bergantung pada pertukaran pesan (*message switching*) secara *store and forward*. Secara khusus setiap *node* DTN dalam jaringan lokal akan mengirimkan pesan ke *node-node* lainnya melewati rute, di mana pesan tersebut akan diteruskan dari sumber hingga ke tujuan . Pada saat transmisi, *bundle* dapat dipisah atau difragmentasi ke dalam beberapa bagian. Arsitektur DTN tidak selalu menganggap tersedianya jaringan dan mengatur bahwa *node* akan menyimpan *bundle* dalam selang waktu tertentu.

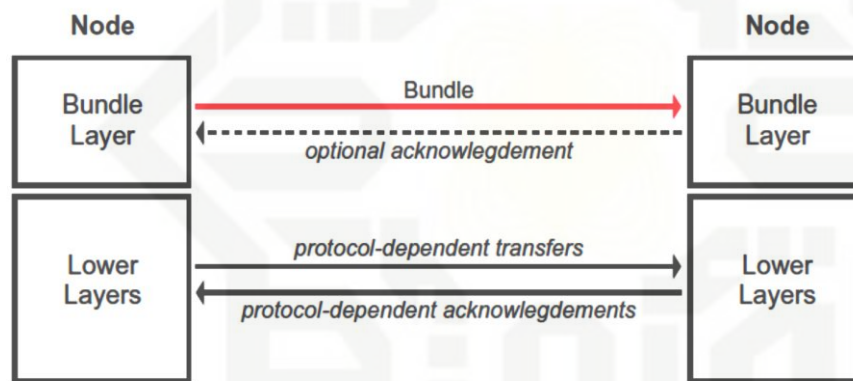
Bundles-based forwarding memiliki elemen esensial di mana *bundle* akan menunggu dalam antrean hingga terdapat kesempatan komunikasi atau kontak pada jaringan. Hal ini didukung oleh beberapa asumsi yaitu:

1. Media penyimpanan tersedia dan terdistribusi secara merata pada keseluruhan jaringan.
2. Media penyimpanan mampu menyimpan *bundle* hingga terjadi pengiriman data pada *node* selanjutnya.
3. Secara implisit model *store and forward* merupakan pilihan yang lebih baik dibandingkan dengan usaha agar terdapat koneksi terus menerus.

Pendekatan terhadap jaringan yang tidak memiliki koneksi *end-to-end* antara *node*, jaringan dengan koneksi sementara dengan tingkat latensi yang

tinggi, *node* yang jarang terhubung dan sering mengalami gangguan, menjadi acuan sejumlah kelompok peneliti dalam pengembangan DTN. (Sri Desy Siswanti 2013)

Pada jaringan yang koneksinya tidak selalu ada dan memiliki waktu tunda yang panjang, protokol yang membutuhkan percakapan seperti TCP, akan membutuhkan waktu yang panjang dan gagal untuk berkomunikasi. Oleh karena itu, DTN menyediakan lapisan *bundle* yang berkomunikasi dengan lapisan *bundle* lainnya menggunakan sesi sederhana yang terdapat fasilitas ACK. Diagram pengiriman ACK oleh lapisan *bundle* dengan lapisan-lapisan yang ada di bawahnya ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



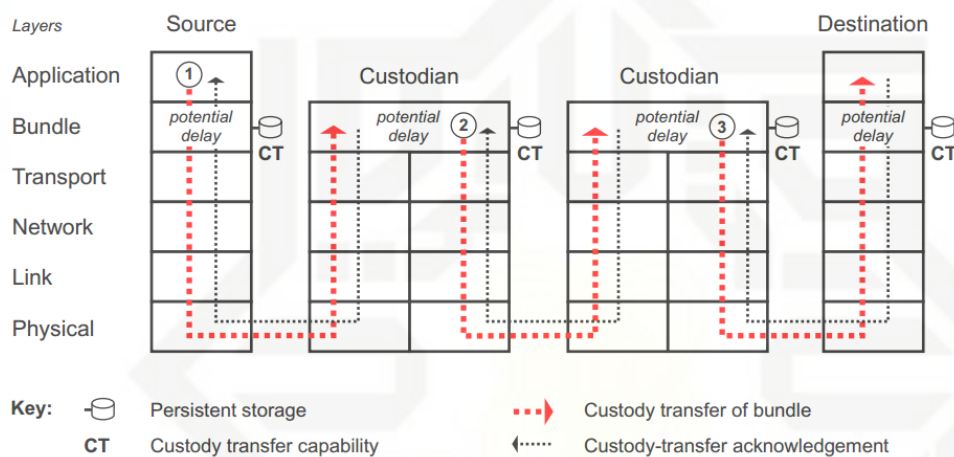
Gambar 2.3 ACK pada Lapisan *Bundle*
 (Sumber: Forest Warthman 2011)

2.4 Custody Transfer

DTN mendukung pengiriman kembali dari satu *node* ke *node* lain untuk data yang rusak dan hilang pada kedua lapisan *transport* dan *bundle*. Akan tetapi karena tidak ada lapisan *transport* tunggal yang bekerja *end-to-end* pada DTN, maka reliabilitas *end-to-end* hanya dapat diimplementasikan di lapisan *bundle*

Pengiriman kembali pada DTN ini menggunakan *custody transfers*. *Custody transfers* atau “pengiriman data tahanan” ini dilakukan pada *node-node* yang telah berhasil menerima sebuah *bundle*. Sebuah *node* yang akan

mengirim suatu *bundle* akan meminta *node* berikutnya mengirim *bundle acknowledgment*. Apabila *node* selanjutnya telah siap menerima sebuah *bundle* maka *acknowledgment* akan dikirim ke *node* sebelumnya. Apabila waktu yang diberikan *node* sumber untuk menunggu *acknowledgment* dari *node* berikutnya telah melebihi batas *time-to-live* (waktu hidup) *bundle*, maka *bundle* akan dihapuskan dari *storage node* tersebut.



Gambar 2.4 Custody Transfers pada DTN
 (Sumber: Forest Warthman 2011)

Custody transfers tidak menyediakan reliabilitas *end-to-end*. Hal ini dapat dilakukan apabila sebuah sumber meminta *custody transfer* sekaligus dengan *return receipt*. *Return receipt* dikirim kepada *node* sebelumnya untuk memberitahu bahwa *bundle* telah diterima. Sehingga, *node* sumber harus memiliki salinan *bundle* tersebut hingga menerima *return receipt* dari *node* selanjutnya, dan *bundle* akan dikirim lagi ketika *return receipt* tidak diterima dalam waktu yang ditentukan. (Lidya Amalia Rahmania. 2013)

2.5 Software DTN

2.5.1 IBR-DTN

IBR-DTN adalah implementasi *bundle protocol* dan *daemon* DTN. IBR-DTN memiliki tujuan pengembangan sebagai *platform* DTN ringan yang dapat berfungsi di berbagai platform. IBR-DTN dikembangkan oleh *Institute of Operating Systems and Computer Networks Technische*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Universit`at Braunschweig yang berlokasi di Jerman. Selain bersifat *multiplatform* IBR-DTN juga memiliki kelebihan lain berupa implementasi ringan yang disebabkan minimnya ketergantungan IBR-DTN akan *library* di luar paket instalasinya. Untuk saat ini IBR-DTN mendukung sejumlah sistem operasi, yaitu Android, OpenWRT, Gentoo Linux, Debian/Ubuntu, Windows, MAC, dan Debian ARM (Galih Putro Dwi Setyo. 2017).

2.5.2 ION-DTN (The Interplanetary Overlay Network)

ION merupakan software open source yang digunakan sebagai software implementasi DTN sesuai dengan Internet RFC 4838, yang digunakan pada lingkungan yang terdapat di komputer penerbangan pada ruang angkasa. <https://sourceforge.net/projects/ion-dtn/> (Diakses 8 Mei, 2018)

2.6 Jaringan Komputer

Jaringan Komputer dapat diartikan sebagai suatu himpunan interkoneksi sejumlah komputer. Dua buah komputer dikatakan membentuk suatu *network* atau jaringan komputer bila keduanya dapat saling bertukar informasi (Andi Supriyadi, 2007).

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

Protokol adalah spesifikasi formal yang mendefinisikan prosedur-prosedur yang harus diikuti ketika mengirim dan menerima data Protokol mendefinisikan jenis, waktu, urutan dan pengecekan kesalahan yang digunakan dalam jaringan. *Transmission Control Protokol/Internet Protocol* (TCP/IP) merupakan protokol untuk mengirim data antar komputer pada jaringan. Protokol ini merupakan protokol yang digunakan untuk akses Internet dan digunakan untuk komunikasi global. TCP/IP terdiri atas dua protokol yang terpisah. TCP/IP menggunakan pendekatan lapisan (*layer*) pada saat membangun protokol ini. Dengan adanya pendekatan berlapis ini memungkinkan dibangunnya beberapa layanan kecil untuk tugas-tugas khusus. (Werner, 1996).

TCP/IP terdiri dari empat layer, yaitu:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- (a) *Application Layer*, di dalam layer ini terdapat aplikasi seperti FTP, Telnet, SMTP, dan NFS.
- (b) *Transport Layer*, dalam layer ini TCP dan UDP berfungsi menambahkan *data transport* ke paket dan melewatkannya ke layer Internet.
- (c) *Internet Layer*, di dalam layer ini protokol internet yang digunakan untuk mengangkut datagrams (paket).
- (d) *Network Layer*, layer ini mengelola dan menyediakan prosedur pengiriman data pada jaringan.

TCP/IP dikirimkan ke setiap jaringan lokal sebagai *subnet* yang masing-masing *subnet* telah diberi alamat. IP yang menggunakan pengalamatan disebut dengan *IP Address*. *IP* ini digunakan untuk mengidentifikasi *subnet* dan *host* dalam TCP/IP (Staff of Linux Journal, 2004).

2.6.2 Internet Protocol version 4 (IPv4)

Dalam jaringan komputer, pemberian alamat IP merupakan hal yang sangat penting karena pemberian alamat ini merupakan identifikasi suatu komputer pada jaringan sehingga memiliki identitas yang unik. Dengan adanya *IP address* maka dapat diketahui sumber ataupun tujuan dari pengiriman paket. Ipv4 menggunakan notasi biner yang memiliki panjang 32 bit. Pada dasarnya, arsitektur IPv4 menganut konsep *classful addressing*, yaitu pembagian ruang alokasi alamat ke dalam 5 kelas (50% A, 25% B, 12.5% C, 6.25% D, dan 6.25% E). Bila direpresentasikan dengan notasi desimal, pembagian kelas ini dapat dilihat dari *byte*/oktet pertama.

Kelas IP	Byte Pertama
A	0 - 127
B	128 - 191
C	192 - 223
D	224 - 247
E	248 - 255

Tabel 1. Pembagian kelas IP

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dari kelima kelas di atas, jenis alamat yang sering dipakai adalah alamat kelas A,B, dan C, sedangkan alamat kelas D biasanya digunakan untuk keperluan multicasting dan kelas E untuk keperluan Experimental. Pada IPv4 dikenal juga istilah subnet mask yaitu biner 32 bit yang digunakan untuk membedakan Network ID dan Host ID.

2.6.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer berukuran kecil yang memiliki ukuran seperti kartu tanda penduduk yang dapat Anda hubungkan ke televisi atau layar komputer dan keyboard.

Perangkat ini adalah komputer kecil yang mumpuni, dapat digunakan untuk proyek elektronik dan dapat melakukan banyak hal layaknya PC desktop atau komputer Anda. Seperti menjalankan program perkantoran untuk membuat laporan, membuat dokumen, browsing Internet bahkan memainkan permainan. Selain itu alat ini juga dapat memutar video beresolusi tinggi.

Raspberry Pi Foundation merupakan yayasan nirlaba yang pertama kali mengembangkan produk ini. Tujuan awal diproduksinya Raspberry pi adalah untuk digunakan oleh orang dewasa dan anak-anak di seluruh dunia untuk belajar pemrograman digital.

Berikut Ini Tabel Spesifikasi Perbedaan Tiap Model *Raspberry Pi*

Product	SoC	Speed	RAM	USB Ports	Ethernet	Wireless /Bluetooth
Raspberry Pi Model A+	BCM2835	700Mhz	512MB	1	No	No
Raspberry Pi Model B+	BCM2835	700Mhz	512MB	4	Yes	No
Raspberry Pi 2 Model B	BCM2836 or BCM2837	900Mhz	1GB	4	Yes	No
Raspberry Pi 3 Model B	BCM2837	1200Mhz	1GB	4	Yes	Yes
Raspberry Pi Zero	BCM2835	1000Mhz	512MB	1	No	No
Raspberry Pi Zero W	BCM2835	1000Mhz	512MB	1	No	Yes

Tabel 2. Spesifikasi Perbedaan Model *Raspberry Pi*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 QoS (Quality of Service)

QoS (*Quality of Service*), sebagaimana dijelaskan dalam rekomendasi CCITT E.800 adalah efek kolektif dari kinerja layanan yang menentukan derajat kepuasan seorang pengguna terhadap suatu layanan.

QoS adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik bagi layanan yang melewatinya. (Ningsih, 2004).

QoS (*Quality of Service*) : “*the collective effect of service performance which determines the degree of satisfaction of a user of the service*”. International Telecommunication Union. (TIPHON, 1999).

Dapat disimpulkan bahwa QoS (*Quality of Service*) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *delay*. Parameter QoS adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, *MOS*, *echo cancellation* dan *PDD*.

Nilai	Persentase %	Index
3,8 - 4	95 - 100	Sangat Memuaskan
3 - 3,79	75 - 94,75	Memuaskan
2 - 2,99	50 - 74,75	Kurang Memuaskan
1 - 1,99	25 - 49,75	Jelek

Tabel 3. Index parameter QoS

Sumber : TIPHON (1999)

2.7.1 Parameter-parameter QoS (*Quality of Service*)

Berikut ini merupakan parameter yang terdapat pada QoS :

a. *Throughput*

Yaitu kecepatan (*rate*) *transfer* data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama *interval* waktu tertentu dibagi oleh durasi *interval* waktu tersebut. (Zenhadi, 2011)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	100 %	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	< 25 %	1

Sumber : TIPHON (1999)

Tabel 4. *Throughput*

Persamaan perhitungan *throughput* :

$$\textit{Throughput} = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} \quad (2.1)$$

b. Packet Loss

Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan. Nilai packet loss sesuai dengan versi TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) (Joesman 2008) sebagai berikut :

Kategori Degradasi	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

Tabel 5 *Packet Loss*

Sumber : TIPHON (1999)

Persamaan perhitungan *packet loss* : (2.2)

$$\textit{Packet Loss} = \frac{(\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima})}{\text{Paket data yang dikirim}} \times 100 \%$$

c. Delay (Latency)

Adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kongesti atau juga waktu proses yang lama. Menurut versi TIPHON (Joesman 2008), *delay* dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kategori Latensi	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150ms	4
Bagus	150 s/d 300ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

Tabel 6 *One-Way Delay/Latensi*

Sumber : TIPHON (1999)

Persamaan perhitungan *delay* :

$$Delay \text{ rata-rata} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (2.3)$$

d. Jitter atau Variasi Kedatangan Paket

Hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrean, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan *jitter*. *Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan *latency*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. Terdapat empat kategori penurunan performa jaringan berdasarkan nilai *peak jitter* sesuai dengan versi TIPHON (Joesman 2008), yaitu :

Kategori Latensi	Peak Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	75 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

Tabel 7 *Jitter*

Sumber : TIPHON (1999)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Persamaan perhitungan *jitter* :

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (2.4)$$

Total variasi *delay* diperoleh dari :

$$\text{Total variasi delay} = \text{Delay} - \text{Rata-rata Delay}$$

2.7.2 Penyebab QoS yang Buruk

Terdapat beberapa faktor pengganggu dalam jaringan yang menyebabkan turunnya nilai QoS, yaitu : redaman, distorsi dan *noise*.

2.7.3 Perbaikan QoS (*Quality of Service*)

Dalam usaha menjaga dan meningkatkan nilai QoS, dibutuhkan teknik untuk menyediakan utilitas jaringan, yaitu dengan mengklasifikasikan dan memprioritaskan setiap informasi sesuai dengan karakteristiknya masing-masing. Contohnya, terdapat paket data yang bersifat sensitif terhadap *delay* tetapi tidak sensitif terhadap *packet loss* seperti *VoIP*, ada juga paket yang bersifat sensitif terhadap *packet loss* tetapi tidak sensitif terhadap *delay* seperti *transfer data*. (Universitas Gunadarma. 2011)