

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini akan mengacu terhadap kajian pustaka – pustaka sebelumnya dimana telah banyak dilakukan penelitian tentang analisa kualitas jaringan layanan data internet pada jaringan 3G dengan hasil-hasil yang sudah di publikasikan sebagai berikut ini :

Wulandari (2016). Melakukan penelitian yang membahas tentang analisis QoS (*quality of service*) pada jaringan internet (studi kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI) dengan dilakukan pengukuran *qualitas of service* menggunakan software *Wireshark* dengan pengukuran nilai paket *loss*, *throughput*, *delay*, dan *jitter* dengan pengumpulan data jaringan pada masing-masing gedung dilakukan pada saat jam kerja antara pukul 07.30 WIB – 16.00 WIB dan pada saat jam pulang kantor antara pukul 16.00 WIB – 22.00 WIB. Pengukuran ini dilakukan dari sisi *client*, untuk mengecek respon jaringan masing-masing gedung. Rata-rata indeks yang diperoleh untuk setiap gedung dengan hasil rekapitulasi parameter QoS berdasarkan standar (TIPHON) yang dimana nilai *throughput* pada jam kantor dengan indeks = 37,72 bps (sedang) dan pada jam pulang kantor = 63.31 bps (sedang), *delay/latency* pada jam kantor = 21,95 ms (sangat bagus) dan pada jam pulang kantor = 11,03 ms (sangat bagus), *packet loss* pada jam kantor = 0 % (sangat bagus) dan pada jam pulang kantor = 0 % (sangat bagus).

Hermawan (2014). Melakukan penelitian yang membahas tentang optimasi jaringan UMTS untuk layanan voice dan data pada wilayah tol Cileunyi-Pasteur, kota Bandung dengan dengan dilakukan kegiatan *optimization* dan *drive test* pada jaringan 3G XL layanan *voice* dan data, dengan tujuan mendapatkan nilai standar KPI kemudian membandingkan dengan nilai standar KPI operator dan melakukan optimasi performansi jaringan 3G di Area sektorTol Cileunyi-Pasteur berdasarkan parameter KPI *driver test* parameter *voice* yaitu, CSRR (*Call Set Up Success Ratio*), *Call Drop Rate*, SHO *Success Rate* dan parameter data PDP *Context Activation Success Rate*, PDP *Context Drop Rate*, PS *Throughput*, *Inter-frequency Hard Handover Success Rate* pada tanggal 31 Mei 2015 dengan 5 kali pengambilan data berdasarkan kecepatan kendaraan 60 km/jam dan 80 km/jam pada masing-masing *Idle Mode voice*

dan data dengan hasil berdasarkan statistik *coverge* dan *quality* terhadap nilai *dropped call*, *brocked call*, dan *low throughput* tidak memenuhi standar KPI operator XL sehingga perlu dilakukan optimasi pada Area sektor tol Cileunyi-Pasteur.

Riyasa (2013). Melakukan penelitian yang membahas tentang analisis kualitas jaringan internet berbasis *high speed downlink packet access* (HSDPA) pada wilayah urban di kota Malang dengan metode *driver test* yang bertujuan untuk mengamati kualitas jaringan internet yang meliputi *delay end-to-end* probabilitas *packet loss* dan *throughput* pada wilayah kota Malang yaitu di Universitas Brawijaya dengan dilakukan driver test oleh salah satu provider telekomunikasi di Indonesia kemudian dilakukan perbandingan secara teori dengan membuktikan semakin tinggi gedung yang menjadi penghalang dalam propagasi gelombang maka semakin besar nilai *pathlossnya*. Sehingga dihasilkan semakin besar faktor utilisasi maka semakin besar *delay* dan *packet loss* yang menyebabkan menurunnya nilai *throughput* yaitu dengan kenaikan faktor utilisasi 88,89 % maka *delay* mengalami kenaikan 27,78 % dan juga pada saat *pathloss* mengalami kenaikan 9,07 % maka nilai *throughput* mengalami penurunan sebesar 56 %.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Konsep Dasar Sistem WCDMA

Hermawan (2014). Pada sistem generasi ketiga ini didesain untuk komunikasi multimedia untuk komunikasi *person-to-person* dapat disajikan dengan tingkat kualitas gambar dan video yang baik, dan akses terhadap informasi serta layanan-layanan pada publik dan *private network* akan disajikan dengan data *rate* dan kemampuan sistem komunikasi pada generasi ketiga ini lebih fleksibel. Sistem ini merupakan evolusi dari sistem CDMA. Infrastrukturnya mampu mendukung *user* dengan data *rate* tinggi, mendukung operasi yang bersifat asinkron, *bandwidth* secara keseluruhan 5 MHz dan didesain untuk dapat berdampingan dengan sistem GSM. Sehingga sistem ini didesain dengan karakteristik tertentu dengan parameter parameter sebagai berikut:

- a. WCDMA merupakan suatu *system wideband Direct Sequence Code Division Multiple Access* (DS-CDMA), dalam penjelasannya bit-bit informasi ditebar pada sebuah *wide bandwidth* dengan cara perkalian antara data user dengan

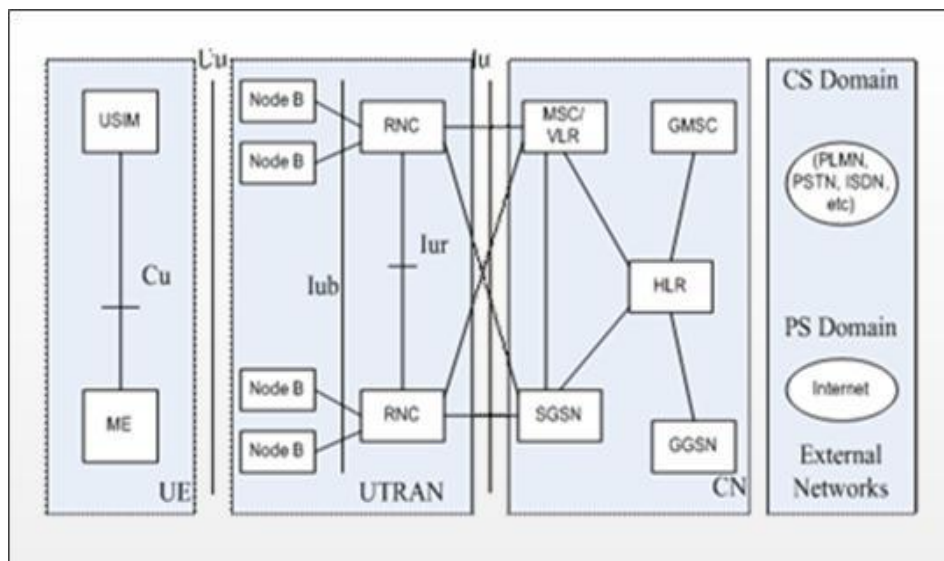
bit-bit quads-random (disebut *chip-chip*) yang berasal dari kode-kode *spreading* CDMA.

- b. *Chip rate* dengan nilai 3.84 Mbps memandu sinyal *user* pada sebuah *carrier bandwidth* yaitu kira-kira 5 MHz. Sistem DS CDMA biasanya yang dipakai sebelumnya dengan *bandwidth* sekitar 1 MHz, seperti pada IS-95, secara umum digunakan sebagai dasar *narrowband* pada system CDMA. Sudah menjadi sifat dari *wide carrier bandwidth* dari WCDMA mendukung *high user data rate*.
- c. Sistem WCDMA mendukung *variable data rates user* yang cukup besar. *Data rate user* dijaga konstan selama tiap 10, 20, 40 dan 80 ms *frame* tergantung kebutuhan QoSnya. Namun, kapasitas data diantara *user-user* dapat berubah dari *frame to frame*.
- d. WCDMA mendukung operasi dua mode dasar yakni terdiri dari *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Pada mode FDD, frekuensi-frekuensi *carrier* dipisah 5 MHz untuk penggunaan *uplink* dan *downlink* masing-masing, sedangkan pada mode TDD hanya satu frekuensi 5 MHz dengan waktu yang dipakai bergantian (*time-shared*) antara *uplink* dan *downlink*. Dengan *uplink* sebagai koneksi dari *mobile user* ke arah *basestation*, dan *downlink* sebagai koneksi dari *basestation* ke arah *mobile*.

2.2.2 Arsitektur Jaringan 3G UMTS

Hermawan (2014). Teknologi telekomunikasi *wireless* generasi ketiga (3G) yaitu UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) merupakan suatu evolusi dari GSM, dimana interface radionya adalah WCDMA, serta mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk aplikasi-aplikasi dengan QoS yang berbeda. Pada prinsipnya WCDMA dirancang khusus sehingga bisa menyediakan fasilitas yang beragam mulai dari data, teks, suara, maupun gambar dan video. Selain itu sistem pengiriman pada WCDMA menggunakan laju bit yang bervariasi sesuai dengan jenis informasi yang dikirim sehingga lebih efisien. Pada pentransmisianya juga terdapat kontrol yaitu dengan mengatur semua kanal fisik dalam *frame* yang mempunyai panjang yang sama (10 ms) dengan melalui kanal fisik yang terpisah.

Arsitektur jaringan UMTS yang menggunakan WCDMA sebagai *air interface* dapat dilihat pada gambar 1 :



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan
Sumber : (Hermawan, 2014)

Jaringan arsitektur UMTS digambarkan seperti gambar, dimana menggunakan *air interface* WCDMA dan merupakan evolusi atau perkembangan dari jaringan inti GSM, terdiri atas 3 daerah yang saling berinteraksi, yaitu *Core Network* (CN), *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN), dan *User Equipment* (UE) atau *Mobile Station* (MS).

1. UE (*User Equipment*)

UE (*User Equipment*) merupakan perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. UE terdiri dari *Mobile Equipment* (ME) dan *UMTS Subscriber Identity Module* (USIM) atau yang dikenal dengan *smart card*.

2. UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*)

Utran terdiri dari *Radio Network System* (RNS), dimana setiap RNS meliputi RNC, dianalogikan dengan GSM BSC dan *Node B* sebagai BTS. Tidak seperti Abis pada GSM, *interface Iub* bersifat terbuka, maksudnya bahwa operator jaringan dapat memperoleh *Note B* dari satu vendor lain. GSM BSC tidak terhubung satu dengan yang lainnya, sementara *interface Iur* menghubungkan antar RNC. Fungsi utama *interface Iur* adalah mendukung mobilitas inter-RNC dan *soft handover* antara *Node B* yang terhubung dengan RNC yang berbeda.

Perangkat pelanggan atau UE terdiri dari *Mobile Equipment* (ME) dan UMTS *Subscriber Identity Module* (USIM) atau yang dikenal dengan *smart card*. UTRAN berhubungan dengan UE lain melalui *interface* Uu. UTRAN berhubungan dengan CN melalui *interface* Iu yang terdiri dari *interface* Iu-CS yang mendukung layanan *circuit-switch*, dan *interface* Iu-PS yang mendukung layanan *packet-switch*. *Interface* Iu-CS menghubungkan RNS ke MSC dan memiliki kesamaan dengan *interface* GSM. *Interface* Iu-PS menghubungkan RNC ke SGSN dan memiliki analog dengan *interface* Gb GPRS. Dalam 3GPP Rel. 1999, seluruh *interface* pada UTRAN, sebagaimana *interface* antara UTRAN dan CN, menggunakan *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) sebagai mekanisme *transport*.

Di dalam UTRAN terdapat beberapa elemen jaringan, di antaranya adalah *node B* dan RNC (*Radio Network Controller*).

a. *Node B*

Node B sama dengan *Base Station* di dalam jaringan GSM. *Node B* merupakan unit fisik untuk mengirim atau menerima frekuensi pada sel. *Node B* tunggal dapat mendukung baik mode FDD maupun TDD dan dapat *co-located* dengan GSM BTS. *Node B* berhubungan dengan UE melalui *interface* radio Uu dan berhubungan dengan RNC melalui *interface* Iub ATM. Tugas utama *Node B* adalah mengkonversi data antara *interface* Iub dan Uu, termasuk *Forward Error Correction* (FEC), W-CDMA *spreading/dispreading* dan modulasi QPSK pada *interface* radio. *Node B* mengukur kualitas dan kekuatan hubungan dan menentukan *Frame Error Rate* (FER), transmisi data ke RNC sebagai laporan pengukuran pada *handover* dan penggabungan *macro diversity*.

b. RNC (*Radio Network Controller*)

RNC yang mengontrol *Node B* dibawahnya disebut dengan CRNC (*Controlling RNC*). CRNC bertanggung jawab manajemen sumber radio yang tersedia pada *Node B* yang mendukung. RNC yang *menghubungkan* UE dengan CN disebut SRNC (*Serving RNC*). Selama UE beroperasi, SRNC mengontrol sumber radio yang digunakan oleh UE dan mengakhiri *interface* Iu ke dan dari CN untuk layanan yang digunakan oleh UE. UTRAN mendukung *soft handover*, terjadi antara *Node B* yang dikontrol oleh RNC

yang berbeda. Selama dan setelah *soft handover* antara RNC, kemungkinan ditemukan situasi dimana UE berhubungan dengan *Node B* yang dikontrol oleh RNC tetapi bukan SRNC. RNC yang demikian disebut DRNC (*Drift RNC*).

c. CN (*Core Network*)

Core Network berfungsi sebagai *switching* pada jaringan UMTS, manajemen jaringan serta sebagai *interface* antara jaringan UMTS dengan jaringan yang lainnya.

d. MSC (*Mobile Switching Center*)

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

e. VLR (*Visitor Location Register*)

VLR merupakan *database* yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan terutama mengenai Area sektor dari pelanggan pada cakupan Area sektorn jaringan.

f. HLR (*Home Location Register*)

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

g. SGSN (*Serving GPRS Support Node*)

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

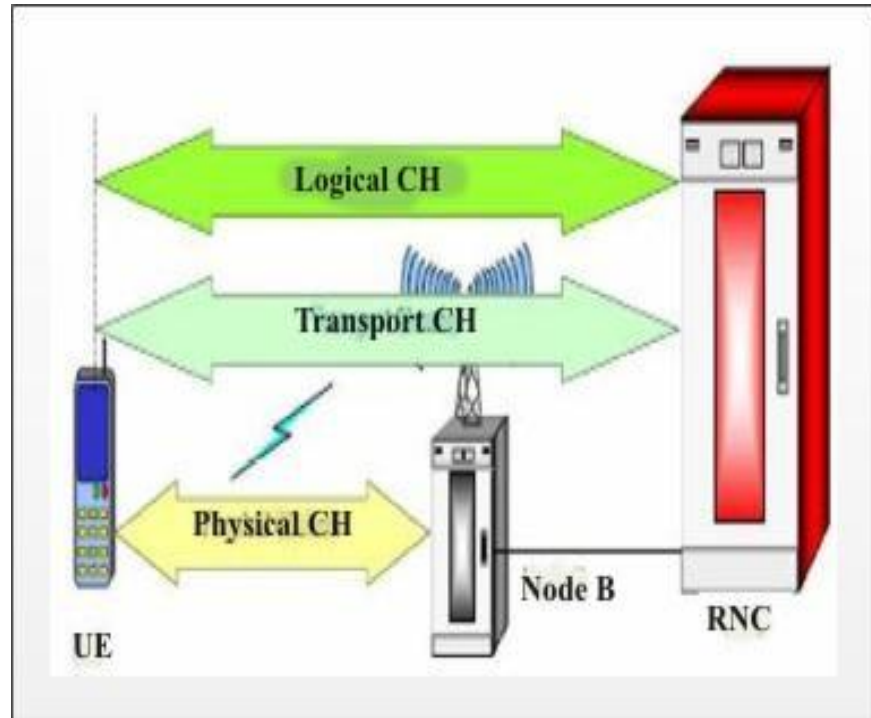
- Mengantarkan paket data ke MS
- *Update* pelanggan ke HLR
- Registrasi pelanggan baru

h. GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)

GGSN berfungsi sebagai gerbang penghubung dari jaringan GPRS ke jaringan paket data standard (PDN). GGSN berfungsi dalam menyediakan fasilitas Internet working dengan eksternal *packet-switch network* dan dihubungkan dengan SGSN via Internet Protokol (IP).

2.2.3 Model Kanal Pada UMTS

Kaputri (2013). Kanal - kanal pada UMTS terbagi atas tiga bagian yaitu seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini :



Gambar 2. 2 Tipe Kanal pada UMTS

Sumber : (Kaputri, 2013)

1. Kanal *Logic*

Digunakan sebagai *interface* antara RLC dan layer MAC yang berisi tipe-tipe informasi yang akan di kirimkan. Secara umum terdapat dua jenis kanal *transport*, yaitu CTCH (*Common Transport Channels*) dan DTCH (*Dedicated Transport Channels*).

2. Kanal *Transport*

Digunakan sebagai *interface* antara MAC dan layer *Physical* yang berisikan bagaimana data dikirimkan melalui radio *interface* WCDMA. Pada dasarnya terdapat dua kanal *logic* yang kontrol *channels* dan *traffic channels*

3. Kanal Fisik

Sinyal yang di transmisikan melalui kanal radio untuk arah *uplink* dan *downlink*.

2.2.4 Parameter Kualitas Jaringan dan Layanan Data Internet

QoS (*Quality of Service*) didefinisikan suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan. Tujuan dari QoS adalah untuk memuaskan kebutuhan layanan yang berbeda, yang menggunakan infrastuktur yang sama. QoS pada UMTS dalam penelitian ini adalah parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan yaitu *delay*, *packet loss* dan *throughput* dengan menggunakan standarisasi *Telecomunikasi and Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON) sebagai berikut:

1. *End-to-End Delay*

Riyasa (2013). *End-to-End Delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber sampai ke tujuan. *End-to-End Delay* pada jaringan UMTS merupakan penjumlahan waktu yang dibutuhkan pada perjalanan paket dari sumber ke tujuan adalah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$t_{net} = t_{ED} + t_W + t_T + t_P \quad (2.1)$$

dengan : t_{net} = *delay* jaringan *end to end* (ms)

Andriani., (2014). *Delay end-to-end* ditentukan berdasarkan arsitektur sistem dan merupakan penjumlahan *delay* yang ada dalam perjalanan paket dari *host* sumber ke *host* tujuan dengan penjelasan *delay* dari *host* sumber ke *host* tujuan dengan formula perhitungan pada persamaan :

a. *Delay enkapsulasi dekapulasi*

Waktu yang dibutuhkan untuk proses pemaketan data sebelum dikirim ke *host* tujuan dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_{enc} = \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \quad (2.2)$$

$$t_{dec} = \frac{W_{frame\ total}}{c} \times 8 \quad (2.3)$$

$$c = 2B \times \log_2 n \quad (2.4)$$

dengan :

t_{enc} = *delay* enkapsulasi (ms)

t_{dec} = *delay* dekapulasi (ms)

$W_{frame\ total}$ = panjang frame ethernet

c = kecepatan transmisi kanal/ Bit Rate (bps)

$$n = \text{Jumlah bit (bps)}$$

$$t_{ED} = t_{enc} + t_{dec} \quad (2.5)$$

b. *Delay Transmisi*

Delay transmisi adalah waktu yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket multimedia ke media transmisi. *Delay transmisi* dapat dirumuskan :

$$t_T = \frac{W}{c} \times 8 \quad (2.6)$$

dengan :

$$t_T = \text{delay transmisi (ms)}$$

$$W = \text{panjang frame yang dikirim}$$

$$C = \text{kecepatan transmisi kanal (bps)}$$

c. *Delay propagasi*

Delay propagasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan paket multimedia melalui media transmisi dari *server* ke *client*.

$$t_P = \frac{d_{\max}}{v} \quad (2.7)$$

dengan :

$$t_P = \text{delay propagasi (ms)}$$

$$d_{\max} = \text{jarak jangkauan basestation dan subscriber station (m)}$$

$$v = \text{kecepatan sinyal pada media wireless (m/s)}$$

d. *Delay antrian*

Delay antrian adalah waktu di mana paket data berada dalam antrian untuk diproses oleh *server*, lamanya waktu antrian bergantung pada kecepatan saluran dan kondisi antrian. *Delay antrian* dapat dihitung menggunakan model antrian M/M/1 dengan persamaan :

$$\mu = \frac{c}{w} \quad (2.8)$$

$$\lambda_w = \mu \rho \quad (2.9)$$

$$t_w = \frac{\lambda_w}{\mu(\mu - \lambda_w)} + \frac{1}{\mu} \quad (2.10)$$

Sedangkan nilai ρ dapat menggunakan persamaan (Setiawan, 2016):

$$\rho = \frac{\text{Throughput}}{\text{Bandwidth (bps)}} \times 100 \% \quad (2.11)$$

dengan :

- t_w = *delay* antrian (ms)
- λ_w = kecepatan kedatangan (paket/s)
- μ = waktu pelayanan (paket/s)
- ρ = faktor utilisi sistim nirkabel
- c = kapasitas kanal

Performansi jaringan untuk parameter *delay* berdasarkan standar TIPHON adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Pengelompokan *delay* standar (TIPHON)

<i>Delay (ms)</i>	Kualitas
$t_{end-to-end} < 150$	Sangat Baik
$150 \leq t_{end-to-end} \leq 300$	Baik
$300 < t_{end-to-end} \leq 450$	Sedang
$t_{end-to-end} > 450$	Buruk

Sumber : (TIPHON)

2. *Throughput*

Riyasa (2013). *Throughput* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui *bandwidth* yang benar-benar diterima oleh *client* atau jumlah data yang diterima dalam keadaan baik terhadap waktu total transmisi yang dibutuhkan dari sumber ke penerima. *Throughput* adalah *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute internet yang spesifik ketika sedang *download* suatu file. Walaupun memiliki satuan dan rumus yang sama dengan *bandwidth*, tetapi *throughput* lebih pada menggambarkan *bandwidth* yang sebenarnya (aktual) pada suatu waktu tertentu dan pada kondisi dan jaringan internet tertentu yang digunakan untuk mendownload suatu file dengan ukuran tertentu. Berikut adalah formula perbandingan *throughput* dengan *bandwidth* :

$$\gamma = \frac{1}{t_v} = \frac{(1-\rho_{tot})}{t_1[1+(\alpha-1)\rho_{tot}]} \quad (2.12)$$

$$\gamma (\%) = \frac{\gamma}{C_{UE}} \times 100\% \quad (2.13)$$

dengan :

α = konstanta propagasi

C_{UE} = kecepatan UMTS yang ditawarkan operator

ρ_{tot} = paket loss total

γ = *throughput* (paket/s)

t_1 = waktu pengiriman paket (s)

Kemampuan *throughput* dalam menopang *hardware* (perangkat keras) disebut dengan *bandwidth*. Faktor-faktor yang menentukan *throughput* adalah piranti jaringan, tipe data yang ditransfer, topologi jaringan, banyaknya pengguna jaringan, spesifikasi *computer client/server* dan beberapa faktor lainnya. Standar performansi jaringan untuk parameter *throughput* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Pengelompokan nilai *throughput* standar (TIPHON)

<i>Throughput</i> (%)	Kualitas
$75 < \gamma \leq 100$	Sangat Baik
$50 < \gamma \leq 75$	Baik
$25 \leq \gamma \leq 50$	Sedang
$\gamma > 25$	Buruk

Sumber : (TIPHON)

3. *Packet loss*

Packet loss merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya jumlah paket yang hilang atau tidak sampai ke tujuan ketika melakukan pengiriman data dari sumber ke tujuan. Semakin kecil nilai *packet loss* dalam suatu jaringan maka semakin baik pula kinerja yang dimiliki jaringan tersebut.

Paket hilang dapat disebabkan oleh pembuangan paket di jaringan (*network lost*) atau pembuangan paket di *gateway*/terminal sampai kedatangan terakhir (*late lost*). *Network Lost* secara normal disebabkan kemacetan (*router buffer overflow*), perubahan rute secara seketika, kegagalan *link*, dan *losty link* pada saluran nirkabel. Kemacetan atau kongesti pada jaringan merupakan penyebab utama dari paket hilang. Untuk

proses perhitungan nilai *packet loss* dapat dilihat pada persamaan (Wulandari, 2011) :

$$\rho_{tot} = 1 - ((1 - \rho_{net})(1 - \rho_{TCP/IP})) \quad (2.14)$$

$$\rho_{tot}(\%) = \rho_{tot} \times 100\% \quad (2.15)$$

Untuk *packet loss* yang terjadi pada jaringan dan dan paket loss yang terjadi pada TCP/IP dapata dihitung dengan persamaan (Wulandari, 2011) :

$$\rho_{net} = \rho_{size} \times \rho_b \quad (2.16)$$

$$\rho_{TCP/IP} = \rho_{slot} \times \rho_{b-UMTS} \quad (2.17)$$

Dimana :

ρ_{size} = panjang paket (bytes)

ρ_{slot} = panjang paket yang dikirim

ρ_b = BER (10^{-8})

ρ_{b-UMTS} = BER jaringan tanpa satuan

Dengan nilai BER pada jaringan didefinisikan perbandingan *bit error* terhadap total bit yang diterima dengan persamaannya sebagai berikut (Wulandari, 2011) :

$$\rho_{b-UMTS} = Q \left(\sqrt{2 \frac{E_b}{N_o}} \right) \quad (2.18)$$

Nilai Q dapat diperoleh dengan distribusi gaussian menggunakan persamaan :

$$Q(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{\sqrt{2}} \right) \quad (2.19)$$

Dimana :

$\frac{E_b}{N_o}$ = rasio *energy* bit terhadap kerapatan *noise* transmisi (dB)

erfc = *error function complementary*

Performansi jaringan untuk parameter *packet loss* berdasarkan standar TIPHON dapat dilihat pada tabel 2.1 :

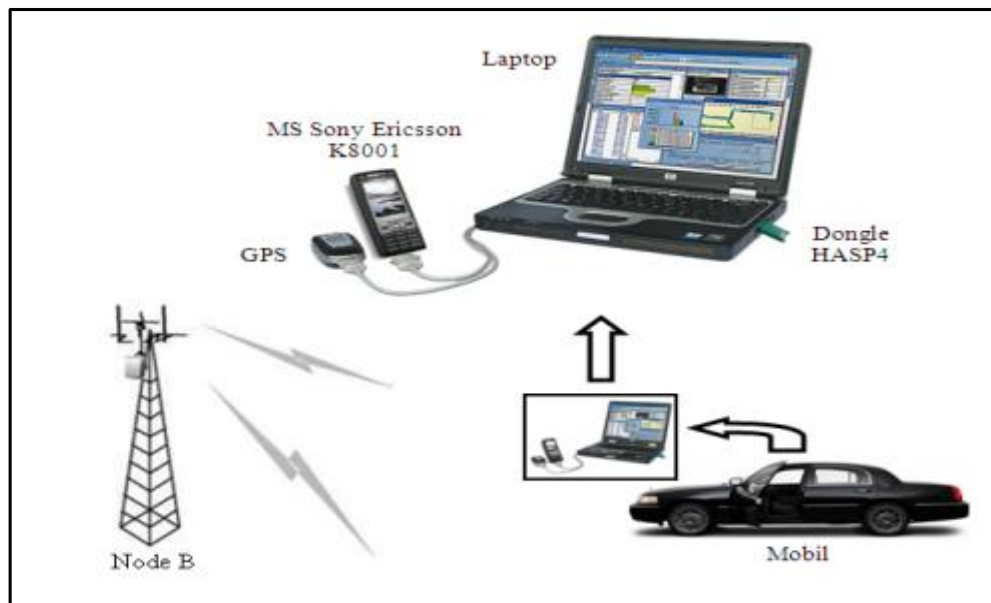
Tabel 2.1 Pengelompokan nilai *packet loss* standar (TIPHON)

<i>Packet loss</i> (%)	Kualitas
$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
$3 \leq \rho < 15$	Baik
$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
$P > 25$	Buruk

Sumber : (TIPHON)

2.2.5 Pengukuran *Tems Investigation*

Syaikhuddin A (2012). Merupakan suatu metode pengukuran pada sistim komunikasi bergerak yang bertujuan untuk mengumpulkan data hasil pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan dari arah *Node B* ke UE secara *real* di performasi dari jaringan tersebut. Pada penelitian ini akan digunakan *software Tems investigation* dalam pengukurannya. *Setup* pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 *Setup* pengukuran data
(Sumber : Syaikhuddin A, 2012)

2.2.6 Analisis Statistik

Wibowo (2002). Analisis statistik terhadap data pengukuran adalah pekerjaan yang biasa sebab memungkinkan penentuan ketidak pastian hasil pengujian akhir secara analitis. Hasil dari suatu pengukuran dengan metode tertentu dapat

diramalkan berdasarkan data contoh (sample-data) tanpa memiliki informasi (keterangan) yang lengkap mengenai semua faktor-faktor gangguan.

1. Nilai rata-rata (*arithmetic mean*)

Nilai yang paling mungkin dari suatu variabel yang diukur adalah nilai rata-rata dari semua pembacaan yang dilakukan.

Nilai rata-rata diberikan oleh persamaan berikut :

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4+\dots+x_n}{n} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.20)$$

Dimana :

\bar{x} = nilai rata-rata

$x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ = pembacaan yang dilakukan

n = jumlah pembacaan

2. Penyimpangan terhadap nilai rata-rata

Penyimpangan (deviasi) adalah selisih antara suatu pembacaan terhadap nilai rata-rata dalam sekelompok pembacaan. Jika penyimpangan pembacaan pertama x_1 adalah d_1 , penyimpangan pembacaan kedua x_2 adalah d_2 , dan seterusnya, maka penyimpangan-penyimpangan terhadap nilai rata-rata adalah :

$$d_1 = x_1 - \bar{x} \quad d_2 = x_2 - \bar{x} \quad d_n = x_n - \bar{x} \quad (2.21)$$

Dengan catatan bahwa penyimpangan terhadap nilai rata-rata boleh positif atau negatif dan jumlah aljabar semua penyimpangan tersebut harus nol.

3. Penyimpangan rata-rata (*average deviation*)

Deviasi rata-rata adalah suatu indikasi ketepatan instrumen-instrumen yang digunakan untuk pengukuran. Instrumen-instrumen yang ketepatannya tinggi akan menghasilkan deviasi rata-rata yang rendah antara pembacaan-pembacaan. Menurut definisi, deviasi rata-rata adalah penjumlahan nilai-nilai mutlak dari penyimpangan-penyimpangan dibagi dengan jumlah pembacaan.

Deviasi rata-rata dapat dinyatakan sebagai :

$$D = \frac{|d_1|+|d_2|+|d_3|+\dots+|d_n|}{n} = \frac{\sum|d|}{n}$$

(2.22)

4. Deviasi standar

Deviasi standar merupakan cara yang sangat ampuh untuk menganalisa kesalahan-kesalahan acak secara statistik. Deviasi standar dari jumlah data terbatas didefinisikan sebagai akar dari penjumlahan semua penyimpangan (deviasi) setelah dikuadratkan dibagi dengan banyaknya pembacaan. Secara sistematis dituliskan :

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2+d_2^2+d_3^2+\dots+d_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum d_t^2}{n}} \quad (2.23)$$