

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1.1. Tinjauan Pustaka

Menurut peneliti sebelumnya dengan judul, “Analisis Kualitas Jaringan Internet Berbasis *High Speed Dowlink Packet Access* (HSDPA) Pada Wilayah Urban di Kota Malang”. Dari hasil analisis didapat, semakin besar faktor utilitasi maka semakin besar nilai *delay end-to-end*. Karena dari penelitian didapatkan hasil faktor utilitasi mengalami kenaikan 88,89%, maka nilai *delay end-to-end* mengalami kenaikan sebesar 27,78% .

Pada penelitian yang dilakukan oleh Herman Sumadi (2013) dengan judul, “Analisis Kualitas Layanan Data Berbasis CDMA”. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap *throughput*, *round trip time* (RTT), dan *packet loss*. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil *throughput* rata-rata sebesar 725,025 Kbps (esia) dan 613,515 Kbps (smartfren), nilai *round trip time* rata-rata sebesar 176,35 ms (esia) dan 213 (smartfren), nilai *packet loss* sebesar 0%-14% (esia) dan 1%-8% (smartfren).

Dari penelitian yang dilakukan di Denpasar Bali tentang kualitas RSRP, SINR, dan *throughput* dengan sistem yang diteliti adalah LTE dengan frekuensi 900 MHz. Peneliti menggunakan metode *drive test* di area Denpasar Barat yang masuk dalam coverage area 10 eNode-B, dengan hasil yang sedang. Oleh sebab itu perlu pembenahan dalam eNode-B di area tersebut.

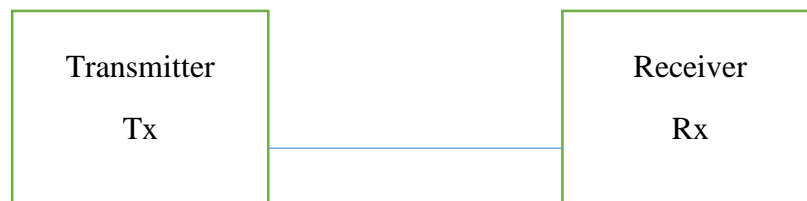
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Konsep Dasar Telekomunikasi Seluler

Telekomunikasi adalah penyampaian informasi dari *transmitter* ke *receiver*.

Tiga komponen komunikasi terdiri dari :

- a. Sumber informasi, dapat berupa suara, data, dan histogram.
- b. Terminal dibedakan atas *transmitter* dan *receiver*.
- c. Media/jalur tranmisi, dibedakan atas
 1. Media fisik (disebut sistem *wireline*), seperti kabel dan fiber optik.
 2. Media non-fisik (disebut sistem seluler) menggunakan udara bebas (gelombang radio) sebagai media pengahantar, seperti satelit.



Gambar 2.1
Komponen sistem komunikasi

Komunikasi sistem *wireline* memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Mobilitas pengguna terbatas (dibatasi oleh panjang kawat/kabel).
- b. Kapasitas sistem kecil (kecuali fiber optik).
- c. Ekspansi memiliki kendala karena kondisi alam dan teknoogi

Untuk mengatasi keterbatasan komunikasi *wireline* maka dikembangkan komunikasi nirkabel (seluler). Komunikasi seluler memiliki karakteristik :

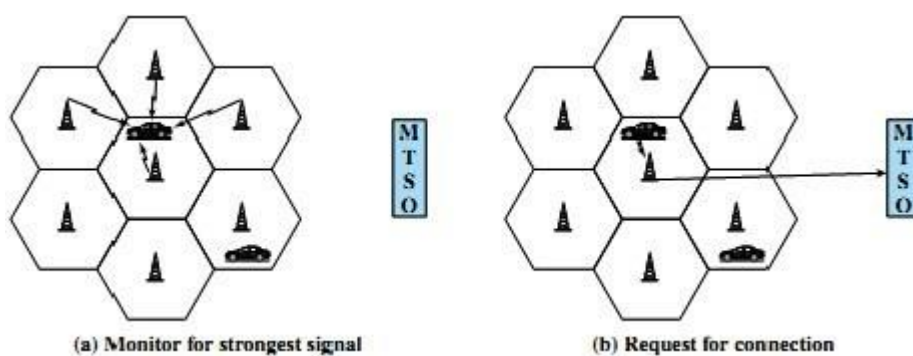
- a. Mobilitas pengguna tidak terbatas (pembatasnya daerah jangkauan dari sistem).
- b. Kapasitas sistem relatif lebih besar.
- c. Mudah untuk di-ekspansi

Komunikasi seluler dibedakan atas komunikasi seluler konvensional dan seluler modern. Sistem konvensional memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Daerah jangkauan luas.
- b. Daya yang digunakan besar.
- c. Kapasitas sistem masih rendah.
- d. Modulasi analog berupa *frequency modulation* (FM) sehingga memerlukan *bandwidth* yang besar.
- e. Belum menggunakan *handoff*.
- f. Belum terhubung ke jaringan *public service telephone network* (PSTN).
- g. Untuk suara (*voice*).

Sistem konvensional yang secara ekonomi dan teknologi belum menguntungkan, tetapi telah membangkitkan penelitian untuk mengembangkan sistem komunikasi seluler yang lebih baik (sistem modern). Komunikasi seluler modern memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Alokasi *bandwidth* kecil.
- b. Efisiensi pemakaian frekuensi tinggi, karena penggunaan *frequency reuse*.
- c. Modulasi digital.
- d. Kapasitas sistem besar.
- e. Daerah pelayanan dibagi atas daerah-daerah kecil yang disebut sel, sering disebut sebagai sistem seluler.
- f. Daya yang digunakan kecil.
- g. Memiliki *handoff*.
- h. Efisiensi kanal tinggi karena menggunakan metode akses jamak (*multiple access*) seperti *frequency division multiple access* (FDMA), *time division multiple access* (TDMA), dan *code division multiple access* (CDMA).
- i. Terhubung ke PTSN.



Gambar 2.2 Sistem Seluler

Sumber : Wibisono, Gunawan. 2007. *Konsep Teknologi Seluler*. Bandung : Informatika

Terlihat pada gambar bahwa setiap sel dengan *base station* (BS) terhubung ke *mobile switching center* (MSC). MSC ini yang akan menghubungkan sistem seluler

dengan sistem *wireline* PSTN atau sebaliknya. Dengan adanya kemampuan berhubungan dengan komunikasi *wireline* yang telah ada menjadikan sistem seluler mendukung perkembangan komunikasi global di masa datang. Sistem seluler di masa mendatang harus mendukung

a. Mobilitas pengguna (*personal mobility*)

Setiap pengguna dengan satu nomor unik dapat dihubungkan kapan saja, di mana saja dan dengan terminal apa saja.

b. Mobilitas terminal (*terminal mobility*)

Setiap pengguna dapat dihubungkan oleh pengguna lain dengan terminal apa saja.

c. Mobilitas manajemen (*management mobility*)

Mobilitas ini dapat mendeteksi keberadaan pengguna di mana saja, dan mendukung mobilitas pengguna serta mobilitas terminal.

Kemampuan mobilitas yang dimiliki oleh komunikasi seluler, menjadikan komunikasi di masa mendatang adalah komunikasi “kapan saja, di mana saja, dan dengan siapa saja.”

Kemajuan yang dicapai dari teknologi pendukung komunikasi seluler menjadikan perkembangan peralatan komunikasi seluler memiliki kecenderungan perkembangan

a. Peralatan menjadi lebih kompak.

b. Penampilan lebih *user-friendly*.

- c. Kapasitas sistem lebih besar.
- d. Kualitas informasi yang diterima lebih baik.

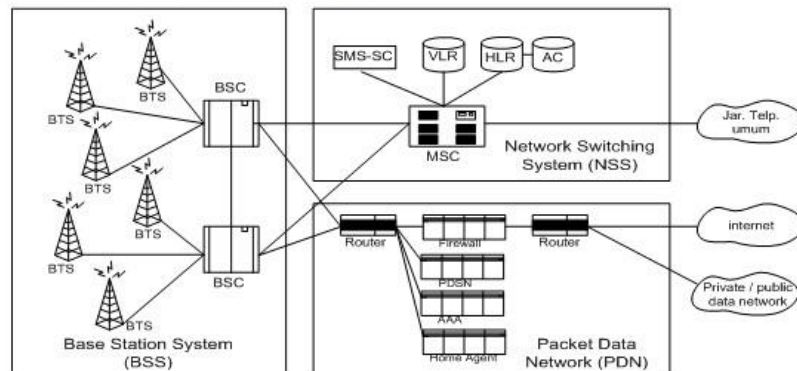
2.2.2. Arsitektur Sistem Seluler Generasi Ketiga

2.2.2.1. Konsep Dasar Sistem CDMA2000 1x

CDMA 2000 adalah *platform wireless* yang termasuk ke dalam spesifikasi *International Mobile Telecommunication 2000* (IMT-2000) dan merupakan pengembangan dari standar *platform wireless* CDMA IS-95. Teknologi transmisi radio CDMA2000 adalah teknologi *wideband* dengan teknik *spread spectrum* yang memanfaatkan teknologi CDMA untuk memenuhi kebutuhan layanan sistem komunikasi *wireless* generasi ketiga (3G) berupa aplikasi layanan multimedia. Sistem CDMA2000 mencakup implementasi luas yang ditujukan untuk mendukung data rate baik untuk *circuit switched* maupun *packet-switched* dengan memanfaatkan data rate mulai dari 9,6 kbps (TIA/EIA-95-B) sampai lebih dari 2 Mbps. Beberapa layanan yang dapat didukung antara lain, *wireless internet*, *wireless e-mail*, *telemetry* dan *wireless commerce* (Wibisono, dkk, 2008).

Standarisasi CDMA2000-1x dilakukan berdasarkan spesifikasi IS2000 yang kompatibel dengan sistem IS-95 A/B (CDMAone). Dibandingkan dengan IS-95, jaringan CDMA2000 1x mengalami beberapa pengembangan seperti kontrol daya yang lebih baik, *uplink pilot channel*, teknik *vocoder* baru, pengembangan kode Walsh serta perubahan skema modulasi. Sedangkan pada sisi arsitektur jaringan terdapat *Base Station Controller* (BSC) dengan kemampuan *IP Routing*, *BTS multimode* serta *PDSN* (*Packet Data Serving Node*).

Konfigurasi Jaringan CDMA2000 1x



Gambar 2.3 Konfigurasi jaringan CDMA 20001x

Sumber : Wibisono, Gunawan. 2007. *Konsep Teknologi Seluler*. Bandung : Informatika

Skema struktur jaringan CDMA2000 1x secara umum terdiri dari :

1. User terminal, terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

- *Fixed terminal*
- *Portable/handheld*
 - a. Membentuk, memelihara, dan memutuskan hubungan dengan *Radio Network* melalui antarmuka *radio-packet*.
 - b. Mengumpulkan data autentifikasi, otorisasi dan akunting yang diperlukan oleh AAA.

2. *Radio Acces Network (RAN)*, terdiri dari beberapa komponen berikut :

- *Base Tranceiver Station (BTS)*

BTS bertanggung jawab untuk mengalokasikan daya yang digunakan oleh pelanggan serta berfungsi sebagai antarmuka yang menghubungkan jaringan CDMA2000 1x dengan perangkat

pelanggan. BTS terdiri dari perangkat radio yang digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal CDMA.

- *Base Station Controller (BSC)*

BSC bertanggung jawab untuk mengontrol semua BTS yang berada di dalam daerah cakupannya serta mengatur rute paket data dari BTS ke PSDN atau sebaliknya serta trafik dari BTS ke MSC atau sebaliknya.

- *Packet Data Serving Network (PDSN)*

Merupakan komponen baru yang terdapat dalam sistem seluler berbasis CDMA2000 1x yang bertujuan untuk mendukung layanan paket data. Fungsi PSDN antara lain untuk membentuk, memelihara dan memutuskan sesi *Point-to-Point Protocol (PPP)* dengan pelanggan.

3. *Circuit Core Network (CCN)*, terdiri dari beberapa komponen berikut :

- *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC diletakkan di pusat jaringan mobile communication dan juga bekerja dengan jaringan lain seperti PSTN, PLMN, dll.

- *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan tempat yang berisi informasi pelanggan yang digabungkan dengan pengantar layanan paket data. Layanan informasi dari HLR diambil dalam *Visitor Location Register (VLR)* pada jaringan switch selama proses registrasi berhasil.

- *Visitor Location Register (VLR)*

VLR secara temporeri menyimpan dan mengontrol semua informasi dari *Mobile Station (MS)* yang berada pada area kontrol. Ketika pelanggan melakukan panggilan maka VLR mentransmit semua informasi yang berhubungan dari MSC.

- *SMSC (Short Message Service Center)* bertanggung jawab dalam penyampaian, penyimpanan dan pengajuan suatu pesan singkat.
- *ISMS (Intelligent Short Message Service)* merupakan *gateway* untuk menyelenggarakan *internet working* dengan jaringan PSTN dan GSM

4. *Packet Core Network (PCN)*, terdiri dari beberapa komponen berikut :

- *Routing* berfungsi untuk merutekan paket data dari dan ke berbagai elemen jaringan yang terdapat pada jaringan CDMA2000 1x serta bertanggung jawab untuk mengirimkan dan menerima paket data dari jaringan internal ke jaringan eksternal atau sebaliknya.
- *Fire Wall* berfungsi untuk mengamankan jaringan terhadap akses dari luar.
- *Authentication, Authorization and Accounting (AAA)*

AAA menyediakan fungsi untuk *authentication* bertalian dengan PPP dan hubungan *mobile IP*, melakukan otorisasi yaitu layanan profil dan kunci keamanan distribusi dan manajemen dan *accounting* untuk jaringan paket data dengan menggunakan protokol *Remote Acces Dial*

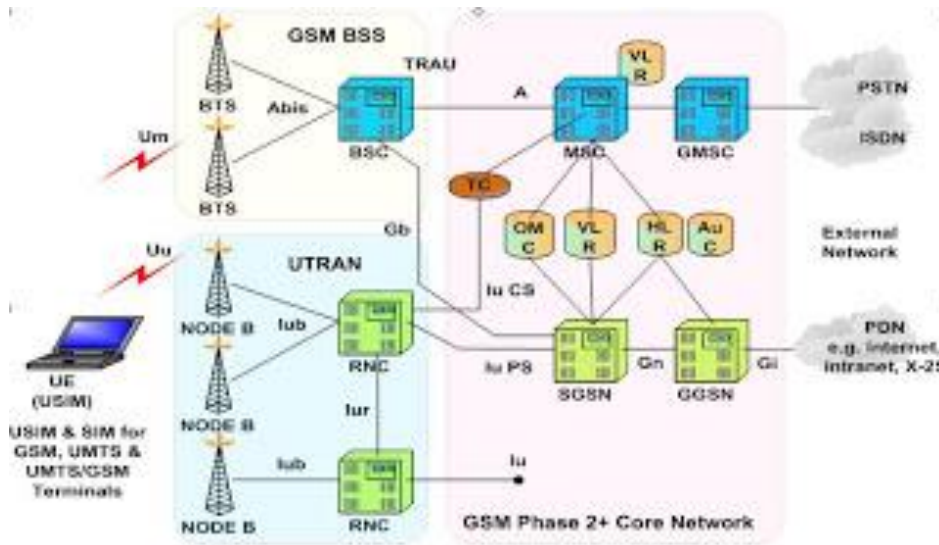
in User Service (RADIUS) AAA server juga digunakan oleh PSN untuk berhubungan dengan jaringan suara dari HLR dan VLR.

- *Home Agent* berfungsi untuk menelusuri lokasi *mobile station* (MS) sekaligus mengecek apakah paket data telah diteruskan ke MS tersebut.

2.2.2.2. Arsitektur Jaringan UMTS

Di dalam UMTS, RAN (*Radio Access Network*) dikenal sebagai UTRAN Rel.1999 (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) yang berbeda dengan GSM, GPRS, dan EDGE. Terdapat batasan penggunaan kembali BS (*Base Station*) dan BSC (*Base Station Controllers*) pada GSM (Wibisono, dkk, 2008).

Kenyatannya, GSM CN (*Core Network*) di-upgrade dan secara simultan untuk mendukung baik jaringan akses radio UMTS maupun GSM. Beberapa elemen jaringan pada GSM dapat digunakan kembali oleh UMTS dengan melakukan beberapa upgrading diantaranya MS (*Mobile Swicthing Center*), HLR (*Home Location Register*), SGCN (*Serving GPRS Support Node*), dan GGSN (*Gateway GPRS Support Node*).



Gambar 2.4 Arsitektur UMTS

Sumber : Wibisono, Gunawan. 2007. *Konsep Teknologi Seluler*. Bandung : Informatika

UMTS dibagi menjadi lima *interface* baru, yaitu :

1. Cu : *interface elektris* antara USIM *smartcard* dengan ME.
2. Uu : *interface* antara UE dan Node B.
3. Iu : *interface* antara RNC dan GSM Tahap 2+ CN (MSC/VLR atau SGSN).
4. Iub : *interface* antara RNC dan Node B.
5. Iur : *interface* antara RNC dan RNC yang lain.

2.2.2.2.1. Elemen Jaringan UMTS

Pada prinsipnya transmisi *interface* radio pada UMTS berbeda dengan GSM Tahap 2+ (W-CDMA sebagai pengganti TDMA/FDMA). Oleh karena itu, diperkenalkan UTRAN sebagai pengganti RAN yang baru dalam UMTS (Wibisono, dkk, 2008).

a. UTRAN

UTRAN terdiri dari *Radio Network System* (RNSs), di mana setiap RNS meliputi RNC, dianalogikan dengan GSM BSC dan Node B sebagai *Base Station*. Tidak seperti abis pada GSM, *interface Iub* bersifat terbuka maksudnya bahwa operator jaringan dapat memperoleh Node Bs dari satu vendor dan RNCs dari vendor lain (Wibisono, dkk, 2008).

GSM BSCs tidak terhubung satu dengan yang lainnya, sementara *interface Iur* menghubungkan antar-RNCs. Fungsi utama *interface Iur* adalah mendukung mobilitas inter-RNC dan soft handcover antara Node Bs yang terhubung dengan RNCs yang berbeda.

Perangkat pelanggan adalah UE, terdiri dari *Mobile equipment* (ME) dan UMTS *Subscriber Identify Mobile* (USIM). UTRAN berhubungan dengan *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 RNC ke MSC dan memiliki kesamaan dengan interface A 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.

b. RNC

RNC yang mengontrol Node B di bawahnya 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 (Wibisono, dkk, 2008).

UTRAN mendukung soft handover, terjadi antara Node Bs yang dikontrol oleh RNC yang berbeda. Selama dan setelah *soft handover* antara RNCs, kemungkinan ditemukan situasi di mana UE berhubungan dengan Node B yang dikontrol oleh RNC tetapi bukan SRNC. RNC yang demikian disebut DRNC (*Drift RNC*).

Apabila UE berpindah dan berpindah lagi dari Node B yang dikontrol oleh SRNC, hal ini menyebabkan SRNC tidak mampu mengontrol perangkat UE sendirian, sehingga memungkinkan UTRAN memutuskan mengalihkan pengontrolan hubungan ke RNC yang lain. Kemudian disebut dengan *Serving RNS (SRNS) relocation*.

c. Node B

Node B adalah unit fisik untuk mengirim/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 (Wibisono, dkk, 2008).

Tugas utama Node B adalah menonversi data antara *interface Iub* dan Uu, termasuk *Forward Error Correction* (FEC), W-CDM *spreading/despreading* dan modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (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 handcover dan penggabungan *macro diversity*.

Node B juga bertanggung jawab pada FDD *softer handcover*. Penggabungan *micro diversity* di ruang bebas untuk mengurangi kebutuhan kapasitas transmisi tambahan pada Iub. Node B juga melibatkan kontrol daya, seperti *dowlink* (DL) TPC (*Transmission Power Control*) melalui *closed/inner-loop power control* berdasarkan informasi *uplink* (UL) TPC.

2.2.3. Jaringan Seluler 4G

2.2.3.1. Definisi 4G

Long Term Evolution adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki *standar mobile phone* generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSDPA (3.5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G). Teknologi *wireless* generasi ke-4 meliputi teknologi *broadband wireless* yang memiliki kemampuan di atas kemampuan teknologi 3G yang dapat memberikan layanan-layanan *IP-based voice*,

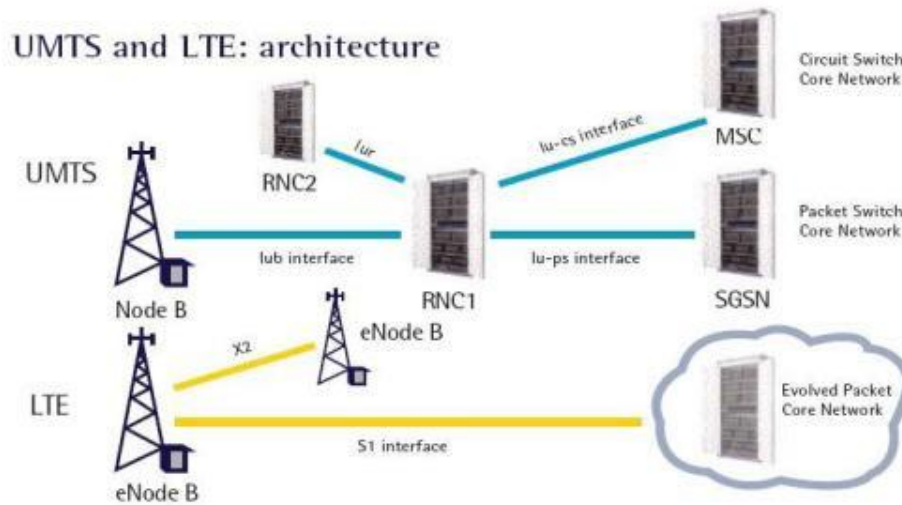
data and streaming multimedia dengan kecepatan dan *quality of experience* (QoE) / *quality of service* (QoS) yang lebih tinggi dengan teknologi 3G, yang bisa diberikan secara unik kepada masing-masing pelanggan (Usman, dkk, 2012).

Sebagai acuan umum, kerangka kerja pengembangan IMT-2000 dan *IMT-Advanced* dari ITU, yaitu *ITU-R recommendation M.1645*, banyak dipakai sebagai model definisi 4G.

Teknologi 4G diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan 4G terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena 4G dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple-antena*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada.

Pada sisi interface 4G menggunakan teknologi OFDMA pada sisi *dowlink* dan menggunakan SC-FDMA pada sisi *uplink*. Dan pada sisi 4G mendukung penggunaan *multiple-antena* (MIMO). *Bandwidth* operasi pada 4G fleksibel yaitu up to 20 MHz, dan maksimal bekerja pada kisaran *bandwidth* bervariasi antara 1,4 - 20 MHz.

4G mempunyai *radio access* dan *core network* yang dapat mengurangi *network latency* dan meningkatkan performansi sistem dan menyediakan *interoperability* dengan teknologi 3GPP yang sudah ada dan non-3GPP.



Gambar 2.5 Arsitektur UMTS dan LTE

Sumber : Usman, Kurniawan Uke. 2011. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung : Rekayasa SAINS

Dalam 4G terdapat beberapa perbedaan tipe fungsional pada jaringan seluler. Berdasarkan hal tersebut, jaringan 4G dibagi menjadi 2 bagian yaitu *Radio Access Network* dan *Core Network*. Fungsi seperti modulasi, dan *header compression* terdapat di bagian *Radio Access Network*, lalu fungsi seperti *charging* dan *mobility management* terdapat di *Core Network*. Di dalam 4G, *Radio Access Network* merupakan E-UTRAN dan *Core Network* adalah EPC.

2.2.3.1.1. Fungsi Perangkat 4G

Dalam arsitektur jaringan LTE terdapat empat level utama yaitu *User Equipment (UE)*, *Evolved UTRAN (E-UTRAN)*, *Evolved Packet Core Network (EPC)*, dan Service Domain Level arsitektur yang penting adalah fungsinya ekuivalen untuk sistem 3GPP yang sudah ada (Usman, dkk, 2012).

1. E-UTRAN

a) ENB (*Evolved Node B*)

Peran dari *Radio Access Network* (RAN) yaitu NodeB dan RNC digantikan dengan ENB ini, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan dan operasional dari perangkat, selain itu arsitektur jauh lebih sederhana.

Air Interface pada 4G, E-UTRAN yang akan digunakan oleh operator jaringan UMTS dikembangkan oleh mereka hanya untuk digunakan melalui jaringan IP lainnya, termasuk WiMAX dan WiFi, dan bahkan jaringan kabel. Sistem E-UTRAN menggunakan OFDMA untuk *dowlink* dan *Single Carrier FDMA* (SC-FDMA) per stasiun. Penggunaan *Orthogonal Frequency-division Multiplexing* (OFDMA), sebuah sistem di mana spektrum dibagi menjadi bagian-bagian kecil, masing-masing pada frekuensi yang berbeda, masing-masing membawa sinyal, memungkinkan E-UTRAN jauh lebih fleksibel dalam penggunaan spektrum yang CDMA memerlukan blok spektrum yang besar yang dialokasikan untuk setiap *carrier*, untuk menjaga *chiprates* yang tinggi, agar didapatkan efisiensi yang lebih baik.

2. EPC (*Evolved Packet Core Network*)

a) MME (*Mobility Management Entity*)

- MME merupakan pengontrol setiap *node* pada jaringan akses 4G. pada saat UE dalam kondisi *idle*, MME bertanggung

jawab dalam melakukan prosedur tracking dan paging yang di dalamnya mencakup retransmission.

- MME bertanggung jawab untuk memilih SGW (*Serving Gateway*) yang akan digunakan UE saat *initial attach* pada waktu UE melakukan *intra-4G handcover*.
- Digunakan untuk *bearer control*, berbeda dengan R99/4 yang masih dikontrol oleh *gateway*.

b) PCRF (*Policy and Charging Rules Function*)

Untuk menangani QoS serta mengontrol *rating* dan *charging*.

c) HSS (*Home Subscriber Server*)

Untuk *subscriber management* dan *security*.

d) SGW (*Serving Gateway*)

- Mengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap user.
- Sebagai penghubung antara UE dengan eNodeB pada waktu terjadi *inter-handover*.
- Sebagai penghubung antara teknologi 4G dengan teknologi 2G dan 3G.

e) PDN GW (*Packet Data Network Gateway*)

- Menyediakan hubungan bagi UE ke jaringan paket.

- Menyediakan link hubungan antara teknologi 4G dengan teknologi non-3GPP (WIMAX) dan 3GPP2 (CDMA2000 1x dan EVDO).

2.2.3.2. Karakteristik 4G Dari Teknologi Seluler

Karakteristik utama dari teknologi seluler 4G ini adalah sebagai berikut :

- *Peak downlink (DL) rate* > 100Mbps untuk aplikasi mobilitas tinggi serta > 1000Mbps untuk aplikasi tetap.
- *Peak uplink (UL) rate* > 50Mbps.
- *Latensi user Plane* yang rendah, ≤ 5 ms.
- Berorientasi paket, mengadopsi arsitektur Flat All-IP, *open interface* dan *always-on*.
- *Seamless mobility*.
- Alokasi *bandwidth* kanal radio yang fleksibel dengan rentang antara 1.4 MHz sampai dengan 20 MHz, dapat menggunakan mode FDD dan/atau TDD *duplex*.
- Performansi yang tinggi, *quality of experience* (QoE) dapat difasilitasi untuk setiap pelanggan.
- *Spectrum* kerja yang lebar, di antara rentang dari band 700 MHz sampai 500 MHz. Sebagai catatan, di antara rentang spectrum kerja tersebut, yang telah teridentifikasi adalah band antara 700 MHz sampai dengan 3500

MHz. Sementara band di atasnya sedang dalam tahap studi di dalam ITU (Usman, dkk, 2012).

2.2.3.3. Komponen Utama Dalam Teknologi 4G

Komponen utama dalam teknologi 4G terdiri atas :

- a. *Radio Akses Network* : *Base Station* yang berbasis IP, berfungsi sebagai digital/*base band* unit dan radio/FR unit. Contoh komponen utamanya antara lain E-NodeB (*Evolved Base Station/NodeB*).
- b. *Core Network* : *Gateway* dan *Signaling packet*. Contoh komponen utamanya antara lain : S-GW (*Serving Gateway*), P-GW (*Packet Data Network Gateway*), MME (*Mobility Management Element*), PCRF (*Policy and Charging Rules Function*).
- c. Komponen lain : yang bersifat lebih umum misalnya jaringan transport misalnya Ethernet, IP/MPLS dan Optik; serta *services control layer*, misalnya IMS.

Diantara seluruh komponen utama di atas, mempunyai kaitan langsung dengan frekuensi 4G adalah *Radio Akses Network*.

2.2.3.4. Kebutuhan Bandwidth Untuk Layanan 4G

Teknologi 4G memberikan beberapa alternatif dalam pemakaian *bandwidth per cahnnel*, dalam rentang 1,4-20 MHz per operator, dengan efisiensi spektrum yang lebih tinggi yang sangat baik, yaitu lebih dari 8 bit/Hz (Usman, dkk, 2012).

Sementara itu, untuk *IMT advanced*, pemakaian *bandwidth* per channel dapat diterapkan secara fleksibel dalam rane 20 - 100 MHz per operator, dengan efisisensi spectrum yang lebih tinggi, mencapai 10 bit/Hz.

Korelasi antara *bandwidth* per channel dengan throughput pada 4G seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1
Korelasi antara bandwidth dengan throughput
Sumber : Usman, Kurniawan Uke. 2011. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung :
Rekayasa SAINS

Bandwidth	Throughput (Mbps)
1.4MHz	12 Mbps
3 MHz	25 Mbps
5 MHz	43 Mbps
10 MHz	86 Mbps
15 MHz	129 Mbps
20 MHz	173 Mbps
100 MHz	~ 1 Gbps

2.2.4. Operator Seluler Saat Ini

Indonesia dikenal dengan tanah subur ijo royo-royo, penghasil rempah-rempah dunia menjadi daya tarik tersendiri buat negara asing untuk berkunjung dan menduduki merebut sumber daya alamnya. Sudah banyak negara yang menjamak negeri tercinta seperti Portugis, Belanda dan Jepang. Kondisi saat ini yang menjadi

daya tarik Indonesia tidak hanya dari sumber daya alam, namun juga jumlah penduduk. Dengan jumlah penduduk lebih dari 220 juta orang (tahun 2007), membuat negara tetangga juga bermain/terjun di Indonesia melalui bisnis telekomunikasi khususnya seluler. Seperti Indosat di mana pemiliknya adalah Singapore, XL dimiliki Malaysia dan 3 (three) oleh Hongkong (Usman, dkk, 2012).

Bisa melihat teknologinya operator seluler di Indonesia dibagi menjadi 2 yaitu GSM dan CDMA. Dengan sejumlah itu maka Indonesia termasuk dalam negara yang memiliki operator seluler terbanyak di dunia. Operator GSM di Indonesia saat ini antara lain :

2.2.4.1. PT Telkomsel

Telkomsel merupakan salah satu provider layanan telekomunikasi seluler pertama dan terbesar di Indonesia, Telkomsel merupakan anak perusahaan PT. Telekomunikasi Indonesia yang sampai saat ini masih memiliki 65% saham, dan sisanya 35%-nya merupakan hak *Singapore Telecom Mobile Pte Ltd*(SingTel Mobile). perusahaan yang sampai pada tahun 2007 ini menguasai hampir 55% market share telekomunikasi di Indonesia dengan jumlah pengguna layanan yang sekitar 60 juta pelanggan ini memiliki keunggulan pada jangkauan jaringannya yang lebih luas dibandingkan dengan penyedia layanan seluler lainnya, bahkan jaringan telkomsel sudah dapat dinikmati oleh penduduk kecamatan sekaligus, alasan inilah yang menjelaskan mengapa telkomsel bisa merajai market share layanan telekomunikasi di Indonesia. Melihat dari segi teknisnya untuk komunikasi mobile/seluler sendiri telkomsel mengandalkan teknologi GSM dual band yang

berjalan pada frekuensi 900MHz/1800MHz/ teknologi apa saja yang digunakan telkomsel untuk menghadirkan layanannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Layanan Dasar

Sebagai *provider* telekomunikasi merupakan sebuah keharusan untuk terus menyediakan dan mengoptimalkan layanan dasar seperti *voice call* dan pesan singkat atau yang biasa kita kenal dengan SMS, karena dari kedua jenis layanan inilah *provider* mendapat keuntungan terbesarnya.

- SMS

Spesifikasi SMS yang disediakan oleh telkomsel di setiap produk simcard-nya kurang lebih sama, yaitu :

- Pesan maksimal terdiri dari 160 karakter (termasuk tanda baca dan spasi).
- Pesan terkirim dalam beberapa detik. Jika ponsel penerimanya tidak aktif maka pesan akan disimpan di dalam buffer SMS telkomsel dan akan dikirim lagi setelah ponsel penerimanya aktif kembali maksimal 36 jam (masa valid pesan), setelah itu pesan akan dihapus dari sistem dan dianggap gagal terkirim.
- Untuk pesan SMS ke email atau sebaliknya telkomsel menyediakan fasilitas telkomsel.m@il.

- MMS

Jika SMS hanya dapat melakukan pengiriman pesan dalam bentuk teks, MMS ini dapat melakukan lebih, kita dapat mengirimkan pesan dalam bentuk gambar, foto, lagu bahkan suara. Untuk beragaman bentuk pesan dan kapasitas pesan yang lebih besar maka tentunya dibutuhkan teknologi pendukung untuk menjalankannya. Hal inilah yang dapat menjelaskan mengapa layanan MMS ini hanya dapat dijalankan dengan bantuan GPRS. Pada layanan telkomsel, pelanggan diharuskan untuk mengaktifkan fitur GPRS pada ponsel dan kemudian mendaftarkan ke jaringan telkomsel. Sebenarnya dengan adanya integrasi dengan jaringan GPRS ini, memungkinkan pelanggan lebih leluasa dalam berkiriman pesan. Pada layanan telkomsel dimungkinkan berkiriman MMS dari sama-sama ponsel, dari ponsel MMS ke ponsel non-MMS atau dari ponsel MMS ke email.

- TELKOMSEL Call ME

Layanan ini memungkinkan pelanggan telkomsel pengguna kartu prabayar AS dan SIMPATI terus dapat berkomunikasi, walaupun dalam keadaan tidak mempunyai pulsa. Dengan layanan ini pelanggan bisa meminta pelanggan seluler lain untuk menelponnya.

- Veronica (*Voice Response ad Info Care*)

Layanan dari telkomsel ini mempunyai fungsi yang mirip dengan mesin penjawab pribadi.

- SLI VoIP

Layanan jasa telekomunikasi suara (*telephony*), melalui jaringan *Internet Protokol* (IP) yang berbasis *packet switch*. Layanan ini merupakan kerja sama antara telkomsel dengan para penyelenggara Jasa Telekomunikasi Sambungan Langsung International VoIP. Teknologi VoIP ini sudah banyak digunakan, konsep dari jaringan ini adalah menggabungkan sebuah jaringan telephony yang berbasis sirkuit switch dengan jaringan berbasis switch dengan menggunakan *gateway* dan di konfigurasi dengan sebuah protokol (biasanya menggunakan protokol H.232 atau SIP).

- Farida (Fax and Akses Data)

Fitur yang memungkinkan para pelanggan bisa melakukan komunikasi suara (*voice*), data dan mengirimkan faksimile melalui ponsel hanya dengan satu nomor. Pada intinya fitur ini menjadikan nomor ponsel sebagai nomor indentifikasi faks atau data.

- *Call Waiting*

Fitur ini memungkinkan para pelanggan bisa tetap menerima panggilan ketika sedang melakukan pembicaraan. Namun, pembicaraan dengan kedua pemanggil tersebut tidak bisa dilakukan secara bersamaan. Ketika berbicara dengan salah satu pemanggil, maka pemanggil lainnya dalam posisi menunggu (*hold*). Bila muncul pemanggil ketika Anda sedang melakukan pembicaraan, maka akan

diketahui dengan adanya bunyi “bip” dan di layar ponsel akan muncul nomor atau nama pemanggil dengan keterangan “*waiting*”.

- *Call Forwarding*

Fitur yang satu ini memungkinkan untuk mengalihkan panggilan dari ponsel pelanggan ke nomor yang lain, baik itu telepon biasa (*fixed phone*) maupun ponsel.

- *Multiparty Call*

Fitur ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pembicaraan ke lebih dari satu nomor dalam waktu bersamaan. Fitur ini dapat digunakan untuk melakukan *conference call* sampai dengan 6 nomor.

- *CliR (Calling Line Identification Restriction)*

Fasilitas yang satu ini memungkinkan pelanggan kartu HALO untuk tidak memunculkan nomor-nya pada saat melakukan panggilan ke sesama pemakai ponsel.

Layanan ini hanya digunakan oleh kartu HALO.

- *SLI (Saluran Langsung Internasional)*

Fitur yang memungkinkan pelanggan menggunakan ponselnya untuk panggilan langsung ke luar negeri.

- Wap

Merupakan teknologi yang memungkinkan pelanggan dapat mengakses internet melalui ponsel dengan menggunakan *Wireless Mark Up Language* (WML) yang mampu mengubah teks pada halaman web dan menampilkan ke layar ponsel.

- *Instant Messenger*

Dengan bekerja sama dengan Yahoo! Untuk menyelenggarakan Yahoo! Messenger for sms, Telkomsel dapat menghadirkan sebuah fitur yang memungkinkan pelanggan bisa mengirim dan menerima pesan instant dari Yahoo! Messenger.

2. Layanan 3G Telkomsel

Layanan bukanlah *provider* pertama yang memproklamirkan layanan 3G, namun Telkomsellah yang paling pertama me-launching layanan 3G dan sampai saat ini Telkomsel pula yang memiliki layanan 3G yang paling beragam.

Adapun layanan yang dapat dinikmati dengan adanya jaringan 3G telkomsel antara lain :

- *Video Call*

Layanan ini memungkinkan pelanggan melihat wajah lawan bicaranya saat melakukan panggilan.

- Mobile TV

Layanan akses siaran beberapa channel televisi lewat ponsel, adapun content channel tersedia saat ini antara lain :

Tabel 2.2
Akses siaran TV

Sumber : Usman, Kurniawan Uke. 2011. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung : Rekayasa SAINS

No	Shortnumber	TV Channel
1	8800	Video Portal
2	8801	Metro TV
3	8806	SCTV
4	8809	Indosiar
5	8811	O Channel
6	8817	Bali TV
7	8829	Makasar TV

- Mobile Video

Layanan akses *video on demand*, dengan melalui WAP Portal Telkomsel. Dengan layanan ini pelanggan dapat menikmati dan memilih video-video pilihan dan menikmatinya secara *streaming*.

- *Surfzone*

Selain untuk layanan mobile, Telkomsel memiliki sebuah layanan lagi yang disebut *Surfzone*. Layanan ini memungkinkan pengguna atau pelanggan dapat mengakses internet menggunakan teknologi *Wireless LAN*. *Surfzone* dikembangkan dengan tujuan mengakomodasi koneksi internet dengan cepat dan mudah. *Surfzone* diakses dengan menggunakan perangkat berteknologi *Wireless LAN* standart IEEE 802.11b dan memiliki sertifikasi Wi-Fi. Namun layanan ini masih dapat dinikmati oleh pelanggan kartuHALO dan pengguna *Voucher TelkomSave* Telkom Saja (Usman, dkk, 2012).

2.2.4.2. PT Indonesia Satellite Corporation Tbk (Indosat)

PT Indonesia Satellite Corporation Tbk (Indosat) ini merupakan perusahaan telekomunikasi terbesar kedua di Indonesia setelah PT Telkomsel untuk jasa seluler. Komposisi kepemilikan saham Indosat saat ini adalah : Publik (45,19%), ST Telemedia melalui Indonesia *Communication Limited* (40,37%), serta pemerintah Republik Indonesia (14,44%), termasuk saham Seri A. Indosat juga mencatatkan sahamnya di Bursa Efek Jakarta, Bursa Saham Singapore dan Bursa Saham New York. Adapun anak perusahaan PT Indonesia Satellite Corporation Tbk ini adalah :

- PT Satellite Palapa Indonesia (Satelindo)

Untuk jasa seluler GSM PT Satellite Palapa Indonesia (Satelindo) menghadirkan 2 buah produk smart card-nya yaitu simcard Mentari yang

diperuntungkan menyaingi produk simPATI dari Telkomsel, karena mentari ini sendiri membidik target pasar yang sama dengan simPATI yaitu untuk kalangan umum. Dan Matriks dengan sistem billing-nya yang prabayar diperuntungkan bagi kalangan bisnis, serupa dengan kartuHALO dari telkomsel (Usman, dkk, 2012).

2.2.4.3. Excelcomindo

PT Excelmind Pratama atau yang sering disebut XL adalah perusahaan Indonesia yang bergerak sebagai operator telepon seluler. Perusahaan ini didirikan pada November 1996 dan mulai beroperasi secara komersil pada 8 Oktober 1996. XL merupakan perusahaan swasta pertama yang menyediakan layanan seluler di Indonesia. Pemegang saham XL saat ini adalah :

- *Indocel Holding Sdn. Bhd.* (59,67%), merupakan perusahaan yang dimiliki 100% oleh *TM International (L) Limited* (TMIL). *TM International (L) Limited* merupakan anak perusahaan Telekom Malaysia Berhad (TM) yang khusus menangani investasi internasional.
- Khazanah Nasional Berhad (16,81%) merupakan organisasi investasi milih pemerintah Malaysia.
- PT Telekomindo Primabhakti (15,97%), merupakan anak perusahaan Rajawali Corporation, yang memiliki bisnis telekomunikas, hotel, kebutuhan konsumen dan ritel.
- AIF (Indonesia) Limited (7,38%), merupakan perusahaan pendanaan swasta yang bermarkas di Hong Kong.

XL memiliki tiga produk GSM(900/1800 MHz), yaitu Bebas, Jempol (prabayar), dan Xplor (paskabayar). Selain itu, XL juga menyediakan layanan korporat yang termasuk *Internet Service Provider* (ISP) dan VoIP.

Untuk ketiga produk GSM XL (Bebas, Jempol dan Xplor) memiliki fitur yang hampir sama. Untuk layanan standart 2G dan 2,5G-nya pelanggan dimanjakan dengan fitur yang antara lain adalah :

- GPRS/MMS

Fitur ini yang memungkinkan pelanggan dapat menjelajahi dunia internet hanya dengan sebuah ponsel standart GPRS, tanpa harus memiliki fitur 3G.

- Panggilan menunggu

Fitur *Call Waiting* memungkinkan pelanggan untuk mendapatkan pemberitahuan adanya telepon yang akan masuk saat pelanggan sedang melakukan komunikasi. Hanya satu penelpon yang dapat menunggu pada saat itu.

- *Multi Party Calling*

Fitur ini memungkinkan Anda untuk melakukan pembicaraan hingga maksimal 6 orang (termasuk panggilan) pada waktu yang bersamaan melalui nomor XL Anda (*conference call*). Pembicaraan multi pihak hanya dapat dilakukan oleh pihak pemanggil dengan ditunjang oleh jenis atau merek ponsel tertentu yang memiliki fitur Multi Pihak.

- Data/Fax

Dengan fasilitas ini, Anda dapat mengirim atau menerima Data/Faksimile di berbagai tempat di seluruh dunia selama operator telepon seluler di negara tersebut telah menjalin kerja sama dengan XL. Layanan ini juga harus didukung oleh fasilitas pada ponsel Anda.

- Jelajah International

Jelajah Internasional merupakan fasilitas yang diberikan oleh XL kepada pengguna Xplor untuk dapat menggunakan kartu XL saat mereka berada di luar negeri, selama negara tujuan tersebut sudah menjalin kerja sama dengan XL.

Sebenarnya XL merupakan pelopor layanan 3G di Indonesia , karena XL-lah yang pertama kali memperoleh lisensinya. Setelah memberikan akses internet super cepat XL 3G melalui penawaran paket 3G UMTS *Data Card*. Adapun paket *Data Card* yang ditawarkan antara lain :

- 3G Data Card

XL menawarkan pembelian 3G Data Card khusus bagi para pelanggan tetap Xplor dan bebas untuk mendukung penggunaan layanan XL3G melalui komputer notebook. Pelanggan Xplor dan bebas dapat membeli XL MF320-UTS Data Card dengan harga Rp 1.300.000,- (belum termasuk pajak PPN 10%) tanpa harus mengambil salah satu penawaran pilihan paket di atas.

- Data Card XL3G-HSDPA

XL kembali memeberikan program menarik untuk pembelian Data Card XL3G-HSDPA. Penawaran program ini disediakan bagi para penlanggan XL yang selalu mobile di area Jakarta, Surabaya dan Bali. Nikmati akses internet super cepat hingga 3,6 Mbps di jaringan XL 3G-HSDPA yang pertama tercepat terluas di Indonesia.

Melalui paket Data Xplor 3G, maka akses internet menjadi super cepat. Sehingga pengguna Xplor dapat menikmati layanan akses internet, TV/*video streaming* maupun download musik atau video klip super cepat yang adapun paket data yang ditawarkan pada program ini yaitu :

- Paket MEGA Data

Dengan biaya bulanan sebesar Rp 99.000 akan mendapatkan gratis 250 MB per bulan. Jika pemakaian melebihi 250 MB maka kelebihannya tersebut akan dikenakan tarif sebesar Rp 0,4/KB.

- Paket GIGA Data

Biaya bulanan sebesar Rp 499.000 akan mendapatkan gratis 3GB per bulan. Jika pemakaian melebihi 3GB maka kelebihannya tersebut akan dikenakan tarif sebesar Rp 0,4/Kb.

- XL Video Conference

Layanan 3G dari XL yang satu ini selain memungkinkan pelanggan dapat melihat secara langsung lawan bicaranya di layar ponsel juga

memungkinkan untuk melakukan panggilan secara bersamaan dalam satu waktu. Maksimal 4 orang yang dapat bergabung dalam layanan ini (Usman, dkk, 2012).

2.2.4.4. Hutchison Telecon International

Semuanya berawal dari Hutchison Telecon International, salah satu perusahaan layanan telekomunikasi terbesar di dunia, yang memiliki visi untuk memberikan layanan komunikasi hari esok pada masyarakat ini. Dari visi inilah *Hutchison CP Telecommunications Indonesia* (HCPT) dibentuk dan untuk merealisasikan visi tersebut, HCPT mengoperasikan layanan 2G dan 3G di Indonesia di bawah bendera 3. 3 memang nama yang cukup unik nama sebuah layanan telekomunikasi seluler. Merek 3 sendiri diciptakan agar 3 dapat diaplikasikan di beberapa negara dengan masyarakat yang berbeda. Merk ini harus dapat beradaptasi dengan budaya lokal namun tetap terjaga identitasnya. Karena itulah 3 disebut Three di Inggris, Australia dan Irlandia, Tre di Italia, Drei di Austria dan di Indonesia disebut Tri (Usman, dkk, 2012).

Karena merupakan operator termuda di Indonesia untuk sekarang ini 3 masih menjagokan layanan standarnya yang terdiri dari 2 jenis yaitu yang prepaid (prabayar) dan postpaid (pascabayar) yang dibandrol dengan murah pada awal pengoperasiannya ini. Adapun produk dari three ini adalah :

1. Three pascabayar, adapun fitur yang disediakan antara lain adalah :

- *Voice Call*

Untuk urusan komunikasi, seharusnya tidak ada yang namanya jarak. Berbicara dengan client penting, ngobrol dengan teman, atau hanya menyapa orang-orang terdekat bisa dilakukan melalui panggilan telepon kapan saja dan dimana saja, tanpa peduli seberapa jauh jarak memisahkan. Memang betul akan lebih asyik kalau kita bisa melakukan pembicaraan tatap muka, tetapi jika orang tersebut berada diluar jaringan 3G, tidak ada alasan Anda tidak dapat berbicara dengannya. Bahkan ketika mereka sedang berada di negara lain, tekan saja panggilan 001 untuk melakukan pembicaraan internasional.

- *Video Call*

Kadang Anda ingin melihat semuanya secara langsung, suara saja terasa tidak cukup. Untuk yang satu ini, *Video Call* adalah jawabannya. Dengan *Video Call*, kamera yang ada di ponsel 3G memungkinkan Anda untuk melihat lawan bicara Anda dan juga sebaliknya. Pastikan saja Anda dan lawan bicara Anda sedang berada di daerah jaringan 3G dan orang tersebut juga menggunakan ponsel 3G. tekan sana 001 dan tekan *Video Call*.

- *Short Message Service*

Ada saat dimana Anda ingin langsung masuk ke inti pembicaraan tanpa perlu banyak berbasa-basi. Mengirim SMS sangatlah cepat, nomor apa saja dan dimana saja dapat dicapai dalam beberapa detik

saja. SMS juga sangat murah, Anda dapat mengetik pesan hingga 160 karakter.

- *Multimedia Message Service (MMS)*

Dengan MMS Anda dapat mengirim gambar, video atau musik bersama pesan singkat anda. Sama seperti GPRS, Anda akan mendapatkan pengaturan otomatis melalui SMS saat kartu 3 Anda pertama kali diaktifkan. Yang perlu Anda lakukan adalah tekan Yes/OK untuk menerima penagaturan tersebut. Selain itu Anda dapat langsung mengirim atau menerima MMS. Untuk mengirim MMS, Anda akan ditagih per 100 *kilobyte*.

- GPRS

Di manapun dan kapanpun Anda menginginkan internet akses, Anda dapat melakukannya dengan GPRS 3. Sebelum Anda menggunakan GPRS, Anda harus mengatur ponsel Anda terlebih dahulu. Saat kartu 3 diaktifkan, secara langsung Anda akan mendapat SMS yang berisi pengaturan otomatis untuk GPRS, tekan YES/OK untuk mengirim pengaturan tersebut. Setelah pengaturan telah dikonfigurasi, GPRS dapat langsung digunakan. Penggunaan data Anda aka ditagih per *kilobyte*.

2. Three prabayar, adapun fitur yang disediakan antara lain adalah :

- Layanan standar 3

Layanan 3 hadir untuk memudahkan hidup Anda, karena itu setiap saat kami selalu memperbaiki diri agar layanan kami dapat dinikmati dengan lebih mudah.

- *Voice Call*

Untuk urusan komunikasi, tidak ada alasan kenapa Anda tidak dapat berbicara dengannya. Bahkan ketika meraka sedang berada di negara lain, tekan saja 001<kode negara><kode area><nomor tujuan> untuk melaksanakan panggilan internasional.

- *Short Message Service*

Ada saat Anda ingin langsung masuk ke inti pembicaraan tanpa perlu banyak berbasa-basi. Kalau gitu kenapa tidak kirim SMS saja ? mengirim SMS sangatlah cepat, nomor apa saja dan di mana saja dapat dicapai dalam beberapa detik saja. SMS juga sangatlah murah, Anda dapat mengetik pesan hingga 160 karakter.

- *Jelajah Internasional*

Dengan 3, Jelajah Internasional Anda secara otomatis sudah diaktifkan, jadi Anda tinggal menggunakannya saja saat berada di luar negeri dengan menekan 333<kode negara><kode area><nomor tujuan># diikuti dengan Yes/OK. Cara lain yang sangat kami rekomendasikan adalah *Direct Dial*, karena dengan *Direct Dial* Anda dapat langsung melakukan panggilan tanpa harus repot dengan kode panggilan. Sebelum berangkat, pastikan Anda mampir ke *3store* untuk

mengaktifkan fitur *Direct Dial*. Tetapi jika metode pembayaran Anda tidak menggunakan direct debit atau kartu kredit, Anda harus membayar uang deposit terlebih dahulu.

- *Video Call*

Dengan *video call*, kamera yang ada di ponsel 3G memungkinkan Anda untuk melihat lawan bicara Anda dan juga sebaliknya. Pastikan saja Anda dan lawan bicara Anda sedang berada di daerah jaringan 3G dan orang tersebut juga menggunakan ponsel 3G. Lalu hubungi nomor tujuan, tekan tombol *Video Call* dan Anda akan langsung bertatap muka dengannya.

Tunggu dulu, masih ada lagi! Anda juga bisa melakukan *video call* internasional. Artinya Anda dapat langsung berbicara dan melihat seseorang yang ada di belahan dunia lain, tekan saja 001<kode negara><nomor tujuan> dan tekan tombol *Video Call*.

- GPRS

Sebelum Anda menggunakan GPRS, Anda harus mengatur ponsel Anda terlebih dahulu. Saat kartu 3 diaktifkan, secara langsung Anda akan mendapat SMS yang berisi pengaturan otomatis untuk GPRS, tekan YES/OK untuk mengirim pengaturan tersebut. Setelah pengaturan telah dikonfigurasi, GPRS dapat langsung digunakan. Penggunaan data Anda akan ditagih per *kilobyte*.

- *Multimedia Message Service (MMS)*

Dengan MMS Anda dapat mengirim gambar, video atau musik bersama pesan singkat anda. Sama seperti GPRS, Anda akan mendapatkan pengaturan otomatis melalui SMS saat kartu 3 Anda pertama kali diaktifkan. Yang perlu Anda lakukan adalah tekan Yes/OK untuk menerima penagaturan tersebut. Selain itu Anda dapat langsung mengirim atau menerima MMS. Untuk mengirim MMS, Anda akan ditagih per 100 *kilobyte* (Usman, dkk, 2012).

2.2.5. Distribusi Normal

Satu-satunya distribusi probabilitas dengan variabel random kontinu adalah distribusi normal. Ada 2 peran yang penting dari distribusi normal :

Memiliki beberapa sifat yang mungkin untuk digunakan sebagai patokan dalam mengambil suatu kesimpulan berdasarkan hasil sampel yang diperoleh. Pengukuran sampel digunakan untuk menafsirkan parameter populasi (Aswin, 2013).

Distribusi normal sangat sesuai dengan distribusi empiris, sehingga dapat dikatakan bahwa semua kejadian alami akan membentuk distribusi ini. Karena alasan inilah sehingga distribusi ini dikenal sebagai distribusi normal dan grafiknya dikenal sebagai kurva normal atau kurva gauss.

Ciri-ciri distribusi normal :

- Distribusi normal mempunyai beberapa sifat dan ciri, yaitu:
- Disusun dari variable random kontinu.

- Kurva distribusi normal mempunyai satu puncak (uni-modal).
- Kurva berbentuk simetris dan menyerupai lonceng hingga mean, median dan modus terletak pada satu titik.
- Kurva normal dibentuk dengan N yang tak terhingga.
- Peristiwa yang dimiliki tetap independen.

Proses standarisasi dapat dilakukan dengan transformasi rumus (kurva normal standar) :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots(2.1)$$

X = nilai variable random

μ = rata-rata distribusi

σ = simpang baku

Z = nilai standar, yaitu besarnya penyimpangan suatu nilai terhadap rata-rata yang dinyatakan dari unit SD.

Standarisasi penting dilakukan karena ada variabel random yang memiliki satuan yang berbeda-beda, seperti cm, kg, bulan. Untuk memudahkan perhitungan dapat digunakan sebuah table yang menunjukkan luas area di bawah kurva normal antara nilai rata-rata dan suatu nilai variable random yang dinyatakan dalam unit SD. Misalnya : luas 95% adalah 1,96 SD.

Untuk transformasi distribusi normal menjadi distribusi normal standar dinyatakan $\mu = 0$ dan $\sigma = 1$.

Distribusi Normal adalah model distribusi kontinyu yang paling penting dalam teori probabilitas. Distribusi Normal diterapkan dalam berbagai permasalahan. Distribusi normal memiliki kurva berbentuk lonceng yang simetris. Dua parameter yang menentukan distribusi normal adalah rata-rata / ekspektasi (μ) dan standar deviasi (σ).

Fungsi kerapatan probabilitas dari distribusi normal diberikan dalam rumus berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana μ adalah rata-rata, σ adalah standar deviasi, $\pi = 3,14$ dan e adalah bilangan konstanta yaitu 2,718 (Aswin, 2013).

2.2.6. Standart Throughput Menurut ITU (*International Telecommunication Union*)

ITU (*International Telecommunication Union*) merupakan organisasi internasional yang berfungsi untuk membakukan dan meregulasi radio internasional dan telekomunikasi. Nilai *standar throughput* menurut ITU (*International Telecommunication Union*), dapat dilihat pada table dibawah yang menjelaskan nilai *standar throughput* berdasarkan layanan akses data yang digunakan.

Tabel 2.15 Standar *throughput* sesuai ITU

Application	Throughput (Kbps)
Conversational voice	4 – 64 Kbps
Voice messaging	4 – 32 Kbps
High quality streaming video	16 – 128 Kbps
Videophone	16 – 384 Kbps

Tabel 2.15 merupakan standar nilai *throughput* menurut ITU (*International Telecommunication Union*) sesuai dengan aplikasi yang digunakan. Ketika nilai *throughput* sudah memenuhi nilai standart yang telah ditetapkan oleh ITU (*International Telecommunication Union*), maka dapat digunakan untuk mengakses layanan seperti diatas (ITU, 2001).

2.2.7. Drive Test

Drive test merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengumpulkan data yang akan dilakukan pengukuran kualitas sinyal di jaringan tertentu untuk meningkatkan dan mengembangkan kualitas sinyal di suatu jaringan tertentu. *Drive test* dapat dilakukan dengan cara menggunakan mobil yang berkecepatan rendah dan didalamnya sudah terisi peralatan untuk *drive test*, selain itu bisa juga dilakukan dengan cara *walk test* yang bisa dilakukan dengan berjalan di area BTS tertentu. Beberapa perlengkapan yang dibutuhkan untuk melakukan *drive test* antara lain adalah :

1. *Mobile Station* (MS) yang didalamnya sudah terintegrasi dengan *drive test*.
2. Komputer atau notebook yang didalamnya sudah terinstal software *drive test*.

3. GPS yang digunakan untuk menentukan koordinat lokasi.

Fungsi dari *drive test* adalah :

1. Untuk mengetahui kondisi BTS.
2. Untuk mengetahui kualitas sinyal terima, mengetahui jarak antara BTS dan MS, interferensi, serta dapat mengetahui proses *handcover*.
3. Dari hasil yang didapat untuk mengetahui apakah BTS yang ada masih layak dipakai atau tidak.

Perangkat MS digunakan untuk mensimulasikan masalah yang pernah dialami oleh pengguna ketika/akan melakukan panggilan. Sistem *drive test* melakukan pengukuran, menyimpan data di komputer, dan menampilkan data menurut waktu dan tempat.

2.2.8. Perangkat Lunak *Open Signal*

Software Open Signal merupakan *software* yang dapat digunakan untuk mengetahui banyak informasi tentang jaringan data yang digunakan pada *android*. Beberapa hal yang dapat diperoleh menggunakan perangkat ini antara lain dapat mengetahui kecepatan *download* dan *upload* jaringan data pada provider tertentu, dapat mengetahui grafik sinyal terdekat dan dapat melihat peta cakupan jaringan 2G, 3G, dan 4G di suatu daerah tertentu. Ketika melakukan pengukuran GPS pada *android* harus dalam keadaan aktif, supaya dapat diketahui *longitude* dan *latitude* titik-titik pengukuran. Untuk mengetahui data yang akan digunakan yaitu dengan

mengexport data dari *software open signal* ke SD card, sehingga data yang diperoleh akan langsung berupa *Microsoft Excel*.

2.2.9. Perangkat Lunak *Map Info*

Software Map Info merupakan *software* yang berbasis *Sistem Informasi Geografis*, yang dapat digunakan untuk pengelolaan peta dari data spasial atau berupa *Microsoft Excel*. Cara menggunakan perangkat lunak ini pertama harus membuka *file* peta yang akan digunakan, lalu melakukan “*register*” dengan memasukkan minimal 3 titik koordinat di dalam peta tersebut. Ketika peta sudah terbuka dalam *software Map Info*, selanjutnya buka *file* dari *Microsoft Excel* yang akan dilakukan pemetaan dengan format *.csv*. Proses pemetaan dilakukan dengan membuka “*table*” yang ada di baris menu, lalu pilih “*create points*”, dalam “*create points for table*” pilih data yang akan dipetakan, dalam koordinat X masukkan titik “*longitude*”, dalam koordinat Y masukkan titik “*latitude*”, lalu klik “*Ok*”. Ketika *create point* sudah selesai lalu klik kanan pada peta dan pilih “*layer control*”, lalu tambahkan “*file*” yang sudah dilakukan *create points*. Sehingga dapat diketahui titik-titik yang dilakukan pengambilan data. Untuk mengetahui *throughput* pilih “*Map*” dalam baris menu, lalu pilih “*create thematic map*”, lalu pilih tipe “*ranges*” dan klik “*next*”, dalam “*create thematic map step 2 of 3*”, dalam pilihan “*field*” masukkan “*delta rx bytes cell*” dan klik “*next*”. Sehingga peneliti dapat menunjukkan hasil akhir berupa titik-titik *throughput* yang didapat di lokasi penelitian.