

BAB II DASAR TEORI

2.1 UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)

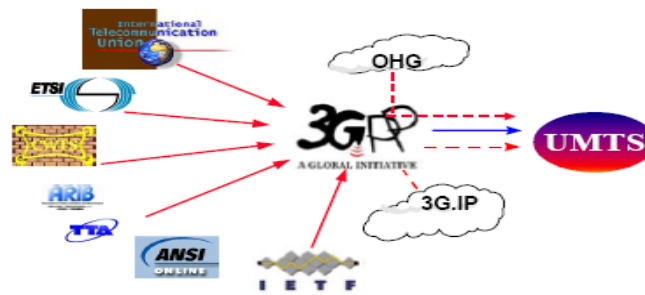
2.1.1 Standarisasi UMTS

UMTS diajukan oleh ETSI ke lembaga IMT-2000 milik ITU pada tahun 1998 untuk dipertimbangkan sebagai standar internasional. Pada saat itu, UMTS dikenal sebagai *UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA)*, dan dirancang untuk menyediakan jalur peningkatan kapasitas tinggi untuk GSM. Pada saat pergantian abad, beberapa teknologi lain yang bersaing dengan *wideband CDMA (W-CDMA)* menyetujui untuk bergabung dengan standar tunggal W-CDMA, dan hal ini menghasilkan standar W-CDMA yang sekarang ini disebut UMTS.

Ada empat badan standarisasi internasional yang berperan dalam teknologi 3G, atau yang lebih dikenal dengan teknologi UMTS. Empat badan standarisasi internasional tersebut adalah:

- a. ITU-T (*International Telecommunication Union*)
- b. ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*)
- c. ARIB (*Alliance of Radio Industries and Business*)
- d. ANSI (*American National Standard Institute*)

Keempat badan standarisasi internasional tersebut kemudian mencapai kesepakatan untuk menyamakan standar implementasi jaringan 3G, yang kemudian diberi nama 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). 3GPP inilah yang kemudian menjadi standar untuk spesifikasi jaringan 3G, termasuk UMTS-WCDMA di dalamnya Gambar 2.1 menunjukkan badan standarisasi internasional yang tergabung dalam 3GPP.



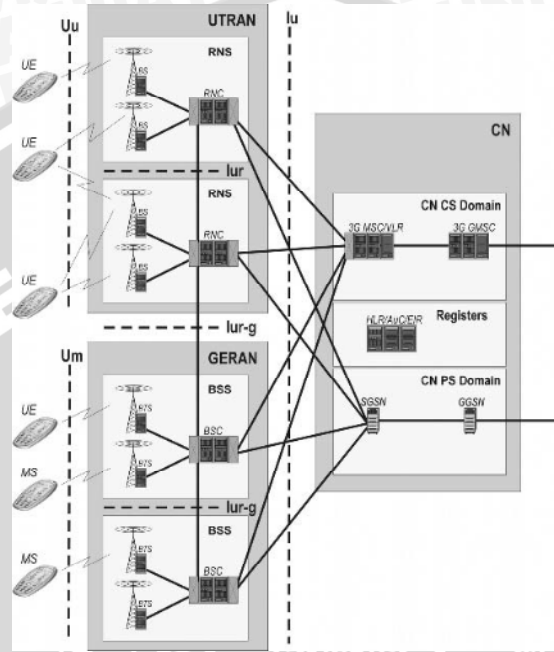
Gambar 2.1 3rd Generation Partnership Project (3GPP)

Sumber: Nokia, *Introduction to UMTS*

2.1.2 Arsitektur Jaringan UMTS

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) merupakan suatu revolusi dari GSM yang mendukung kemampuan generasi ketiga (3G). UMTS menggunakan teknologi akses WCDMA dengan system DS-WCDMA (*Direct Sequence Wideband CDMA*). Terdapat dua mode yang digunakan dalam WCDMA dimana yang pertama menggunakan FDD (*Frequency Division Duplex*) dan kedua dengan menggunakan TDD (*Time Division Duplex*). FDD dikembangkan di Eropa dan Amerika sedangkan TDD dikembangkan di Asia. Pada WCDMA FDD, digunakan sepasang frekuensi pembawa 5 MHz pada *uplink* dan *downlink* dengan alokasi frekuensi untuk *uplink* yaitu 1945 MHz – 1950 MHz dan untuk *downlink* yaitu 2135 MHz – 2140 MHz.

UMTS adalah salah satu teknologi seluler pada generasi ketiga yang menggunakan teknologi WCDMA sebagai *interface*-nya. UMTS dikembangkan oleh IMT-2000 *framework* yang merupakan salah satu bagian dari program ITU. Jaringan WCDMA yang merupakan *air interface* dari UMTS memiliki arsitektur jaringan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan UMTS

Sumber: Wibisono, G., Usman, U.K. & Hantoro, G.D. 2007

Secara garis besar arsitektur jaringan WCDMA-UMTS terdiri atas tiga bagian utama yaitu :

1. UE (*User Equipment*)

UE adalah perangkat yang digunakan pelanggan untuk dapat melakukan komunikasi bergerak. UE terdiri dari:

a. *Mobile Equipment (ME)*

Berfungsi sebagai terminal radio yang digunakan untuk komunikasi lewat radio.

b. UMTS *Subscriber Identity Module* (USIM)

Berisi nomor identitas pelanggan.

2. UTRAN (*UMTS Terrestrial Access Network*)

Jaringan akses radio menyediakan koneksi antara terminal *mobile* dan *Core Network*. Dalam UMTS jaringan akses radio dinamakan UTRAN. UTRAN terdiri dari *Radio Network Systems* (RNS), dimana setiap RNS meliputi RNC (dianalogikan dengan GSM BSC) dan *Node B* (sebagai *Base Station*). Sebuah RNS merupakan suatu sub-jaringan dalam UTRAN dan terdiri dari *Radio Network Controller* (RNC) dan satu atau lebih *Node B*. RNS dihubungkan antar RNC melalui suatu *Iur Interface* dan *Node B* dihubungkan dengan satu *Iub Interface*.

a. RNC (*Radio Network Controller*)

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

b. *Node B*

Node B adalah unit fisik untuk mengirim/menerima frekuensi pada sel. Perangkat ini sama dengan BTS (*Base Transceiver Station*) dalam jaringan GSM. *Node B* berhubungan dengan UE melalui *air interface* WCDMA dan berhubungan dengan RNC melalui *interface Iub*.

Tugas utama *Node B* adalah mengubah data antara *air interface* dengan *Iub*, WCDMA *spreading/despreading* dan modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) pada *air interface*. *Node B* juga bertanggung jawab pada FDD *software handover* dan *power control*.

3. CN (Core Network)

Core Network merupakan jaringan inti yang telah dibangun sebelum adanya UMTS. Jaringan ini berfungsi sebagai *switching* pada jaringan UMTS, memajemen jaringan serta sebagai *interface* antara jaringan UMTS dengan jaringan yang lainnya. Komponen *Core Network* UMTS terdiri dari :

a. MSC (*Mobile Service Switching Center*)

MSC berfungsi untuk melakukan *switching* dasar dan untuk interkoneksi hubungan pembicaraan, baik antar selular maupun dengan jaringan kabel PSTN, ataupun dengan jaringan data. Disamping itu, MSC juga bertanggung jawab untuk melakukan fungsi registrasi, autentikasi, *update lokasi user*, *billing service* dan *interface* dengan jaringan lain.

b. HLR (*Home Location Register*)

HLR berfungsi untuk menyimpan data dan informasi mengenai pelanggan agar tersimpan secara permanen. HLR juga berisi rekaman lengkap lokasi terkini dari *user*.

c. VLR (*Visitor Location Register*)

VLR berfungsi untuk menyimpan data dan informasi pelanggan, dimulai pada saat pelanggan memasuki area yang bernaung dalam cakupan wilayah MSC. Ketika berpindah kedalam *service area* MSC, VLR menghubungkan informasi permintaan ke MSC tentang pengguna dari HLR si pengguna. HLR mengirim salinan informasi ke VLR dan memperbaharui lokasi informasinya sendiri. Ketika pengguna melakukan panggilan, VLR sudah mempunyai informasi yang diminta untuk *call-setup*.

d. SGSN (*Serving GPRS Support Node*)

SGSN merupakan gerbang penghubung jaringan BSS/BTS ke jaringan GPRS. Fungsi SGSN antara lain yaitu mengantarkan paket data ke MS, *update* pelanggan ke HLR, registrasi pelanggan baru.

e. GGSN (*Gateway GPRS Support Node*)

GGSN merupakan gerbang penghubung dari jaringan GPRS ke jaringan paket data standard (PDN). GGSN berfungsi dalam menyediakan fasilitas *internetworking* dengan *eksternal packet-switch network* dan dihubungkan dengan SGSN *via Internet Protokol (IP)*. GGSN akan berperan antarmuka logik bagi PDN, dimana GGSN akan memancarkan dan menerima paket data dari SGSN atau PDN.

4. *Interface Jaringan*

- a. *cu – interface*, yaitu *interface* elektronik antara smart card USIM dan ME (*Mobile Equipment*).
- b. WCDMA, yaitu *air interface* yang menghubungkan UE ke jaringan UTRAN.
- c. *Iub – interface*, yaitu *interface* yang menghubungkan *Node B* dan RNC.
- d. *Iur – interface*, yaitu *interface* yang digunakan untuk proses *soft handover* antar RNC.

2.1.3 Spesifikasi Teknis WCDMA

Spesifikasi teknis untuk WCDMA diberlakukan berdasarkan rekomendasi yang dikeluarkan secara internasional melalui 3GPP. Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi teknis untuk teknologi WCDMA.

Tabel 2.1 Spesifikasi Teknis WCDMA

<i>Channel Bandwidth</i>	5 MHz
<i>Duplex Mode</i>	FDD and TDD
<i>Downlink RF channel structure</i>	<i>Direct spread</i>
<i>Chip rate</i>	3.84 Mbps
<i>Frame length</i>	10 ms
<i>Spreading modulation</i>	<i>Balanced QPSK (downlink) Dual-channel QPSK (uplink) Complex spreading circuit</i>
<i>Data modulation</i>	<i>QPSK (downlink) BPSK (uplink)</i>
<i>Channel coding</i>	<i>Convolutional and turbo codes</i>
<i>Coherent detection</i>	<i>User dedicated time multiplexed pilot (downlink and uplink). Common pilot in the downlink</i>
<i>Channel multiplexing in downlink</i>	<i>Data and control channels timesmultiplexed</i>
<i>Channel multiplexing in uplink</i>	<i>Control and pilot channel time multiplexed I&Q multiplexing for data and control channel</i>
<i>Multirate</i>	<i>Variable spreading and multicode</i>
<i>Spreading factors</i>	4-256 (uplink). 4-512 (uplink)
<i>Power control</i>	<i>Open and fast closed loop (1.6 kHz)</i>
<i>Spreading (downlink)</i>	<i>OVSF sequences for channel separation Gold sequences $2^{18} - 1$ for cell and user separation (truncated cycle 10 ms)</i>
<i>Spreading (uplink)</i>	<i>OVSF sequences. Gold sequences 2^{41} for user separation (different time shift in I and Q channel (truncated cycle 10 ms)</i>
<i>Handover</i>	<i>Soft handover Interfrequency handover</i>

(Sumber : Gunadi Dwi Hantoro, 1999, www.elektroindonesia.com)

2.1.4 Jenis Layanan dan Area Cakupan UMTS

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, teknologi 3G (UMTS) memiliki kemampuan untuk mengirimkan berbagai layanan seperti suara, data dan multimedia. Trafik yang dapat dilayani pada jaringan UMTS ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

a. *Circuit Switched*

Trafik untuk *circuit switched* ini normalnya memiliki kebutuhan *realtime* yang tinggi, maksudnya tidak ada *delay* atau *delay* yang terjadi harus dalam keadaan konstan. Layanan yang berbasis *circuit switched* ini kemudian dikenal dengan layanan *Real Time* (RT). Contoh layanan untuk jenis trafik ini yaitu suara (*normal speech*) dan *video phone*.

b. *Packet Switched*

Tabel 2.2 menunjukkan nilai *bit rate* yang dibutuhkan untuk layanan *Real Time* (RT) dan *Non Real Time* (NRT) pada jaringan 3G (UMTS) untuk cakupan area yang berbeda-beda (*rural, urban, suburban* dan *indoor*).

Tabel 2.2 Layanan RT dan NRT pada jaringan 3G (UMTS)

Enviroment	RT Service Peak Rate (Delay fixed 20 - 300 ms)	NRT Service Peak Rate (Delay varies 20 - 300 ms)
<i>Rural outdoor</i> (Speed < 250 km/h)	144 – 384 kb/s	144 – 384 kb/s
<i>Urban/Suburban</i> (Speed < 150 km/h)	384 – 512 kb/s	384 – 512 kb/s
<i>Indoor/Low range outdoor</i> (Speed < 10 km/h)	-2 Mb/s (<i>Special Condition</i>)	-2 Mb/s (<i>Special Condition</i>)

(Sumber: Nokia, *Introduction to UMTS*)

Berdasarkan spesifikasi pada IMT-2000, cakupan area untuk jaringan UMTS dibagi menjadi 4 zona, yang secara rinci dijelaskan pada gambar 7, yaitu:

a. Zona 1 : *Indoor*

Zona 1 ini tersusun atas sel-sel yang sangat kecil, atau biasa disebut dengan *pico cells*, dan digunakan untuk melayani perkantoran yang besar, rumah tangga, gedung pencakar langit, dan lain-lain.

Radius layanan pada *pico cells* ini yaitu sekitar beberapa puluh meter dan memiliki *transfer rate* sampai dengan 2 Mbit/s.

b. Zona 2 : *Urban*

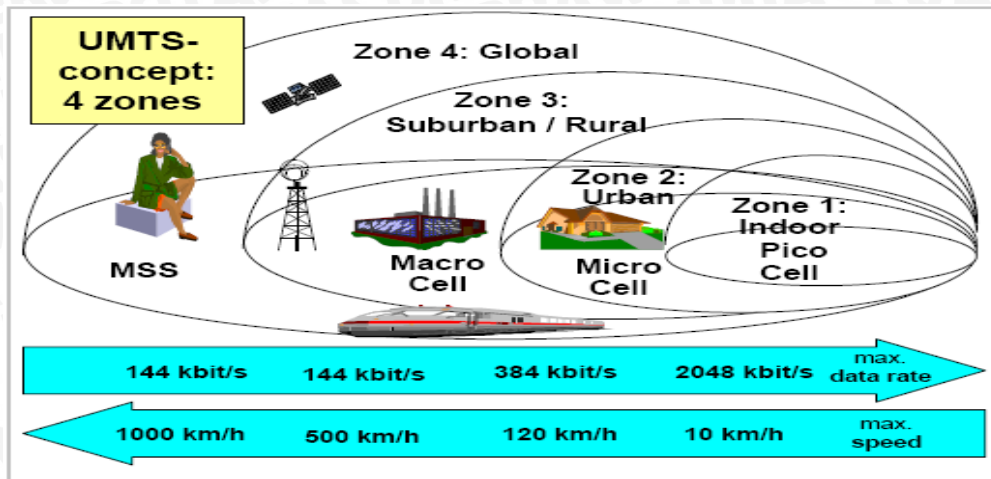
Zona 2 ini tersusun dari *micro cells* dan digunakan untuk melayani beberapa titik yang ramai, seperti pusat kota, tempat umum, stadium olahraga, *hall* pameran, bandara, stasiun kereta api, dan lain sebagainya. Radius untuk layanan pada *micro cells* ini adalah beberapa ratus meter.

c. Zona 3 : *Suburban / Rural*

Zona 3 ini tersusun dari *macro cells* dan digunakan untuk melayani area *suburban* dan *rural*. Radius untuk layanan pada *macro cells* ini adalah beberapa kilometer. Untuk *user* yang memiliki mobilitas dengan kecepatan sedang, maka memiliki *transfer rate* 384 kbps. Untuk *user* yang memiliki mobilitas dengan kecepatan tinggi, memiliki *transfer rate* 144 kbps.

d. Zona 4 : *Global*

Zona 4 secara global mencakup seluruh area *rural* yang berpenduduk jarang. Dengan kata lain, zona 4 ini mencakup seluruh area yang tidak tercakup pada zona 1 sampai dengan 3. Cakupan zona 4 ini meliputi laut, gurun pasir, pegunungan, dan daerah kutub.



Gambar 2.3. Cakupan zona UMTS

(Sumber: Siemens Technology UMTS Introduction, 2005:33)

2.2 Parameter Kerja Jaringan (QOS)

Beberapa parameter yang dijadikan referensi umum untuk dapat melihat performansi dari jaringan 3G/UMTS adalah seperti : RSCP, EcNo, *Speech Quality Index (SQI)*, *Call Setup Success Ratio*, *Call DropRatio*, *Successfull Call Ratio*, *Call Congestion Ratio*, dan *Handover Success Ratio*.

2.2.1 RSCP (*Received Signal Code Power*)

RSCP adalah kuat sinyal penerimaan yang menyatakan besarnya daya pada satu kode yang diterima oleh UE (*User Equipment*) yang merupakan salah satu parameter yang menentukan nilai Ec/No. Nilai RSCP merupakan suatu nilai yang menunjukkan level kekuatan sinyal. Kuat sinyal yang diterima oleh *mobile station* dari *base station* masing-masing *user* berbeda satu sama lain. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh redaman akibat rugi-rugi lintasan propagasi yang dialami setiap *user* berbeda antara *user* satu dengan *user* lainnya tergantung pada jarak masing-masing *user* dengan *base station*. Nilai RSCP yang digunakan seperti dalam Tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Range RSCP (dBm)

Warna	Kualitas	Range
	Sangat Baik	Bernilai -85 dBm s/d 0 dBm
	Baik	Bernilai -98 dBm s/d -85 dBm
	Sedang	Bernilai -108 dBm s/d -98 dBm
	Buruk	Bernilai -120 dBm s/d -108 dBm

Sumber: TEMS Pocket Users Manual

2.2.2 Energy Carrier per Noise (EcNo)

Ec/No adalah rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari sinyal pilot dengan total energi yang diterima. Ec/No juga menunjukkan level daya minimum (*threshold*) dimana MS masih bisa melakukan suatu panggilan. Biasanya nilai Ec/No menentukan kapan MS harus melakukan *hand off*.

Nilai Ec/No ini berfungsi sebagai penanda kualitas sinyal, apakah sudah bagus atau belum, dimana hasil pengukuran Ec/No dapat digunakan untuk memperlihatkan sebuah gambar bagaimana cakupan yang bagus yang disediakan dari *site-site* BS dan seberapa besar interferensi yang dihasilkan. Karena Ec/No digunakan sebagai ukuran perfomansi hubungan antara *mobile station* dan *base station*, maka perlu ditentukan nilai Ec/No minimum untuk perfomansi sistem yang memadai. Nilai Ec/No yang ideal yang digunakan oleh *provider* adalah -6 dB hingga 0 dB. Nilai Ec/No yang digunakan seperti dalam Table 2.4

Tabel 2.4 Range nilai EcNo (dB)

Warna	Kualitas	Range
	Sangat Baik	Bernilai -6 dB s/d 0 dB
	Baik	Bernilai -11 dB s/d -6 dB
	Cukup	Bernilai -16 dB s/d -11 dB
	Buruk	Bernilai -20 dB s/d -16 dB

Sumber: TEMS Pocket Users Manual

Level sinyal pilot (E_c/N_0) yang merupakan perbandingan *energy per chip* terhadap *noise density*. Hubungan antara E_c/N_0 dan E_b/N_0 dapat dilihat pada persamaan (2-1) (Yang 2004:160):

$$E_c = S_c \times T_c \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan :

E_c : energi *carrier* sinyal (joule)

S : daya sinyal (watt)

T_c : waktu yang diperlukan untuk mengirimkan satu bit (detik)

Dengan mendistribusikan nilai $R_c=1/T$ maka didapatkan persamaan (2-2):

$$E_c = \frac{S_c}{R_c} \dots\dots\dots(2-2)$$

Sehingga E_c/N_0 didapatkan pada persamaan (2-3):

$$\frac{E_c}{N_0} = \frac{S_c}{R_c \times N_0} \dots\dots\dots(2-3)$$

Diberikan bahwa *noise density* adalah total *noise* N dibagi dengan Kecepatan *chip* W , maka persamaan (2-4):

$$\frac{E_c}{N_0} = \frac{S_c \times W}{N \times R_c} \dots\dots\dots(2-4)$$

Jika dibuat suatu asumsi bahwa R_c (misalnya 3,84 Mcps) adalah hampir sama dengan W (misal 5 Mhz), maka E_c/N_0 sebanding dengan *pilot power* (S_c) dibagi dengan *noise power* (N). Sehingga persamaan (2-5) :

$$\frac{E_c}{N_0} \approx \frac{S_c}{I} \dots\dots\dots(2-5)$$

Kemudian untuk menghubungkan antara E_b/N_0 dengan E_c/N_0 digunakanlah persamaan (2-6) berikut:

$$N \approx I = \frac{S_c}{\frac{E_c}{N_0}} \dots\dots\dots(2-6)$$

Maka,

$$\frac{E_b}{N_0} \approx \frac{S_b \times W \times E_c}{S_c \times R_b \times N_0}$$

Sehingga,

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right) \approx \left(\frac{S_b \times W}{S_c \times R_b} \right)$$

Untuk $S_b=S_c$, maka dihasilkan persamaan (2-7)

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right) \approx \left(\frac{W}{R_b} \right) \dots\dots\dots(2-7)$$

keterangan :

$\frac{E_b}{N_0}$: rasio *energy bit* terhadap *noise*

$\frac{E_c}{N_0}$: rasio *energy chip* terhadap *noise*

R_b : laju data (bps)

W : Kecepatan *chip* (bps)

2.2.3 Energy per Bit to Noise Density (Eb/No)

E_b/N_0 adalah suatu parameter yang digunakan untuk menentukan laju data digital dan sebagai ukuran mutu standar untuk kinerja sistem komunikasi digital. Dilihat dari namanya, E_b/N_0 dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per bit terhadap *noise*.

Energi per bit dalam sebuah sinyal dijelaskan dalam persamaan (2-8) (Yang, 1998)

$$E_b = S \times T_b \dots\dots\dots(2-8)$$

Keterangan :

E_b : energi bit sinyal (joule)

S : daya sinyal (watt)

T_b : waktu yang diperlukan untuk mengirimkan satu bit (detik)

Daya *noise* signal (N_o) yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan dijelaskan dalam persamaan (2-10).

$$N_o = k \times T \dots\dots\dots(2-10)$$

Keterangan:

N_o : daya sinyal *noise*

k : konstanta Boltzman, $1.381 \times 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$

T : suhu ruang, 290° K

Jika suatu sinyal digital atau analog, yang berisi data digital biner yang dipancarkan pada suatu laju data (R) tertentu, dimana R dapat dihitung menggunakan persamaan (2-11),

$$R = \frac{1}{T_b} \dots\dots\dots(2-11)$$

Keterangan :

R : laju data (bps)

T_b : waktu yang diperlukan untuk mengirimkan satu bit (detik)

Maka dengan mensubstitusikan nilai R (2-11) ke dalam persamaan (2-10), persamaan E_b/N_o dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-12).



$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S / R}{N_o} = \frac{S / R}{kT} = \frac{S}{kTR} \dots\dots\dots(2-12)$$

Keterangan :

$\frac{E_b}{N_o}$: rasio *energy bit* terhadap *noise*

S : level sinyal (watt)

N : daya *noise* saluran transmisi (watt)

k : konstanta Boltzman, $1,381 \times 10^{-23}$ J/°K

T : suhu ruang, 290° K

R : laju data (bps)

Jika sinyal ditransmisikan dalam suatu *bandwidth* tertentu, dimana nilai *bandwidth* sebanding dengan nilai kecepatan *chip* frekuensi W maka nilai E_b/N_o dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-13).

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} \times \frac{B}{R} \dots\dots\dots(2-13)$$

Dan,

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} \times \frac{W}{R} \dots\dots\dots(2-14)$$

Keterangan :

$\frac{E_b}{N_o}$: rasio *energy bit* terhadap *noise*

S : level sinyal (watt)

N : daya *noise* saluran transmisi (watt)

B : *bandwidth* (bps)

R : laju data (bps)

W : Kecepatan *chip* (bps)

2.2.4 Carrier to Interference Ratio (C/I)

Hubungan antar C/I dan E_b/N_0 dapat dilihat dari persamaan (2-15) (Garg-Wilkes, 1996).

$$\frac{C}{I} = \left(\frac{Rb}{W} \right) \times \left(\frac{E_b}{N_0} \right) \dots\dots\dots(2-15)$$

Sedangkan E_b/N_0 (dB) ialah energi per bit tiap kerapatan daya *signal interference*. Dan hubungan antara E_b/N_0 (dB) dengan E_b/N_0 terdapat pada persamaan (2-16) (Garg-Wilkes, 1996 : 45).

$$\frac{E_b}{N_0} = 10 \log \left(\frac{E_b}{N_0} \right) \dots\dots\dots(2-16)$$

keterangan :

- $\frac{C}{I}$: rasio *energy carrier* terhadap *interference* (dB)
- $\frac{E_b}{N_0}$: rasio *energy bit* terhadap *noise*
- $\frac{E_b}{N_0}$: rasio *energy bit* terhadap *interference* (dB)
- R_b : laju data (bps)
- W : Kecepatan *chip* (bps)

2.2.5 Speech Quality Index(SQI)

SQI dapat diartikan sebagai indikator kualitas suara dalam keadaan menelepon (*dedicated mode*). Nilai SQI ini berkisar antara -20 hingga 30. Semakin besar nilai SQI, semakin baik pula kualitas suara. Berikut standar nilai SQI seperti dalam table 2.5.

Tabel 2.5 Range nilai SQI

Warna	Kualitas	Range
	Baik	Bernilai 18 s/d 30
	Cukup	Bernilai 0 s/d 18
	Buruk	Bernilai -20 s/d 0

Sumber: TEMS Pocket Users Manual

2.2.6 Call Setup Success Ratio (CSSR)

CSSR adalah prosentase tingkat keberhasilan melakukan *setup* panggilan sehingga diperoleh kanal yang dipergunakan pada saat awal pensinyalan. Pada perhitungan CSSR menggunakan persamaan:

$$CSSR = 100x \left[\frac{\Sigma callsetup}{\Sigma callattempt} \right] \dots\dots\dots(2-17)$$

Keterangan :

Call Setup : *signaling* yang telah dibangun antara pemanggil dan penerima

Call Attempt : panggilan yang bertujuan bertujuan meminta kanal

2.2.7 Call Drop Ratio

Call Drop Ratio adalah prosentase banyaknya panggilan yang jatuh atau putus setelah kanal pembicaraan digunakan. Pada perhitungan *call drop ratio* ini digunakan menggunakan persamaan :

$$Call Drop Ratio(\%) = 100x \left[\frac{\Sigma callDropped}{\Sigma callsetup} \right] \dots\dots\dots(2-18)$$

Keterangan :

Call Setup : *signaling* yang telah dibangun antara pemanggil dan penerima

Call Dropped : panggilan yang terputus

Call drop dapat disebabkan beberapa hal, antara lain:

- Rugi-rugi frekuensi radio
- *Co Chanal* interferensi dan interferensi berdekatan
- Kegagalan proses *handover*

2.2.8 Successful Call Ratio

Successfull Call Ratio adalah prosentase dari keberhasilan proses panggilan yang dihitung dari MS si penelepon melakukan panggilan sampai dengan panggilan tersebut terjawab oleh penerima. Pada perhitungan *successful call ratio* ini menggunakan persamaan :

$$\text{Successful Call}(\%) = 100 \times (\text{CSSR} \times (1 - \text{call drop rate})) \dots \dots \dots (2-19)$$

Keterangan :

- CSSR : prosentase tingkat keberhasilan melakukan *setup* panggilan
- call drop rate* : panggilan yang terputus

2.2.9 Call Congestion Ratio

Call Congestion Ratio adalah *prosentase* kepadatan panggilan yang disebabkan karena keterbatasan kanal. Pada perhitungan *call congestion ratio* ini menggunakan persamaan :

$$\text{Call Congestion Ratio}(\%) = 100x \left[\frac{\sum \text{BlockCall}}{\sum \text{CallAttempt}} \right] \dots \dots \dots (2-20)$$

Keterangan :

- Block call* : panggilan yang berakhir ketika melakukan *call setup*
- Call Attempt* : panggilan yang bertujuan bertujuan meminta kanal

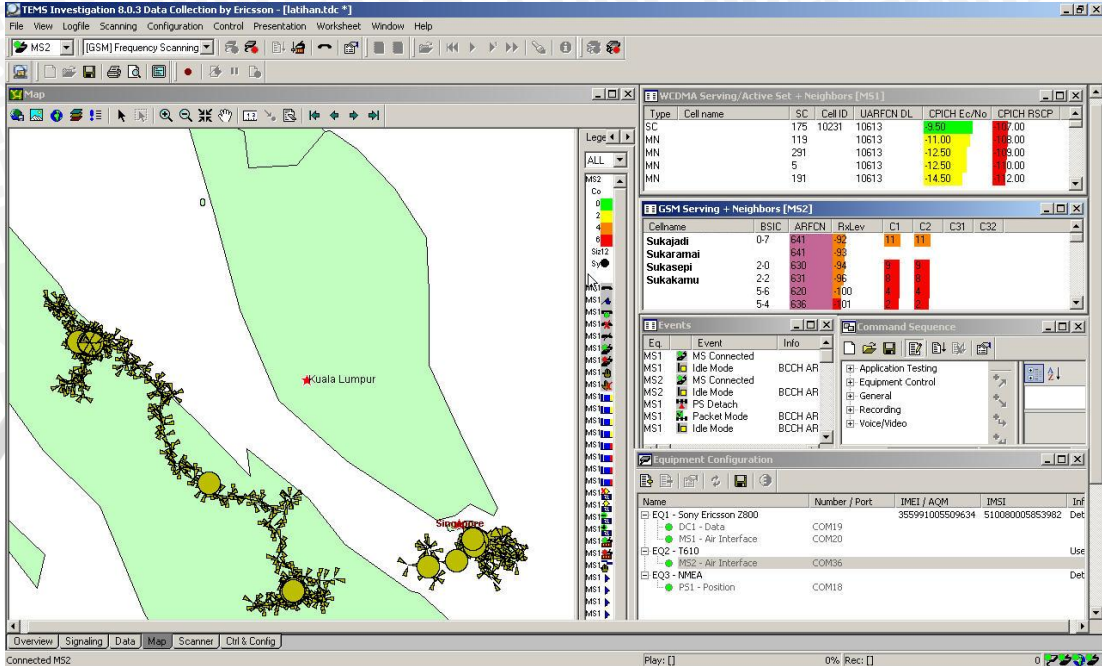
2.3 Tems Investigation

TEMS Investigation adalah salah satu *tools* perangkat lunak yang digunakan sebagai alat bantu *drive test* diluar ruangan (*outdoor*). Dalam penelitian ini versi *tools* yang digunakan adalah *TEMS Investigation* 8.03. Pada pengukuran, *TEMS Investigation* di-*install* pada MS tipe Sony Erricson K800i. MS yang telah ter-*install* *TEMS* disinkronkan dengan laptop dan GPS (*Global Positioning System*). Fungsi GPS adalah sebagai alat navigasi dan *plotting parameter* pada rute *drive test* yang dilalui.

Spesifikasi minimum untuk laptop yang digunakan dalam pengukuran:

1. *Operating System* : Windows XP SP2

- 2. Processor : Core 2 or greater
- 3. Memory : min.512 MB RAM
- 4. Disk Space : min 1 GB free space



Gambar 2.4 Tampilan TEMS Investigation 8.03
 Sumber: Tutorial TEMS Investigation 2008.4.2005

Parameter yang dapat diperoleh melalui TEMS Investigation adalah sebagai berikut :

1. BCCH (*Broadcast Control Channel*)
 Bagian *control channel* dalam GSM untuk melakukan *broadcasting* data *network cell* dimana *user* berada dan apa saja *cell neighbourhoodnya*. Dari BCCH juga dikirim sinyal secara *continuous* sehingga *user (Mobile Subscriber)* mendapat sinyal. BCCH bersifat *downlink* dari BTS ke MS saja.
2. ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel*)
 Menyederhanakan nilai dari frekuensi GSM, misalnya menyebutkan alokasi frekuensi untuk operator A dari kanal 51 sampai 87 dibandingkan dari 945.2 MHz sampai 952.4. Atau memasukkan angka 51 ke dalam peralatan dibandingkan harus mengingat dan memasukkan 945.2 MHz. Apabila pihak regulator hanya mengalokasikan frekuensi dalam satuan MHz tapi tidak dalam

nomor kanal ARFCN maka dilakukan mapping frekuensi sendiri dari MHz ke ARFCN.

3. CGI (*Cell Global Identity*)

Cell Global identity adalah metode untuk untuk mengenali posisi *user* berdasarkan *cell*. *Cell global Identity* merupakan identitas *cell* yang unik. Karena di seluruh dunia tidak ada *cell* dengan kode yang sama. CGI terdiri dari :

a. MCC (*Mobile Country code*)

MCC adalah identifikasi suatu negara dengan menggunakan 3 digit. Tiga digit MCC ini merupakan bagian dari format penomoran IMSI, dimana secara total IMSI terdiri dari 15 digit. Indonesia menggunakan 510.

b. MNC (*Mobile Network Code*)

MNC adalah 2 digit identifikasi yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah jaringan bergerak. Kombinasi antara MCC dan MNC akan selalu menghasilkan sebuah kode yang unik di seluruh dunia.

c. LAC (*Local Area Code*)

LAC adalah sebuah identitas yang digunakan untuk menunjukkan kumpulan beberapa *cell*. Sebuah PLMN tidak boleh menggunakan 1 LAC yang sama untuk 2 *cell group* yang berbeda. Sebuah LAC dapat digunakan dalam 2 atau lebih BSC yang berbeda, dengan syarat masih dalam 1 MSC yang sama. Informasi lokasi LAC terakhir dimana sebuah MS berada akan disimpan di VLR dan akan diperbaharui apabila MS tersebut bergerak dan memasuki area dengan LAC yang berbeda.

d. *Cell ID*

Parameter ini yang harus diperhatikan agar tidak salah *site* ketika ingin melakukan *drivetest* karena setiap *cell* punya kode ID masing-masing.

4. BSIC (*Base Station Identity Code*)

Di gunakan agar MS dapat membedakan BTS yang menggunakan frekuensi yang sama. Karena menggunakan frekuensi *re-use* kemungkinan BTS mengeluarkan frekuensi yang sama.

5. RSCP (*Received Signal Code Power*)

Kuat sinyal penerima yang menyatakan besarnya daya yang diterima oleh *UE (User Equipment)*.

6. Ec/No (*Energy Carrier Per Noise*)

Kualitas sinyal yang diterima oleh *UE (User Equipment)*.

7. SQI (*Speech Quality Indicator*)

Indikator kualitas suara dalam keadaan dedicated atau menelpon dengan rentang -20 s.d 30 , makin besar makin baik.

8. TA (*Timing Advance*)

Timing Advance adalah parameter untuk mengetahui jarak antara BTS dan mobile station (MS). *Timing advance* adalah sinkronisasi antara *mobile station* dengan *Base Transmitter Station (BTS)* dalam transmisi suara. Untuk menjaga sinkronisasi, *mobile station* mengirim sinyal ke BTS (*uplink*) secara kontinyu. BTS juga mengirim sinyal ke *mobile station (downlink)*. Saat *uplink* dan *downlink* disebut *round trip time*. Saat terjadi total *connection*, BTS akan mengirim nilai *Timing Advance* ke *mobile station*. Dengan *timing advance*, bisa diketahui jarak antara BTS dengan *mobile station*. Nilai *timing Advance* adalah 0-63. Artinya jarak antara BTS-MS berkisar antara 0-35 km. Dengan setiap tingkatan mewakili 550 m.

9. FER (*Frame Erasure Rate*)

Frame Erasure Rate (FER) merupakan rata-rata kesalahan dalam 1 detik. Nilai FER maksimal yang disyaratkan adalah 1%. Jika suatu *coverage* memiliki FER lebih dari 1% akan mengakibatkan adanya *drop call*.

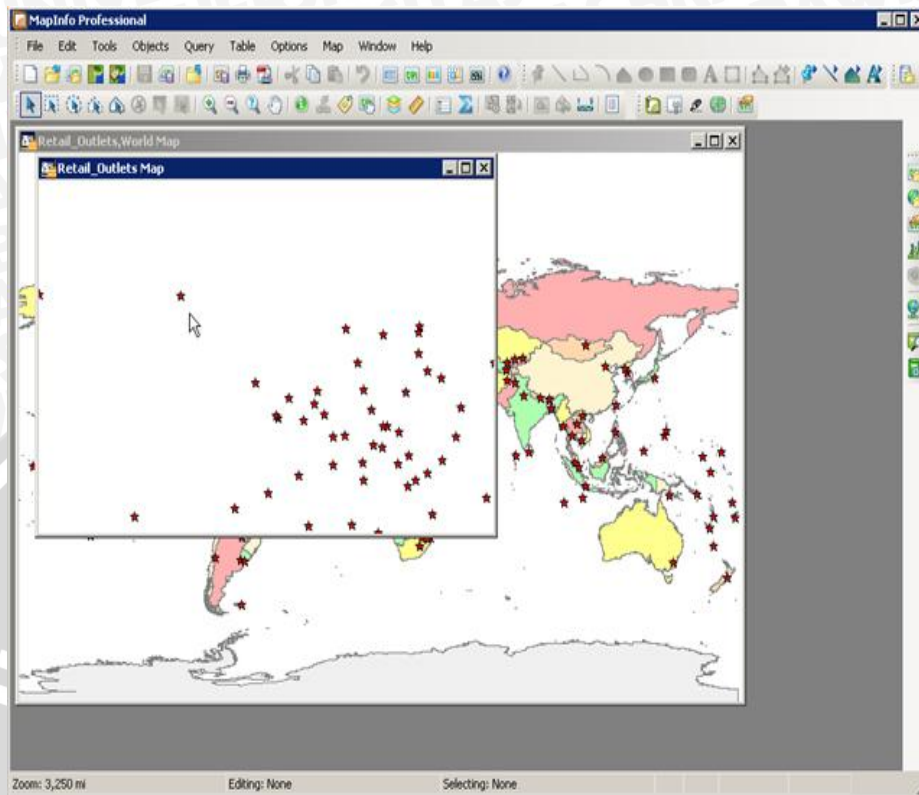
2.4 MAPINFO

MapInfo adalah salah satu *tools* perangkat lunak pengolah Sistem Informasi Geografi (SIG). *Mapinfo* digunakan untuk mengolah hasil keluaran *TEMS Investigation* yang berupa pola pengukuran menjadi sebuah gambar berskala dengan menambahkan layer peta. Dari gambar berskala tersebut diperoleh nilai jarak maksimum *jamming* sebagai data primer. Dalam penelitian ini *MapInfo* dapat disinkronkan dengan program *TEMS Investigation*.

Berikut ini adalah spesifikasi minimum yang dibutuhkan untuk menjalankan *MapInfo* di sebuah komputer/laptop:

1. *Operating System* : Windows 2000/XP or greater
2. *Memory* : 128 MB RAM
3. *Disk Space* : Application 103 MB
Data 450 MB
4. *Minimum Graphics* : 16 or 24-bit Color
5. *Minimum Monitor* : 800 x 600 display

Pembentukan peta di *MapInfo* dapat digambarkan secara analog. Dalam *MapInfo* suatu *table* dapat digambarkan sebagai satu lembar (*sheet*) dari suatu *film*. Komposisi peta di *MapInfo* merupakan gabungan dari beberapa lembar (*sheet*) film tersebut yang disusun secara bertumpuk. Istilah yang umum digunakan untuk susunan tersebut adalah *layering*. Tampilan dari program *MapInfo* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.5 Tampilan *MapInfo* dengan 2 layer
Sumber: Tutorial *TEMS Investigation* 2008.4.2005

Setiap lembar (*sheet*) merupakan *layer* yang dapat digabungkan dan di-*match*kan untuk membentuk suatu peta, sehingga dapat dilakukan analisis dari peta yang terbentuk tersebut. Ketika *MapInfo* melakukan *redraw* peta, *MapInfo* akan melakukan *redraw* dari *layer* yang tersusun paling bawah kemudian ke *layer* di atasnya, dan sebaliknya jika ingin diketahui informasi dari suatu peta.