

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Telekomunikasi Bergerak

Sistem telekomunikasi bergerak adalah sistem telekomunikasi yang digunakan untuk mengendalikan komunikasi dari pelanggan yang bergerak dari suatu lokasi ke lokasi yang lainnya dengan menggunakan jaringan radio. *Global System for Mobile Communication (GSM)* adalah salah satu sistem telekomunikasi bergerak seluler *digital* yang digunakan oleh sebagian besar negara di seluruh dunia.

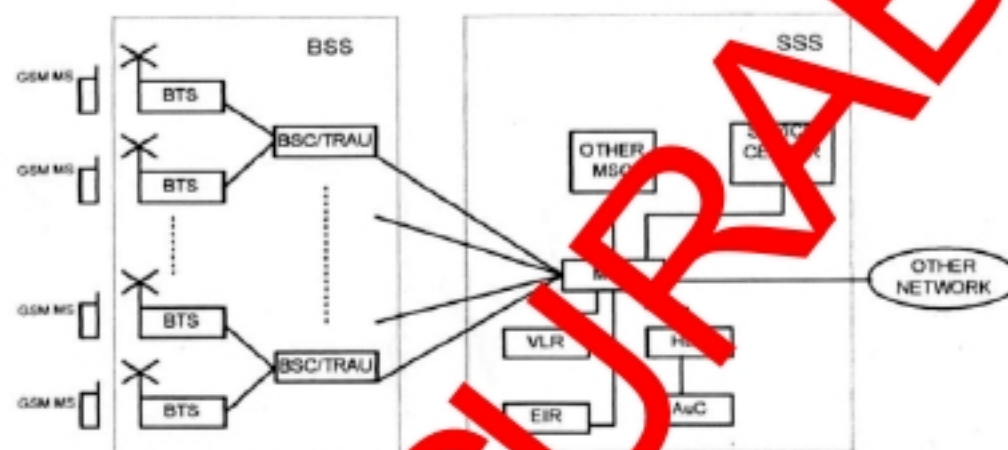
Sistem GSM menggunakan sederetan radio *transmitter* yang disebut BTS (*Base Transceiver Station*) yang berfungsi menghubungkan pelanggan ke jaringan seluler GSM. Karena menggunakan konsep seluler maka sebuah sel akan dilayani oleh sebuah BTS. Dalam melayani pelanggan suatu sel akan memiliki area cakupan (*coverage area*) dan kapasitas tertentu.

Coverage area yang diberikan oleh sel tergantung pada besarnya daya pengiriman efektif, *gain* antena dan tinggi antena sel. Disamping itu kategori daerah yang dicakup oleh sel tersebut juga berpengaruh dalam bentuk *coverage area*. Kategori daerah cakupan meliputi daerah *urban* yang sangat padat dengan pemukiman dan bangunan tinggi-tinggi, daerah *suburban* merupakan daerah pinggiran kota dengan dengan pemukiman yang sedang dan bangunan yang tidak terlalu tinggi dan daerah *rural (open area)* merupakan daerah yang jarang terdapat pemukiman dan terbuka seperti persawahan

2.2 Arsitektur Jaringan GSM

Jaringan GSM terdiri dari beberapa komponen fungsional, seperti terlihat pada gambar 2.1. Jaringan GSM terdiri atas tiga bagian yaitu:

- a. *Mobile Station (MS)*.
- b. *Base Station Subsystem (BSS)*.
- c. *Switching Subsystem (SS)*.



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan GSM

2.2.1 Mobile Station (MS)

Mobile Station atau stasiun bergerak adalah suatu perangkat berupa terminal *portable* dan dapat digunakan dengan bergerak ditambah dengan *Subscriber Identity Module (SIM)*. Setiap SIM card berisikan nomor yang diidentifikasi secara unik yang biasa disebut *International Mobile Subscriber Identity (IMSI)*. Selain itu pada *handset MS* juga terdapat nomor-nomor yang tersusun secara unik disebut *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*.

2.2.2 Base Station Subsystem (BSS)

Semua fungsi hubungan radio dijalankan oleh BSS yang terdiri dari :

a. *Base Transceiver Station (BTS)*

Sistem GSM menggunakan sederetan radio *transmitter* yang disebut BTS untuk menghubungkan stasiun bergerak (*mobile station*) ke jaringan seluler. Tugas dari BTS meliputi pengkodean kanal (*channel coding*), pembacaan kode (*decoding*), enkripsi dan deskripsi. Suatu BTS memiliki radio pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) yang disingkat *transceiver* (TRX). BTS menyediakan satu atau lebih TRX untuk menangani banyaknya panggilan yang diperlukan. Jumlah kapasitas TRX yang ada pada BTS ditentukan banyaknya trafik pada daerah BTS tersebut.

b. *Base Station Controller (BSC)*

Beberapa buah BTS dihubungkan dengan BSC yang berfungsi mengatur hubungan radio untuk setiap BTS yang dikontrolnya. BSC sangat diperlukan untuk mengatur perpindahan MS dari satu BTS ke BTS lainnya (*handover*). Perpindahan area ditentukan dari beda kekuatan sinyal antara dua BTS yang saling tumpang tindih (*overlap*). Selain itu juga BSC juga berfungsi dalam manajemen jaringan radio, konfigurasi sel dan pengaturan kanal siaran (*broadcasting channel*).

c. *Transcoding and Rate Adaption Unit (TRAU)*

TRAU berfungsi untuk menyesuaikan perbedaan transmisi antara BSS dan MSC di setiap kanal pada standard GSM.

2.2.3 Switching Subsystem (SS)

Komponen utama *Switching Subsystem* (SS) adalah *Mobile Switching Center* (MSC). SS berfungsi menangani hal-hal yang diperlukan pelanggan seperti *registrasi, otentikasi, handover, call routing* untuk *roaming* pelanggan.

Home Location Register (HLR) merupakan *database* yang berisi informasi pelanggan dan informasi lokasi untuk tiap user pada MSC, dimana pelanggan mempunyai kode identitas *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI) dimana nomor identitas ini digunakan untuk mengidentifikasi tiap HLR user.

Visitor Location Register (VLR) merupakan *database* yang untuk sementara waktu disimpan pada IMSI dan informasi pengguna yang sedang *roaming*.

Authentication Center (AuC) menyimpan semua informasi yang diperlukan untuk memeriksa keabsahan pelanggan, sehingga usaha untuk mencoba mengadakan hubungan pembicaraan bagi pelanggan yang tidak sah dapat dihindarkan.

Equipment Identity Register (EIR) adalah *database* yang berisi informasi tentang identitas perangkat agar mencegah penggunaan MS oleh pengguna yang tidak berhak.

2.3 Konsep Kanal Sistem GSM

Pada sistem GSM, terdapat *International Telecommunication Union* (ITU) yaitu organisasi yang mengatur alokasi spektrum radio internasional, telah mengalokasikan *band* frekuensi untuk sistem GSM.

Dari alokasi *band* frekuensi yang dimiliki sistem GSM, terlihat bahwa sistem GSM memiliki keterbatasan spektrum radio yang digunakan untuk melayani *user* (pelanggan). Dengan keterbatasan tersebut, sehingga di rancang suatu metode dengan membagi-bagi *bandwidth* agar dapat digunakan oleh sebanyak mungkin pelanggan. Metode ini merupakan kombinasi dari *time and frequency division multiple access* (TDMA/FDMA).

Bagian FDMA berkaitan dengan pembagian *bandwidth* 200 MHz (baik untuk uplink maupun downlink) menjadi 124 frekuensi *carrier* sehingga masing-masing frekuensi *carrier* mempunyai lebar 200 kHz. Setiap frekuensi *carrier* ini diterapkan pada setiap *transceiver* (TRX) sehingga pada setiap *base station* terdapat satu atau lebih frekuensi *carrier* tergantung jumlah TRX yang ada pada *base station* tersebut.

Kemudian untuk setiap frekuensi *carrier* ini terbagi-bagi dalam waktu yang disebut dengan *time slot* menggunakan TDMA dan satu *time slot* ini dapat mensupport satu TDMA *user*. Sehingga untuk satu frekuensi *carrier* terdapat delapan *time slot*. Unit *fundamental* (dasar) dari waktu dalam skema TDMA ini disebut dengan *periode burst*. Jadi burst merupakan format informasi/pesan yang ditransmisikan selama satu *time slot*. Untuk delapan periode *burst* akan dikelompokkan menjadi satu *frame* TDMA.

Secara singkat dapat dijelaskan mengenai konsep kanal pada sistem GSM adalah sebagai berikut:

Physical Channel (kanal fisik) :

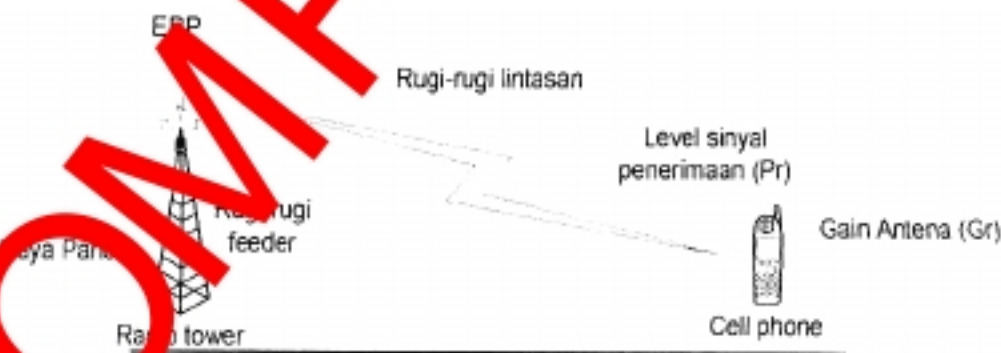
1. Satu *time slot* dari frame TDMA merupakan satu kanal fisik.
2. Dalam 1 carrier RF terdapat 8 kanal fisik (channel 0-7).

b. *Logical Channel* (kanal logik) :

1. Tergantung jenis informasi yang ditransmisikan antara MS dan BTS.
2. Jenis informasi : *user data* dan *control signalling*
3. Kanal logik ditumpangkan pada kanal fisik.

2.4 Propagasi Gelombang Radio

Propagasi gelombang radio merupakan hal yang sangat penting dalam komunikasi seluler, oleh karena itu harus memperhatikan *level* sinyal penerimaan untuk daya pancar yang spesifik. Gelombang radio akan direduksi karena intervensi lintasan propagasi kontur *terrain* dalam transmisi. Kuat medan yang tereduksi selama lintasan gelombang radio disebut dengan rugi-rugi lintasan (*path loss*). Dari gambar 2.2 dapat diketahui bahwa *level* daya sinyal penerimaan dari MS tergantung daya pancar efektif atau *Effective Radiated Power (ERP)* dan besarnya rugi-rugi lintasan (*path loss*).



Gambar 2.2 Lintasan gelombang radio

Menurut Mehrotra (dalam Nugraha, 2004:16) sehingga daya penerimaan (*Pr*) dapat diuraikan dalam persamaan :

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Lt - Lr - Lp.....(2.1)$$

Dimana :

$$ERP = Pt + Gt - Lt$$

Maka :

$$Pr = ERP + Gr - Lr - Lp$$

Dengan :

Pt = daya pancar *transmitter* (dBm)

Gt = gain antena *transmitter* (dBd)

Lt = rugi-rugi *transmitter* (dB)

Gr = gain antena *receiver* (dB)

Lr = rugi-rugi *receiver* (dB)

Lp = rugi-rugi lintasan (dB)

Dengan mengetahui rugi-rugi lintasan maka akan diketahui jarak maksimum *coverage area* dari BTS ke tepi sel agar daya sinyal minimum (sensitifitas penerimaan) diterima oleh pengguna bergerak.

2.4.1 Klasifikasi daerah urban, suburban, dan rural

Menurut Mehrotra (dalam Werdika, 2001:30) dalam mengklasifikasikan bentuk suatu daratan, banyak sekali terdapat variasi dalam fitur daratan sehingga sebagai acuan dalam analisis adalah suatu daratan yang seolah-olah rata. Walaupun akan tetapi masih ada hal yang mempengaruhi kuat medan penerimaan oleh antena *mobile station* seperti bangunan dan pepohonan yang dekat dengan antena *mobile station*. Sehingga jika kita klasifikasikan penghalang seperti bangunan dan pepohonan dalam suatu area maka prediksi kuat medan sangat sulit.

Oleh karena itu suatu daerah diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan tingkat kongesti dalam area geografis seperti dibawah ini :

- a. *Open area (rural)*, yaitu daerah yang perambatan sinyal dari pemancar ke penerima tidak mempunyai banyak halangan atau infrastruktur dan jarang terdapat pemukiman.
- b. *Suburban area*, yaitu daerah pinggiran kota yang pemukimannya tidak terlalu padat dan terdapat beberapa penghalang seperti bangunan yang tidak terlalu tinggi.
- c. *Urban area*, daerah perkotaan yang pemukimannya sangat padat dan terdapat banyak penghalang seperti bangunan tinggi-tinggi.

2.4.2 Rugi-rugi lintasan (path loss)

Menurut Mehrotra (dalam Nugraha, 2014:17) berdasarkan kurva-kurva prakiraan (prediksi) Okumura (kurva kurva CCIR Rec. 567-3), kemudian Hata mengembangkan suatu formula empiris untuk memudahkan perhitungan rugi-rugi lintasan untuk daerah *urban*, *suburban* dan *rural (open area)* dalam sistem komunikasi bergerak seluler. Dalam formula empiris ini telah memasukan tiga faktor yang mempengaruhi kuat medan (*field strength*) yaitu *free space path loss* (rugi-rugi lintasan ruang bebas), fading multi lintasan (*multipath fading*), dan efek bayangan (*shadowing*) seperti yang direkomendasikan oleh CCIR (*Recommendation and report of the CCIR, 1982, Volume V, Report 567-2*).

2.4.3 Metode Okumura-Hata

Berdasarkan pengolahan secara matematis, Hata memperoleh rumus rugi-rugi lintasan sebagai berikut (Garg, 1999:268) :

a. Daerah Urban

$$L_p = 69,55 + 26,16 \log (f) - 13,82 \log (h_B) - a(h_M) + (44,9 - 6,55 \log h_B) \log d \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan faktor koreksi antena penerima:

1. Kota kecil sampai sedang

$$a(h_M) = (1,1 \log (f) - 0,7) h_M - (1,56 \log (f) - 0,8) (h_M) \dots\dots(2.3)$$

2. Kota besar

$$a(h_M) = 8,29 (\log 1,54 h_M)^2 - 1,1 \text{ dB untuk } F_c \leq 200 \text{ MHz} \dots\dots(2.4)$$

$$a(h_M) = 3,2 (\log 1,75 h_M)^2 - 4,97 \text{ dB untuk } F_c \geq 400 \text{ MHz} \dots\dots(2.5)$$

Dimana:

f = frekuensi kerja antara 150 – 1500 MHz

h_B = tinggi efektif antena *transmitter* (BS) sekitar 30-200 m

h_M = tinggi efektif antena *receiver* (MS) sekitar 1-10 m

d = jarak antara Tx – Rx sekitar 1-20 km

$a(h_M)$ = faktor koreksi untuk efektif antena MS sebagai fungsi dari luas daerah yang dilayani.

L_p = rugi-rugi lintasan (*path loss*) untuk daerah *urban*.

b. Daerah Suburba

$$L_p = L_p - 2 (\log (f/28))^2 - 5,4 \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2.6)$$

c. Daerah Rural (*open area*)

$$L_{po} = L_p - 4,78 (\log (f))^2 + 18,33 \log (f) - 40,94 \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Walaupun model Hata tidak memiliki koreksi lintasan spesifik yang disediakan model Okumura, tetapi persamaan-persamaan diatas sangat praktis untuk digunakan dan memiliki akurasi yang sangat baik. Hasil prediksi dengan model

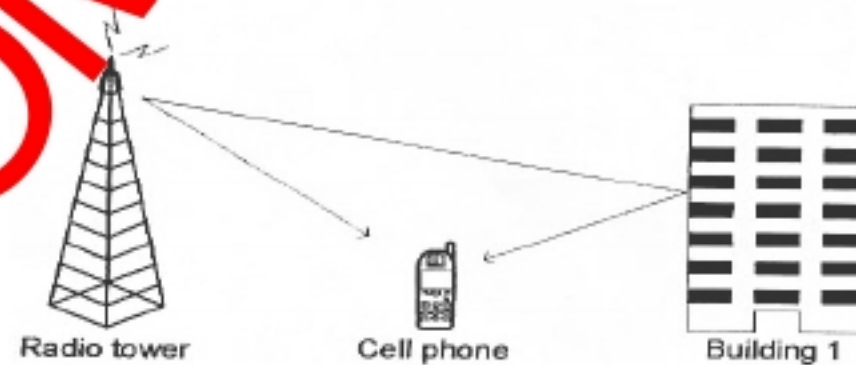
Hata hampir mendekati hasil dengan model Okumura, untuk jarak d lebih dari 1 km. Model ini sangat baik untuk sistem mobile dengan ukuran sel besar, tetapi kurang cocok untuk sistem dengan radius kurang dari 1 km.

2.4.4 Fading

Untuk daerah yang banyak terdapat penghalang yang *relatif* tinggi, sinyal yang merambat dari BTS ke MS akan melalui lintasan yang berbeda, karena efek pantulan bagian tersebut. Akibatnya maka kuat sinyal yang diterima akan bervariasi setiap saat dan fading yang terjadi sangat cepat.

Fading merupakan variasi level sinyal yang diterima oleh antena penerima. *Fading* ditimbulkan oleh mekanisme propagasi yang meliputi pemantulan, pembiasan dan penghamburan yang berhubungan dengan kondisi atmosfer dan kondisi daerah disekitarnya. Secara umum fenomena fading yang kerap terjadi pada penerimaan sinyal handset komunikasi bergerak terbagi menjadi dua yaitu :

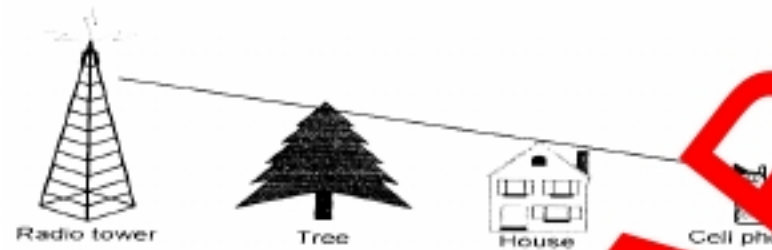
- a. *Multipath fading* yang juga disebut *Raleighn fading (short term fading)*



Gambar 2.3 Fenomena *multipath fading*

Multipath fading adalah fading cepat yang membatasi cakupan sistem komunikasi bergerak. Fading ini disebabkan karena MS lebih rendah dari bangunan sekitarnya

b. *Log normal fading* atau juga disebut *local mean (long term fading)*



Gambar 2.4 Fenomena *log normal fading (shadowing)*

Log normal fading atau shadowing (efek bayangan) merupakan fading lambat yang juga membatasi cakupan sel area. Fading ini disebabkan karena efek bayangan dari berbagai penghalang seperti kontur tanah (*terrain*) yang meredam gelombang radio, sehingga diperoleh fluktuasi rugi-rugi lintasan. Fluktuasi rugi-rugi lintasan disebabkan oleh perbedaan lintasan propagasi yang dilalui antara MS dan BTS selama MS berjalan.

2.4.5 Faktor koreksi

Dalam memprediksi besarnya rugi-rugi lintasan maka perlu ditinjau hubungan antara pendekatan empiris dengan kondisi lingkungan sebenarnya. Untuk itu pada perhitungan rugi-rugi lintasan ditambahkan suatu faktor koreksi sehingga dihasilkan perhitungan yang lebih akurat. Faktor koreksi yang digunakan adalah faktor koreksi tinggi undulasi.

Faktor koreksi tinggi undulasi merupakan faktor koreksi yang diakibatkan faktor kontur tanah (*terrain*) yang tidak beraturan. Tinggi undulasi menurut Okumura adalah selisih antara 10% dan 90% tinggi kontur tanah diantara

MS dan BTS sepanjang 10 Km dari arah Ms. Menurut pengukuran Okumura tinggi undulasi berpengaruh jika selisihnya lebih dari 20 m. Rumus bantu untuk tinggi undulasi adalah :

$$\Delta h = 0,8 \times (h_{\text{mak}} - h_{\text{min}}) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

h_{mak} = kontur tanah tertinggi sepanjang lintasan

h_{min} = kontur tanah terendah sepanjang lintasan

Menurut Siemens AG (dalam Nugraha, 2004: 14) dengan faktor koreksi tinggi undulasi :

$$K_{\text{TER}} = -5,18 (\log \Delta h)^2 + 3,5358 (\log \Delta h) + 105 \dots\dots\dots(2.9)$$

2.5 Sistem Antena

Pada sebuah komunikasi radio (*RF broadcast communication system*), antarmuka (*interface*) menuju media transmisi adalah antena, demikian juga halnya pada sistem radio seluler dimana memerlukan komunikasi yang sangat meyakinkan dari BTS menuju pelanggan yang bergerak. Ketika radio merupakan sistem dupleks, situasi yang paling ideal adalah memberikan performansi yang sama pada arah pengiriman dan arah penerimaan. Untuk itu maka tipe, perolehan (*gain*), cakupan dan daya yang diberikan untuk menghasilkan polarisasi dan semua faktor harus menjadi perhatian disainer.

Antena pada sistem seluler dipilih untuk memberikan cakupan yang meyakinkan dan untuk memberikan batas pada sistem desain dari masing-masing sel dalam area layanannya. Terdapat dua tipe dasar antena yang digunakan pada

sistem seluler yaitu *omnidirectional* (360°) dan kedua adalah antenna *directional* atau antenna sektoral (120° , 90° , 60° , 45° , dan 30°).

2.5.1 Gain antenna

Gain antenna adalah rasio dari intensitas yang dihasilkan oleh antenna dalam arahnya dibagi dengan rasio intensitas radiasi yang dihasilkan oleh suatu radiator *isotropis* (radiator fiktif dimana mempunyai radiasi yang sama ke segala arah).

2.5.2 Antena omnidirectional

Antena *omnidirectional* biasanya adalah suatu *collinear dipole* (sejumlah dipole dalam satu line). Dalam antenna *omnidirectional*, sebuah pembagi daya dibutuhkan untuk fase sejumlah dipole dalam satu gain antenna atau untuk menghubungkan dua antenna *feed line*.

2.5.3 Antena directional

Antena *directional* biasanya memiliki *gain* yang lebih besar dari antenna *omnidirectional*, reflektor sudut (*corner reflector*) dan antenna yang merupakan tipe antenna *directional* yang digunakan pada BTS.

Antena jenis ini juga memiliki kelebihan dalam hal propagasi multi lintasan (*multipath propagation*) yaitu mereduksi fading, memperpanjang periode fading dan perolehan (*gain*) untuk kuat medan rata-rata. Selain itu, juga dapat mereduksi penyebaran penundaan multi lintasan (*multipath delay spread*), selama penundaan gelombang radio seringkali tiba pada antenna dalam arah yang berseberangan sehingga akan diblok oleh *reflektor* yang ada dibelakang antenna.

Dalam aplikasi dimana satu antenna *directional* (antenna sektoral) tidak bisa

memberikan cakupan yang melingkar (*circular coverage*), maka beberapa antena sektoral digunakan membagi daya (*power splitter*) sehingga dapat memberikan cakupan seperti antena *omnidirectional*.

2.6 Kualitas Pelayanan (Service Quality)

Untuk menjaga kualitas pelayanan terdapat tiga unsur yang harus diperhatikan (Lee, 1995:10):

a. Cakupan (*Coverage*)

Sistem harus mampu melayani sebuah daerah seluas mungkin. Dengan cakupan radio dimana konfigurasi lintasan yang tidak beraturan maka tidak memungkinkan untuk melayani suatu daerah sebanyak 100 % dengan alasan :

1. Daya yang ditransmisikan akan menjadi sangat besar untuk memperjelas *weakspots* dengan penerimaan yang cukup.
2. Dengan daya yang ditransmisikan besar maka sulit mengontrol interferensi.

b. Derajat Pelayanan (*Grade of Service*)

Suatu sistem biasanya harus memiliki derajat pelayanan (GoS) yang dideskripsikan dalam bentuk probabilitas kegagalan panggilan sebesar 0,01 untuk menginisiasi panggilan pada jam sibuk. Untuk menurunkan probabilitas kegagalan sistem harus memiliki perencanaan dan kanal radio yang cukup.

Pemutusan Panggilan (*drop call*)

Berdasarkan Q panggilan dalam satu jam, jika panggilan tersebut putus dan Q-1 panggilan berhasil, maka *drop rate* panggilan sebesar $1/Q$. Drop rate yang tinggi menyebabkan berkurangnya cakupan (*coverage*) dan kegagalan *handover*.

2.7 Metode Trend Linear

Menurut Martiningtyas (2004:113) *trend* jangka panjang dari data bisnis seperti penjualan, ekspor, dan produksi seringkali diperkirakan memiliki pola garis lurus. Jika demikian, maka persamaan untuk menggambarkan pola pertumbuhan tersebut dapat dituliskan $Y' = a + bt$. Y' adalah nilai proyeksi dari variabel Y pada nilai t tertentu. a adalah perpotongan (intersep) dari Y' intersep ini merupakan nilai Y ketika $t = 0$. b adalah kemiringan atau slope garis atau perubahan rata-rata dalam Y' untuk setiap perubahan dari satu unit t (baik peningkatan maupun penurunan). t adalah nilai waktu yang dipilih.

Untuk mencari nilai a dan b dapat ditung dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*), yaitu dengan menggunakan dua persamaan normal : $\sum Y = na + b \sum t$ dan $\sum tY = a \sum t + b \sum t^2$ (2.10)

sehingga diperoleh :

$$b = \frac{\sum tY - \frac{(\sum Y)(\sum t)}{n}}{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}$$

$$a = \left(\frac{\sum Y}{n} - b \left(\frac{\sum t}{n} \right) \right)$$

Jika data selama periode waktu tertentu cenderung mendekati *trend* garis lurus, maka persamaan $Y' = a + bt$ yang dikembangkan metode kuadrat terkecil dapat digunakan untuk melakukan estimasi/peramalan untuk beberapa periode waktu yang akan datang.

2.8 Teknik Trafik Telekomunikasi

2.8.1 Penggunaan trafik

Menurut Garg (1999:394) Penggunaan trafik didasarkan pada dua parameter yaitu:

- Calling rate*, merupakan intensitas panggilan per satuan trafik berdasarkan pada jam sibuk (*busy hour*).
- Holding time*, merupakan rata-rata durasi dari pendudukan setiap satu satuan trafik panggilan

2.8.2 Intensitas trafik

Secara sederhana trafik dapat didefinisikan sebagai pemakaian yang diukur dengan waktu (berapa lama, kapan) yang tertentu dikaitkan dengan apa yang dipakai dari mana atau kemana. Dalam sistem telepon, permintaan atau panggilan yang datang biasanya tidak dapat ditaklukkan terlebih dahulu tentang kapan dan berapa lama suatu pembicaraan telepon dapat berlangsung atau berapa lama suatu percakapan atau salun berlangsung.

Nilai trafik dari suatu berkas saluran adalah banyaknya (lamanya) waktu pendudukan yang mengisi berkas saluran tersebut. Mengenai trafik ini dikenal:

- Volume trafik : jumlah waktu pendudukan
- Intensitas trafik : jumlah waktu pendudukan per satuan waktu

Pada perencanaan suatu sistem seluler perlu mengetahui besarnya intensitas trafik yang dapat ditawarkan pelanggan. Dengan memperkirakan jumlah percakapan per jam per BTS (Q_i) maka akan diketahui nilai trafik (A) untuk setiap

BTS dengan rata-rata waktu pendudukan (T) sesuai persamaan berikut (Lee,1995:55) :

$$A = \frac{Q_i \cdot T}{3600} \text{ erlang} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.8.3 Grade of Service (GoS)

Grade of Service atau derajat pelayanan adalah gambaran yang menyatakan probabilitas bahwa panggilan akan hilang karena kongesti penyambungan atau transmisi. Untuk sistem seluler, biasanya operator seluler menggunakan GoS sebesar 0,01. Dengan mengetahui trafik yang harus dibangkitkan dan nilai GoS tertentu maka dapat ditentukan jumlah kanal yang dibutuhkan dengan menggunakan table erlang B. Distribusi erlang didapat dari keadaan:

- a. Sumber panggilan yang tak terhingga.
- b. Pola waktu pendudukan merupakan distribusi eksponensial (negatif).
- c. Jumlah saluran yang melimpung terbatas, sehingga panggilan yang datang pada waktu semua saluran sedang melayani panggilan (sedang sibuk) akan tidak dapat dilayani oleh saluran saluran (hilang).

Nilai pada table erlang B didapat dari persamaan berikut (Garg, 1999:405) :

$$B = \frac{A^N}{N!} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}$$

dimana:

N = total jumlah kanal yang ada.

A = intensitas trafik.

Dari persamaan 2.12 sangat cocok untuk memecahkan masalah dimensioning yaitu jika diketahui A (trafik) dan N (banyaknya kanal trafik) maka B (*Grade of Service*) dapat dihitung. Akan tetapi jika A diketahui dan B untuk mencari N dengan persamaan 2.12 adalah tidak praktis, oleh karena itu untuk lebih praktisnya dibuat table *Erlang B* yang memperlihatkan trafik yang dapat dilayani untuk nilai B dan N yang berbeda-beda. Seperti contoh ditunjukkan dalam table 2.1. Jika GoS adalah 0,01 dan trafik yang ditawarkan adalah 10,44 erlang maka jumlah kanal trafik yang dibutuhkan adalah 18 kanal trafik.

Tabel 2.1 Tabel Erlang B

Number of Servers	Blocking Probability				
	0.01	0.015	0.02	0.03	0.05
1	0.01011	0.01521	0.02041	0.03093	0.05264
2	0.1527	0.1904	0.2235	0.2816	0.3814
3	0.4556	0.5272	0.6022	0.7152	0.8994
4	0.8693	0.9919	1.092	1.259	1.525
5	1.36	1.524	1.657	1.875	2.219
6	1.909	2.112	2.276	2.543	2.961
7	2.501	2.741	2.936	3.25	3.738
8	3.127	3.405	3.627	3.987	4.543
9	3.783	4.095	4.345	4.748	5.371
10	4.472	4.808	5.084	5.53	6.216
11	5.159	5.54	5.842	6.328	7.076
12	5.877	6.288	6.615	7.142	7.95
13	6.607	7.05	7.401	7.967	8.835
14	7.352	7.825	8.201	8.804	9.73
15	8.109	8.61	9.01	9.651	10.63
16	8.876	9.406	9.829	10.51	11.54
17	9.653	10.21	10.66	11.37	12.46
18	10.44	11.03	11.49	12.24	13.39
19	11.23	11.85	12.33	13.12	14.31
20	12.03	12.67	13.18	14	15.25
21	12.84	13.51	14.04	14.89	16.19
22	13.65	14.35	14.9	15.78	17.13
23	14.47	15.19	15.76	16.68	18.08

2.9 Sistem Informasi Geografis

Menurut Aronoff (dalam Prahasta, 2001:56) Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasikan informasi-informasi geografis, SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis.

Dalam SIG, dunia nyata dijelaskan dengan menggunakan peta digital (data geografis), yang menjelaskan lokasi suatu tempat beserta data atributnya (data atribut), dimana data atribut ini berupa tabel. Kedua tipe data yang berbeda yaitu data geografis dan data atribut yang terpisah atau berbeda, disimpan dalam database.

Dengan cara tradisional, data geografis ditampilkan di peta dengan menggunakan simbol, garis dan warna. Banyak peta mempunyai *legend* yang berisi dan menjelaskan elemen-elemen data geometrik, misal : garis hitam tebal untuk jalan besar, garis hitam tipis untuk jalan kecil dan lain-lain. Peta dapat menampilkan dan menyimpan data geografis dengan efektif. Tetapi peta mempunyai banyak keterbatasan, yaitu : informasi yang disimpan hanya yang ditampilkan di peta, dan biasanya untuk keperluan tertentu. Perubahan pada peta jarang sekali dilakukan karena informasi yang diberikan oleh peta hanya disediakan pada waktu itu saja, gambar geografis yang statis dan hampir selalu berbeda diantara kebutuhan pemakai yang begitu banyak.

Perbedaan peta dengan cara tradisional dengan peta digital yang dipakai data SIG adalah: peta digital merupakan kumpulan dari simbol-simbol yang

menggambarkan keadaan geografis atau bentuk spasial lain dengan menyampaikan informasi secara grafis tentang lokasi dan atributnya. Informasi atribut menjelaskan karakteristik dari keadaan geografis yang disajikan seperti tipe, nama nomor, dan kuantitatif informasi seperti luas atau panjang objek.

SIG bekerja dengan menggunakan referensi data dengan bentuk geografis. Bentuk data yang digunakan dalam SIG adalah bentuk data spasial. Data spasial berupa layer-layer yang dapat disusun menjadi satu kesatuan. Data spasial adalah data yang terdiri dari :

a. Peta

Spasial data menyimpan data dalam bentuk gambar peta secara fisik, sehingga diperlukan proses *scanning* gambar peta. Pada gambar peta terdapat beberapa tipe yaitu:

1. Titik : Titik akan merepresentasikan lokasi geografis dengan single titik x,y . Titik tidak memiliki linear atau dimensi area.
2. Garis : Garis memiliki sebuah panjang garis, tapi tidak memiliki dimensi.
3. Area : Gambar Area atau "polygons", memiliki dua dimensi dan dibatasi oleh garis yang mengelilingi area tersebut.

b. Data Vektor

Format dari penyimpanan data vektor dalam SIG adalah posisi dari peta yang terdiri dari koordinat x,y,z . Format Vektor berbentuk garis yang dapat menggambarkan lokasi dan batas wilayah secara tepat.

c. Data Raster

Format Raster merupakan gambar peta secara general seperti piksel yang disimpan dalam matrik Grid. Ukuran dari cells disimpan dalam matrik Grid yang nantinya akan menentukan level dari detail dimana gambar peta direpresentasikan. Data raster dapat menjelaskan lebih detail dari data vector setelah semua piksel disimpan dalam matrik Grid.

Dibandingkan dengan peta, SIG bersifat menggunakan dimana data yang digunakan disimpan secara terpisah. Dan hasilnya, data dapat ditampilkan dan dilihat dengan beberapa cara. Penggunaan dua data yang berbeda dalam SIG ini disimpan dalam suatu sistem database secara terpisah. Keuntungan penggunaan database untuk menyimpan data :

1. Data disimpan dan diatur dalam satu tempat.
2. Keseragaman dalam penyimpanan, struktur, pengendalian yang mudah.
3. Dapat dipisahkan sesuai dengan kebutuhan.
4. Mudah untuk diupdate dengan data baru.

SIG ini biasanya digunakan untuk permasalahan dalam skala daerah yang luas. SIG dapat diaplikasikan oleh semua bidang kegiatan usaha dengan permasalahan yang luas. Pemerintahan, organisasi non-pemerintah, bisnis dan pendidikan, semuanya dapat menggunakan teknologi SIG untuk membantu memecahkan masalah.

Tolak ukur keuntungan dari SIG biasanya diperlihatkan sebagai keuntungan pada efisiensi, yang diartikan dengan penghematan waktu, tetapi dalam beberapa kasus juga dapat meningkatkan secara langsung pendapatan dan penurunan biaya.

Tolak ukur keuntungan SIG :

1. Peningkatan efisiensi :
 - a. Pekerjaan dikerjakan dengan sungguh-sungguh oleh karyawan.
 - b. Pekerjaan yang besar dikerjakan oleh karyawan yang sedikit.
2. Penurunan biaya:
 - a. Menjadikan dasar yang lebih baik untuk manajemen finansial.
 - b. Mengurangi biaya perawatan fasilitas.
 - c. Menggabungkan penggunaan data yang ada.
 - d. Mengurangi biaya perawatan fasilitas.

Keuntungan lain dari SIG akan selalu berkembang yang tidak dapat digambarkan secara langsung, tetapi selalu akan muncul saat keuntungan SIG dinilai. Keuntungan lain dari SIG:

1. Meningkatkan pengambilan keputusan dalam bidang :
 - a. Administrasi
 - b. Perencanaan
 - c. Perencanaan
 - d. Pelaksanaan
2. Meningkatkan informasi pada yang membutuhkan.
3. Meningkatkan sumber daya lingkungan untuk generasi yang akan datang

Peningkatan dari keuntungan SIG jarang sekali langsung memandang ke depan, dan kesulitan-kesulitan yang semakin bertambah menjadikan keuntungan SIG akan menjadi lebih besar.

SIG memperlihatkan aspek-aspek geografis dengan mengacu pada suatu data. Contoh sederhana adalah mampu menganalisa sebuah data base dan

menerima hasil dari beberapa peta. Sejak banyak jenis data yang mementingkan aspek geografis, SIG dapat digunakan untuk peramalan cuaca, peramalan populasi penduduk, perencanaan tata kota, dan lain-lainnya. Dalam SIG, informasi geografis digambarkan secara explicit dalam term geografis dengan menampilkan posisi koordinat dari suatu daerah (dengan menunjukkan letak titik bujur dan lintang) atau secara implicit term alamat jalan, hutan, rumah dan lainnya. SIG memiliki kemampuan untuk mentransfer dari *implicit* geografis data menjadi explicit peta lokasi. SIG developers mendapatkan data dari peta dari peta umum ataupun perusahaan yang mengkhususkan diri dalam pengumpulan data pengorganisasian informasi geografis.

Data geografis dapat disimpan dalam format vector dan raster. Menggunakan format vector, data disimpan dalam koordinat (x,y), SIG dapat melakukan :

1. Dapat menerima gambar geografis yang dimasukkan dengan *scanner* dan *digital maps images*.
2. Dapat memanipulasi data geografis untuk tujuan berbeda.
3. Dapat memasukkan *database manager*, terutama *relational database management system* (RDBMS).
4. Dapat menampilkan hasil secara virtual, terutama peta dan grafik.

SIG dapat memperlihatkan aspek-aspek geografis dengan mengacu pada suatu data. Contoh sederhana adalah mampu menganalisa sebuah database dan menerima hasil dari beberapa peta. Sejak banyak jenis data yang mementingkan aspek geografis, SIG dapat digunakan untuk peramalan cuaca, peramalan populasi penduduk, perencanaan tata kota, dan lain-lainnya.

SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem yaitu sebagai berikut :

1. *Data Input* : subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut lain dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format-format data-data aslinya kedalam format-format yang dapat digunakan oleh SIG ini.
2. *Data Output* : subsistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* atau *hardcopy* seperti : tabel, grafik, peta dan lainnya.
3. *Data Management* : subsistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun atribut ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, di-*update* dan di-*edit*.
4. *Data Manipulation dan Analysis* : subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu, subsistem ini juga melakukan manipulasi dan permodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

SIG dapat merepresentasikan *real word* (dunia nyata) diatas monitor komputer sebagaimana lembaran peta dapat merepresentasikan dunia nyata diatas kertas. Tetapi SIG memiliki kekuatan lebih dan fleksibilitas dari pada lembaran peta kertas. Peta merupakan representasi grafis dari dunia nyata; objek-objek yang direpresentasikan diatas peta disebut unsur peta atau *map features* (contohnya adalah sungai, taman, kebun, jalan dan lainnya). Karena peta mengorganisasikan

unsur-unsur berdasarkan lokasi-lokasinya, peta sangat baik dalam memperlihatkan hubungan atau relasi yang dimiliki oleh unsur-unsurnya.

SIG menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsurnya sebagai atribut-atribut di dalam basis data. Kemudian SIG membentuk dan menyimpannya di dalam tabel-tabel (relasional). Setelah itu SIG menghubungkan unsur-unsur diatas dengan tabel-tabel yang bersangkutan. Dengan demikian atribut-atribut ini dapat diakses melalui lokasi-lokasi unsur-unsur peta, dan sebaliknya unsur-unsur peta juga dapat diakses melalui atribut-atributnya. Karena itu, unsur-unsur tersebut dapat dicari dan ditemukan berdasarkan atribut-atributnya. SIG menghubungkan sekumpulan unsur-unsur peta dengan atribut-atributnya di dalam satuan-satuan yang disebut layer. Sungai, bangunan, jalan-jalan, laut, batas-batas administrasi, perkebunan, dan hutan merupakan contoh-contoh layer. Kumpulan dari layer-layer ini akan membentuk basis data SIG. Dengan demikian perancangan basis data merupakan hal yang esensial didalam SIG. Rancangan basis data akan menentukan efektifitas dan efisiensi proses-proses masukan, pengelolaan, dan keluar dari SIG.

Dari uraian diatas diketahui bahwa SIG bukan sekedar sebagai tools pembuat peta. Dan walaupun produk SIG paling sering disajikan dalam bentuk peta, kekuatan SIG yang sebenarnya terletak pada kemampuannya dalam melakukan analisis. Salah satu fungsi tools SIG yang paling powerful dan mendasar adalah integrasi data dengan cara baru. Salah satu contohnya adalah overlay. SIG dapat menampilkan titik-titik dalam suatu layer, dengan menggunakan simbol dengan ukuran dan warna berbeda. Makin besar ukuran dan makin gelap warna simbol yang digunakan, makin besar bahaya polusi yang

direfleksikannya. Presentasi informasi secara visual seperti ini tidak memerlukan tidak memerlukan waktu yang lama dan lebih berguna bagi para pengambil keputusan – tujuan kebanyakan aplikasi SIG. Maka kekuatan dalam mengintegrasikan data seperti ini merupakan salah satu dasar dari penggunaan SIG sehingga memungkinkannya untuk mendapatkan data pada level kompleksitas dan pengertian yang baru.

2.10 ArcView

Menurut Prahasta (2002:1) ArcView merupakan salah satu perangkat lunak desktop. SIG dan pemetaan yang telah dikembangkan oleh Environmental System Research Institute (ESRI). Dengan ArcView, pengguna dapat memiliki kemampuan-kemampuan untuk melakukan visualisasi, meng-explore, menjawab pertanyaan-pertanyaan (*query*) yang diajukan terhadap basis datanya (baik basis data spasial maupun non-spasial), menganalisa geografis, dan sebagainya. Kemampuan-kemampuan perangkat SIG ArcView secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pertukaran data (membaca dan menuliskan data dari dan ke dalam format perangkat lunak SIG lainnya).
 - a. ArcView dapat membaca data spasial raster yang dituliskan dalam format-format perangkat lunak SIG dan penginderaan jauh.
 - b. ArcView dapat membaca data spasial vektor yang dituliskan dalam format-format perangkat lunak SIG lainnya (import); misalnya: ArcInfo (coverage), MapInfo (MIF), AutoCad (DWG dan DFX), dan sebagainya.

- c. ArcView dapat menuliskan basis data spasial vektornya (coverage dan shapefiles) baik ke dalam format shapefile sendiri maupun ke dalam perangkat lunak SIG lainnya, misalnya MapInfo.
2. Melakukan analisis statistik dan operasi-operasi matematis.
 3. Menampilkan informasi (basis data) spasial maupun atribut.
 - a. ArcView dapat menampilkan informasi (basis data dengan format sendiri) baik yang terdapat pada sistem computer yang bersangkutan maupun yang tersebar di jaringan komputer (network).
 - b. ArcView dapat mengakses dan menampilkan basis data eksternal.
 - c. Menampilkan informasi atau data dalam bentuk View (tampilan untuk di layer monitor), Layout (tata letak siap format siap cetak), Table (tabel data), Chart (grafik).
 4. Menjawab *query* spasial maupun atribut.
 - a. Menghubungkan informasi spasial dengan atribut-atributnya yang terdapat (disimpan) di dalam basisdata.
 - b. Menggunakan SQL sebagai standard untuk melakukan *query* terhadap basisdata.
 5. Melakukan fungsi-fungsi dasar SIG.
 - a. Menyediakan alat bantu analistis spasial sederhana untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan seperti berikut: (1) berapa jumlah sumur bor yang terdapat di dalam suatu area pertambangan? (2) berapa jumlah rumah yang terdapat di dalam *buffer* (area) 50 meter dari pinggir sungai.
 - b. *Network analyst* : modul perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan analisis-analisis yang berhubungan dengan jaringan.

- c. *Internet map server (IMS)* : modul perangkat lunak yang digunakan untuk mempublikasikan peta ke jaringan internet hingga dapat diakses dengan menggunakan program browser.
6. Membuat peta tematik.
 - a. Menyediakan pustaka simbol dan warna (*features*) untuk pembuatan peta tematik.
 - b. Menggunakan simbol dan warna untuk mempresentasikan *features*-nya berdasarkan atribut-atributnya (membuat peta tematik turunan).
 7. Meng-*customize* aplikasi dengan menggunakan bahasa skrip (menyediakan bahasa pemrograman sederhana atau skrip untuk mengotomasi pengoperasian rutin dan meng-*customize* aplikasi-aplikasi SIG yang dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak ArcView).

ArcView mampu bekerja dengan powerfull dalam menangani bentuk data spasial, sehingga akan memudahkan user untuk membuat suatu SIG. Ada beberapa feature ArcView antara lain :

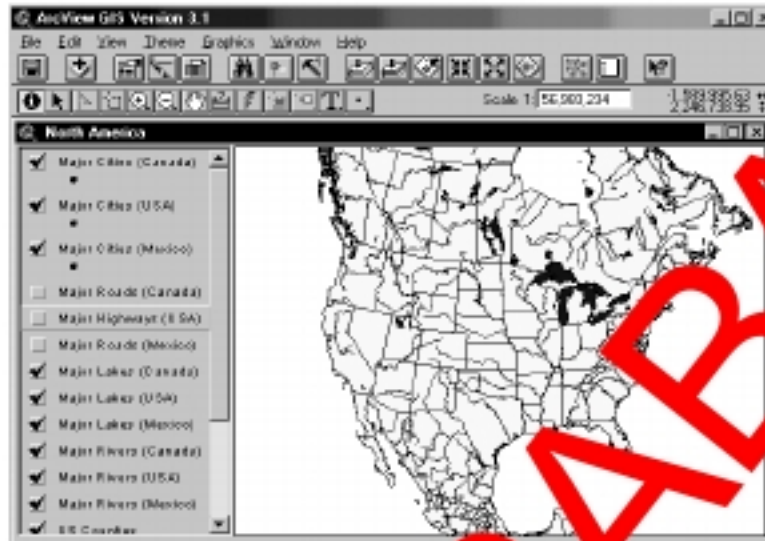
1. Working Spatially

ArcView dapat digunakan untuk bekerja secara spasial karena sangat mudah untuk *load* data tabular, seperti file dBASE dan data dari sever database ke dalam ArcView sehingga dapat ditampilkan, *query*, *summarize* dan diorganisasi secara geografis.

2. Views

Dengan ArcView kita bekerja dengan data geografis pada peta interaktif yang disebut dengan Views. Setiap *feature* view merupakan geografis yang unik

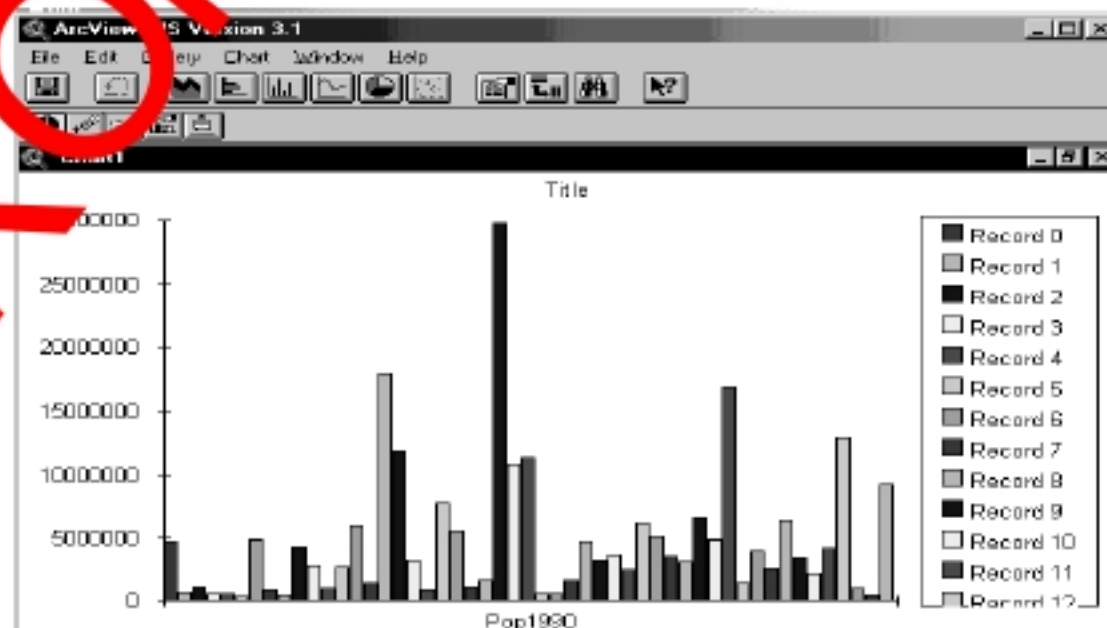
yang di tampilkan pada *'Table Of Contents'* sehingga mudah dalam mengendalikan tampilan.



Gambar 2.5 Tampilan View

3. Charts

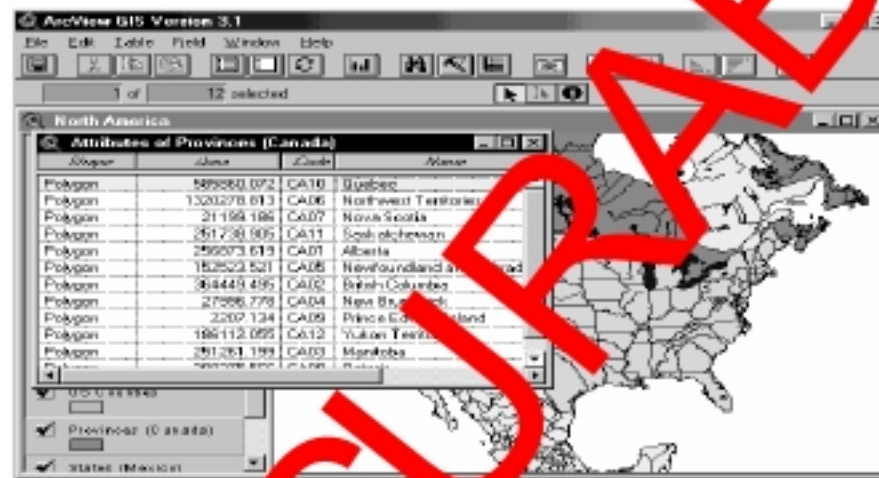
ArcView *Charts* memungkinkan untuk membuat *business* grafik dan visualisasi data yang terintegrasi secara penuh kepada ArcView *geographic environment*. Dengan mengklik *feature* pada suatu view maka tema akan bertambah pada suatu chart. ArcView memungkinkan kita bekerja secara simultan dengan geotrans, tabular dan *charts*.



Gambar 2.6 Tampilan Chart

4. Tables

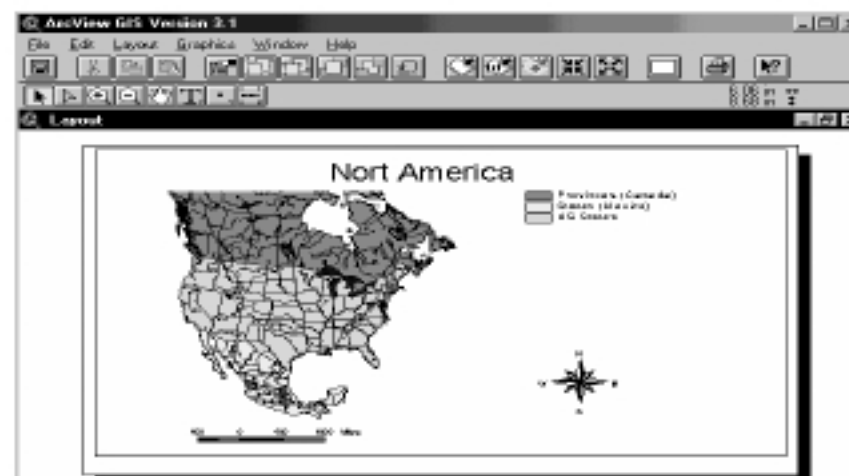
Bekerja dengan data tabular pada ArcView dimana menempatkan kita sebagai pengontrol. Klik fitur di view dan *record highlight* dalam tabel untuk menampilkan atributnya. Pilih *record* dalam tabel dan fitur untuk merepresentasikan highlight di view. Tabel ArcView's juga mempunyai fitur yang disusun secara penuh untuk memperoleh hasil statistik *summary* dan *query*.



Gambar 2.7 Contoh Table dalam ArcView

5. Layouts

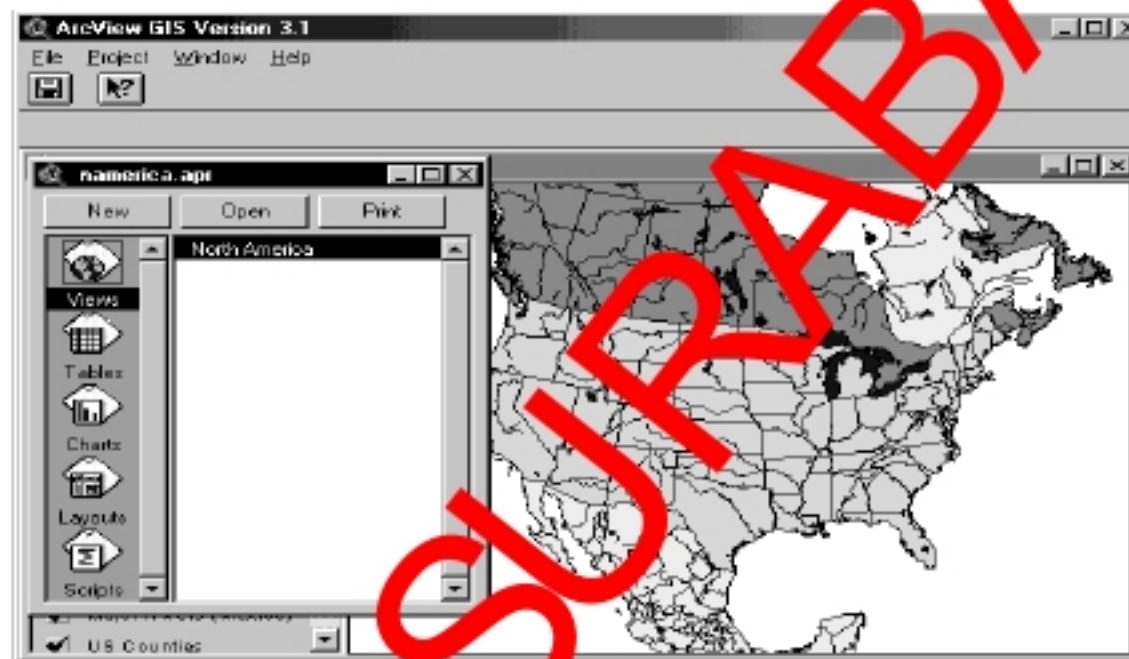
ArcViews *Layouts* memungkinkan kita untuk membuat peta dengan kualitas yang tinggi *full color*. *Layouts* mempunyai suatu *live link* terhadap data yang sedang ditampilkan. Sewaktu kita mencetak sebuah *layouts*, beberapa perubahan terhadap data secara otomatis juga dapat berubah



Gambar 2.8 Layout ArcView

6. Projects

Semua komponen-komponen yang ada pada ArcView seperti *views*, *tables*, *charts*, *layout* dan *scripts* akan disimpan kedalam suatu file yang disebut dengan project. Window project semua *contents* dari suatu project sehingga memudahkan untuk mengatur suatu pekerjaan.



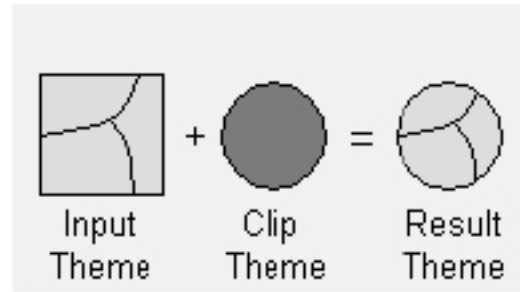
Gambar 2.9 Project dalam ArcView

7. GeoProsesing.

GeoProcess adalah suatu fasilitas yang digunakan untuk membuat spasial database theme yang baru didalam view. Didalam GeoProsesing ada beberapa pilihan untuk mengontrol dan bagaimana data itu akan diproses adalah sebagai berikut :

a. *Clip one theme based on another*

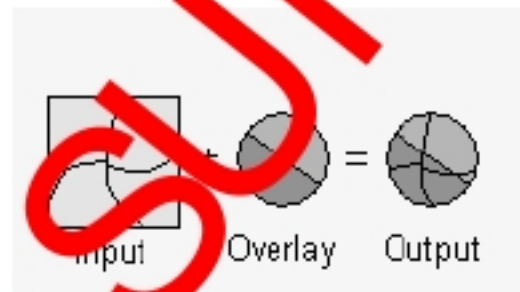
Proses ini akan menghasilkan theme yang baru yaitu dengan memotong input dengan theme yang dipakai sebagai pemotong(*clip theme*).



Gambar 2.10 Proses Clip one theme based on another

b. *Intersect two themes*

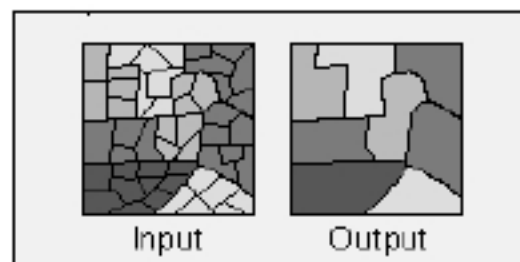
Proses ini hampir sama dengan proses *clipping* sebuah *theme*, yang membedakannya adalah data spasial dari hasil *interseksi* ini adalah gabungan dari kedua data spasial *theme* input.



Gambar 2.11 Proses Intersection two theme

c. *Dissolve features based on an attribute*

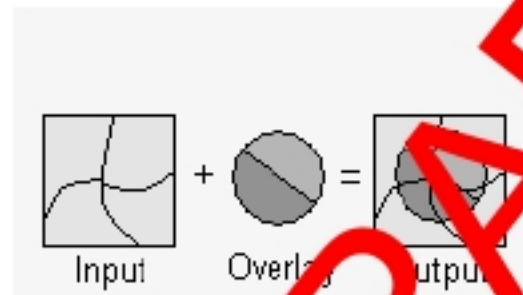
Dissolving features pada *theme* digunakan untuk menghilangkan pembatas-pembatas yang membatasi *feature-feature* yang memiliki karakteristik yang sama.



Gambar 2.12 Proses Dissolve *features* based on an attribute

d. *Union two themes*

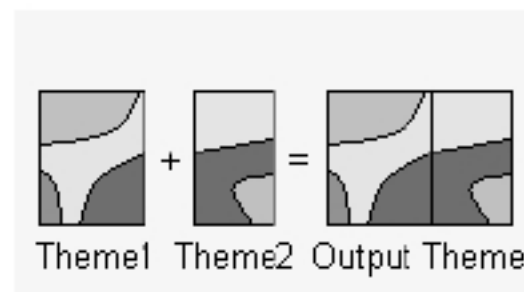
Union akan menghasilkan *theme* polygon yang baru dari pengkombinasian dua *theme* input. Data spasial *theme* input sama dengan data spasial *theme* output kecuali pada feature yang dihasilkan karena irisan akan memuat semua informasi yang ada pada kedua *theme* input.



Gambar 2.13 Proses union two themes

e. *Merge themes together*

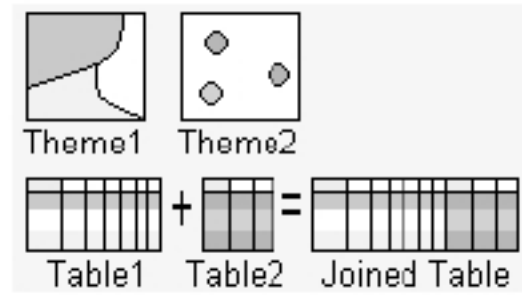
Cara kerjanya hampir sama dengan proses *union* yaitu menghasilkan *theme* baru dari penggabungan dua buah *theme*, yang membedakan adalah pada *merge themes* tidak terjadi *intersection* (irisan) antara kedua *theme* yang telah digabungkan.



Gambar 2.14 Proses merge themes together

f. *Spatial join*

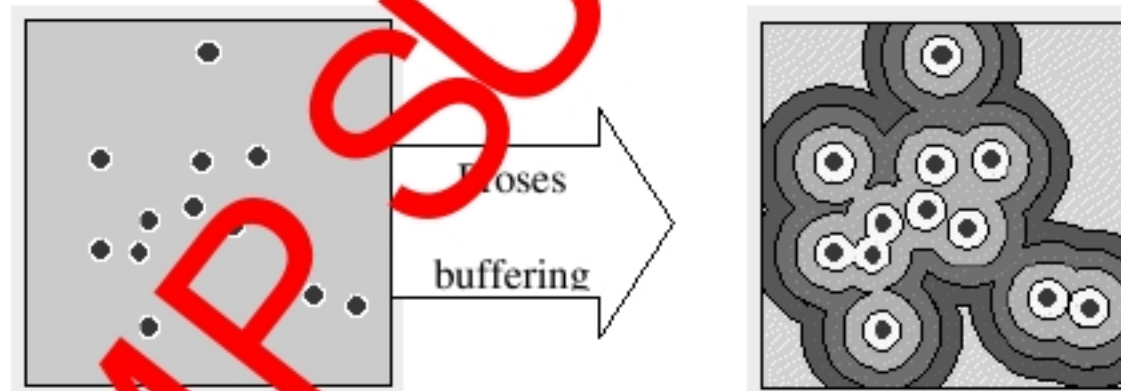
Spatial join digunakan untuk merelasikan lokasi dan data spasial *theme* satu dengan *theme* yang lainnya.



Gambar 2.15 Proses Spatial join

g. *Buffering*

Buffer adalah definisi area/ring yang mengelilingi *feature* pada jarak tertentu. Output dari pembuatan buffer ini adalah sebuah *feature polygon* yang baru. Kita dapat menambahkannya pada theme yang aktif atau menyimpannya pada shapefile yang baru.



Gambar 2.16 Proses Buffering

Menurut Juarsa (2005:221) analisis spasial adalah fasilitas yang disediakan oleh ArcView untuk mencari dan menganalisis hubungan spasial antara objek. Melalui analisis spasial kita dapat melakukan beberapa hal sederhana seperti menampilkan dan *query* data sampai pada hal yang kompleks, misalnya membuat aplikasi yang terintegrasi. Beberapa fasilitas analisis spasial yang telah disediakan oleh ArcView yaitu:

1. Penentuan Jarak

Fasilitas penentuan jarak ini banyak digunakan untuk membuat theme grid kontinyu yang nilai setiap selnya merupakan jarak dari suatu objek.

2. Membuat Buffer

Fasilitas *buffer* sebenarnya mempunyai kesamaan dengan penentuan jarak, yaitu sama-sama menghitung jarak dari suatu objek. Akan tetapi, pada penentuan jarak dihasilkan theme grid kontinyu. Sementara pada proses buffer, hanya dilakukan pada objek tersebut yang hasilnya tidak merupakan theme grid melainkan shapefile atau objek grafis.

3. Penentuan Jarak Terdekat (*Proximity*)

Dengan fasilitas *Proximity* ini kita dapat melakukan menentukan objek mana yang paling dekat dengan suatu lokasi.

4. Menghitung Kerapatan

Fasilitas menghitung kerapatan (*Calculate Density*) digunakan untuk membuat grid kontinyu yang setiap selnya mengandung informasi jumlah per satuan luas.

5. Tabulasi Area

Tabulasi area adalah fasilitas yang disediakan oleh ArcView untuk membuat tabel silang (*cross tab*) luasan antara dua field theme yang berbeda. Fasilitas ini dapat digunakan apabila minimal ada shapefile atau theme grid integer.

6. Reklasifikasi

Reklasifikasi digunakan untuk mengelompokkan kembali nilai sel berdasarkan kisaran kriteria yang ditentukan.

7. Query Peta

Query peta digunakan untuk menandai sel theme grid sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

8. Kalkulator Peta

Pada *query* peta, pekerjaan yang dapat dilakukan terbatas pada penentuan sel sehingga output theme grid yang dihasilkan hanya bernilai 1 (*true*) dan 0 (*false*) dan operator yang digunakan pun terbatas pada operator relasi dan logika (*boolean*). Kalkulator peta memberikan fasilitas yang jauh lebih kompleks, baik dilihat dari operator yang disediakan maupun output yang dihasilkan. Output theme grid yang dihasilkan dari kalkulator peta ini dapat diberikan informasi baru yang bermanfaat.

STIKOMMP SURABAYA