

BAB II

KONSEP DASAR SISTEM TELEKOMUNIKASI

SELULAR CDMA

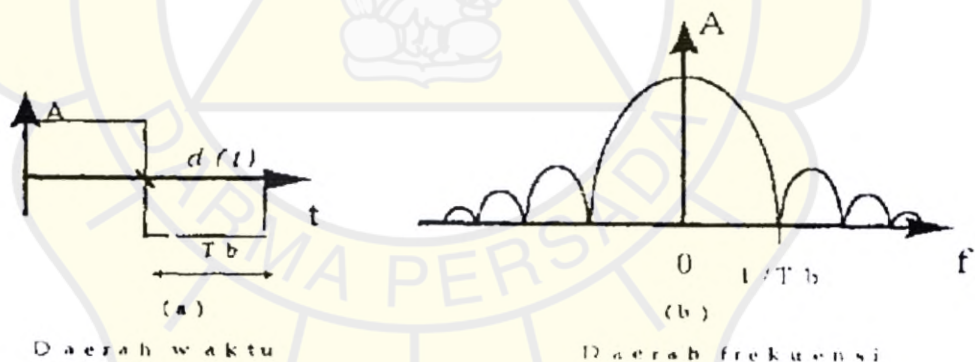
Awal perkembangan sistem selular menggunakan sistem analog, yaitu teknologi AMPS (*Advance Mobile Phone System*) dan NMT (*Nordic Mobile Telephone*). Sistem ini memiliki kualitas suara yang menyerupai kualitas suara telepon kabel. Namun demikian, tuntutan para pengguna jasa komunikasi, khususnya komunikasi selular, tidak hanya pada kualitas suara tetapi kemudahan-kemudahan yang lain yang tidak dapat dilakukan pada sistem analog, maka dikembangkan teknologi selular sistem digital, dengan menggunakan sistem digital, banyak keuntungan yang dapat diperoleh antara lain sinyal digital lebih tahan terhadap interferensi. Disamping itu, teknologi digital dapat meningkatkan kapasitas dan dapat memberikan lebih banyak kemampuan dan fasilitas. Namun sebaliknya pada sistem selular dengan menggunakan teknologi digital maka kualitas suara menjadi berkurang dan itu terjadi pada sistem TDMA.

Pada sistem selular yang menggunakan sistem CDMA, meskipun berteknologi digital namun kualitas suara dapat dipertahankan seperti pada teknologi analog dan yang lebih

menguntungkan adalah dapat lebih meningkatkan kapasitas dibanding sistem TDMA.

2.1. Konsep Dasar Spread Spektrum

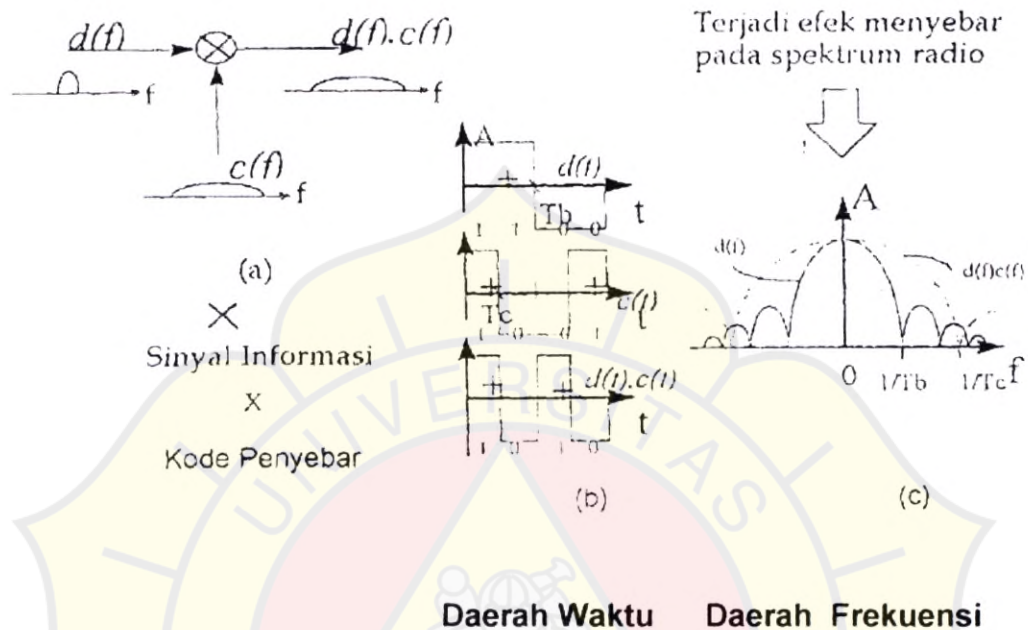
Konsep CDMA lahir pada tahun 1989, dikenal dengan teknik *Spread Spectrum* yaitu teknik untuk menyebar sinyal informasi pada lebar pita frekuensi. Dalam mengirim sinyal informasi tersebut, sinyal informasi dikirim dalam pita frekuensi yang mempunyai lebar pita yang jauh lebih lebar dari lebar pita minimum yang dibutuhkan. Dalam proses penyebaran spektrum ini semakin sempit suatu pulsa maka semakin lebar spektrum frekuensi dari pulsa tersebut.



Gambar 2.1 Dasar Penyebaran Spektrum

Pada gambar 2.1, pulsa segi empat dengan amplitudo +1 dan durasi T_b , ditransformasikan kedalam spektrum frekuensi. Titik frekuensi pertama adalah $f = 1/T_b$. Pengertian ini merupakan dasar

untuk mengerti akan proses penyebaran spektrum.



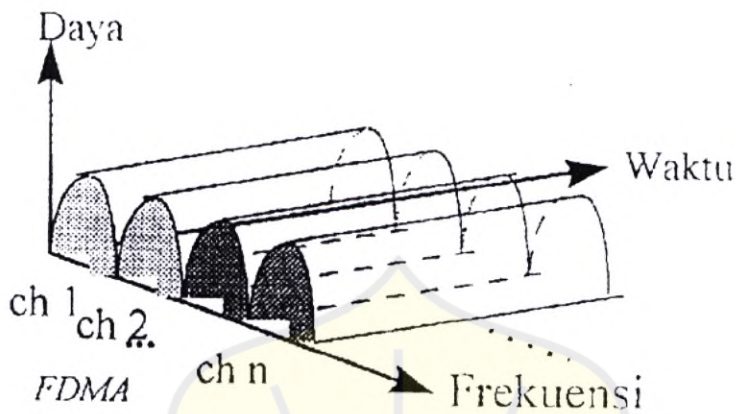
Gambar 2.2 (a). Sinyal Informasi dikali kode penyebar^[4]

(b). Bentuk perkalian sinyal pada daerah waktu

(c). Penyebaran spektrum pada daerah frekuensi

Sinyal $d(t)$ sebagai informasi yang mempunyai lebar pita kecil, dikalikan dengan penyebar kode $c(t)$ menghasilkan sinyal $d(t) \cdot c(t)$ yang mempunyai lebar pita yang lebar.

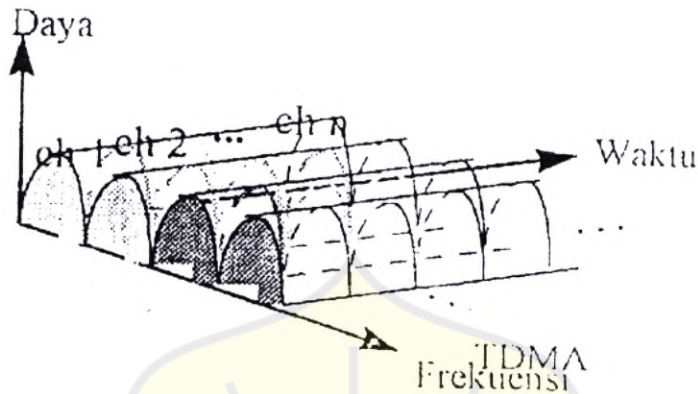
Pada gambar 2.2 terlihat bahwa sinyal 1100 dikalikan dengan kode $c(t)$ 1001 menghasilkan sinyal $d(t) \cdot c(t)$ 1010. Sinyal $d(t) \cdot c(t)$ apabila ditinjau dari daerah frekuensinya akan menjadi lebih lebar ($1/T_c$) dibanding sinyal awal ($1/T_b$).



Gambar 2.3 Frequency Division Multiple Access^[4]

2.2.2. Time Division Multiple Access (TDMA)

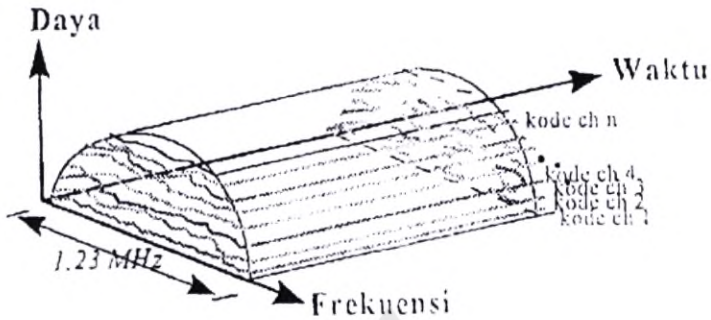
Sistem ini digunakan untuk meningkatkan kapasitas sistem. Dalam sistem TDMA pengguna/pemakai dipisahkan oleh waktu (*time slot*) yang berbeda dalam sebuah frekuensi bersama. Teknologi GSM merupakan teknologi yang menggunakan sistem TDMA. Metode ini menggunakan sistem pengkanalan dan penggunaan pengulangan frekuensi (*Frequency Reuse*) yang sama dengan FDMA (lihat gambar 2.6) dengan penambahan elemen pembagian waktu (gambar 2.4), tiap kanal dibagi untuk tiga pemakai, sehingga sistem ini akan meningkatkan tiga kali kapasitas sistem FDMA.



Gambar 2.4 Time Division Multiple Access^[4]

2.2.3. Code Division Multiple Access (CDMA)

Pada sistem CDMA pengguna/pemakai menggunakan waktu dan frekuensi yang sama, namun menggunakan kode yang berbeda (gambar 2.5). CDMA ini menggunakan teknik yang dikenal penyebaran spektrum untuk menambah efisiensi dan penggunaan kanal RF. Teknik ini memungkinkan banyak pemakai dapat mengakses secara serempak pada frekuensi pembawa yang sama. Sistem ini menggunakan kode-kode yang unik (*Pseudonoise*), untuk membedakan pemakai yang satu dengan yang lain. Lebar pita CDMA ini 1,2288 MHz atau 1,23 MHz.



Gambar 2.5 Code Multiple Division Access^[4]

2.2.4. Perbandingan Kapasitas Sistem

Tabel 2.1 ini menjelaskan perbandingan kapasitas antara sistem FDMA, TDMA dan CDMA.

Tabel 2.1 Perbandingan Kapasitas System^[4]

System	Lebar Pita Kanal	Jumlah Kanal	Spektrum yang tersedia	Kanal tiap BTS	Kanal Per MHz
AMPS	30 KHz	1	12,5 MHz	57	4,56
TDMA	30 KHz	3	12,5 MHz	171	13,68
GSM	200 KHz	8	15 MHz	150	10
CDMA 8 kbps	1,23 MHz	66	12,5 MHz	660	48
CDMA 13 kbps	1,23 MHz	39	12,5 MHz	390	31

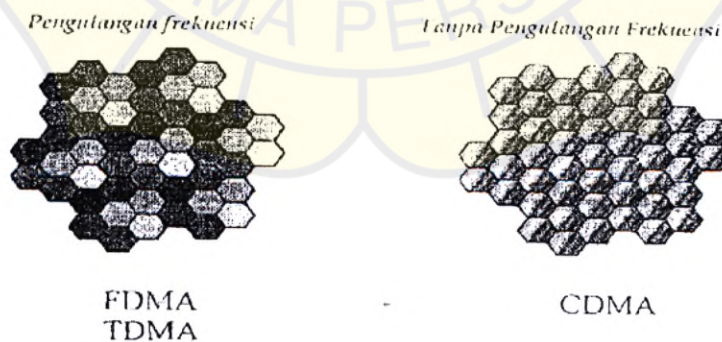
Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa CDMA dapat meningkatkan kapasitas sistem selular yang telah ada. Sistem CDMA lebih besar kapasitasnya sepuluh kali lipat dan AMPS. Sedangkan pada sistem TDMA dan GSM, CDMA lebih besar kapasitasnya tiga sampai empat kali lipat.

2.3. Konsep Komunikasi Selular CDMA

Dalam membangun sistem komunikasi selular, salah satu parameter yang harus diperhatikan adalah pengulangan kanal frekuensi (*frequency reuse*). Dalam perencanaan pengulangan kanal frekuensi ini hal yang terpenting adalah menghindari penggunaan frekuensi yang sama pada BTS yang berurutan atau bersebelahan. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi interferensi.

2.3.1. Pengulangan Frekuensi

Dalam sistem selular CDMA, karena sistem ini tahan terhadap interferensi maka tidak memerlukan perencanaan pengulangan frekuensi karena seluruh BTS menggunakan frekuensi yang sama. Hal yang membedakan BTS satu dengan yang lain adalah penggunaan kode PN (*Pseudonoise*) yang khusus ditiap lokasi. (lihat gambar 2.6).



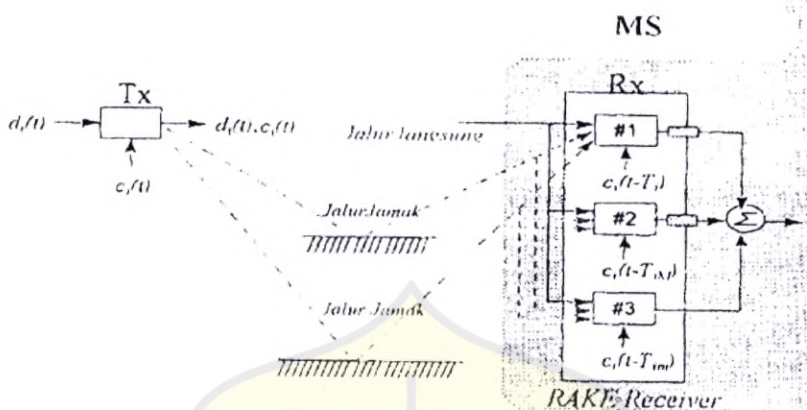
Gambar 2.6 Visualisasi pengulangan frekuensi^[4]

2.3.2. Propagasi Sinyal

Penggunaan atmosfer bumi sebagai media transmisi gelombang mikro merupakan penyelesaian dalam mengatasi masalah pengiriman data dibandingkan dengan media lainnya. Pada umumnya dalam sistem komunikasi selular antara BTS dan MS tidak mengalami bebas pandang langsung (*line of sight*) karena jarak yang berjauhan antara pemancar dan penerima juga adanya penghalang (*obstacle*) antara keduanya, sehingga sinyal yang diterima pada MS merupakan penjumlahan dari beberapa sinyal. Oleh karena panjang jalur propagasi yang tidak sama, informasi yang dibawa pada hubungan radio akan mengalami penyebaran atau penundaan. Hal lain yang dapat menyebabkan propagasi jalur jamak adalah disebabkan oleh adanya perpindahan MS.

2.3.3. Rake Receiver

Konsep selular CDMA yang lain adalah ketahanan sinyalnya terhadap pantulan gedung-gedung (*multi path fading*), CDMA dirancang mampu menerima dan menggabungkan sinyal-sinyal pantulan untuk mendapatkan penerimaan yang terbaik. Hal ini dimungkinkan karena adanya tiga penerimaan dalam satu MS (*rake receiver*) lihat gambar 2.7



Gambar 2.7 Rake Receiver

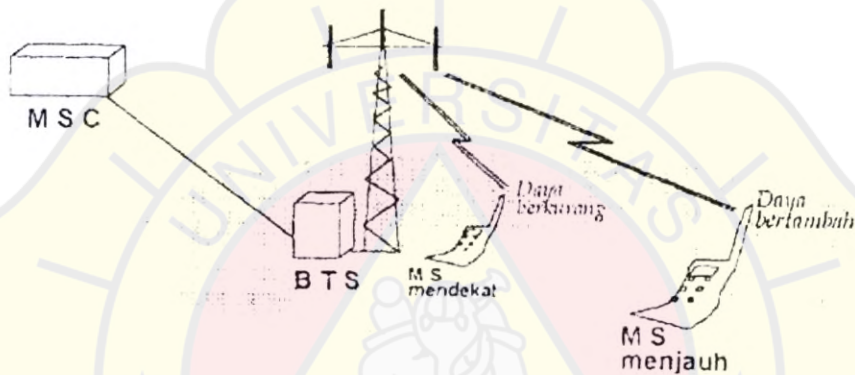
2.3.4. Peralihan Kanal

Keunggulan lain dari CDMA adalah kemampuan untuk peralihan kanal (*handoff*), dimana sistem CDMA mampu memegang sebuah percakapan oleh dua atau tiga BTS yang berbeda. Dengan kemampuan ini maka hubungan terputus (*drop call*) akibat kegagalan peralihan kanal yang disebabkan karena tidak adanya kanal di BTS yang dituju dapat dihindari.

2.4. Kontrol Daya

Pada sistem CDMA setiap sinyal merupakan interferensi bagi sinyal yang lain. Agar seluruh sinyal dapat diterima dengan baik seluruhnya oleh BTS, maka seluruh sinyal yang diterima BTS perlu dikontrol agar kekuatannya sama. Untuk memungkinkan hal tersebut

maka setiap MS akan mengirim sinyal dengan kekuatan sinyal yang berbeda-beda tergantung dari jarak MS dengan BTS tersebut. MS yang berada didekat BTS akan mengirim sinyal lebih kecil dari pada MS yang berada jauh dari BTS. Hal ini dapat dilakukan karena terdapat kontrol daya pada sistem CDMA sehingga MS dapat lebih menghemat energi battery-nya, lihat gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kontrol Daya^[4]

2.4.1. Kontrol Daya Lup Terbuka

Kontrol daya lup terbuka (*open loop power control*) didasarkan pada rugi-rugi yang sama baik arah *uplink* maupun *downlink*. Kontrol daya lup terbuka ini akan mengatur daya pemancar dan penerima menjadi konstan. Pengurangan sinyal yang diterima pada antenna menyebabkan peningkatan daya sinyal pada pemancar.

2.4.2. Kontrol Daya Lup Tertutup

Kontrol daya lup tertutup (*close loop power control*) memungkinkan daya pada tiap unit MS menyebar dari harga nominal yang diset oleh kontrol daya lup terbuka. BTS memonitor daya yang diterima oleh setiap unit MS dan memerintahkan MS untuk meningkatkan atau menurunkan daya dengan tingkatan 1 dB. Proses ini berulang 800 kali tiap detik atau setiap 1,25 detik.

2.5. Sistem Diversitas pada CDMA

Diversitas pada sistem selular CDMA digunakan untuk membandingkan *Rayleigh fading* yang terjadi pada radio. Ide ini menjelaskan bahwa bila satu antena menerima sinyal dalam sebuah pantulan, dan antena yang lain akan menerima sinyal bagus. Efek semuanya tanpa diversitas maka MS harus memancarkan daya tertinggi untuk melebihi efek dan *Rayleigh fading*. Untuk CDMA, ini berarti akan mengurangi jangkauan dan menurunkan kinerja.

Ada tiga tipe diversitas dalam sistem CDMA, yaitu:

1. Diversitas waktu, dimana diversitas waktu ini bisa dilakukan dengan memanfaatkan *interleaving* dan koreksi kesalahan.
2. Diversitas frekuensi, dilakukan dengan cara menyebar spektrum pada pita frekuensi yang lebih besar, sehingga apabila terjadi Efek fading pada spektrum frekuensi hanya berkisar 200 – 300 KHz.

transmit pada laju 1800 bps (pengkode suara 13 kbps).

3. Kanal Paging

Kanal paging ini untuk mengirim informasi sistem *overhead* dan untuk paging dengan penyebaran kode walsh 1,2,3,4,5,6, dan 7 (lihat lampiran). Kode walsh 1 merupakan kanal paging utama, transmit pada laju 9600 bps (pengkode suara 8 kbps) atau transmit pada laju 14400 bps (pengkode suara 13 kbps).

4. Kanal Trafik

Kanal ini digunakan untuk suatu percakapan, dengan penyebaran kode walsh 8 s/d 63 kecuali kode walsh 32 (lihat lampiran), berjumlah 55 kanal trafik jika kode walsh 2 s/d 7 belum digunakan, dapat dipakai sebagai kanal trafik ($55 + 6 = 61$ kanal trafik). Transmit pada laju 9600, 4800, 2400, 1200 bps (pengkode suara 8 kbps) atau transmit pada laju 14400, 7200, 3600, 1800 bps (pengkode suara 13 kbps). Laju transmit yang digunakan tergantung dari aktivitas pencuplikan pembicaraan. Secara simultan digunakan untuk trafik (pembicaraan atau data) dan pensinyalan (peningkatan daya atau penurunan).

2.6.1. Pembebasan Kanal Spektrum

Kanal CDMA menggunakan blok spektrum RF dari pengkalan sistem FDMA yang telah ada dengan lebar pita CDMA 1,23 MHz. Kebutuhan spektrum pada sistem pengkalan FDMA ini

karena CDMA dikembangkan dengan menggunakan frekuensi pembawa yang sama pada frekuensi 850 MHz. Dalam situasi seperti ini dibutuhkan pita batas pelindung (*guard band*) pada spektrum CDMA. Pita batas pelindung yang obyektif ini untuk menjamin agar sistem CDMA tidak interferensi dengan sistem AMPS atau sistem AMPS tidak interferensi dengan sistem CDMA. Spektrum yang dibutuhkan ini untuk memberikan pelayanan terbaik pada sistem CDMA, sehingga lebar pita CDMA harus sudah benar-benar bebas dari pengkanalan FDMA yang disebut pembebasan kanal spektrum (*spectrum clearance*). Pada sistem FDMA, hal ini akan memberikan dampak terhadap berkurangnya kapasitas sistem yang tersedia.

2.6.2. Pita Batas Pelindung

Pita batas pelindung ditunjukkan pada gambar 2.9. didefinisikan sebagai frekuensi minimum yang dibutuhkan untuk memisahkan antara kanal pembawa sistem CDMA dengan kanal AMPS yang dimaksudkan untuk mengurangi interferensi pada spektrum tersebut. Jika satu kanal FDMA 30 kHz maka pita batas pelindung yang dibutuhkan 270 kHz memakai 9 kanal FDMA, sehingga lebar pita frekuensi yang dibutuhkan pada sistem CDMA 59 kanal FDMA atau 1,770 MHz. Hasil ini merupakan penjumlahan dari lebar pita CDMA 1,23 MHz dengan pita penjaga kedua sisi 540 kHz sehingga lebar pita 1,77 MHz ini harus bebas dari pengkanalan

Total daya ini diberikan dengan persamaan rumus 2.5.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{pilot}} + P_{\text{sinkronisasi}} + P_{\text{paging}} + P_{\text{trafik}} \dots \dots \dots (2.5)^{[3]}$$

Dimana : P_{total} = daya total suatu BTS (dBm);

P_{pilot} = daya kanal pilot (dBm);

$P_{\text{sinkronisasi}}$ = daya kanal sinkronisasi (dBm);

P_{paging} = daya kanal paging (dBm);

P_{trafik} = daya kanal trafik (dBm);

Total daya pada BTS direferensikan pada konektor kabel antena pemancar untuk semua kanal downlink CDMA; kanal pilot, kanal sinkronisasi, kanal paging dan kanal trafik. Pecahan dari total daya yang tersedia dibutuhkan untuk menghasilkan sinyal kanal CDMA yang melebihi nilai batas pada luas cakupan BTS. Untuk total interferensi yang diterima termasuk diantaranya semua kanal trafik yang aktif dari MS pada sebuah BTS dan dari MS pada BTS sekitarnya.

Langkah pertama menghitung *power budget* yaitu dengan menentukan pecahan dari total daya yang tersedia yang dibagi menjadi 15 % dari total daya ini diperlukan untuk kanal pilot, 5,5 % untuk kanal paging, 1,5 % kanal sinkronisasi dan 78 % untuk kanal trafik.

Daya kanal yang diterima MS tergantung pada daya yang dipancarkan BTS, gain antena, redaman kabel dan konektor serta susut daya propagasi antara BTS dan MS, sedangkan pengaruh dari gain antena MS tersebut diabaikan, diasumsikan 0 dB.

Maka daya sinyal minimum yang diterima MS dijelaskan pada persamaan 2.6.

$$RSM = PCh - LC + GA - LP \dots\dots\dots (2.6)^{[3]}$$

Dimana: RSM = daya sinyal minimum yang diterima MS (dBm);

PCh = daya pancar per kanal trafik (dBm);

LC = total redaman kabel dan konektor (dB);

GA = Gain antena BTS (dB);

LP = susut daya propagasi (dB).

Sehingga susut daya propagasi maksimum dapat diketahui dari pada persamaan 2.7.

$$LP = ERP_{Tx} - Smin + (GA_{Rx} - LC_{Rx}) + HG - LF \dots\dots\dots (2.7)^{[3]}$$

Dimana : HG = Handoff Gain (dB)

LF = Loss Fading (dB)

GA_{Rx} = Gain antena penerima (dB)

LC_{Rx} = Redaman kabel + konektor (dB)

ERP pada kanal trafik dapat dihitung pula menggunakan persamaan rumus 2.8

$$\text{Daya per kanal trafik} = \frac{0,78 \times P}{N \times (1 + O) \times V} \dots\dots\dots (2.8)^{[3]}$$

Dimana:

P = Total daya Tx dari penguat (Watt)

N = Jumlah total pemakai

O = Peralihan kanal

V = Faktor aktivitas suara sisi downlink

Dari hasil daya kanal ini dapat ditentukan cakupan sebuah BTS, setelah dihitung susut daya propagasi maksimum yang diperbolehkan sehingga akan menghasilkan sinyal yang cukup pada sisi cakupan untuk memberikan kualitas sinyal yang dapat diterima.

Setelah diketahui susut daya propagasi maksimum dan besar frekuensi center dari CDMA, maka dapat kita ketahui *free space loss* dan jarak antara MS dengan BTS. Hal ini akan dijelaskan didalam persamaan 2.9.

$$L_{fs} = LP - LF - LC + GA \dots\dots\dots (2.9)$$

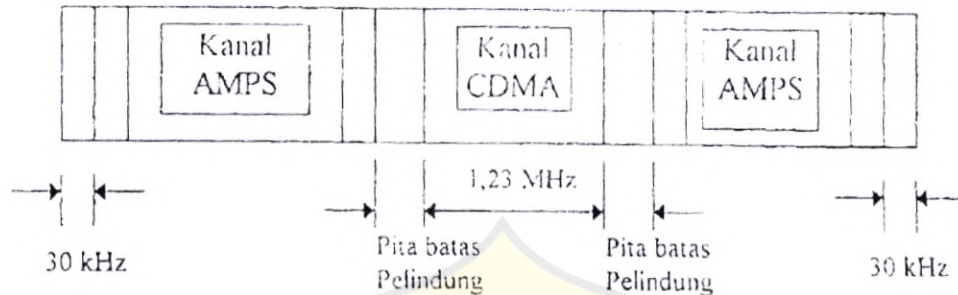
Dimana : LP = Susut daya propagasi maksimum (dBm)

LF = Redaman fading penerima (dB)

LC = Redaman kabel dan konektor (dB)

GA = Gain antenna (dB)

FDMA atau pada sistem AMPS.



Gambar 2.9 Pita Batas Pelindung pada spektrum CDMA^[3]

2.7. Perhitungan Daya Sistem CDMA

Dalam menerapkan kanal radio CDMA pada suatu lokasi BTS CDMA harus memperhatikan spektrum yang tersedia, dengan melihat faktor keterbatasan sistem terhadap interferensi, pengaruh derau panas (*noise thermal*) dan interferensi dengan sistem lain di sekitarnya yang telah ada. Dari hal tersebut dapat diperkirakan daya yang dibutuhkan, derau dan interferensi yang tidak diharapkan sehingga menghasilkan daerah pelayanan atau luas cakupan dari BTS yang diinginkan.

Pada kondisi tanpa interferensi, kerapatan daya derau total N_t (dB/Hz) pada penerima BTS seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.1 dan 2.2.

$$N_t = N_0 + F_{dB} + IM_{Rx_{dB}} \dots \dots \dots (2.1)^{[3]}$$

$$N_t = 10 \log (kT) + F_{dB} + IM_{Rx_{dB}} \dots \dots \dots (2.2)^{[3]}$$

Dimana k merupakan konstanta Boltzman, $1,38 \times 10^{-23}$ Joule/K, T temperatur penerima diasumsikan temperatur ruangan, $290^{\circ}K$, F_{dB} adalah noise figure BTS dan $IM_{Rx_{dB}}$ adalah margin interferensi.

Noise figure ini merupakan kontribusi derau pada suatu alat yang didefinisikan sebagai perbandingan *signal-to-noise-ratio input (S/N)_i* terhadap *signal-to-noise-ratio output (S/N)_o*.

Energi bit minimum yang diperlukan $(E_b)_{min}$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus 2.3.

$$(E_b)_{min} = N_t + (E_b/N_T)_{req} \dots \dots \dots (2.3)^{[3]}$$

Dimana $(E_b/N_T)_{req}$ merupakan energi per bit kerapatan spektral daya derau yang dibutuhkan.

Sensitivitas penerima dalam dBm dijelaskan pada persamaan rumus 2.4.

$$S_{min} = (E_b)_{min} - 10 \log (1/T_b) \dots \dots \dots (2.4)^{[3]}$$

Dimana T_b adalah periode laju data maksimum (14400 bps).

3. Diversitas ruang, dapat dilakukan dengan tiga cara :
- BTS menggunakan dua antena penerima untuk mengurangi fading yang lebih besar.
 - Multiple BTS yang secara simultan berhubungan ke unit MS selama terjadi soft handoff sehingga MS menerima sinyal dari dua atau lebih BTS.
 - Rake receiver yang memungkinkan sinyal yang tiba dengan delay propagasi berbeda diterima secara terpisah kemudian digabungkan.

2.6. Kanal sistem CDMA

Dalam pengkalan sistem CDMA digunakan kanal pilot, kanal sinkronisasi, kanal paging untuk *downlink*, dan kanal trafik baik untuk *downlink* maupun untuk *uplink*.

1. Kanal Pilot

Kanal pilot ini ditransmisikan setiap waktu dengan penyebaran kode walsh 0 (lihat lampiran). MS selalu memonitor pilot dan mengukur levelnya, pada saat melakukan panggilan ataupun peralihan kanal.

2. Kanal Sinkronisasi

Kanal sinkronisasi ini digunakan oleh MS untuk sinkronisasi inisial waktu dengan penyebaran kode walsh 32 (lihat lampiran). Kanal ini transmit pada laju 1200 bps (pengkode suara 8 kbps) atau