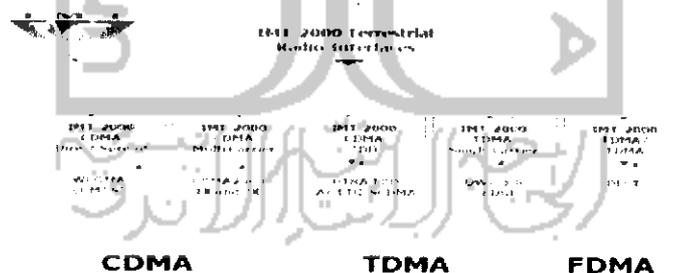


BAB II

DASAR TEORI

2.1. SISTEM KOMUNIKASI GENERASI KETIGA.

Kebutuhan telekomunikasi yang terus meningkat mengharuskan organisasi internasional yang membidangi telekomunikasi (*ITU*) terus mencari terobosan teknologi yang baru, maka muncul beberapa proposal kandidat teknis untuk generasi ke 3, dari eropa *ETSI* dan *ARIB* dari Jepang mengajukan *WCDMA* sebagai kandidat 3G, *TTA* mengajukan *CDMA2000*, dan ada lagi beberapa proposal dan dalam sidang *ITU* tahun 1999 dari berbagai proposal dan teknis yang ditawarkan yang lebih banyak dipakai mengarah kepada *WCDMA & CDMA2000* sehingga dua teknologi ini yang banyak di *instalasi* di Negara-negara anggota *ITU*.



Gambar 2.1. Teknologi kandidat 3G

ETSI memperkenalkan apa yang di sebut *UTRA (UMTS terrestrial radio access)*, dimana perancangannya teknologinya berdasarkan metode *DS-CDMA* yang mampu menyebarkan informasi dilebar bidang 5 Mhz sehingga *DS-CDMA* menjadi lebih lebar dan disebut *wideband* selanjutnya dikenal dengan *WCDMA*. *WCDMA* menjadi lebih menarik karena mampu berkombinasi dengan jaringan yang telah ada seperti

GSM, hal ini menguntungkan karena *WCDMA* tidak menghilangkan keuntungan yang di miliki oleh *GSM*, *WCDMA* menggunakan dua mode, yaitu:

- a. *Frequency division duplex (FDD)*: dimana mode frekuensi untuk *uplink* dan *downlink* berbeda tetapi berpasangan.
- b. *Time division duplex (TDD)* dimana pada mode ini *uplink* dan *downlink* menggunakan frekuensi sama dimana data ditransmisikan dalam sistem secara bergantian dalam jeda tertentu.

Ada pun maksud dari penggunaan dua mode ini adalah untuk menambah pilihan untuk optimalisasi dan spektrum yang dialokasikan, adalah:

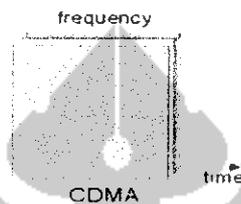
- a. 1920-1980 Mhz *FDD* uplink & 2110-2170 Mhz *FDD* downlink
- b. 1900-1920 Mhz *TDD* & 2020-2055 Mhz *TDD*

Gambar 2.1. merupakan basis teknis buat kandidat teknologi seluler generasi ke 3, yang diusulkan oleh beberapa organisasi pengembangan standarisasi anggota ITU di seluruh dunia dan dari kesepakatan maka generasi 3 disebut *IMT2000*.

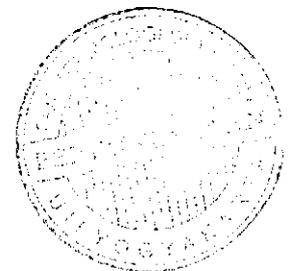
2.2. SISTEM WCDMA

Sistem komunikasi telah diterapkan suatu teknik akses jamak, yaitu suatu teknik yang memungkinkan beberapa pengguna dapat melakukan komunikasi secara bersama pada kanal yang sama. Tujuan dari penerapan teknik ini salah satunya adalah mengefisienkan pemakaian kanal yang ada, atau menaikkan kapasitas sistemnya. Teknik kode akses jamak, atau yang sering di sebut *WCDMA* adalah suatu sistem akses jamak yang dapat dilakukan pada satu kanal frekuensi dan satu selang waktu yang sama, dengan menerapkan pemberian kode yang berbeda untuk beberapa

pengguna. Pengembangan dan penggunaan teknik akses *WCDMA* dalam komunikasi selular di dasari oleh pertimbangan meningkatnya kebutuhan komunikasi selular dewasa ini. *WCDMA* di dasarkan pada teknik *direct sequence spread spectrum*. Deskripsi dari teknik kode akses jamak tersebut dapat dipresentasikan seperti Gambar 2.2 di bawah:



Gambar 2.2. Skema Kode Akses Jamak



Dalam sistem *WCDMA* tiap user menggunakan kode unik yang berbeda satu sama lain, dan *cross correlation* antar kode sangat kecil. Setiap data yang akan dipancarkan terlebih dahulu akan ditebar (*spreading*) sehingga memungkinkan adanya akses jamak (*multiple access*). Bandwidth transmisi jauh lebih besar dibandingkan bandwidth sinyal informasi. Rasio antara keduanya disebut *processing gain*. Teknik *WCDMA* pada dasarnya berbasis pada teknologi *spread spektrum*. Hal ini didasari kenyataan bahwa teknologi *spread spektrum* memungkinkan banyak pengguna untuk berkomunikasi secara bersama-sama dengan menggunakan satu kanal/saluran yang sama dengan kode yang berbeda. Metode akses seperti ini disebut *DS-CDMA*. Adapun kelebihan yang diperoleh dari penerapan *WCDMA* pada sistim komunikasi bergerak antara lain:

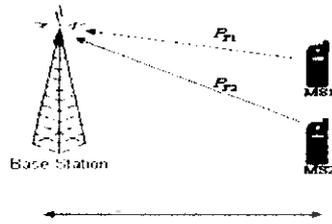
- a. Meningkatkan kualitas suara, Lebih tahan terhadap *multipath*
- b. Memperbaiki karakteristik cakupan yang dapat menurunkan jumlah sel

- c. Mengurangi interferensi pada sistem lain, Meningkatkan *privacy* dan *security*.
- d. Memerlukan daya pancar yang lebih rendah, sehingga waktu bicara MS dapat lebih lama.
- e. Mampu melakukan *soft handover* mengingat semua sistem menggunakan frekuensi yang sama.
- f. Dapat dioperasikan bersamaan dengan teknologi lain (misal AMPS).

Di samping kelebihan, pada penerapan WCDMA dalam sistem komunikasi bergerak juga terjadi berbagai masalah, yaitu:

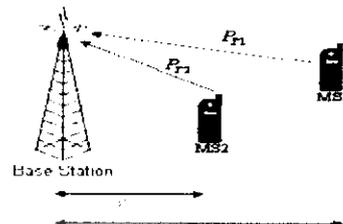
1. Masalah jauh-dekat

Penggunaan teknik *spread spectrum* dalam DS-CDMA mengakibatkan terjadinya penggunaan frekuensi bersama oleh beberapa pengguna. Akibatnya, sinyal pengkode antara setiap pengguna tidak saling *orthogonal*, sehingga akan terjadi interferensi antar pengguna. Apabila daya interferensi yang di terima dari pengguna lain jauh lebih besar dibandingkan daya sinyal yang diinginkan, maka akan terjadi penurunan kinerja pada pengguna yang level dayanya lebih rendah. Kondisi tersebut di kenal dengan *Near far Problem*, yang dapat membatasi kemampuan sistem WCDMA dalam menampung jumlah pemakai. Masalah *near far* dapat dikurangi dengan menerapkan teknik pengontrolan daya, agar daya yang diterima dari semua pengguna oleh penerima di *base station* adalah sama. Ilustrasi dari kondisi ideal pada sistem WCDMA digambarkan pada Gambar 2.3. Sedangkan ilustrasi kondisi sistem WCDMA akibat masalah jauh-dekat digambarkan pada Gambar 2.4, berikut.



$$P_{R1} = P_{R2}$$

Gambar 2.3. Kondisi Ideal WCDMA



$$P_{R1} < P_{R2}$$

Gambar 2.4. Efek Near far

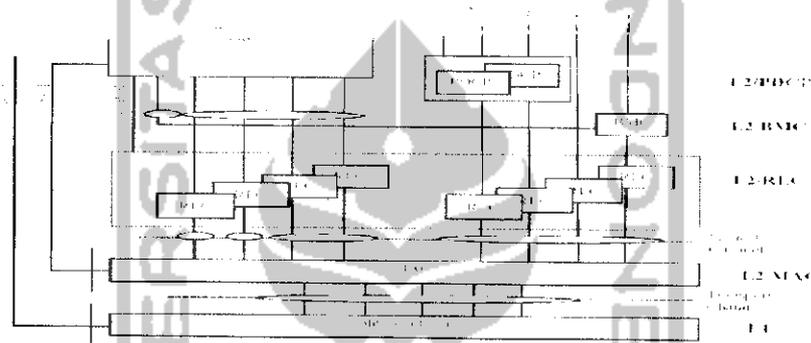
2. **Multipath Fading** Dalam komunikasi seluler, pada umumnya sinyal yang sampai ke antenna penerima *mobile station* tidak hanya berasal dari sinyal lintasan langsung tetapi juga dari lintasan pantul. Sehingga sinyal yang sampai merupakan penjumlahan dari banyak sinyal sehingga sinyal-sinyal tersebut dapat saling menguatkan maupun saling melemahkan. Karena panjang setiap lintasan tidak sama maka masing-masing sinyal mengalami *delay* yang berbeda-beda. Efek lain dari *multipath* ini adalah akibat dari pergertakan *mobile station* yang menyebabkan frekuensi sinyal terima bergeser dari frekuensi asal (efek dopler).

2.2.1. Arsitektur antarmuka

WCDMA menggunakan arsitektur berlapis untuk menangani kompleksitas jaringan, dimana arsitektur berlapis juga untuk memudahkan modifikasi jaringan membantu *evolusi* sistem, antar muka radio antar basis (dalam WCDMA dinamakan *node B*), pengguna disebut *UE (User equipment, atau MS (Mobile station))* yang mengimplementasikan dengan tiga protocol, yaitu:

- a. Lapisan jaringan (*L3, Network layer*) merupakan penyedia fungsi manajemen sumber daya radio (*RRM, radio resource management*) & kendali sumber daya (*RRC*), *L3* terdiri tarap kendali (*C-Plane*) & Tarap pengguna (*U-Plane*).

- b. Lapisan hubung data (L2, *Datalink layer*) merupakan layanan data dan fungsi kendali akses menengah (*MAC, medium access control*), kendali hubung radio (*RLC*), protocol konvergensi data paket (*PDCP, packet data convergence protocol*) dan kendali siaran (*BMC, broadcast multicast control*).
- c. Lapisan fisik (L1, *Physical layer*), bawa informasi dari *MAC* ke lapisan lain.



Gambar 2.5. Model protocol interface radio WCDMA

WCDMA menggunakan 2 kanal fisik terdedikasi (*dedicated physical channel*) pada saat *up link* atau *downlink*:

- a. *Dedicated physical data channel*, kanal pembawa data termodulasi dari L2.
- b. (*DPCCH*), kanal pembawa informasi kendali pada layer 2.

Pada setiap hubungan yang terjadi dengan sistem *WCDMA* pasti akan dialokasikan minimal satu kanal *DPCCH* dan satu atau lebih dari satu atau tanpa *DPDCH*, selain itu sistem *WCDMA* memakai kanal-kanal umum, *common physical channel*, yaitu :

- a. *CCPCH* merupakan kanal untuk membawa beberapa kanal transmisi *downlink*.
- b. *SCH (Synchronisasi channel)*, kanal digunakan untuk pencarian sel saat *Uplink*.
- c. *Physical random access channel (PRACH)* merupakan kanal yang berfungsi untuk membawa informasi kanal untuk proses akses acak.

2.2.2. Teknik Spread Spectrum

Dilatar belakangi oleh kebutuhan akan sistem komunikasi yang kebal terhadap masalah interferensi dan penyadapan, maka dikenalkan sistem komunikasi *spread spectrum* sekitar pertengahan tahun 1950. *Spread spectrum* dapat diartikan sebagai teknik pengiriman sinyal informasi yang menggunakan suatu kode untuk menebarkan spektrum energi sinyal informasi dalam bandwidth yang jauh lebih lebar dibanding bandwidth sinyal informasi. Istilah *spread spectrum* digunakan karena pada sistem ini, sinyal yang dikirimkan memiliki *bandwidth* yang jauh lebih lebar dari *bandwidth* sinyal informasinya sendiri. Proses pelebaran *bandwidth* sinyal informasi ini dilakukan pada sisi pengirim dan disebut *spreading*. Sebaliknya, proses penyempitan kembali *bandwidth* sinyal informasi dilakukan di sisi penerima, dan di sebut *de-spreading*.

Sistem komunikasi *spread spektrum* ini mampu mengurangi kekuatiran akan adanya penyadapan, karena data yang dikirimkan bersifat acak dan memiliki kecenderungan sifat seperti derau. Jadi jika penerima tidak mengenali kode yang digunakan untuk menebarkan spektrum data di sisi pengirim, maka penerima hanya akan menerima sinyal *noise* saja. Selain untuk mengatasi interferensi, sistem komunikasi *spread spectrum* juga dipakai untuk menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim dan dapat beroperasi pada tingkat S/N (*signal to noise ratio*) yang rendah atau tahan terhadap derau yang besar. Dengan berbagai kehandalannya ini, teknik *spread spectrum* sangat tepat diterapkan pada dunia komunikasi seluler saat ini, di mana penggunaan kanal frekuensi sudah cukup padat sehingga interferensi dan

noise dari *transceiver* lain cukup dominan berpengaruh. Dalam *spread spectrum* ada beberapa macam cara yang digunakan, yaitu :

1. Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), sinyal pembawa informasi dikalikan secara langsung dengan sinyal penyebar yang berkecepatan tinggi.
2. Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), frekuensi pembawa sinyal informasi berubah-ubah sesuai dengan deretan kode yang diberikan dan akan konstan selama periode tertentu yang disebut T (periode chip).
3. Time Hopping Spread Spectrum (THSS), sinyal pembawa informasi tidak dikirimkan secara kontinyu tetapi dikirimkan dalam bentuk *short burst* yang lamanya *burst* tergantung dari sinyal pengkodeannya.

Kode-kode yang digunakan pada sistem *spread spectrum* memiliki sifat acak tetapi periodik sehingga disebut sinyal acak semu (*pseudo random*). Kode-kode tersebut bersifat seperti *noise* tapi bersifat deterministik sehingga disebut juga *noise* semu (*pseudo noise*). Pembangkit sinyal kode ini disebut *Pseudo Random Generator* (PRG) atau *pseudo noise generator* (PNG).

Kode-kode yang dibangkitkan dari PRG inilah yang digunakan untuk melebarkan dan sekaligus mengacak sinyal data yang akan dikirimkan. Dalam komunikasi *spread spectrum* semakin lebar *bandwidth* akan semakin kebal terhadap *jamming* dan akan semakin terjamin tingkat kerahasiaannya. Kelebihan lain yang dimiliki sistem *spread spektrum* adalah sistem ini dapat ditrapkan pada teknik akses jamak seperti CDMA (*Code Division Multiple Acces*). Jika dibanding sistem multiple akses yang lain seperti FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) dan TDMA

(*Time Division Multiple Access*), skema CDMA merupakan sistem yang diminati oleh perusahaan komunikasi, karena dapat digunakan pada frekuensi dan waktu yang sama secara bersamaan. Sehingga sangat tepat diterapkan pada komunikasi seperti sekarang ini di mana penggunaan kanal frekuensi sudah cukup padat sehingga interferensi dan noise dari *transceiver* lain cukup dominan berpengaruh. Beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam sebuah sistem *spread spectrum* adalah :

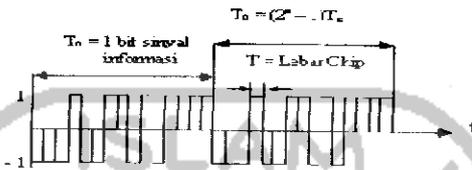
1. Sinyal yang dikirimkan setelah mengalami proses *spreading*, menempati *bandwidth* yang jauh lebih lebar daripada *bandwidth* minimum yang diperlukan untuk mengirimkan sinyal informasi
2. Pada pengirim terjadi proses *spreading* untuk menebarkan spektrum sinyal informasi dengan bantuan sinyal kode yang bersifat independen terhadap sinyal informasi.
3. Pada penerima terjadi proses *despreading* untuk mendapatkan kembali sinyal informasi semula.

Sistem komunikasi *spread spectrum* sebagai salah satu sistem komunikasi digital, memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem komunikasi analog yaitu: Lebih kebal terhadap *jamming*, mampu menekan interferensi, dapat dioperasikan pada level daya yang rendah, kemampuan multiple access secara CDMA, sulit untuk disadap sehingga kerahasiaan lebih terjamin

2.2.3. Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS)

Pada sistem komunikasi *Direct Sequence Spread Spektrum* ini, sebuah sinyal informasi akan dimodulasi oleh sebuah sinyal kode digital dengan laju code bit atau

chip yang jauh lebih besar dibanding laju bit sinyal informasinya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



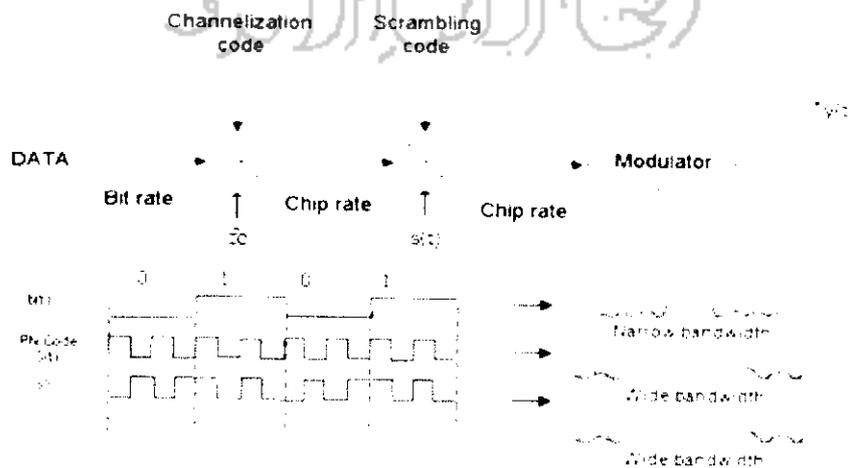
Gambar 2.6. Deretan Chip Sebuah PN Code

Pada teknik DSSS dilakukan beberapa proses, yaitu :

2.2.3.1. Proses Spreading

Bagian utama dari pembangkitan sinyal *spread spectrum* (SS) pada sistem komunikasi DS-SS adalah proses *spreading*. Pada proses ini dilakukan penebaran terhadap spektrum frekuensi sinyal informasi yang relatif sempit yaitu sinyal *narrow-band* $b(t)$, oleh PN code $s(t)$. Hasil yang didapatkan berupa sinyal *wide-band* $y(t)$, yaitu sinyal *spread spectrum* yang memiliki spektrum frekuensi lebar identik dengan spektrum frekuensi kode PN, yang selanjutnya akan dikirimkan.

Gambar 2.7 dibawah menggambarkan proses *spreading*.



Gambar 2.7. Proses spreading

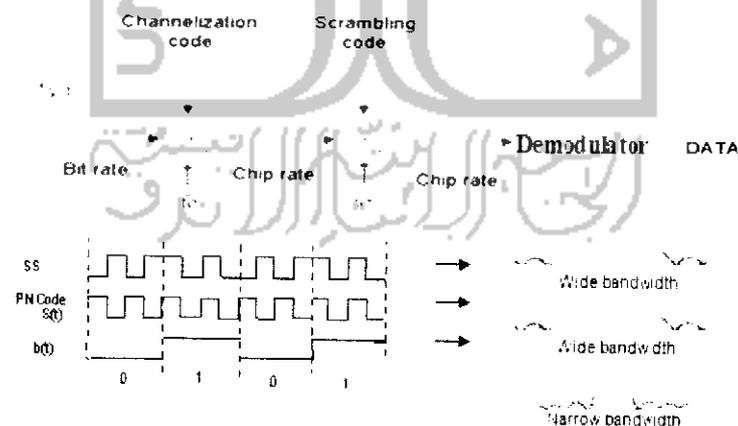


Maka dari gambar diatas dapat diketahui sinyal yang di pancarkan oleh mobile seluler untuk melakukan hubungan memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$y(t) = \sqrt{2P}c(t)\cos(Wo(t)+\theta d(t)) \quad (2.1)$$

2.2.3.2. Proses Despreading

Sinyal *spread spectrum* $y(t)$ tidak bisa dideteksi oleh sembarang penerima (*undesired users*) karena daya sinyalnya yang lemah, hampir menyerupai *noise*. Namun pada penerima yang dituju (*desired user*), sinyal *spread spectrum* $y(t)$ yang diterima akan disempitkan kembali dengan kode PN yang identik dengan yang dipakai pada pengirim, sehingga didapatkan data informasi yang sesuai dengan data informasi yang dikirimkan, proses ini disebut dengan *despreading*. Gambar 2.8 berikut menggambarkan proses *despreading*.



Gambar 2.8. Proses despreading

Proses despreading seperti gambar diatas diperoleh persamaan sebagai berikut, dalam hal ini tentu sinyal sudah mengalami berbagai gangguan propagasi antenna, yaitu :

$$r(t) = \sqrt{2P}d(t-t_d) c(t-t_d) \cos(Wot+\theta) + \sqrt{2j} \cos(Wot+\theta') \quad (2.2)$$

2.2.4. PN Sequence

Untuk melindungi sinyal dari berbagai *interferensi* dan *jamming*, digunakan kode *pseudorandom*. Terlihat seperti acak tetapi sebenarnya deterministik dan periodik, sehingga *receiver* dapat merekonstruksi kode untuk deteksi sinkron karena diketahui baik oleh penerima maupun pengirim. Kode *pseudorandom* juga disebut *Pseudo Noise (PN code)*. Tiap kanal, *BS* membangkitkan kode yang unik yang berubah untuk tiap koneksi. *BS* menjumlahkan secara bersama semua kode transmisi setiap *MS*. Setiap *MS* membangkitkan kode-nya sendiri dan menggunakannya untuk mengekstrak sinyal tertentu. Metode umum digunakan membangkitkan PN Codes :

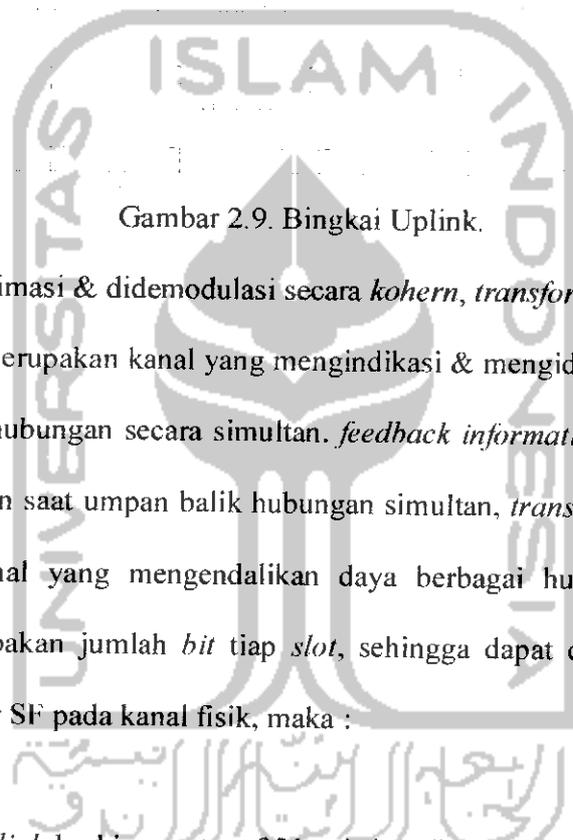
1. M-Sequence. Pada metode M-Sequence digunakan beberapa *shift register* yang tersusun dan umpan balik menurut pola tertentu.
2. Gold Codes. dihasilkan dari proses XOR (modulo-2) dua buah M-Sequence dengan panjang sama. Kode-kode berurutan ditambahkan chip demi chip secara sinkron.
3. Hadamard-Walsh Codes. Dibangkitkan dengan menggunakan proses iteratif dari matriks Hadamard dengan $N = 2^l$ yang sama.

2.2.5. Transmisi Uplink

2.2.5.1. Struktur bingkai transmisi uplink

Struktur bingkai saat kondisi *uplink* teknik seluler dengan sistem *WCDMA* mempunyai prinsip seperti gambar bawah. Bingkai terbagi 15 *ts* berdurasi 10 ms, setiap slot merupakan periode kendali daya terdiri dari 2560 chip, bingkai super berdurasi 72 ms merupakan gabungan dari 72 bingkai, kanal DPDCH membawa data

pengguna serta sinyal lapisan lain dan DPCCH merupakan kanal membawa beberapa informasi kendali seperti *bit pilot*, *TPC*, *FBI* dan *TFCI*.



Gambar 2.9. Bingkai Uplink.

Bit pilot akan diestimasi & didemodulasi secara *koheren*, *transfort format combination indicator (TFCI)* merupakan kanal yang mengindikasi & mengidentifikasi kanal yang diperlukan dalam hubungan secara simultan. *feedback information (FBI)* merupakan kanal yang berperan saat umpan balik hubungan simultan, *transmitter power control (TPC)*, adalah kanal yang mengendalikan daya berbagai hubungan itu, dimana parameter *k* merupakan jumlah *bit* tiap *slot*, sehingga dapat dihubungkan dengan parameter penyebar *SF* pada kanal fisik, maka :

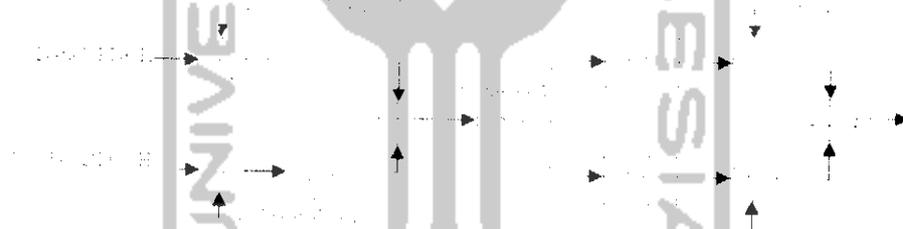
$$SF = 256/2^k \quad (2.3)$$

faktor transmisi *uplink* berkisar antara 256 - 4 dan dipilih menurut pesat data, agar dapat diestimasi kanal secara akurat saat DPCCH berpesat data tinggi dibutuhkan level daya transmisi besar, khususnya DPCCH harga faktor penyebar *SF* selalu 256.

2.2.5.2. Penyebaran & Modulasi transmisi Uplink

Penyebaran kanal DPDCH & DPCCH sebelum data biner kanal-kanal fisik lebih dahulu di petakan antara +1 & -1 ($0 \rightarrow +1$ & $1 \rightarrow -1$) disebar dengan kode kanalisasi *Cd* atau *Cc*, pada *Uplink* kode kanalisasi tidak hanya untuk memisahkan

kanal-kanal data DPDCH. Transmisi *uplink* data DPDCH & DPCCH didemodulasi dulu secara *BPSK*, dimana hasil modulasi DPCCH dipetakan di kanal Q dan DPDCH dipetakan pada kanal I jika ada beberapa DPDCH maka akan dipetakan secara bergantian pada kanal Q atau pada kanal I yang mana penyebaran terjadi setelah modulasi data dan sebelum pembentukan pulsa, modulasi penyebaran pada saat *uplink* adalah *QPSK* dua kanal, modulasi penyebarannya terdiri dari 2 operasi yang berbeda, penyebaran pertama dengan kode kanalisasi menyebarkan setiap bit data menjadi sejumlah chip yang terdefinisi sebagai *SF*, penyebaran ini menyebabkan pita semakin melebar.



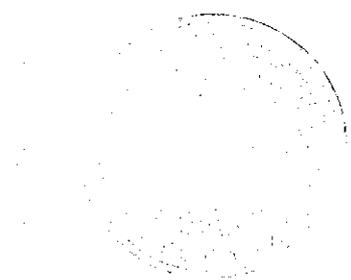
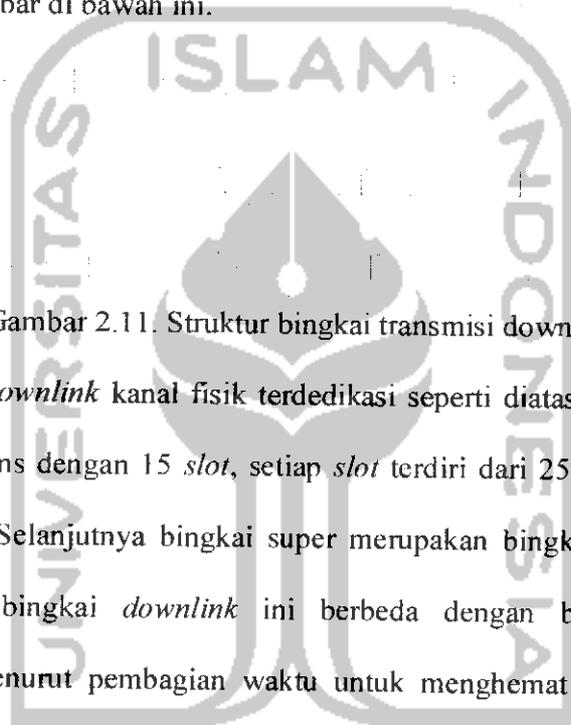
Gambar 2.10. Penyebar & Modulasi Transmisi Uplink

Operasi selanjutnya adalah pengacakan atau *scrambling* dengan menggunakan kode S, gambar diatas merupakan gambar proses penyebaran dan modulasi, misalnya pada saat suatu user melakukan hubungan bisa menggunakan lebih banyak DPDCH dan hanya satu DPCCH dimana kanal kode S menjadi unik karena berguna untuk membedakan user yang berlainan yang selanjutnya sinyal dipertajam yang akan membentuk pulsa menggunakan tapis *square-root raised cosine (RRC)* dengan *factor roll off 0.22*, yang mana RRC sangat berguna sebagai *filter* penapis untuk menghilangkan ISI.

2.2.6. Transmisi Downlink.

2.2.6.1. Struktur Bingkai Transmisi Downlink.

Struktur bingkai kondisi downlink teknik seluler sistem WCDMA mempunyai prinsip seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.11. Struktur bingkai transmisi downlink

Prinsip transmisi *downlink* kanal fisik terdedikasi seperti diatas setiap bingkai sama seperti *uplink* 10 ms dengan 15 *slot*, setiap *slot* terdiri dari 2560 *chip*, menunjukkan periode kendali. Selanjutnya bingkai super merupakan bingkai gabungan dari 72 bingkai, dimana bingkai *downlink* ini berbeda dengan bingkai *uplink* pada *multiplexingnya* menurut pembagian waktu untuk menghemat kode kanalisasi, k merupakan jumlah bit setiap *slot* sehingga dapat dihubungkan dengan parameter faktor *SF*, kanal fisik transmisi *downlink*, sehingga persamaannya:

$$SF = 512/2k \quad (2.4)$$

Downlink SF berkisar 4 sampai 512, berbeda dengan *uplink* pada *downlink* penyebar 512 digunakan semua pada *downlink*.

2.2.6.2. Penyebaran & Modulasi Transmisi Downlink.

Teknik yang digunakan *downlink* adalah *QPSK*, tiap pasang 2 bit dari seluruh kanal fisik transmisi *downlink* (kecuali *SCH*), selanjutnya di konversi secara *serial* ke

parallel, dipetakan berurutan pada Cabang I & Q, selanjutnya disebarakan dengan kode kanalisasi Cch sama untuk mencapai laju chip tertentu, hasil penyebaran di acak dengan kode S yang spesifik untuk masing-masing sel.



Gambar 2.12. Penyebar & modulasi transmisi downlink

Modulasi transmisi *downlink* saat MS melakukan hubungan dengan MS lain minimal mempunyai satu DPDCH & satu DPCCCH, DPDCH bertambah saat modulasi *QPSK* dengan kode kanalisasi berbeda. Selanjutnya sinyal tersebar di pertajam dalam bentuk pulsa dengan tapis sama yaitu tapis *square-root raised cosine (RRC)* dengan *factor roll off 0.22* & di modulasikan menggunakan *QPSK* untuk keperluan transmisi. Perbedaan Transmisi *Uplink & downlink* yaitu saat modulasi data, transmisi *uplink* menggunakan teknik *BPSK*, sedangkan *downlink* menggunakan *QPSK* dimana laju data pada cabang I & Q pasti sama untuk *Downlink*, setiap cabang pasti berbeda kode kanalisasi yang digunakan untuk membedakan DPCCCH dengan DPDCH berlainan pada transmisi *Uplink* sehingga pada transmisi *downlink* untuk spesifikasi MS kode *scrambling* untuk spesifikasi sel saat *downlink* dan spesifikasi MS *Uplink*.

2.2.7. Teknik Power Control Konvensional

Power control adalah teknik pengatur level daya transmisi yang di terima *BS* dari MS pada proses *uplink*, untuk meminimalkan interferensi antar MS aktif. Pada

algoritma *power control* diasumsikan bahwa *BS* menggunakan penerima *matched filter* konvensional. Detektor konvensional *matched Filter* menggunakan metode deteksi MS tunggal (*single user detector*), yaitu masing-masing MS di deteksi secara terpisah, tanpa mempertimbangkan MS lain. Dengan demikian munculnya MAI (*Multiple Interference Access*) dapat terjadi pada *matched filter* konvensional. Diasumsikan bahwa sistem yang digunakan adalah WCDMA sinkron, pada kanal *uplink*, dengan N jumlah pengguna aktif dan M jumlah *BS* di area tertentu. Suatu pengguna mempunyai *signature sequence* unik untuk memodulasi datanya. Gelombang *signature sequence* dari MS ke-*i* dinotasikan dengan $S_i(t)$. Sinyal terima *BS* dari MS *i* dapat dituliskan :

$$r_i = \sum_{j=1}^M \sqrt{P_j} \sqrt{P_i} b_j s_j + n \quad (2.5)$$

dimana : P_i = Vektor daya MS *j*

h_{ij} = gain MS *i* terhadap *j*

b_j = bit yang ditransmisikan

n = Vektor noise AWGN

Dari persamaan di atas, diketahui sinyal yang di terima *BS* merupakan penjumlahan dari semua sinyal yang dikirimkan beberapa MS ditambah dengan noise. Pada setiap *matched filter*, sinyal/bit informasi dibangkitkan kembali dengan cara mengalikannya dengan *signature sequence* $S_i(t)$ masing-masing *MS*. Satu *matched filter* memproses data dari satu pengguna. Pada *matched filter* pertama, sinyal $r_i(t)$ akan dikalikan dengan *signature sequence* MS pertama yaitu $S_1(t)$, demikian seterusnya. Sehingga

terjadi korelasi auto (*auto correlation*) dan korelasi silang (*cross correlation*) dari hasil perkalian tersebut. Contoh dari korelasi auto adalah perkalian antara S_1 dengan S_1 pada *matched filter* 1, Sedangkan korelasi silang contohnya adalah jika pada *matched filter* 1 terjadi perkalian dengan *signature sequence* MS kedua yaitu S_2 dengan S_1 . Pada *matched filter* 1 perhitungannya adalah:

$$y_1(t) = A_1 b_1 S_1 S_1 + A_2 b_2 S_2 S_1 + A_3 b_3 S_3 S_1 + \dots + A_k b_k S_k S_1 \quad (2.6)$$

Hasil perkalian S_1 dan S_1 sama dengan satu, sehingga didapatkan data. Sedangkan perkalian S_1 dengan S_2 dan seterusnya hasilnya adalah kurang dari 1, sehingga akan menghasilkan MAI (*multiple access interference*). Pada umumnya *cross correlation* relatif lebih kecil dibandingkan dengan *auto correlation*. Tetapi semakin banyak jumlah pengguna maka MAI bertambah. Keberadaan MAI menyebabkan dampak yang signifikan pada kinerja dan kapasitas dari sistem *direct sequence WCDMA*. Masalah yang timbul selain MAI adalah masalah jauh dekat. Hal ini diakibatkan karena setiap pengguna cenderung selalu berpindah posisi terhadap BS, sehingga daya transmisi tiap MS cenderung berubah. Karena itu, BS melakukan proses *up date* daya transmisi bagi masing-masing BS yang di layaninya. Nilai daya transmisi pengguna yang di *update* adalah:

$$p_i = (n+1) \frac{y_i}{h_{ii}} \frac{1}{(c_i s_i)^2} (\sum_{j \neq i} p_j(n) h_{ij} (c_i s_j)^2 + \sigma^2 (c_i c_i')) \quad (2.7)$$

Dan nilai SIR MS ke-i adalah :

$$SIR_i = \frac{p_i h_{ii} (c_i s_i)^2}{\sum_{j \neq i} p_j h_{ij} (c_i s_j)^2 + \sigma^2 (c_i c_j)} \quad (2.8)$$

Untuk mendapatkan nilai kinerja sistem diinginkan, maka SIR $\geq \gamma$ dimana γ adalah target SIR. Sehingga total daya diminimal dengan mendapatkan nilai optimal daya p_i dan menentukan filter *coefficient* konstan c .

Dimana : p_j = vektor daya MS ke-j

h_{ij} = gain kanal pada link BS MS ke-i dengan MS ke-j

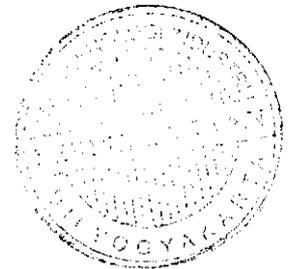
$h_{ij} = \frac{1}{d_{ij}^\alpha}$, d_{ij} = jarak antara BS MS ke-i dengan MS ke-j

b_j = bit yang ditransmisikan oleh MS ke-j

s_j = *signature sequence* dari MS ke-j

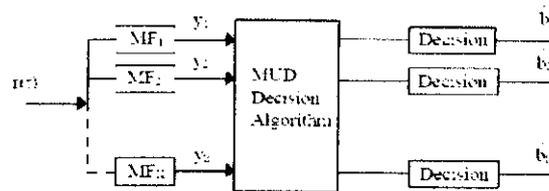
c_i = koefisien filter MS ke-i

n = vektor noise AWGN.



2.2.8. Teknik Multiuser Detection (MUD)

MUD adalah teknik yang mengasumsikan daya yang di terima dari semua MS adalah tetap, sekaligus mendemodulasi semua sinyal yang di terima dari semua MS secara bersamaan. Untuk mengatasi masalah MAI pada detektor konvensional *matched filter*, maka dibuat suatu detektor yang tidak memperlakukan pengguna lain sebagai interferensi, melainkan sebagai sinyal yang di anggap penting. Agar kerja dari *Matched Filter* optimal maka perlu ditambahkan rangkaian MUD, salah satu cirinya adalah kemampuannya merubah nilai koefisien filter rx, sehingga nilainya tidak konstan/*fixed* lagi. Prosedur deteksi tersebut merupakan pendeteksian semua sinyal dari semua MS secara simultan. Detektor ini disebut detektor *multi user*.



Gambar 2.13. Blok Diagram MUD

Pada rx , sinyal mengalami *despreading* dan *demodulasi*, yang selanjutnya dilewatkan pada sebuah rangkaian *Matched Filter (MF)*. Suatu rangkaian *MF* digunakan oleh satu *MS*, sehingga banyaknya rangkaian *MF* tergantung banyaknya *MS*. Karena data dari beberapa *MS* dikirimkan secara bersama dalam satu kanal, tentu saja interferensi antara data satu *MS* dengan data *MS* lain tidak dapat di hindari. Untuk mengatasi interferensi tersebut maka data dari *MF* yaitu y_p , diolah menggunakan rangkaian *MUD*. Dari rangkaian *MUD* diharapkan data yang didapatkan sudah terhindar dari interferensi antar *MS*. *MUD* merupakan perkembangan dari teknik *PC*. Sama halnya dengan *power control* konvensional, *MUD* juga berkonsentrasi pada permasalahan interferensi yang muncul karena masalah jauh-dekat. *MUD* dikelompokkan menjadi dua, yaitu *optimal detector* dan *sub optimal detector*. Dalam proyek akhir ini akan dilakukan analisa pada sistem *sub optimal MUD*, yaitu *MMSE*

2.2.9. *MMSE (minimum mean squared error) Detector*

MMSE adalah jenis pengembangan *MUD* sub optimal. Prinsip kerja *MMSE* memungkinkan pengontrolan (*up date*) daya yang ditransmisikan *MS*, P_i , dan sekaligus mengatur (*up date*) koefisien filter disisi penerima, c_i . Mulanya, pada setiap iterasi, koefisien filter di sisi penerima melakukan proses *up date* untuk menekan interferensi cenderung mengganggu daya transmisi. Kemudian kembali dilakukan

proses *up date* atas daya yang ditransmisikan, untuk meminimalkan probabilitas interferensi pada MS lain, agar di dapat nilai sesuai target SIR. Proses *up date* koefisien filter penerima pada teknik MMSE nampak pada formula di bawah :

$$c_i(n+1) = \frac{P_i}{\sum_{j=1}^N P_j + \sigma^2} \quad (2.9)$$

Dimana : S_i = PN code MS ke-i

P_i = vektor daya MS ke-i,

$A = \sum_{i=1}^N P_i S_i S_i^H + \sigma^2 I$,

Sedangkan proses *up date* daya yang ditransmisikan sesuai persamaan 2.7 dan nilai SIR i sesuai 2.8. Untuk mendapatkan nilai kinerja sistem diinginkan, maka $SIR_i \geq \gamma$, γ adalah target SIR. Sehingga daya dapat diminimal dengan mendapatkan nilai optimal p_i dan menentukan filter *coefficient* konstan c .

Kelebihan MMSE dibandingkan PC konvensional adalah *performance*-nya. Kinerja MMSE lebih baik daripada *power control* konvensional dengan perhitungan efek *noise* dan meng-*up-date* koefisien filter rx. karena MMSE detector sedikit kebal terhadap jauh-dekat. Jadi detektor MMSE bertujuan menyeimbangkan sinyal-sinyal MS dalam satu metode algoritma & menghilangkan MAI secara total dengan harapan *noise* tidak ikut bertambah.

Upaya meminimumkan MSE (*mean square error*) pada output transformasi linier adalah sama halnya dengan memaksimalkan SIR. Karena untuk MSE yang rendah maka perbandingan antara sinyal yang didapatkan dengan interferensi menjadi semakin besar, jadi kinerja sistem menjadi lebih baik.

2.3. HANDOVER

Kondisi komunikasi selular sulit untuk diprediksi, karena kondisinya yang bergerak dari satu sel ke sel yang lain. Terdapat tiga komponen propagasi yang digunakan untuk menggambarkan kondisi komunikasi selular yaitu *Pathloss*, *shadowing (slow fading)* & *multipath fading (fast fading)*. *Pathloss* adalah fenomena menurunnya daya yang diterima terhadap jarak karena refleksi, difraksi disekitar struktur. *Shadowing* disebabkan gedung-gedung, pohon dan sebagainya. *Multipath fading* disebabkan refleksi *multipath* dari gelombang transmisi oleh objek seperti rumah, gedung, dan sebagainya.

Perbedaan panjang saluran propagasi dari sinyal *multipath* memberikan peningkatan untuk waktu *delay* propagasi berbeda. Salah satu fasilitas didalam sistem seluler untuk menjamin adanya kontinyuitas komunikasi apabila pelanggan bergerak dari satu sel ke sel yang lain adalah *Handover*. *Handover* merupakan proses pengalihan kanal *traffic* secara otomatis pada MS sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan. Hal ini menjelaskan bahwa *handover* pada dasarnya adalah sebuah 'call' koneksi yang bergerak dari satu sel ke sel lainnya. Secara umum *Handover* dapat didefinisikan sebagai prosedur, dimana ada perubahan layanan pada MS dari satu BS ke BS lain.

Proses ini memerlukan pendeteksi untuk mengubah status *dedicated node* (persiapan *handover*) & alat untuk menswitch komunikasi sedang berlangsung dari suatu kanal pada sel tertentu ke kanal lain pada sel lain. Keputusan untuk sebuah *handover* dibuat oleh BSC, yaitu dengan mengevaluasi secara *permanent* pengukuran

yang diambil oleh BTS dan MS. Pengukuran rata-rata (P_x) oleh BSC dibandingkan dengan nilai-nilai ambang batas (*threshold*); jika P_x melebihi nilai *threshold* maka dimulai proses *HO* dengan mencari sebuah sel target yang cocok. Sehingga *HO* diperlukan saat :

1. Kualitas signal yang diterima MS lebih kecil dibandingkan dengan *threshold*
2. Kualitas dikonversi dengan Eb/No (SIR). Eb/No atau Eb/No merupakan perbandingan energi tiap bit informasi terhadap sinyal *interferensi* derau (*noise*) yang menyertainya. Intinya adalah perbandingan antara sinyal dikehendaki terhadap kuat sinyal tidak dikehendaki. Makin besar nilai Eb/No makin memberikan performansi lebih baik.

Handover pada jaringan komunikasi bergerak 1G & 2G disebut *HHO*. Pada 1G, *handover* relatif lebih mudah sedangkan pada 2G, *handover* lebih superior dari 1G, dimana sudah digunakan algoritma *handover*. Kemudian pada jaringan komunikasi bergerak untuk 3G atau WCDMA banyak didominasi berdasarkan teknologi CDMA, maka konsep *handover* yang digunakan disebut *SHO*. Dibandingkan dengan *HHO* konvensional, maka *SHO* dapat memberikan transmisi baik, karena menjamin kontinuitas dari hubungan.

2.3.1. Tujuan Handover

Proses *Handover* terjadi karena kualitas atau daya *ratio* turun di bawah nilai yang dispesifikasikan dalam BSC. Penurunan level sinyal ini dideteksi dari pengukuran yang dilakukan MS maupun BTS. Konsekuensinya *handover* ditujukan ke sel dengan sinyal lebih besar. Selain itu, *handover* dapat terjadi apabila *traffic* dari

sel yang dituju sudah penuh. Saat MS melewati sel, dialihkan ke '*neighbouring cell*' dengan beban *traffic* yang lebih kecil. Tujuan dari *Handover* diantaranya yaitu:

1. *As imperceptible to user as possible.*
2. *As successfully as possible.*
3. *As infrequently as possible.*

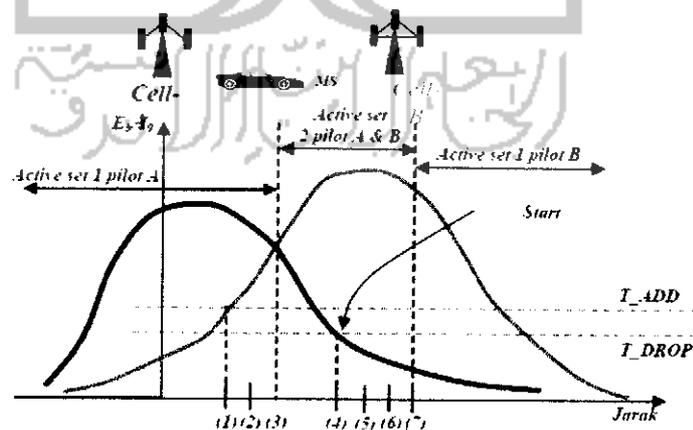
2.3.2. Proses *Handover*

Proses *handover* dimulai ketika MS mendeteksi sinyal pilot secara signifikan lebih kuat dibandingkan kanal trafik *forward* lainnya yang ditujukan kepadanya. MS tersebut akan mengirimkan pesan pilot *measurement* ke BS kandidat dengan sinyal terkuat tadi sekaligus menginstruksikan untuk memulai proses *handover*. *Cell site* tersebut akan mengirimkan pesan *handover direction* ke MS, mengarahkannya untuk melakukan *handover*. Setelah mengeksekusi pesan *handover direction* tersebut, MS akan mengirim pesan *handover completion* pada kanal trafik reverse baru. *Handover* bisa terjadi untuk satu atau beberapa alasan. Misalnya karena propagasi radio, distribusi trafik, aktivitas CDMA, kegagalan peralatan.

Pembagian ini juga bisa dilakukan berdasarkan bagian yang mengontrol *handover*, *eksternal* dan *internal handover*. *Eksternal handover* dikontrol oleh MS asal (*inter-BSS & inter-MS* *handover*). Informasi pengukuran dilaporkan dari MS melalui kanal radio khusus dan diterima oleh BSS. Setelah dilakukan diproses pendahuluan hasilnya dikirim ke MSC. *Internal handover* diinisiasi dan dilakukan dalam BSS tanpa referensi ke MSC asal (*controlling MSC*). Disini MSC hanya diinformasikan bahwa sebuah proses *handover internal* otomatis telah selesai

dilakukan. *Internal handover* terjadi antar sel pada BSS yang sama BSS dengan multi sel /multi BTS. Pada saat MS bergerak menjauhi suatu sel maka daya yang diterima oleh MS berkurang. Jika MS bergerak semakin menjauhi *BS* maka daya pancar semakin berkurang. Menjauhnya MS pada sel asal menjadikan MS mendekati sel lainnya. Sel lainnya dikatakan sebagai sel kandidat yaitu sel yang menerima pelimpahan MS dari sel sebelumnya. MSC melalui sel kandidat akan memonitor pergerakan MS dan menangkap daya pancar MS.

Diantara sel kandidat yang menerima daya pancar MS terbesar maka pelimpahan MS akan berada pada sel tersebut. Sel kandidat yang menerima pelimpahan MS melakukan monitoring. Proses monitoring dilakukan oleh MSC & menginstruksikan pada sel kandidat tersebut. Pada saat *Handover*, supervisi dipersingkat. MSC melakukan prioritas pendudukan kanal pada MS yang mengalami *Handover*. Sel kandidat dibuat urutan prioritas. Gambar 2.14. Proses SHO.



Gambar 2.14. Proses Handover

- (1) MS dilayani oleh *cell A* dan *active set* hanya terdiri dari pilot A. MS mengukur pilot B (E_b/N_0), diperoleh kecenderungan $> T_ADD$. MS mengirim pesan hasil ukur pilot B & memindahkan status pilot B dari *neighbor* ke *candidate set*.
- (2) MS menerima pesan dari *cell A* berisi *PN offset cell B* dan alokasi *Walsh code* untuk *TCI* dan MS *start* komunikasi menggunakan *TCI* tersebut.
- (3) MS memindahkan status pilot B dari *candidate set* ke *active set*, MS mengirim pesan *handover completed*. Sekarang ada 2 pilot yang aktif.
- (4) MS mendeteksi pilot A jatuh $< T_DROP$, MS *start* mengaktifkan *timer*.
- (5) *Timer* mencatat T_TDROP , MS mengirim *PSMM*.
- (6) MS menerima *handoff direction message*, pesan berisi hanya *PN offset cell B*.
- (7) MS memindahkan status pilot A dari *active set* ke *neighbor set*.

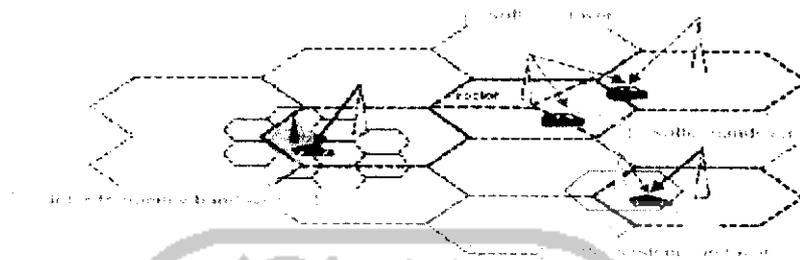
Untuk kelangsungan komunikasi seluler *handover* sangat diperlukan agar percakapan yang terjadi antar pelanggan tetap berlangsung tanpa terputus, meskipun pelanggan berpindah sel/wilayah. Pada saat MS bergerak dari satu sel ke sel lainnya, *traffik* pada sel sebelumnya harus diubah ke kanal dengan *traffik* dan kanal kontrol sel yang baru. Apabila terjadi kegagalan *handover* akan berakibat *dropcall* yaitu terputusnya hubungan saat percakapan sedang berlangsung.

Faktor-faktor penyebab gagalnya *handover* antara lain : *Interferensi* yang tinggi, *Setting parameter* yang tidak baik, *Kerusakan Hardware*, *Area cakupan radio* jelek, *Neighbouring cell relation* yang tidak perlu, *Masalah antenna rx* atau *hardware BTS*.

2.3.3. Handover Pada Sistem WCDMA

Handover merupakan suatu aspek penting dalam sistem radio selular yang perlu ditangani & dikaji dengan teliti untuk memastikan sambungan kepada rangkaian berterusan dan membolehkan panggilan tidak akan digururkan. Secara umum *Handover* digolongkan ke dalam dua kategori yaitu, *SHO* dan *HHO*. Pada WCDMA terdapat 4 Model *handover* yang berbeda, yaitu :

- a. *Intra-System Handover*. terjadi pada satu sistem, yang dibagi menjadi *intrafrequency handover* dan *inter-frequency handover*.
- b. *Inter-System Handover*. terjadi diantara sel-sel yang berhubungan dengan dua *Radio Access Mode* berbeda, misalnya diantara WCDMA dan GSM/EDGE.
- c. *Hard Handover*. merupakan kategori dari *handover* dimana radio link sebelumnya dari suatu pergerakan dibebaskan sebelum *radio link* baru dibentuk. *HHO* memungkinkan MS untuk berpindah dari CDMA ke sistem lainnya, dan termasuk tipe koneksi "*break-before-make*". *Hard handover* juga terjadi untuk 2 sel CDMA yang beroperasi pada frekuensi berbeda.
- d. *Soft Handover & Softer Handover*. *SHO* melibatkan *inter-cell handover* dan termasuk tipe "*make before-break*" connection. Koneksi antara MS dan *cell site* dilakukan oleh beberapa *cell site* selama proses *handover*. *SHO* hanya terjadi jika sel asal dan sel tujuan beroperasi pada kanal frekuensi sama. *Softer HO* adalah *intracell-handover* yang terjadi antar sector dalam suatu *cell site*, dan termasuk tipe koneksi "*make-before-break*".



Gambar 2.15. Model - model Handover pada Sstem WCDMA.

Selama SHO, suatu MS layanan atau MS secara bersamaan dapat berkomunikasi dengan dua (2-way SHO) atau lebih sel yang terhubung dengan BS yang berbeda baik untuk RNC yang sama atau tidak.

Pada keadaan *downlink*, MS bergerak menerima masing-masing sinyal untuk *maximal ratio combining* (MRC), sedangkan pada keadaan *uplink*, kode kanal dari MS yang sedang bergerak dideteksi oleh masing-masing BS (2-way SHO), dan diteruskan ke RNC untuk *selection combining*. Disini terdapat dua *PC loop*, masing-masing satu untuk BS. Selama SHO, suatu MS diatur sedikitnya dua sektor dalam satu BS, dimana RNC tidak ikut terlibat dan hanya terdapat satu *PC loop*. Pada SHO dan *softer* HO hanya terdapat satu frekuensi pembawa. Proses *handover* tidak sama untuk arah transmisi yang berbeda.

Pada *Uplink*, MS mengirimkan sinyal ke udara melalui antena *omnidirectional*. Dua BS aktif dapat menerima sinyal secara bersamaan sebab frekuensi *reuse factor* pada WCDMA adalah satu. Kemudian sinyal diteruskan ke RNC untuk *selection combining*. Selain itu pada *uplink* tidak ada kanal tambahan untuk mendukung SHO. Pada *downlink*, sinyal sama ditransmisikan melalui masing-masing BS dan MS dapat mengkombinasi secara koheren sinyal-sinyal dari BS

berbeda selama dipandang sebagai komponen *multipath* tambahan. Biasanya strategi *maximal ratio combining* digunakan yang menyediakan keuntungan tambahan, disebut *macrodiversity*. Untuk mendukung *SHO* pada *downlink*, sedikitnya satu ekstra kanal *downlink* dibutuhkan, tetapi menambah *interferensi* pada *air interface*.

2.3.4. *Soft Handover*

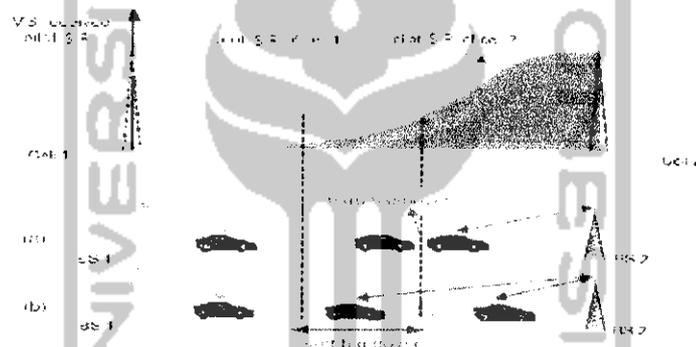
Kejadian *SHO* dalam modul diterbitkan *Helsinki university of Technology (Communications Laboratory)* adalah sebagai berikut, parameter yang diukur:

- a. Pengukuran seluruh parameter MS
- b. Pengukuran daya terima *downlink* (Prx) & sinyal *downlink* (Srx)
- c. Pengukuran daya *downlink* (Prx) – Prx sel tetangga
- d. Pengukuran daya terima Uplink & Pengukuran sinyal terima Uplink
- e. Pengukuran distance MS ke BTS

2.3.5. *Prinsip Soft Handover*

Pada sistem CDMA, corak yang penting adalah *SHO* menyediakan *seamless connections* dari MS antara sel. Proses *SHO* berbeda dari *hard handover (HHO)*. Pada *HHO*, suatu keputusan dibuat untuk *handover* atau tidak, maka MS yang bergerak hanya berkomunikasi dengan satu BS saat itu. Sedangkan pada *SHO*, suatu keputusan dibuat untuk *handover* atau tidak, tergantung pada perubahan dari kekuatan sinyal *pilot* dari dua atau lebih BS terlibat, sehingga pada akhirnya keputusan harus dibuat untuk komunikasi dengan satu BS, hal ini biasanya terjadi jika sinyal datang dari BS lebih kuat dibandingkan dari BS lain.

Selama *SHO*, MS yang bergerak berkomunikasi secara bersamaan dengan semua BS aktif. *HHO* terjadi pada suatu saat tertentu, sedangkan *SHO* terjadi pada suatu periode waktu. Gambar 2.16 menunjukkan proses dasar dari *HHO* & *SHO*. Misal ada MS yang bergerak didalam mobil, bergerak dari sel 1 ke sel 2. BS_1 merupakan BS awal dari MS, dimana dalam perpindahan sel, MS tersebut secara terus menerus mengukur kekuatan sinyal pilot yang diterima dari BS terdekat. Pada gambar 2.16 (a) menunjukkan proses *HHO*.



Gambar 2.16. Perbandingan antara *hard* dan *soft handover*

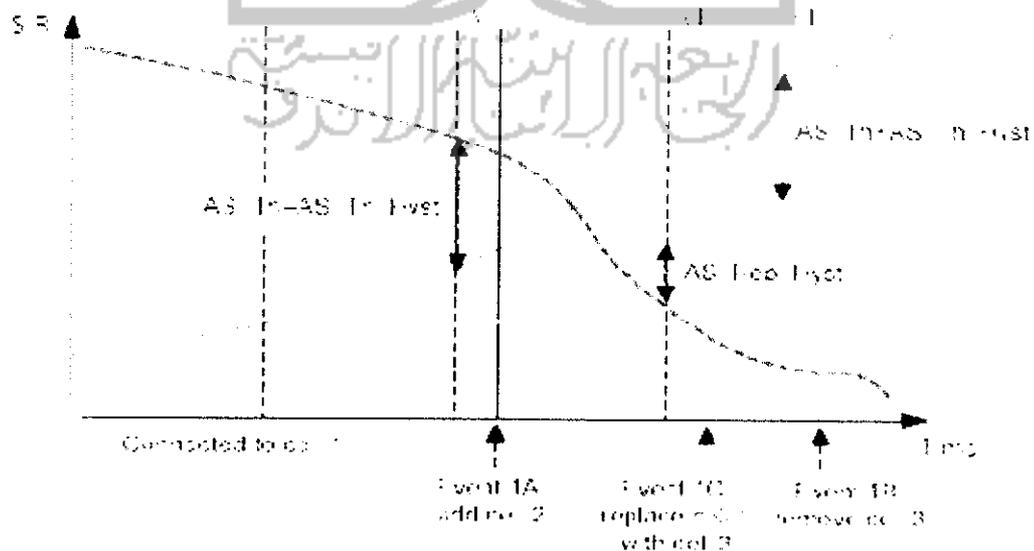
Alasan adanya *hysteresis margin* pada algoritma *HHO* adalah untuk menghindari efek “ping-pong” yang merupakan suatu fenomena dimana ketika MS berpindah pada batas sel, *HHO* akan sering terjadi. Dengan adanya *hysteresis margin*, efek “ping-pong” dikurangi karena MS tidak langsung *handover* ke BS yang lebih baik. Jika margin besar, maka efek “pingpong” menjadi kecil, tetapi *delay* menjadi lebih besar. Lebih dari itu MS menyebabkan *interferensi* ekstra pada sel tetangga disebabkan oleh kualitas buruk selama *delay*. Jadi pada *HHO*, sambungan dengan BS_1 akan diputus sebelum membuat sambungan baru ke BS_2 . Gambar 2.16 (b) menggambarkan proses *SHO*, dimana sebelum $(pilot_SIR)_2$ melampaui $(pilot_SIR)_1$, selama algoritma *SHO*

dipenuhi, maka MS memasuki bagian *SHO* & sambungan baru dibentuk. Sebelum BS1 diputus, maka MS berkomunikasi dengan BS1 dan BS2 secara bersamaan. Sejauh ini beberapa algoritma telah dikemukakan untuk mendukung *SHO* dan kriteria yang berbeda digunakan pada algoritma berbeda.

Pada *downlink*, sinyal sama ditransmisikan melalui masing-masing BS dan MS dapat mengkombinasi secara kohern sinyal dari BS berbeda selama dipandang sebagai komponen *multipath* tambahan. Biasanya strategi MRC digunakan yang menyediakan keuntungan tambahan, disebut *macrodiversity*. Untuk mendukung *SHO* pada *downlink*, sedikitnya satu ekstra kanal *downlink* dibutuhkan, menambah *interferensi* pada *air interface*.

2.3.6. Algoritma *Soft Handover* WCDMA

Performansi *SHO* berhubungan dekat dengan algoritma. Pada WCDMA, algoritma *SHO* lebih sulit, seperti yang ada pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Algoritma *Soft Handover* WCDMA

>AS_Th <i>Threshold</i>	untuk	<i>Macro Diversity</i>
>AS_Th_Hyst <i>Hysteresis</i>	untuk	<i>Threshold</i>
>AS_Rep_Hyst	gantikan	<i>Hysteresis</i>
> ΔT Waktu	untuk	<i>Trigger</i>
>AS_Max_Size	Ukuran	<i>maximum</i> dari set aktif

Algoritmanya dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Jika $pilot_SIR > Best_pilot_SIR - (AS_Th - AS_Th_Hyst)$ untuk periode ΔT dan set aktif tidak penuh, maka sel ditambahkan pada set aktif. Ini disebut *Event 1A* atau *Radio Link Addition*.
- Jika $pilot_SIR < Best_pilot_SIR - (AS_Th - AS_Th_Hyst)$ untuk periode ΔT , maka sel akan dibuang dari set aktif. Ini disebut *Event 1B* atau *Radio Link Removal*.
- Jika aktif set penuh dan $Best_candidate_pilot_SIR > Worst_Old_pilot_SIR + AS_Rep_Hyst$ untuk periode ΔT , kemudian sel yang paling lemah pada set aktif digantikan dengan calon sel yang paling kuat. Ini disebut *Event 1C* atau *Combined Radio Link Addition and Removal*.

Dimana : $pilot_SIR$ adalah ukuran dan kuantitas *filter* dari SIR dari *common pilot channel* (CPICH); $Best_pilot_SIR$ adalah ukuran sel yang paling kuat pada set aktif; $Best_candidate_pilot_SIR$ adalah ukuran sel yang paling kuat pada set monitor; $Worst_Old_pilot_SIR$ adalah ukuran sel yang paling lemah pada set aktif.