

ANALISA PERFORMANSI SISTEM WCDMA MENGGUNAKAN MIMO 2x2 PADA KOMUNIKASI ARAH UPLINK

Leo Fajri¹, Rina Pudji Astuti², Uke Kurniawan Usman³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Elektro dan Komunikasi IT Telkom, Bandung

¹leo_octo@yahoo.com, ²rpa@stttelkom.ac.id, ³uku@stttelkom.ac.id

Abstraksi

Teknologi dalam bidang telekomunikasi yang sedang berkembang di Indonesia adalah teknologi 3G. Teknologi 3G menawarkan layanan transfer suara, data, dan video secara *realtime* bagi penggunanya. Sistem *Wideband-CDMA* digunakan untuk memenuhi kebutuhan lebar pita frekuensi dan dapat memberikan *datarate* hingga 2 Mbps. WCDMA adalah teknologi *direct spread* yang berarti sistem ini akan menyebarkan transmisinya melalui *bandwidth* dengan lebar 5MHz.

Teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*) memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi *multiple access* lainnya, seperti TDMA dan FDMA. Tetapi pada sistem ini fenomena *multipath fading* menjadi masalah yang fundamental. Performansi sinyal akan mengalami degradasi akibat adanya efek *multipath fading* tersebut. Teknik *Multiple Input Multiple Output* digunakan untuk mengatasi efek *multipath fading*. Dengan teknik ini *deep fades* dapat diatasi dengan replika sinyalnya yang memiliki daya yang lebih kuat, sistem dapat beroperasi pada daya transmit yang rendah, dan juga membuat sistem lebih stabil.

Dalam tugas akhir ini menganalisa teknik transmisi *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*. Tugas akhir ini akan menunjukkan performansi sistem *Wideband-CDMA* pada arah uplink menggunakan skema STBC (*Space Time Block Coding*). Teknik deteksi multiuser yang digunakan yaitu *decorrelator*. Sistem dimodelkan pada kanal propagasi mobile berdistribusi Rayleigh dan AWGN dengan skema antena 2 x 2.

Hasil analisa menunjukkan bahwa teknik MIMO dapat memberikan perbaikan performansi pada sistem WCDMA. Perbaikan yang didapatkan sekitar 4 dB pada kecepatan 30 km/jam dengan jumlah user 4. Namun perbaikan akan berubah seiring dengan bertambahnya jumlah user dan kecepatan. Pemakaian *decorrelator* sebagai pendeteksi multiuser juga memberikan perbaikan performansi pada sistem. Pada kecepatan 30 km/jam dengan 2 user aktif, pemakaian *decorrelator* memberikan perbaikan sekitar 8 dB. Kesimpulan yang diperoleh, dengan memakai teknik MIMO pada *transmitter* dan *decorrelator* pada *receiver*, akan memberikan hasil yang lebih baik.

Kata Kunci: MIMO, WCDMA, *decorrelator*

Abstract

3G is one of the emerging telecommunication technology in Indonesia. It offers voice, data and video transfer services in *realtime* to the user. *Wideband-CDMA* system is used to meet the needs of *bandwidth* and can provide up to 2 Mbps *datarate*. WCDMA is a *direct spread* technology, which means it will spread the transmission over a 5MHz *bandwidth*.

CDMA (*Code Division Multiple Access*) Technology has advantages over other *multiple access* technologies such as TDMA and FDMA. But in this system, the phenomenon of *multipath fading* has become a fundamental problem. Signal will experience a performance degradation due to *multipath fading* effects. *Multiple Input Multiple Output* Technique is used to overcome the effects of *multipath fading*. It can overcome *deep fades* using the signal replica which has a stronger power, the system can operate at low transmit power, and also makes the system more stable.

This final task analyze *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* transmission techniques. This final task will show the *Wideband-CDMA* system performance in uplink direction using the STBC (*Space Time Block Coding*) scheme. *Decorrelator* technique will be used to detect multiuser. The system modeled on the mobile propagation channel with AWGN Rayleigh with 2 x 2 antenna schema.

The analysis result shows that MIMO techniques can improve WCDMA system performance. The improvement obtained is approximately 4 dB at a speed of 30 km/h with 4 users. However, the improvement will change with the increasing number of user and speed. The *decorrelator* as a technique that provides multiuser detection also gives an improvement in the system performance. At the speed of 30 km/h with 2 active users, *decorrelator* provides approximately 8 dB improvement. So the conclusion is, the result is better with the MIMO technique at the transmitter and the *decorrelator* at receiver.

Key Words: MIMO, WCDMA, *decorrelator*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini menuntut adanya suatu sistem yang dapat memenuhi kecepatan data yang tinggi untuk generasi 3G. Sistem *Wideband-CDMA* digunakan untuk

memenuhi kebutuhan lebar pita frekuensi, karena teknologi 3G bekerja pada daerah frekuensi 2MHz dan memberikan *datarate* hingga 2 Mbps. Teknologi

3G menawarkan layanan transfer suara, data, dan video secara *realtime* bagi penggunanya.

Teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*) memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi *multiple access* lainnya, seperti TDMA dan FDMA. Tetapi seperti yang kita ketahui bahwa dalam system komunikasi wireless fenomena multipath fading menjadi masalah yang fundamental. Performansi sinyal akan mengalami degradasi akibat adanya efek multipath fading tersebut. Sebenarnya hal ini bisa diatasi dengan meningkatkan daya pancar antenna, tetapi daya pancar yang tinggi dapat mengganggu system komunikasi yang lain, selain itu berhubungan juga dengan kemampuan amplifier. Teknik MIMO digunakan untuk mengatasi efek multipath fading.

Dalam tugas akhir ini menggunakan decorrelator pada penerima sehingga bisa mengetahui efektifitasnya dalam mengatasi interferensi pada sistem WCDMA. Tugas akhir ini menunjukkan performansi sistem WCDMA pada arah uplink menggunakan teknik diversitas Space Time Transmitter Diversity (STTD) dengan skema Space Time Block Code (STBC) sedangkan pada receiver menggunakan decorrelator. Sistem dimodelkan pada kanal propagasi berdistribusi Rayleigh dan AWGN dengan skema antenna 2 x 2.

2. Dasar Teori

2.1. Wideband Code Division Multiple Access

2.1.1 Teknologi WCDMA[9]

Sistem komunikasi saat ini diharuskan untuk dapat menyediakan layanan dengan kecepatan data yang tinggi, video dan multimedia. Wideband Code Division Multiple Access(WCDMA) merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk mendukung system komunikasi tersebut yang sering dinamakan system komunikasi wireless generasi ketiga 3G. WCDMA menggunakan teknologi *direct spread* dimana pada teknologi ini akan menyebarkan sinyal transmisinya melalui bandwidth yang lebar. Bandwidth yang ditawarkan bersifat variatif dari mulai 1,26 MHz, 5 MHz, 10 MHz bahkan sampai 15 MHz. Bandwidth yang lebar memungkinkan WCDMA untuk mengirimkan data dengan kecepatan mencapai 2MBps. Teknologi ini digunakan sebagai sebuah standar dengan nama "IMT-2000 direct spread".

Sistem WCDMA menebar sinyal pada bandwidth lebar sehingga dapat mereduksi fading yang merupakan salah satu masalah dalam sistem komunikasi bergerak. Dalam sistem WCDMA ini terdapat sinyal yang terdegradasi akibat mutipath fading sehingga diperlukan teknik pemrosesan sinyal untuk mengantisipasi degradasi sinyal yang dapat menurunkan kualitas sinyal informasi.

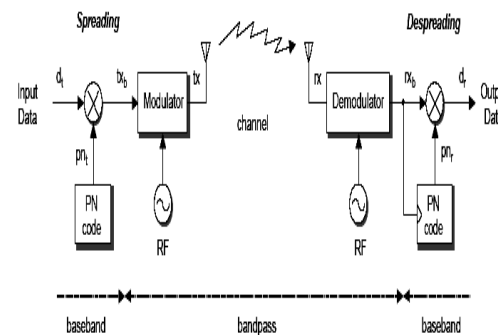
2.1.2 Teknologi DS-CDMA[1][7]

Teknologi DS-CDMA merupakan salah satu teknik akses jamak yang digunakan untuk melayani

user dengan jumlah banyak dengan menggunakan konsep spectrum tersebar. Setiap user akan mendapatkan kode penyebar yang bersifat acak. Untuk mendapatkan kembali sinyal informasi pada penerima maka dikalikan dengan kode penyebar yang sama. Jadi masing-masing pengirim dan penerima harus memiliki urutan kode penyebar yang sama.

Teknologi DS-CDMA menggunakan teknik modulasi dan demodulasi berupa *Spread Spectrum*. Pada teknologi *Spread Spectrum* sinyal informasi yang akan dikirimkan disebar terlebih dahulu dengan menggunakan sinyal penyebar yang memiliki bidang frekuensi lebih besar dibanding lebar bidang frekuensi sinyal informasi. Karena itu sinyal yang dikirimkan akan memiliki pita frekuensi yang lebih besar dari pita frekuensi yang dibutuhkan pada transmisi biasa.

Berikut model transmisi system DS-CDMA:



Gambar 2.1 Sistem Direct Spread Spectrum

2.1.3 Air Interface WCDMA pada Arah Uplink

2.1.3.1 Convolutional Code [6][5]

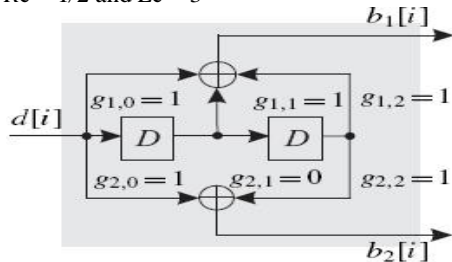
Sinyal informasi yang dikirimkan dari pengirim ke penerima sangat rentan dengan gangguan pada saat melewati kanal. Kondisi kanal yang buruk dapat merusak sinyal informasi yang dikirimkan. Untuk melindungi data informasi dari gangguan kanal maka digunakan teknik pengkodean. Salah satu teknik pengkodean yang sering dipakai pada system WCDMA adalah kode konvolusi.

Pada kode konvolusi terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi. Beberapa parameter penting yaitu $C(n,k,m)$. Nilai k merupakan jumlah bit yang masuk ke *convolutional encoder*, nilai n merupakan jumlah bit yang keluar dari *convolutional encoder* sedangkan m yaitu jumlah memori yang digunakan.

Beberapa parameter lain yang sering digunakan yaitu *code rate*, *constraints length* dan *generator polynomial*. *Code rate* (R_c) merupakan nilai efisiensi dari kode konvolusional (k/n). Kode konvolusi yang terdapat pada standar 3GPP terdiri dari 2 macam *code rate* yaitu: 1/2 dan 1/3. *Constraints length* (L_c) menyatakan berapa kali suatu bit *input* keluar dari

memori *register* menjadi *output* ($K = m + 1$). Semakin besar nilai L_c maka berarti semakin besar pula memori maka akan makin bagus performansi dari kode konvolusi. Sedangkan *generator polynomials* merupakan aliran bit dari input ke output memori register dan dinyatakan dalam bilangan oktal.

Berikut gambar *convolutional encoder* dengan nilai $R_c = 1/2$ and $L_c = 3$

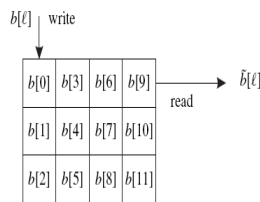


Gambar 2.2 Convolutional encoder dengan nilai $R_c = 1/2$ and $L_c = 3$

2.1.3.2 Interleaving[5]

Interleaving memegang peranan penting dalam banyak system komunikasi digital. Pada komunikasi bergerak, kanal fading sering menyebabkan *bursty error* atau *error* berurutan yang adapat merusak sinyal informasi. Cara yang efektif untuk mengatasi *burst error* adalah dengan melakukan *interleave* data terkode dengan pola tertentu sehingga kanal *bursty* diubah ke kanal yang memiliki *error* yang saling bebas. Pemakaian *interleaver* sebelum transmisi dan *deinterleaver* setelah penerimaan akan menyebabkan pola *burst error* akan disebar dan akan ditangani oleh *decoders* ebagai pola *error* yang *random*.

Ada beberapa tipe *interleaver* yang biasa digunakan yaitu *block interleaver*, *convolutional interleaver* dan *Random interleaving*. Pada simulasi ini digunakan blok *interleaver*.



Gambar 2.3 Contoh skema Blok *interleaver*.

Proses yang terjadi pada blok *interleaver* yaitu pengurutan symbol-symbol yang masuk dari *encoder* dan mengisikan simbol tersusun tersebut ke modulator. Pengurutan yang biasa dilakukan dari blok adalah dengan mengisi kolom-kolom dari susunan M baris dan N kolom dengan deretan terkode.

Selanjutnya simbol-simbol tersebut diberikan ke modulator satu baris pada satu waktu dan dikirim ke

kanal. Pada penerima, *deinterleaver* melakukan hal sebaliknya. Simbol-simbol dimasukkan ke susunan *deinterleaver* dengan baris dan dibaca dari kolom.

2.1.3.3 Modulasi[1][4]

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke sinyal pembawa dengan mengubah parameter-parameter tertentu pada sinyal pembawa. Modulasi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Modulasi analog terdiri dari modulasi berdasarkan amplitudo (AM), berdasarkan frekuensi (FM) dan berdasarkan fasa (PM). Sedangkan modulasi digital terdiri dari *Phase Shift Keying* (PSK), *Amplitudo Shift Keying* (ASK), dan *Frequency Shift Keying* (FSK). Untuk WCDMA, sistem ini telah menggunakan modulasi digital, dimana modulasi yang digunakan adalah *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) Pada QPSK *bit stream* data akan dikelompokkan dalam dua bit yang kemudian akan memodulasi sinyal *carrier* dimana fasa sinyal *carrier* akan berubahubah sesuai bit-bit input. Fasa dari sinyal *carrier* dipilih satu dari 4 yang nilai spasinya sama, dimana setiap nilai fasa akan bersesuaian dengan secara unik dengan pasangan bit informasi.

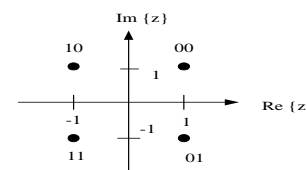
Persamaan sinyal QPSK dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$S_{QPSK}(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \cos\left[2\pi f_c + (i-1)\frac{\pi}{2}\right] \quad 0 \leq t \leq T_s, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

E_s = energi persimbol modulasi

T_s = durasi simbol modulasi

Dengan QPSK akan diperoleh empat kemungkinan data simbol, yang direpresentasikan dengan perbedaan fasa, dimana ada berbagai metode dalam urutan datanya. Gambar dibawah menunjukkan konstelasi *gray mapping*, yang juga akan dipergunakan pada simulasi ini.



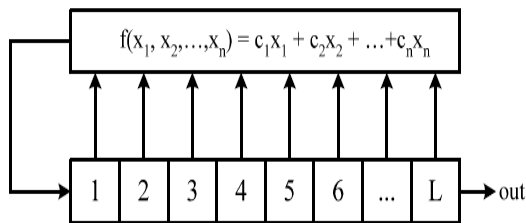
Gambar 2.4 Konstelasi QPSK *gray mapping*

2.1.3.4 Spreading[7][10][3]

Sequence bias dibangkitkan dengan liner generator polynomial dengan nilai m, dimana:

$$g(x) = g_m x^m + g_{m+1} x^{m+1} + g_{m+2} x^{m+2} + \dots + g_1 x + g_0 \quad (2.2)$$

Pembangkit kode m-sequence dibuat dengan menggunakan register geser sederhana (*Simple Shift Register Generator*) seperti pada skema 2.7 di bawah yang memiliki feedback sinyal pada input tunggal register tersebut. Register geser tersebut adalah linier bila fungsi feedback-nya dapat diekspresikan dengan penjumlahan modulo-2 (XOR).



Gambar 2.5 *Simple Shift Register Generator*

Fungsi feedback $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ adalah penjumlahan modulo-2 dari isi register x_i dengan c_i adalah koefisien koneksi feedback ($c_i = 0$ adalah open dan $c_i = 1$ adalah tersambung). Sebuah pembangkit *Shift Register* dengan L flip flop menghasilkan deretan yang tergantung pada panjang register L , koneksi sadapan feedback dan kondisi inisial register. Ketika periode (*length*) sequence yang memiliki harga $N_c = 2L - 1$. Kode PN tersebut dinamakan *maximum length sequence* atau disingkat *msequence*.

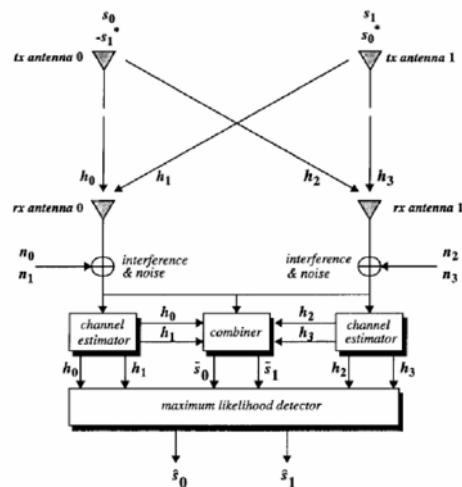
2.2 Transmit Diversity[1][6]

Kanal fading akan menyebabkan performansi sinyal mengalami penurunan. Hal ini bisa diatasi dengan meningkatkan daya pancar atau ukuran antena. Tetapi cara ini tidak praktis dan juga membutuhkan penambahan biaya. Selain itu dengan menaikkan daya pancar antenna tentu saja akan mengganggu system komunikasi yang lain. Teknik diversitas adalah metode yang digunakan untuk merekonstruksi sinyal informasi dari beberapa sinyal yang ditransmisikan melalui kanal fading yang saling *independent*. Teknik diversitas memungkinkan *transmitter* memancarkan sinyal informasi disertai replika sinyal tersebut. *Fading* terburuk (*deep fades*) kemungkinan kecil terjadi secara bersamaan selama interval waktu tertentu pada dua atau lebih jalur lintasan sinyal yang *uncorrelated*. Karena itu apabila suatu sinyal mengalami *deep fades* atau redaman yang sangat buruk, maka sinyal replikanya berpeluang memiliki

daya sinyal yang lebih kuat. Di *receiver* akan dilakukan proses penggabungan sinyal-sinyal tersebut, sehingga teknik diversitas dapat meminimalisasi efek dari *multipath fading*.

2.2.1 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Pada sistem MIMO yang akan simulasikan diterapkan metode transmisi *Orthogonal Space Time Block Codes* yang merupakan salah satu contoh dari metode *linear codes*. Pada *encoding* dan *transmission sequence*, dua sinyal secara simultan dikirimkan dari kedua antenna, Tx1 (antenna 0) memancarkan sinyal s_0 dan Tx2 (antenna 1) memancarkan sinyal s_1 , kemudian saat $t+T$, Tx1 (antenna 0) memancarkan sinyal $-s_1^*$ dan Tx2 (antenna 1) memancarkan sinyal s_0^* . Tanda * merupakan operasi konjugat dari persamaan sinyal yang dimaksud.



Gambar 2.6 Skema Transmisi Dengan 2 Antena Tx & 2 Antena Rx

Berdasarkan gambar 2.6, persamaan seluruh sinyal terima adalah:

$$\begin{aligned} r_0 &= h_0 s_0 + h_1 s_1 + n_0 \\ r_1 &= -h_0 s_1^* + h_1 s_0^* + n_1 \\ r_2 &= h_2 s_0 + h_3 s_1 + n_2 \\ r_3 &= -h_2 s_1^* + h_3 s_0^* + n_3 \end{aligned} \quad (2.3)$$

2.3 Pemodelan Kanal[1][6]

Pemodelan kanal merupakan salah satu aspek yang sangat penting ketika melakukan penelitian tentang suatu sistem komunikasi karena pengaruh respon kanal terhadap proses transmisi cukup besar. Pada saat ditransmisikan sinyal yang sampai ke

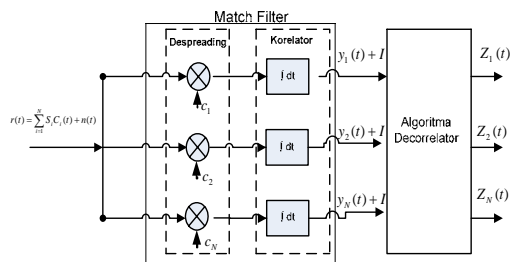
receiver tidak hanya melewati satu jalur saja tetapi akan datang dari banyak jalur (*multipath*). Selama berada di kanal, sinyal-sinyal *multipath* ini akan mengalami pergeseran fasa dan variasi waktu tunda yang selalu berubah-ubah. Hal ini akan mengakibatkan pergeseran relative fasa antara komponen fasa utama sehingga bersuperposisi dengan komponen fasa lintasan lain dan akan mengakibatkan penguatan atau pelemahan sinyal terima. Akibat dari ini maka pada penerima, level sinyal terima akan mengalami fluktuasi. Apabila level sinyal terima di penerima berada dibawah nilai batas receiver maka sinyal tersebut mengalami fading.

Multipath fading adalah fading yang terjadi akibat adanya lintasan jamak. Proses respon kanal tersebut berlangsung acak, karena itu tidak mungkin dapat mengetahui secara tepat lokasi terjadinya fading. Proses ini dapat didekati dengan model matematika secara stastitika yang ditinjau dari fungsi kerapatan probabilitas (pdf). Fungsi kerapatan probabilitas ini berhubungan dengan level daya sinyal pada penerima.

2. 4 Multi User Detection (MUD)[1][2]

Ketika membahas tentang WCDMA pada arah uplink maka salah satu aspek yang terpenting yaitu *Multiuser Detection*. karena kapasitas WCDMA dengan *conventional receiver* terbatas oleh masalah *multipath fading*, masalah *multiple access interference* (MAI), dan masalah *near-far*. Masalah akses jamak ini, salah satunya dapat ditangani dengan menggunakan deteksi sinyal MUD (*Multiuser Detection*). Dimana tujuan utama dari *multiuser detection* adalah mendeteksi semua sinyal informasi/ data user yang ditansmisikan secara serentak dan simultan didasarkan atas sinyal terima dalam kondisi kanal yang buruk. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa asumsi bahwa penerima telah mengetahui kode penyebar dari tiap user Penerima multiuser lebih komplek dibandingkan dengan penerima konvensional karena adanya tambahan kemampuan menangani MAI.

2.4.1 Decorrelator



Salah satu jenis Multiuser Detection yaitu Decorrelator. Untuk menyederhanakan masalah Multiuser Detektor, sistem masih dianggap sinkron dan diasumsikan bahwa tahap pertama Multiuser Detektor adalah Bank Korelator atau *Match Filter* seperti pada gambar di atas. Output tiap-tiap korelator yang berjumlah sebanyak user yang aktif membentuk yang dinamakan *sufficient statistic*. Sampel keluaran Bank Match Filter atau korelator untuk tiap KTb membentuk vektor (matriks kolom) yn dimana komponen komponen vektor dapat disamakan dengan keluaran Match Filter untuk semua user. Keluaran Match Filter atau korelator dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\mathbf{y}_n = \mathbf{R}\mathbf{W}\mathbf{d}_n + \mathbf{n}_n$$

$$n = 1,2, ,N \tag{2.24}$$

dimana:

$$\mathbf{d}_n = (K \times 1) \text{ vektor data untuk saat } nTb$$

$$\mathbf{n}_n = \text{vektor noise gaussian } (K \times 1)$$

\mathbf{R} = CCT (*superscript T* menandakan transpose) adalah matrik korelasi kode spreading, dimana \mathbf{C} adalah matriks kode *spreading* ($K \times K$), satu baris untuk tiap user.

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 \end{bmatrix} \text{ dengan}$$

$$\rho_{i,j} = \frac{1}{T_c} \int_{-\frac{T_c}{2}}^{+\frac{T_c}{2}} C_i(t).C_j(t)dt$$

\mathbf{W} = diagonal matriks energi sinyal tiap user ($K \times K$)

Dengan mengalikan output match filter atau korelator dan \mathbf{R}^{-1} , didapat keluaran *decorrelator* :

$$\mathbf{Z}_n = \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{R}\mathbf{W}\mathbf{d}_n + \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{n}_n$$

$$= \mathbf{W}\mathbf{d}_n + \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{n}_n \quad n = 1,2, ,N$$

$$\tag{2.5}$$

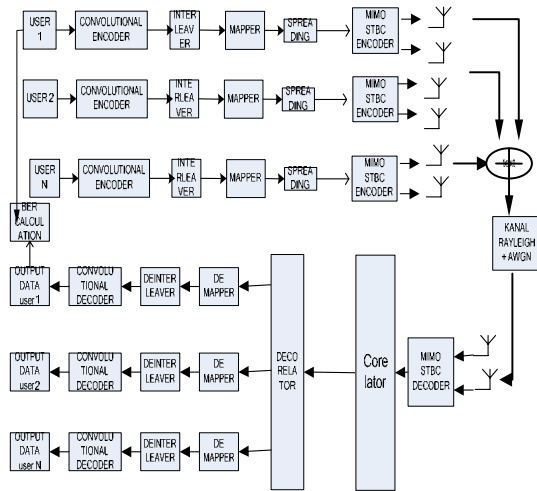
Sekarang, penentuan tanda bit diperoleh dari persamaan

$$\hat{d}_n = \text{sign}(Z_n) \quad (2.6)$$

Dari persamaan tampak bahwa proses pengambilan keputusan *Decorrelator* Detektor independen terhadap user yang terpilih sehingga *receiver* dapat melakukan proses pengambilan keputusan mulai dari user manapun tanpa mempengaruhi proses dekorelasi user lainnya dan receiver tidak perlu mencari user mana yang sinyalnya lebih kuat.

3. Pemodelan dan Simulasi Sistem

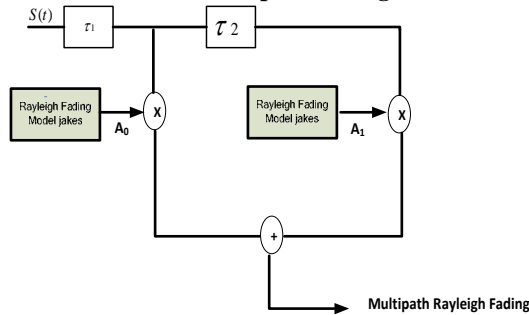
3.1 Model Sistem



Gambar 3.1 Model Kanal

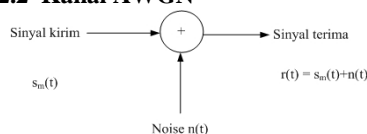
3.2 Kanal Transmisi

3.2.1 Kanal Multipath Fading



Gambar 3.2 Kanal Multipath Fading dengan 2 paths delay

3.2.2 Kanal AWGN

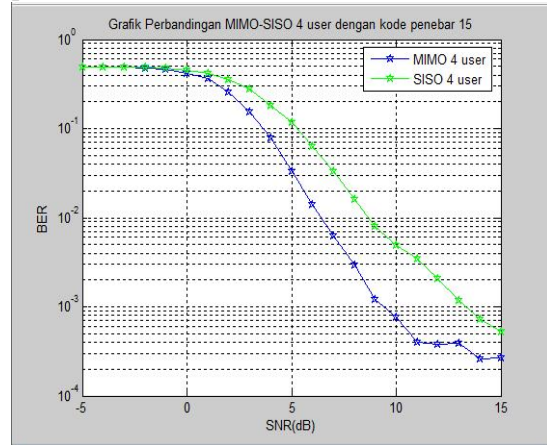


Gambar 3.3 Pemodelan kanal AWGN

4. Analisa Hasil Simulasi

4.1 Analisis perbandingan kinerja sistem W-CDMA MIMO dan W-CDMA SISO pada kanal Rayleigh

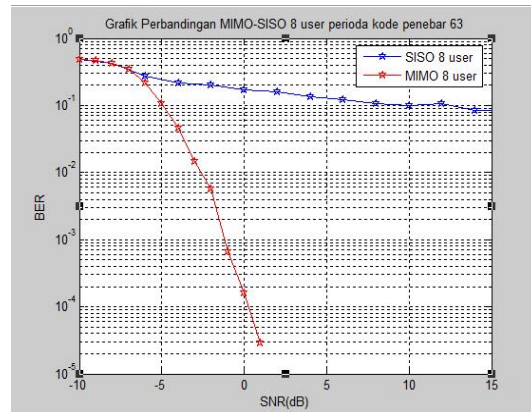
4.1.1 Analisis Analisis perbandingan kinerja sistem W-CDMA MIMO dan W-CDMA SISO pada kanal Rayleigh dengan perioda kode penebar 15



Gambar 4.1 Grafik kinerja MIMO dan SISO pada kanal Rayleigh 4 user

Dari hasil dapat terlihat bahwa untuk mencapai BER 10^{-3} , sistem W-CDMA tanpa diversitas (SISO) memerlukan nilai SNR sekitar 4 dB. Sedangkan sistem W-CDMA yang menggunakan teknik diversitas MIMO memerlukan SNR sekitar 9 dB sehingga didapat nilai diversity gain sebesar 4 dB. Dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi 4 user aktif maka pemakaian teknik diversitas MIMO 2x2 dapat meningkatkan kualitas performansi dari sistem.

4.1.2 Analisis Analisis perbandingan kinerja sistem W-CDMA MIMO dan W-CDMA SISO pada kanal Rayleigh dengan perioda kode penebar 63

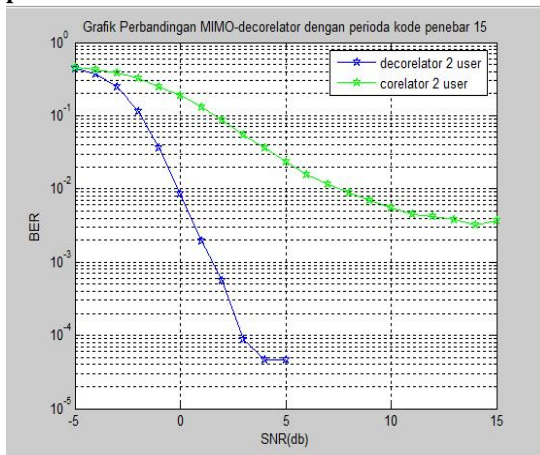


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan kinerja W-CDMA diversity MIMO 8 user pada kanal Rayleigh

Dari gambar bisa dilihat bahwa system WCDMA dengan menggunakan MIMO bisa mendapatkan nilai BER 10^{-3} pada nilai SNR -1 dB. Sedangkan system WCDMA tanpa menggunakan MIMO tidak bisa mencapai nilai BER 10^{-3} untuk rentang SNR dari -10 sampai dengan 15 dB. Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa teknik diversity MIMO bekerja baik pada jumlah user yang banyak. Karena MIMO dapat mengatasi masalah multipath fading pada kanal.

4.2 Analisis kinerja MIMO W-CDMA dan kinerja decorrelator dengan kondisi multiuser pada kanal Rayleigh.

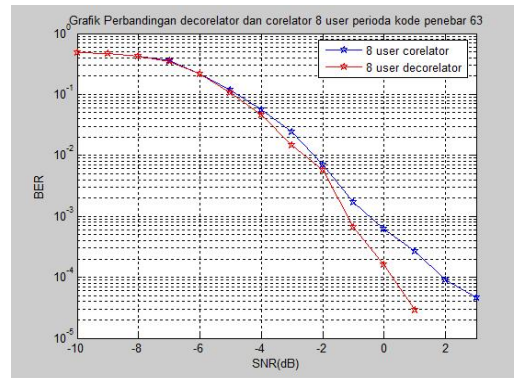
4.2.1 Analisis kinerja MIMO W-CDMA dan kinerja decorrelator dengan kondisi multiuser pada kanal Rayleigh dengan periode kode penebar 15.



Gambar 4.3 Grafik Kinerja W-CDMA decorrelator 2 user pada kanal Rayleigh dengan periode kode penebar 15

Dari percobaan dapat dilihat bahwa untuk mencapai BER 10^{-2} sistem WCDMA tanpa decorrelator membutuhkan SNR sebesar 8 dB. Sedangkan sistem WCDMA dengan menggunakan decorrelator hanya membutuhkan SNR sebesar 0 dB. Dapat disimpulkan bahwa pemakaian decorrelator sebagai pendeteksi multi user pada sistem bekerja baik dengan menghasilkan diversity gain sebesar 8 dB.

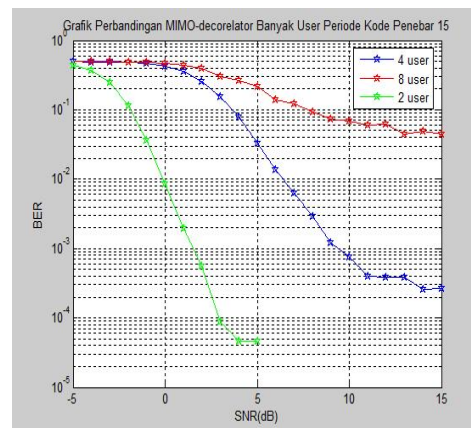
4.2.2 Analisis kinerja MIMO W-CDMA dan kinerja decorrelator dengan kondisi multiuser pada kanal Rayleigh dengan periode kode penebar 63



Gambar 4.4 Grafik kinerja W-CDMA decorrelator 8 user pada kanal Rayleigh dengan periode kode penebar 63.

Untuk mencapai BER 10^{-4} sistem WCDMA 8 user dengan menggunakan decorrelator didapat pada nilai SNR 0 dB. Sedangkan jika tanpa menggunakan decorrelator pada penerima maka nilai BER 10^{-4} memerlukan nilai SNR sebesar 2 dB. Dapat disimpulkan bahwa decorrelator pada jumlah user 8 dapat memberikan perbaikan sistem sebesar 2 dB.

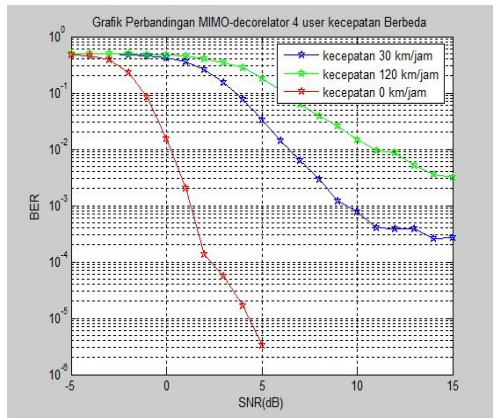
4.3 Analisis kinerja MIMO W-CDMA dan decorrelator terhadap pertambahan Jumlah User pada kanal Rayleigh.



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh jumlah user terhadap performansi sistem WCDMA pada kanal Rayleigh

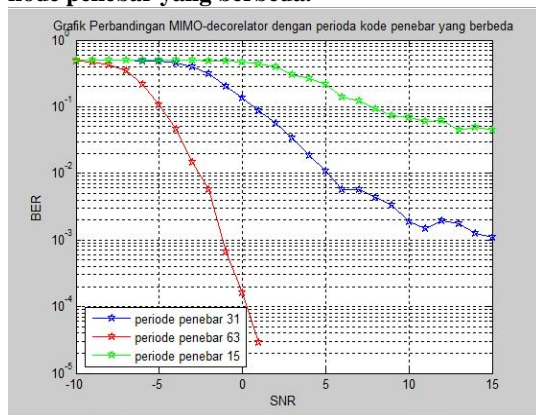
Dari hasil dapat dilihat bahwa dalam rentang nilai SNR -5 sampai dengan 15, dengan jumlah user sebanyak 8 tidak dapat mencapai target BER 10^{-4} . Ketika jumlah user yang aktif adalah sebanyak 4, BER 10^{-4} membutuhkan SNR sebesar 9 dB. Sedangkan dengan 2 user sistem hanya memerlukan nilai SNR 2 dB untuk dapat memenuhi BER 10^{-4} . Semakin banyak user yang mengakses sistem penerima pada saat yang bersamaan maka akan menurunkan performa sistem.

4.4 Analisis kinerja MIMO W-CDMA dan decorrelator terhadap pertambahan kecepatan pada kanal Rayleigh.



Dari hasil terlihat bahwa untuk mencapai BER 10^{-2} , sistem W-CDMA dengan kecepatan 0 km/jam memerlukan nilai SNR sekitar 0 dB. Sedangkan sistem W-CDMA pada kecepatan 30 km/jam memerlukan SNR sekitar 6 dB dan pada kecepatan tinggi atau 120 km/jam memerlukan SNR sekitar 10 dB. Dapat di lihat bahwa pergerakan user akan mempengaruhi performansi system. Dapat disimpulkan bahwa makin cepat user bergerak maka performa dari sistem akan makin turun,

4.5 Analisis kinerja decorrelator pada jumlah kode penebar yang berbeda.



Dari hasil terlihat bahwa untuk mencapai BER 10^{-3} , sistem W-CDMA dengan kode penebar 63 memerlukan nilai SNR sekitar -1 dB. Sedangkan sistem W-CDMA dengan kode penebar 31 memerlukan SNR sekitar 15 dB dan dengan kode penebar 15 tidak mampu mencapai BER target. Dapat di lihat bahwa jumlah kode penebar akan mempengaruhi performansi system. Karena itu diperlukan periode kode penebar yang sangat besar untuk menghasilkan suatu sistem WCDMA dengan performansi yang baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian terhadap penerapan teknik *diversity* MIMO pada *transmitter* W-CDMA pada kondisi *multiuser* dan pada *receiver* menggunakan *Decorrelator* disimpulkan:

1. Penggunaan teknik MIMO 2x2 pada sistem WCDMA mampu memberikan perbaikan dan peningkatan performansi sistem. Untuk mencapai target BER 10^{-3} diperoleh *diversity gain* yang berbeda-beda untuk berbagai periode kode penebar dan juga untuk kondisi jumlah *user* yang berbeda. Pada kondisi 4 *user diversity gain* bernilai 4 dB .
2. Penerima *multi user* dengan algoritma *Decorrelator* pada sistem W-CDMA lebih baik di bandingkan dengan penerima *multi user* yang hanya menggunakan *corelator* pada kanal Rayleigh.
3. Penambahan jumlah interferensi dengan bertambahnya jumlah user akan menurunkan performansi dari sistem WCDMA dengan menggunakan MIMO dan *decorrelator* sebagai penghilang MAI.
4. *Mobilitas User* berpengaruh terhadap kinerja sistem W-CDMA. Makin cepat *mobilitas user* maka kinerja penerima *multi user* akan menurun dan sebaliknya. *User* dengan kecepatan 120 km/jam memerlukan SNR 10 dB lebih besar dari kecepatan *user* diam.
5. Pemakaian kode penebar yang dipakai masing-masing user akan mempengaruhi kinerja sistem *multi user*, semakin besar periode kode penebar maka akan meningkatkan performansi sistem.

5.2 Saran

Terdapat beberapa hal yang disarankan untuk dapat dilakukan dimasa mendatang, yaitu sebagai berikut :

1. Untuk peningkatan performa sistem WCDMA maka dapat menambahkan jumlah antena baik pada sisi pengirim maupun penerima.
2. Dapat dikembangkan dengan Algoritma *multi user* yang lain pada receivernya seperti PIC , SIC , MMSE dan lainnya .
3. Perlu dikaji lebih lanjut penggunaan teknik *channel estimator* supaya memberikan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriyatno, Ade.2008. "Analisis Performansi Sistem DS-CDMA Menggunakan Transmitter Diversity dan Receiver Decorrelator". Bandung : Institut Teknologi Telkom.
- [2] Avudainagam, Arun. 2001. "Liner and Adaptive

Linear Multiuser Detection in CDMA Sistem”.
A Project Reported Submitted in Perial
Fulfilment of Requirements of The Course
EEL6503: Pread Spectrum and CDMA.

- [3] Hanzo, Yang, Kuan and Yen. 2003. "Single and Multi-Carrier DS-CDMA". England:John Wiley & Sons,Ltd.
- [4] Haykin, Simon. 2001. *Communication System*. (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc : New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Kuhn, Volker. 2006. "Wireless Communication Over MIMO Channel". England: John Wiley & Sons,Ltd.
- [6] Nugroho, Nur Adi. 2007. " Analisa Performansi Sistem WCDMA Menggunakan MIMO dan AMC", Bandung : Institut Teknologi Telkom.
- [7] Putra, Budi.2006. "Planet Digital Manufer CDMA di Indonesia".Jakarta: Logicom Publication.
- [8] Radityo, Awal. 2007. "Analisa Perbandingan Sistem MIMO 2x2 MC-DS-CDMA dengan MC-CDMA Untuk Sistem Komunikasi Wireless Arah Uplink. Bandung: Institut Teknologi Telkom.
- [9] Santoso, Gatot. 2006. "Sistem Selular WCDMA". Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [10] Zhang, Hong. 2001. "WCDMA Simulator with Smart Antenna". Helsinki. Helsinki University of Technologi.