

PERBANDINGAN KINERJA SISTEM WCDMA SEBELUM DAN SETELAH DITAMBAHKAN *MULTIUSER DETECTION DECCORELATOR* DAN *SUCCESSIVE INTERFERENCE CANCELLATION (SIC)*

⁽¹⁾Gumilar Trisyana Putra, ⁽²⁾Budi Prasetya, ⁽³⁾Gelar Budiman
^{1,2,3} Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom
Jln. Telekomunikasi, Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia
gugum@yahoo.com¹, bpy@ittelkom.ac.id², glb@ittelkom.ac.id³

ABSTRAK

Dalam suatu sistem jaringan seluler, interferensi merupakan masalah yang selalu menjadi masalah yang besar, hal ini dikarenakan banyak faktor yang menyebabkan terjadinya interferensi baik dari alam maupun dari teknologi itu sendiri. Salah satu sistem pada jaringan seluler adalah CDMA, Sinyal CDMA akan mengalami banyak gangguan untuk bisa sampai ke penerima. Gangguan itu antara lain *Inter Symbol Interference (ISI)*, *Co-Chanel Interference*, *Near far effect*, maupun *Multiple Access Interference* dan masih banyak jenis masalah lainnya.

Multiuser Detection merupakan suatu *multiuser receiver* yang dapat mengetahui *spreading waveform* dari seluruh user dan secara bersama-sama mendeteksi dan men-demodulasi seluruh sinyal user. Tujuan utama *multiuser detection* adalah untuk mendeteksi semua sinyal informasi user yang ditransmisikan secara serentak dan simultan didasarkan atas sinyal terima dalam kondisi kanal yang buruk.

Pada penelitian ini telah dianalisis perbandingan kinerja W-CDMA sebelum ditambahkan *multiuser detection* dan setelah ditambahkan *multiuser detection*. Sistem *multiuser detection* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Decorrelator* dan *Successive Interference Cancellation (SIC)*. Tujuan penerapan kedua MUD tersebut adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan maksimal dalam mereduksi interferensi. Dan parameter performansi sistem yang diamati adalah *Bit Error Rate (BER)*, *Signal to Noise Ratio (SNR)*, *User mobility*. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa sistem yang menggunakan penggabungan dua *multiuser detection* DBSIC (*Deccorelator Base Successive Interference Cancellation*).

Kata kunci: WCDMA, *multiuser detection*, *Decorrelator*, *Successive Interference Cancellation*.

1. Pendahuluan

Salah satu perkembangan teknologi komunikasi *digital* adalah teknologi 3G W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) yang merupakan perkembangan dari jaringan GSM, GPRS, dan EDGE. *Wideband CDMA* adalah sistem *Direct-Sequence CDMA (DS-CDMA)* pita lebar, dimana bit informasi dari pelanggan tersebar melalui *bandwidth* yang lebar dengan cara *multiply* data pelanggan dengan *chip* yang dibentuk dari CDMA *spreading codes*.

Pada sistem W-CDMA sinyal interferensi, *multipath* atau *jamming* akan ikut tersebar pada saat pengalihan oleh kode penebar yang saling *orthogonal* satu sama lainnya. Rusaknya *orthogonalitas* pada kode *pseudo-random* mengakibatkan munculnya *multiple access interference* di receiver sehingga performansi sistem menurun.

Penerima W-CDMA yang telah dikembangkan adalah *conventional receiver* dan optimal *receiver*. Optimal *receiver* memiliki kompleksitas yang besar jika jumlah *user* meningkat sehingga aplikasinya sulit. Berbagai penelitian telah dikembangkan untuk menemukan algoritma sub optimal yang memiliki kinerja mendekati optimal tetapi dengan kompleksitas yang tidak terlalu tinggi. Algoritma sub optimal itu antara lain *Decorrelator*, *Minimum Mean Square (MMSE)*, *Successive Interference Cancellation (SIC)*, *Parallel Interference Cancellation*.

Pada Penelitian ini telah dilakukan penelitian kinerja MUD (*Deccorelator* dan SIC) pada sistem W-CDMA. MUD suboptimal linear *deccorelator* memiliki kelebihan dimana proses pengambilan keputusan dapat dimulai dari user manapun tanpa mempengaruhi proses dekorelasi user lainnya. Selain itu, *receiver* tidak perlu mencari user mana yang sinyalnya

lebih kuat. Sedangkan *successive interference cancellation* (SIC) memiliki kelebihan yaitu memiliki performansi yang optimal namun memiliki kekurangan yaitu memiliki delay yang besar. Penggabungan dari kedua sistem ini diharapkan dapat mengurangi dan menekan interferensi dengan optimal sehingga performansi sistem *Wideband CDMA* meningkat.

2. Tinjauan Teori

2.1 *Wideband Code Divisin Multiple Access* (W-CDMA)

CDMA merupakan suatu teknik multiple akses yang mengijinkan banyak user mentransmisikan informasi dalam bandwidth yang sama secara terus-menerus. Setiap user diberikan suatu code pseudo-random yang saling orthogonal untuk meminimalisasi *multiple access interference* (MAI). Hanya receiver tujuan yang memiliki replika kode yang sama dengan yang dikirimkan oleh transmitter dan menggunakannya untuk mendapatkan informasi yang dikirimkan.

Teknologi 3G yang berkembang saat ini menawarkan layanan transfer suara, data, dan video secara realtime bagi penggunaanya. Sistem *Wideband-CDMA* digunakan untuk memenuhi kebutuhan pita lebar frekuensi, karena teknologi 3G bekerja pada daerah frekuensi 2Mbps.

Beberapa hal yang dimiliki oleh teknologi W-CDMA:

- Kapasitas inialisasi yang tinggi dan dukungan terhadap pengembangan teknologi di masa mendatang baik dari segi *coverage* maupun kapasitas,
- seperti penggunaan *smart antenna* dan *advanced receiver structures* karena adanya sistem MUD.
- W-CDMA menawarkan layanan untuk *packet switched* dan *circuit switched*.
- Mendukung layanan yang simultan pada tiap mobile terminal karena setiap terminal W-CDMA dapat mengakses beberapa layanan yang berbeda pada saat yang bersamaan.
- Dapat diaplikasikan pada lingkungan interferensi yang tinggi.
- Menyediakan kapasitas yang lebih besar daripada sistem FDMA, TDMA, maupun *Narrowband CDMA*.

- Kerahasiaan yang tinggi.
- Penggunaan spektrum radio yang efisien.
- Akses layanan yang cepat.

2.2 *Deccorrelator*

Merupakan salah satu MUD suboptimum yang proses pengambilan keputusannya independen terhadap *user* yang terpilih sehingga tidak mempengaruhi proses dekorelasi *user* lainnya dan *receiver* juga tidak perlu mencari *user* mana yang sinyalnya lebih kuat.

Decorrelating Detector dalam prosesnya menggunakan informasi *cross correlation* kode PN semua *user* untuk dipakai sebagai penghilang interferensi. Harga *cross correlation* tersebut kemudian akan dimasukkan dalam sebuah matriks yang disebut matriks *cross correlation*.

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

Dimana $\rho_{i,j}$ adalah interferensi dari *user* ke-1 dan ke-j

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

Keluaran *Matched filter* atau korelator dapat dituliskan dalam persamaan di bawah ini :

$$y_n = RWd_n + n_n \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Dimana :

d_n = vektor data

n_n = vektor *noise* Gaussian

R = matriks korelasi kode spreading, satu baris untuk tiap *user*

W = diagonal matriks energi sinyal tiap *user* (K x K)

Proses pengambilan keputusan untuk *detector* konvensional dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{d}_n \text{sign}(y_n) \quad (3)$$

Dengan mengalikan *output matched filter* atau korelator dan R^{-1} di dapat keluaran *deccorelator* :

$$p_n = R^{-1} \cdot y_n = W \cdot d_n + R^{-1} \cdot n_n \quad n = 1, 2, 3, \dots, N \quad (4)$$

Dan penentuan tanda bit diperoleh dari persamaan:

$$\hat{d}_n = \text{sign}(p_n) \quad (5)$$

2.3 Successive Interference Cancellation (SIC)

Successive interference cancellation (SIC) merupakan salah satu teknik *multi user detection* dimana proses demodulasi sinyal dari masing-masing *user* dilakukan melalui beberapa iterasi, dimana banyaknya iterasi berbanding lurus terhadap jumlah *user* yang aktif. Semua sinyal *user* pada awalnya diestimasi dengan menggunakan *correlator*, kemudian untuk proses selanjutnya pemilihan *user* berdasarkan pada daya sinyal. *User* yang memiliki daya sinyal terbesar akan diproses pertama kali. Sinyal *user* tersebut akan didemodulasi dan dideteksi kemudian hasilnya akan digunakan untuk mengurangi *particular user* dari sinyal terima.

Dalam proses pengambilan keputusan informasi yang ditransmisikan dari *user* k^{th} , diasumsikan *user* $1, \dots, k-1$ terdeteksi dan *user* $k+1, \dots, K$ sebagai *noise*. Dengan demikian, pengambilan keputusan pada sistem SIC konvensional untuk bit informasi dari *user* k^{th} , adalah [16]:

$$\hat{b}_k = \text{sign}[y_k - \sum_{j=1}^{k-1} z_{kj} \hat{b}_j] \quad (6)$$

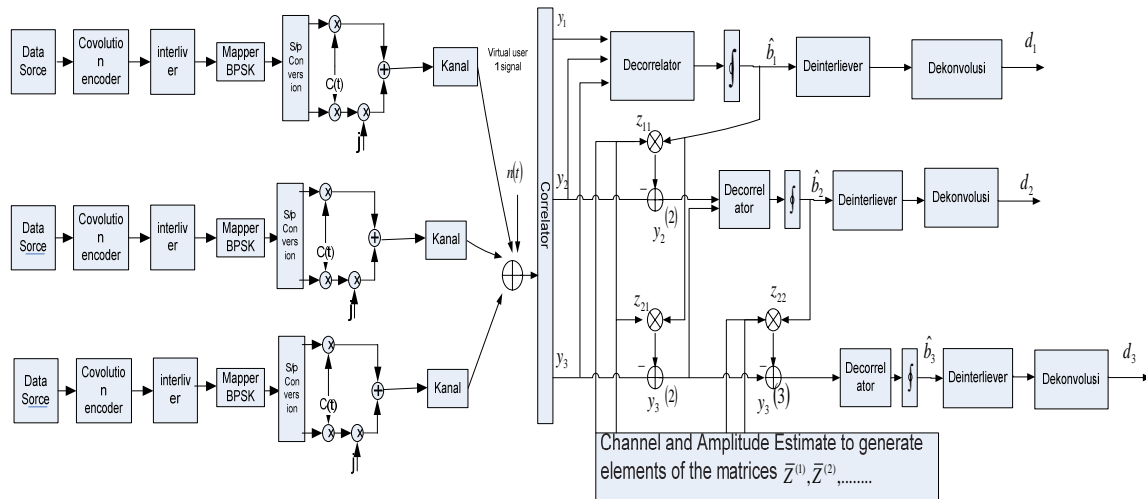
$$k = 2, \dots, Nk_v$$

Secara garis besar cara kerja SIC dijelaskan sebagai berikut:

- Sinyal dengan *reliability* lebih tinggi, dideteksi lebih dulu. Daya rata-rata dari sinyal terima digunakan sebagai ukuran *reliability*.
- Sinyal dibangkitkan ulang dan dihilangkan dari kumpulan sinyal yang diterima.
- Sinyal hasil digunakan untuk mendeteksi sinyal dengan *reliability* paling tinggi berikutnya.
- Proses ini berlanjut sampai semua sinyal terdeteksi.

3. Pemodelan dan Simulasi

Pada pemodelan sistem berikut merupakan proses *Multiuser Detection* berbasis *Decorrelator* dan *Successive Interference Cancellation* (SIC) pada system *Wideband CDMA*.



Gambar 1 Model sistem Multiuser Detection berbasis Decorrelator dan Successive Interference Cancellation (SIC) [14]

Skema blok sistem pada gambar 1 dapat dibagi dalam tiga blok, yaitu blok pengirim (*transmitter*), kanal transmisi dan blok penerima (*receiver*). Proses *multiuser detection* yang terjadi berada di sisi penerima dengan menambahkan *decorrelator* dan SIC.

3.1 Bagian Pengirim

3.1.1 Data Source

Merupakan data digital (sinyal informasi) yang dibangkitkan secara *random* pada MATLAB dengan menggunakan fungsi *generator data random*.

3.1.2 Convolutional encoder

Data informasi yang dikirim *transmitter* sangat rentan terhadap kondisi kanal propagasi, dan akibatnya seringkali data informasi yang diterima *receiver* berbeda atau terdapat *error*. Oleh karenanya, diperlukan teknik pengkodean agar *receiver* dapat mengoreksi data informasi yang diterimanya.

3.1.3 Interleaver

Kondisi kanal *multipath* memungkinkan terjadinya *error* yang berurutan (*burst error*). *Interleaver* dirancang untuk menyebar pola urutan bit-bit yang sebenarnya, agar pengaruh dari *burst error* tidak menyebabkan pola *error* yang berurutan sebelum masuk *decoder*.

3.1.4 Mapper BPSK

Modulasi yang digunakan pada simulasi adalah BPSK karena jenis modulasi ini sering digunakan pada sistem CDMA. Selain itu daya yang diperlukan untuk mendapatkan bit yang sesuai dengan yang dikirimkan akan lebih kecil dibandingkan jenis modulasi lainnya hal itu disebabkan karena modulasi BPSK memiliki daerah keputusan yang luas.

3.1.5 Spreading

Pada Proses ini sinyal informasi akan dikalikan dengan kode penembarnya sehingga *Bandwidth* sinyal info akan mengalami pelebaran *Bandwidth* sebesar lebar *Bandwidth* kode penembarnya

3.2 Pemodelan Kanal Transmisi

3.2.1 Kanal Rayleigh

Rayleigh fading merupakan model statistik untuk efek propagasi dari sinyal radio. Pada simulasi ini model *Rayleigh* yang digunakan adalah *jake's model*. Dimana *fading* dari tiap lintasan ke *l* dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$\alpha_l e^{j\varphi_l(t)} = X_{c,l}(t) + jX_{s,l}(t)$$

$X_{c,l}(t)$ dan $X_{s,l}(t)$ merupakan pendekatan dari *gaussian random processes*, dengan persamaan sebagai berikut :

$$X_{c,l}(t) = 2 \left(\sum_{n=1}^{N_0} \cos \beta_n \cos \omega_n t + \sqrt{2} \cos \alpha \cos \omega_m t \right) \quad (7)$$

$$X_{s,l}(t) = 2 \left(\sum_{n=1}^{N_0} \sin \beta_n \cos \omega_n t + \sqrt{2} \sin \alpha \cos \omega_m t \right) \quad (8)$$

Dimana :

$$\text{Doppler shift, } \omega_n = \omega_m \cos \left(\frac{2\pi \cdot n}{N} \right), n = 1, 2, \dots, N_0$$

$$N = 2(2 \cdot N_0 + 1),$$

$$N_0 = 1/2 \left(\left(\frac{N}{2} \right) - 1 \right), \beta_n = \frac{\pi \cdot n}{N_0}, \text{ dan } \alpha = \frac{\pi}{4}$$

Sedangkan $\omega_m = 2\pi f_d$, $f_d = \frac{v f_c}{c}$ adalah frekuensi *Doppler* maksimum yang digunakan untuk membangkitkan sinyal frekuensi tergeser dari suatu frekuensi pembawa, v adalah kecepatan penerima(m/s), f_c frekuensi pembawa (Hz), dan c adalah kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s). Pada simulasi ini digunakan frekuensi pembawa $f_c = 5$ GHz.

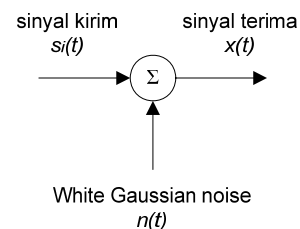
Pada simulasi ini diasumsikan sinyal dari semua *user* melewati kanal *frequency selective fading* dengan L lintasan. Adapun persamaan kanal tersebut sebagai berikut:

$$h_k(t) = \sum_{l=0}^{L-1} g_{k,l}(t) \delta(t - \tau_{k,l}) \quad (9)$$

Dimana k adalah jumlah *user*, $g_{k,l}$ adalah penguatan lintasan, dan $\tau_{k,l}$ adalah delay lintasan.

3.2.2 AWGN

Kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) memiliki karakteristik yaitu respon frekuensi yang sama (*flat*) disepanjang frekuensi dengan *mean* sama dengan nol dan variansi yang sama dengan satu. Dalam simulasi ini AWGN dibangkitkan untuk menguji kehandalan sistem deteksi skema modulasi ini. Pemodelan dari kanal AWGN diperlihatkan pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2 Pemodelan kanal AWGN

Pada Gambar 2 menggambarkan bahwa pada saat sinyal termodulasi $d(t)$ pada interval $0 \leq t \leq T$ dikirimkan, maka sinyal yang diterima setelah terdistorsi oleh *noise* adalah sebagai berikut :

$$r(t) = d(t) + n(t), 0 \leq t \leq T \quad (10)$$

Dimana $n(t)$ merupakan *noise* yang terjadi saat proses pengiriman sinyal termodulasi sampai

diterima oleh blok *receiver* sedangkan T merupakan periode simbol.

3.3 Bagian Penerima

3.3.1 Despreading

Data kirim yang telah dikenai noise akan dipisah-pisahkan dengan cara dikalikan lagi dengan kode penebarnya masing-masing atau dengan kata lain sinyal info dari tiap *user* akan dikembalikan lagi *Bandwidthnya* sesuai dengan *Bandwidth* asalnya.

3.3.2 Deccorelator

Suboptimum multiuser detection ini akan mengambil informasi *crosscorelasi* kode penebar kemudian membentuknya dalam sebuah matrix dan membentuk invers dari matrix *crossscorelasi* tersebut yang digunakan sebagai penghilang interferensi.

3.3.3 Demapper

Blok ini merupakan kebalikan dari blok *Mapper* BPSK disini pengirim dimana akan terjadi proses mapping dimana bit '1' akan jadi bit '1' dan '-1' akan menjadi bit 0. Atau dengan kata lain mengubah sinyal *bipolar* menjadi *unipolar*.

3.3.4 Deinterliever

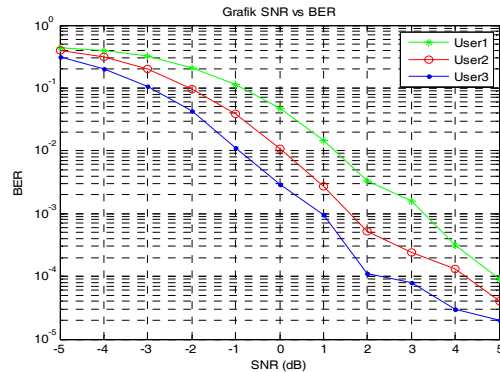
Data yang sudah didemodulasi *multicarrier* akan mengalami proses *despreading* oleh *matched filter*. Pada proses ini akan dipisahkan sinyal masing-masing *user* dengan mengalikan kode penebar masing-masing *user* dengan sinyal terima, tetapi tidak dapat mengurangi interferensi dari *user* yang lain.

3.3.5 Deccorelator Base Successive Interference Cancellation(SIC) (DBSIC)

Teknik *multiuser detection* ini merupakan penggabungan 2 teknik *multiuser detection* dimana terdapat deccorelator pada setiap lengan SICnya. Sehingga sinyal hasil keluaran korelator akan mengalami proses cancellation terhadap MAI secara bertahap.

4. Analisa Hasil Penelitian

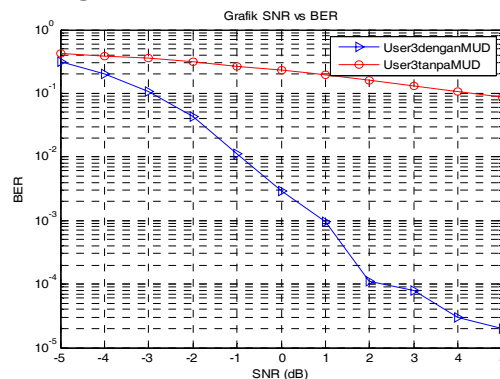
4.1 Analisis Performansi WCDMA dengan Deccorelator dan SIC



Gambar 3. Grafik performansi WCDMA dengan deccorelator dan SIC

Dari hasil simulasi pada gambar 3, terlihat bahwa performansi dari tiap-tiap *user* berbeda, dimana rata-rata performansi untuk *user* berikutnya lebih baik daripada performansi dari *user* sebelumnya. Hal ini terjadi karena sebelum melalui proses pada *Decorrelator* sinyal *user* yang akan diestimasi melalui proses pengurangan terlebih dahulu dari sinyal *user* sebelumnya yang sudah diestimasi sehingga menyebabkan MAI pada *user* yang akan diestimasi akan berkurang. Begitu juga untuk proses estimasi *user* selanjutnya sehingga dapat memperoleh performansi yang lebih baik dari *user* sebelumnya, oleh sebab itulah *user* yang paling akhir di deteksi mencapai BER yang terkecil.

4.2 Analisis Perbandingan sistem WCDMA sebelum dan setelah digabungkan dengan MUD deccorelator berbasis SIC

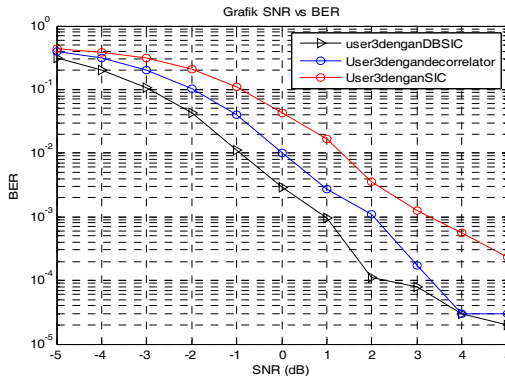


Gambar 4. Grafik perbandingan kinerja WCDMA sebelum dan setelah digabungkan dengan MUD DBSIC

Dari gambar 4. dapat disimpulkan sistem yang menggunakan penggabungan dua *multiuser detection* DBSIC memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan

sistem yang tidak menggunakan *multiuser detection* DBSIC. Hal ini dapat dilihat untuk sistem yang tidak menggunakan sistem *multiuser detection* DBSIC tidak mencapai BER 10^{-4} untuk range SNR seperti pada gambar 4. Namun sistem yang menggunakan DBSIC memiliki performansi lebih baik, yaitu untuk mencapai BER 10^{-4} hanya membutuhkan SNR 2 dB.

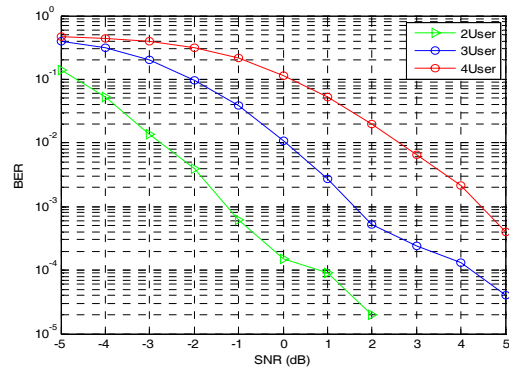
4.3 Analisis Performansi WCDMA dengan beberapa teknik *multiuser detection*: Deccorelator, SIC dan DBSIC



Gambar 5. Grafik performansi WCDMA dengan beberapa teknik MUD : Deccorelator, SIC dan DBSIC

Dari gambar 5 dapat disimpulkan sistem yang menggunakan penggabungan dua *multiuser detection* DBSIC, memiliki performansi yang paling baik. Hal ini dapat dilihat untuk sistem yang menggunakan *deccorelator*, untuk mencapai BER 10^{-4} , SNR yang dibutuhkan 3,3 dB. Dan sistem yang menggunakan *SIC*, tidak mencapai BER 10^{-4} untuk range SNR -5 - 5dB. Sedangkan sistem yang menggunakan DBSIC memiliki performansi terbaik, yaitu untuk mencapai BER 10^{-4} hanya membutuhkan SNR 2 dB.

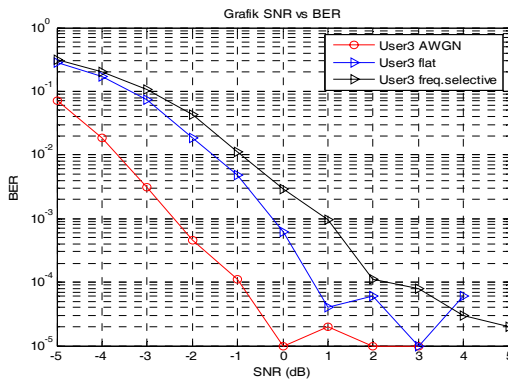
4.4 Analisis Performansi WCDMA dengan MUD DBSIC pada kondisi pertambahan jumlah user



Gambar 6. Grafik performansi WCDMA dengan MUD DBSIC pada kondisi pertambahan jumlah user

Dari gambar 6 dapat disimpulkan dengan bertambahnya jumlah *user* maka performansi dari sistem pun akan menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena, pada system W-CDMA setiap *user* dapat mengirimkan sinyal informasi secara serentak, dan pada frekuensi yang sama. *User-user* tersebut hanya dibedakan berdasarkan kode, dimana jika *user-user* tersebut menggunakan kode *Walsh* maka nilai *crosscorrelation* dari kode-kode adalah nol. Namun pada saat melewati *mobile channel*, nilai dari *crosscorrelation* tersebut tidak lagi sama dengan nol. Sifat kanal dari *mobile channel* yang dapat merusak orthogonalitas dari kode. Hal inilah yang dapat menimbulkan *multiple access interference*, dimana sinyal dari *user* lain mengganggu sinyal *user* lainnya. Semakin banyak *user* yang mengakses secara bersamaan tersebut maka komponen atau sinyal penginterferensi pun akan semakin bertambah. Oleh sebab itu performansi dari sistem pun akan semakin menurun.

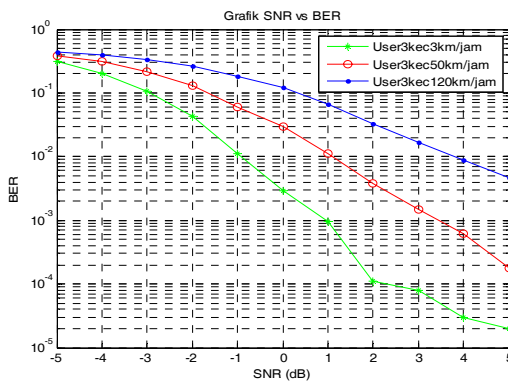
4.5 Analisis Performansi WCDMA dengan MUD DBSIC pada kondisi kanal yang berbeda



Gambar 7. Grafik performansi WCDMA dengan MUD DBSIC pada kondisi kanal yang berbeda

Penurunan performansi pada kanal *selective fading* dan *flat fading* merupakan pemodelan dari kanal radio yang sesungguhnya dimana terdapat *diffraction*, *reflection*, *scattering* dan *shadowing*. Pada pemodelan ini, digambarkan bahwa sinyal yang diterima oleh penerima merupakan hasil superposisi dari keseluruhan sinyal yang dipantulkan akibat banyak lintasan (*multipath*). Hal ini menyebabkan kuat sinyal yang diterima oleh penerima akan bervariasi. *Fading* ini mengakibatkan fluktuasi level daya terima.

4.6 Analisis Performansi WCDMA dengan MUD DBSIC pada kondisi kecepatan user yang berbeda



Gambar 8. Grafik performansi WCDMA dengan MUD DBSIC pada kondisi kecepatan user yang berbeda

Hal ini dapat disebabkan semakin tinggi kecepatan *user* maka fluktuasi dari daya yang diterima oleh *receiver* akan semakin cepat atau disebut juga mengalami *fast fading*. Selain itu, kecepatan *user* juga menyebabkan timbulnya *Doppler Shift*. *Doppler shift*

merupakan perubahan frekuensi atau pergeseran frekuensi radio yang disebabkan oleh pergerakan *user*. Pergeseran frekuensi ini tergantung pada kecepatan dan arah gerak *user* yang akan menyebabkan modulasi frekuensi acak pada sinyal radio bergerak. Pergeseran *Doppler* dipengaruhi propagasi lintasan jamak yang dapat memberikan pergeseran positif atau negatif pada saat yang sama untuk lintasan yang berbeda. Semakin besar pergeseran *Doppler* maka semakin besar juga *bandwidth* informasi yang dikirimkan sehingga dapat menurunkan performansi sistem. Oleh karena itu, *user* dengan kecepatan tinggi memiliki BER yang lebih buruk dibandingkan dengan *user* yang diam atau bergerak perlahan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa performansi dari tiap-tiap *user* sedikit berbeda, dimana rata-rata performansi untuk *user* berikutnya lebih baik daripada performansi dari *user* sebelumnya. Pada kecepatan 3 km/jam *user* pertama dengan SNR 4,9 dB hanya mencapai BER 10^{-4} namun pada *user* ke-2 dan ke-3 menunjukkan performansi yang semakin baik, untuk BER yang sama yaitu 10^{-4} hanya membutuhkan SNR 4,2 dB dan 2 dB.
2. Pada sistem yang menggunakan penggabungan dua *multiuser detection* DBSIC, memiliki performansi yang paling baik. Hal ini dapat dilihat untuk *sistem* yang hanya menggunakan penerima konvensional atau *correlator*, tidak pernah mencapai BER 10^{-4} , begitu juga untuk *sistem* yang hanya menggunakan SIC, Sedangkan system yang menggunakan deccorelator, untuk mencapai BER 10^{-4} , SNR yang dibutuhkan adalah 3,3 dB. Namun *sistem* yang menggunakan DBSIC memiliki performansi terbaik, yaitu untuk mencapai BER 10^{-4} hanya membutuhkan SNR 2 dB.
3. Seiring dengan bertambahnya jumlah *user* maka performansi dari sistem pun akan menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena

semakin banyak *user* yang mengakses secara bersamaan tersebut maka komponen atau sinyal penginterferensi pun akan semakin bertambah. Oleh sebab itu performansi dari sistem pun akan semakin menurun.

4. Pada kondisi kanal yang berbeda menyebabkan perbedaan performansi dari DBSIC. Pada kondisi sistem dengan AWGN menunjukkan performansi mencapai SNR -0,9 dB dengan BER 10^{-4} yang lebih baik daripada kondisi sistem melewati flat maupun *frekuensi selective fading* untuk BER yang sama memerlukan SNR 0,8 dB dan 2 dB.
5. Kondisi kecepatan *user* yang berbeda-beda dapat juga mempengaruhi performansi yang berbeda, semakin cepat pergerakan *user* akan menyebabkan performansi yang buruk.

Daftar Pustaka

- [1] Ang, Peter. *Multiuser Detection for CDMA Systems*. Paper by A.Duel Halle, J. Holtzman, and Z. Zvonar. 1995
- [2] Bali, Soshant. *On The Effect of Cancellation Order in SIC for CDMA Systems ppt*. Department of Electrical and Computer Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg.
- [3] Benvenuto, Nevio, *Energy Optimization of CDMA Transceiver Using SIC*. IEEE. Transaction on Wireless Communication. April 2004.
- [4] Chang W. Jim. *Summary of Delay Profiles for MBWA*. IEEE C802.20-03177
- [5] Haykin, Simon . 2001. *Communication System*, New York: John Wiley & Sons, Inc
- [6] Hanzo, L. 2003. *Single and Multicarrier DS-CDMA* . Inggris: John Wiley & Sons, Ltd
- [7] Li, Wei and T. Aaron Gulliver, *Successive Interference Cancellation for DS-CDMA Systems with Transmit Diversity*. EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking. 2004
- [8] Madkour, MF, *Successive Interference Cancellation Algorithms for Downlink W-CDMA Communications*. IEEE. Transaction on Wireless Communication. January 2002.
- [9] Muayadi, Aly., *Sistem Komunikasi Bergerak*, Jurusan Teknik Elektro, STT TELKOM, 2005.
- [10] Nie, Lili. *Comparison of Exact and Approximate Multiuser Detection for GSM*. Informatics and Mathematical Modelling Technical University of Denmark.2005
- [11] Prasetya, Anang. *Analisa Kapasitas kanal pada Sistem Space Time Frequency Blok Code MIMO OFDM*. Penelitian. ITT Telkom.2008
- [12] Rappaport, Theodore S, 2002. *Wireless Communication*, New Jersey: Prentice Hall.
- [13] Wijaya, Yuanita. S, *Analisa Performansi Sistem W-CDMA pada Data Rate yang Bervariasi*. Penelitian. ITTTelkom, 2008.
- [14] B. Yang, and F. Danilo-Lemoine, "A decorrelator Based Successive Interference Cancellation Multiuser Multirate Receiver". Dept. of Systems and Computer Engineering, Ottawa, ON, Canada. 2005.