

ANALISA PERFORMANSI SISTEM WCDMA PADA DATA RATE YANG BERVARIASI

Yuanita Sandra Wijaya¹, Hafidudin², Arif Rudiana³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Sistem komunikasi seluler saat ini telah memasuki generasi ketiga yang dikenal dengan 3G. Sistem ini menggunakan standar komunikasi wireless Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA). W-CDMA adalah teknologi direct spread yang berarti sistem ini akan menyebarkan transmisinya melalui bandwidth sebesar 5MHz. Teknologi ini digunakan dalam 3G-UMTS dengan kecepatan data mencapai 2Mbps sehingga dapat melayani pengiriman voice, data, dan video untuk layanan mobile internet.

Untuk memenuhi layanan data kecepatan tinggi secara realtime dengan performansi yang baik dan mampu bekerja pada kanal multipath fading pada WCDMA, digunakan pembangkitan data rate dengan Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF), yaitu dengan menggunakan algoritma Walshcode. Ini digunakan untuk mentransmisikan data pada kecepatan yang berbeda - beda. Pada tugas akhir ini akan menganalisa dan membandingkan performansi QoS sistem W-CDMA pada setiap rate tertentu. Parameter QoS yang digunakan adalah BER dan throughput. Output yang diharapkan adalah data kinerja masing-masing sistem yang ditunjukkan dalam grafik parameter QoS vs Eb/No pada beberapa data rate, yaitu R=9,6 kbps, R=19,2 kbps, R=38,4 kbps, R=76,8 kbps, dan R=153,6 kbps. Ditunjukkan pula grafik QoS terhadap Eb/No pada user dengan keadaan yang berbeda, yaitu pada saat user diam ($v=0$ km/jam) dan bergerak ($v=0, 5, 10, 90$ km/jam).

Kata Kunci : WCDMA, QoS, data rate, direct spread.

Abstract

Cellular communication system has get in to third generation by this time, which is knew as 3G. It uses Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA), a wireless communication standard. WCDMA is a direct spread technology, which means this system will spread its transmission by a large bandwidth, 5 MHz. This technology is used in 3G-UMTS within data rate up to 2Mbps. It may serves the tansmission of voice, data, and video for internet mobile service.

Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) is used to generate the data rate based on the Walshcode algorithm. It is used to transmit the variable rate of the data. It provide a real time high speed data service in good performance and able to work in multipath fading channel in WCDMA.

In this final project, it will be analyzed and compared the QoS performance of WCDMA system in several data rates. The parameters of QoS used are BER and throughput.

The expectation output is the performance of each service, that will be showed in the graph of QoS parameters to Eb/No for each data rate. They are R=9,6 kbps, R=19,2 kbps, R=38,4 kbps, R=76,8 kbps, and R=153,6 kbps. It also will shows the graph for user in certain condition within $v=0, 5, 10,$ and 90 km/hour.

Keywords : WCDMA, QoS, data rate, direct spread

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia teknologi telekomunikasi informasi di Indonesia sekarang memasuki babak baru dengan kehadiran teknologi WCDMA. Berkembangnya teknologi CDMA hingga hadirnya sistem WCDMA diharapkan mampu mengakomodasi berbagai macam layanan suara maupun data bahkan video sekalipun yang berkecepatan tinggi pada jaringan dan alokasi frekuensi yang telah ada.

Ketersediaan layanan yang beraneka ragam sangat diharapkan pada sistem *wireless* generasi ketiga ini. Pengguna layanan jasa telekomunikasi dengan kecepatan data dan bahkan kebutuhan QoS yang berbeda – beda perlu disesuaikan. Layanan yang berbeda tentunya memerlukan *bandwidth* yang berbeda pula, untuk itu diperlukan jaringan dengan sistem *multibandwidth*.

Wideband CDMA adalah sistem *Direct-Sequence Code Division Multiple Access (DS-CDMA)* pita lebar, yaitu bit informasi dari pelanggan tersebar melalui *bandwidth* yang lebar dengan cara memultiply data pelanggan dengan chip yang dibentuk dari CDMA *spreading codes*. Parameter – parameter yang diperhatikan adalah BER dan *throughput*. Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh teknologi WCDMA ini adalah:

- Menerapkan setiap 5 MHz *carrier* untuk menangani layanan yang beragam dari 8 kbps hingga 2 Mbps.
- Penggunaan spektrum radio yang efisien.
- Kapasitas inisialisasi yang tinggi dan dukungan terhadap pengembangan teknologi di masa mendatang baik dari segi *coverage* ataupun kapasitas.
- Setiap terminal WCDMA dapat mengakses beberapa layanan yang berbeda pada saat yang bersamaan.
- Akses layanan yang cepat.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

- Menyediakan kapasitas yang lebih besar daripada sistem FDMA, TDMA, maupun *Narrowband CDMA*.

Pada Tugas Akhir ini dibahas pengaruh penggunaan data rate yang berbeda terhadap sistem untuk mendapatkan parameter QoS, yaitu BER dan *throughput* yang sesuai untuk kualitas pelayanan yang optimal.

1.2 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menganalisa performansi yang sesuai baik untuk data, *voice*, maupun video dengan cara membandingkan QoS sistem pada *data rate* yang bervariasi pada masing – masing kecepatan *user* berdasarkan layanan yang akan digunakan.

Hasil penelitian diharapkan dapat menentukan performansi yang sesuai untuk penggunaan masing – masing layanan.

1.3 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang Tugas Akhir yang telah dikemukakan, maka masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performansi WCDMA jika *data rate* yang diinginkan adalah $R=9,6; 19,2; 38,4; 76,8; \text{ dan } 153,6$ kbps.
2. Bagaimana pengaruh penggunaan data rate yang berbeda dan hubungannya dengan parameter – parameter QoS yaitu: BER dan *throughput* – nya.
3. Bagaimana pengaruh kecepatan mobilitas *user* terhadap performansi WCDMA pada saat *data rate* yang bervariasi dengan melihat grafik BER dan *throughput* terhadap Eb/No.
4. Bagaimana pengaruh perubahan nilai *data rate* terhadap performansi sistem WCDMA dengan melihat grafik BER dan *throughput* terhadap Eb/No.
5. Bagaimana mensimulasikan *data rate* yang bervariasi pada jaringan WCDMA menggunakan Matlab 7.4.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

1.4 Batasan masalah

Untuk menghindari meluasnya materi pembahasan ini, maka penulis membatasi permasalahan dalam Tugas Akhir ini hanya mencakup hal-hal berikut :

1. Membandingkan kondisi sistem WCDMA menggunakan dasar *data rate* yang berbeda – beda.
2. *Data rate* yang digunakan adalah R=9,6 kbps, R=19,2 kbps, R=38,4 kbps, R=76,8 kbps, dan R=153,6 kbps.
3. Simulasi menghasilkan parameter – parameter sebagai berikut : BER dan *throughput*.
4. Parameter yang dianalisa adalah parameter QoS, yaitu BER dan *throughput*.
5. Perhitungan BER maksimal adalah 10^{-3} untuk setiap *data rate* yang digunakan.
6. *Mapping* yang digunakan adalah QPSK.
7. Asumsi blok scrambling sudah difungsikan dalam W – CDMA.
8. Tidak dilakukan penganalisaan tentang perbaikan kinerja sistem.
9. Simulator yang digunakan adalah Matlab 7.4.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Untuk memantapkan teori yang akan dipakai untuk penelitian tugas akhir ini. Literatur yang digunakan berasal dari artikel, jurnal penelitian, buku-buku referensi yang ada di perpustakaan dan internet.
2. Analisa masalah
Setelah memantapkan teori, lalu menganalisa masalah yang akan diteliti berdasarkan data-data literatur dan berdiskusi dengan dosen pembimbing.
3. Pengukuran Kinerja dan Analisa Sistem
Pengukuran terhadap parameter-parameter sistem serta analisa mengenai hasil penelitian yang didapat.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

4. Verifikasi Sistem dan Validasi Data.

5. Kesimpulan

Melakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini akan disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi uraian dasar-dasar jaringan W-CDMA dan algoritma yang mendasari perhitungan yang digunakan.

BAB III PERANCANGAN DAN SIMULASI

Berisi perancangan dan simulasi performansi jaringan W-CDMA berdasarkan data rate yang berbeda – beda.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Berisi perhitungan BER dan *throughput* pada tiap – tiap data rate yang digunakan. Berikut analisa dan komentar hasil perhitungan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan akhir dan saran pengembangan lebih lanjut.



Telkom
University

BAB IV ANALISIS DAN HASIL SIMULASI

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian pendahuluan, bahwa tugas akhir ini akan memperlihatkan performansi sistem *Wideband CDMA* yang sesuai untuk penggunaan masing – masing layanan. Pada simulasi ini, akan dianalisis performansi *data rate* $R=9,6$ kbps, $R=19,2$ kbps, $R=38,4$ kbps, $R=76,8$ kbps, dan $R=153,6$ kbps yang mempengaruhi kinerja sistem.

Analisis performansi sistem *Wideband CDMA* akan didasarkan dari hasil simulasi yang dibuat penulis dalam bahasa pemrograman matlab 7.4 yang berupa *m-file*. Hasil simulasi program berupa grafik yang memperlihatkan perbandingan BER dan throughput terhadap Eb/No. Sebelum program simulasi di *running*, program divalidasi terlebih dahulu.

Berikut ini hal-hal yang akan dianalisis untuk melihat performansi sistem *Wideband CDMA*:

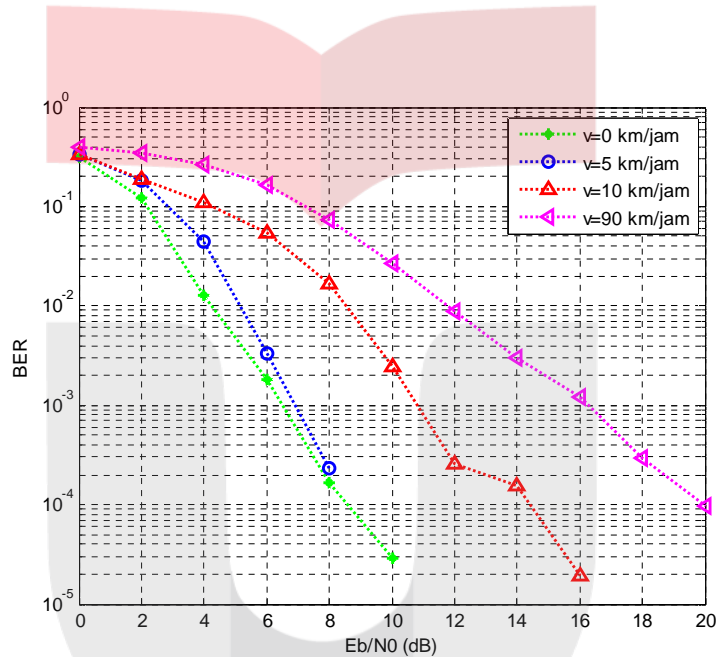
1. Analisis performansi *Wideband CDMA* pada *single user*
 - a. Pengaruh kecepatan yang berbeda ($v=0, 5, 10, 90$ km/jam) terhadap kinerja sistem pada saat *data rate* $R=9,6$ kbps, $R=19,2$ kbps, $R=38,4$ kbps, $R=76,8$ kbps, dan $R=153,6$ kbps.
 - b. Pengaruh *data rate* yang bervariasi ($R=9,6$ kbps, $R=19,2$ kbps, $R=38,4$ kbps, $R=76,8$ kbps, dan $R=153,6$ kbps) terhadap kinerja sistem pada saat *user* diam dan *user* bergerak.
2. Analisis performansi *Wideband CDMA* pada *multi user*
 - a. Pengaruh *multi user* pada satu layanan terhadap kinerja sistem.
 - b. Pengaruh *multi user* pada setiap layanan di waktu yang bersamaan terhadap kinerja sistem.
3. Analisis performansi *wideband CDMA* pada *multi user* dan *multi rate*.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

4.1. Analisis Performansi Wideband CDMA pada Single User

4.1.1. Pengaruh Kecepatan yang Berbeda Terhadap Kinerja Sistem

Pada simulasi ini, akan dianalisis pengaruh perubahan kecepatan terhadap kinerja sistem pada saat *data rate* $R=9,6$ kbps, $R=19,2$ kbps, $R=38,4$ kbps, $R=76,8$ kbps, dan $R=153,6$ kbps. Simulasi ini dilakukan pada lingkungan kanal *multipath fading*.

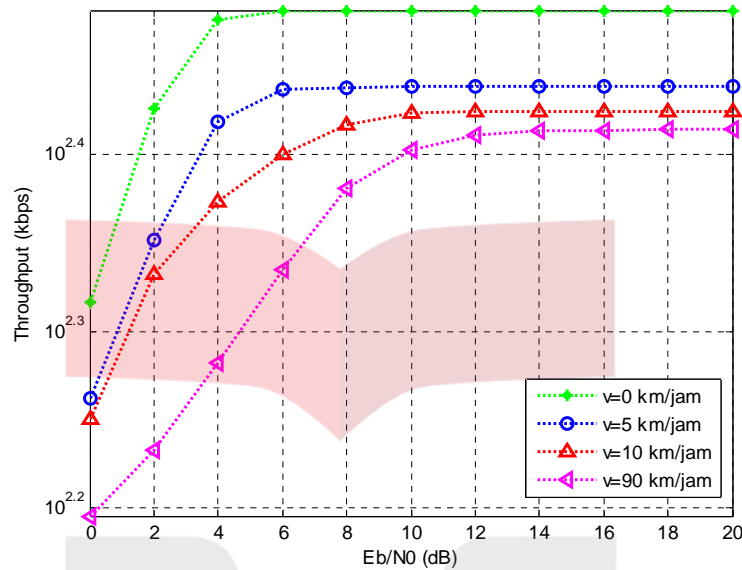


Gambar 4.1

Grafik Pengaruh Kecepatan yang Berbeda Terhadap Kinerja Sistem Wideband CDMA pada Saat $R=9,6$ kbps

Pada saat *data rate* $R=9,6$ kbps, kecepatan 0 km/jam dengan frekuensi *Doppler* 0 Hz mempunyai performansi yang lebih baik dibandingkan dengan kecepatan yang lain. Hal ini dapat dilihat pada grafik gambar 4.1 di atas, untuk mencapai BER 10^{-3} secara berturut turut $v=0$ km/jam, $v=5$ km/jam, $v=10$ km/jam, dan $v=90$ km/jam memerlukan E_b/N_0 sekitar 6,5 dB, 6,9 dB, 10,8 dB, dan 16,3 dB. Artinya user yang diam mempunyai performansi yang paling bagus dibandingkan dengan user yang bergerak.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi



Gambar 4.2

Grafik Pengaruh Kecepatan yang Berbeda Terhadap Kinerja Sistem *Wideband* CDMA pada Saat R=9,6 kbps

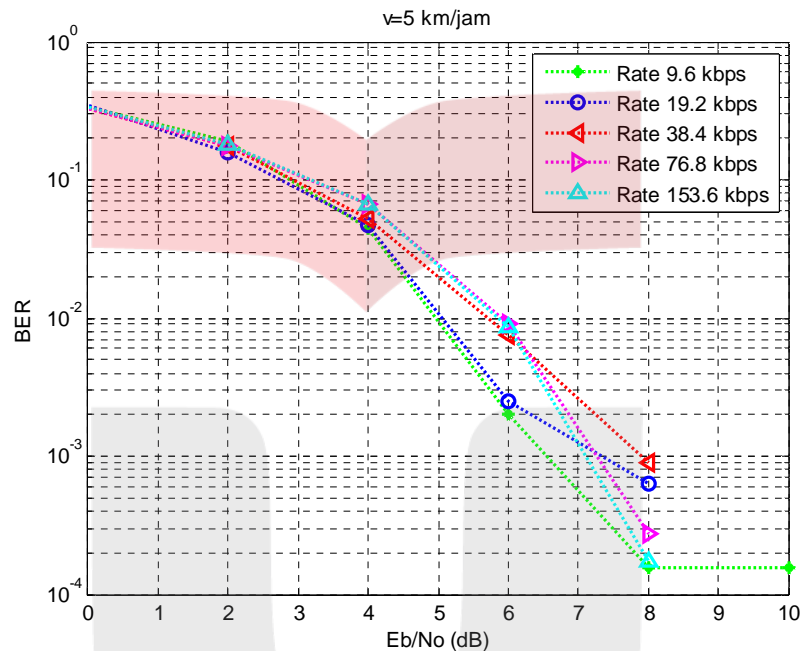
Pada grafik *throughput* terhadap Eb/No juga dapat dilihat semakin tinggi kecepatan user, maka performansi sistem semakin buruk. Hal ini terjadi karena pada kecepatan yang tinggi, kanal mengalami fluktuasi yang tinggi pula.

Demikian pula halnya dengan *data rate* R=19,2 kbps, R=38,4 kbps, R=76,8 kbps, dan R=153,6 kbps. Pada setiap grafiknya menunjukkan bahwa performansi sistem akan semakin menurun ketika kecepatan user meningkat. Hasil simulasi pada setiap *data rate* tersebut dapat dilihat pada lampiran A.



4.1.2. Pengaruh *Data Rate* yang Bervariasi Terhadap Kinerja Sistem

Pada simulasi ini akan dilihat pengaruh perubahan *data rate* terhadap kinerja sistem pada setiap kecepatan ($v=0, 5, 10, \text{ dan } 90 \text{ km/jam}$).

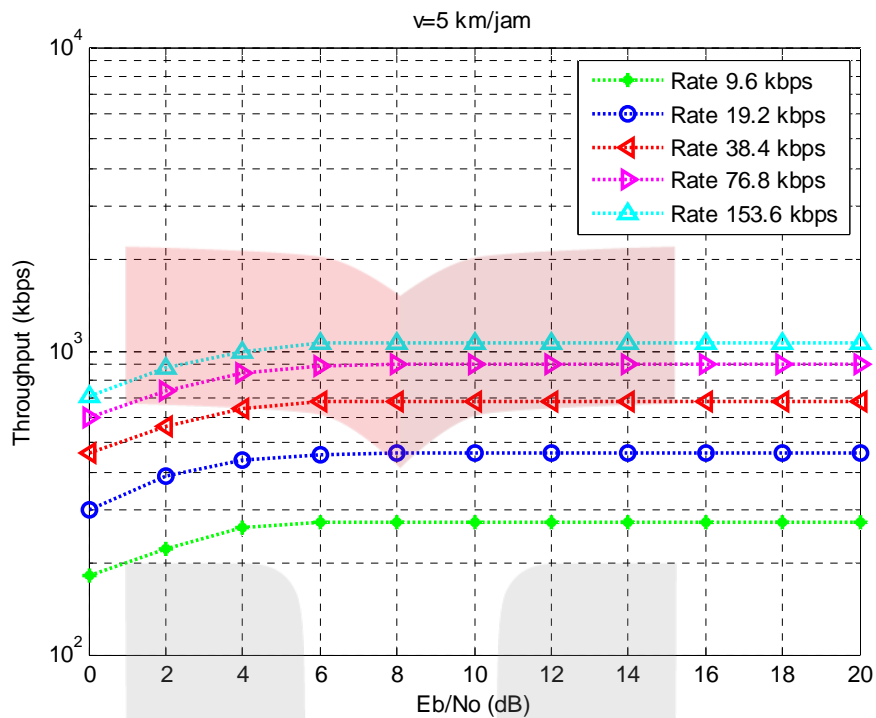


Gambar 4.3

Grafik Pengaruh *Data Rate* yang Bervariasi Terhadap Kinerja Sistem *Wideband CDMA* pada Saat $v=5 \text{ km/jam}$

Pada saat kecepatan user tetap, kecepatan data tidak mempengaruhi performansi kinerja sistem. Hal ini dikarenakan nilai BER tidak bergantung kepada perbedaan *data rate* pada user. Untuk kecepatan $v=5 \text{ km/jam}$ nilai BER 10^{-3} bisa dicapai oleh setiap *data rate*. Untuk setiap *data rate* $R=9,6 \text{ kbps}$, $R=19,2 \text{ kbps}$, $R=38,4 \text{ kbps}$, $R=76,8 \text{ kbps}$, dan $R=153,6 \text{ kbps}$ secara berturut – turut memerlukan nilai E_b/N_0 sebesar 6,6 dB, 7,3 dB, 7,9 dB, 7,2 dB, dan 7,1 dB. Namun kecepatan user tetap mempengaruhi. Ketika user bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi, maka sistem memerlukan nilai E_b/N_0 yang lebih tinggi pula. Artinya analisis pada simulasi sebelumnya dapat diperkuat dengan hasil simulasi ini.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi



Gambar 4.3

Grafik Pengaruh *Data Rate* yang Bervariasi Terhadap Kinerja Sistem Wideband CDMA pada Saat $v=5$ km/jam

Sedangkan untuk *throughputnya* dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan data yang digunakan oleh *user*, maka performansi sistem akan semakin baik.

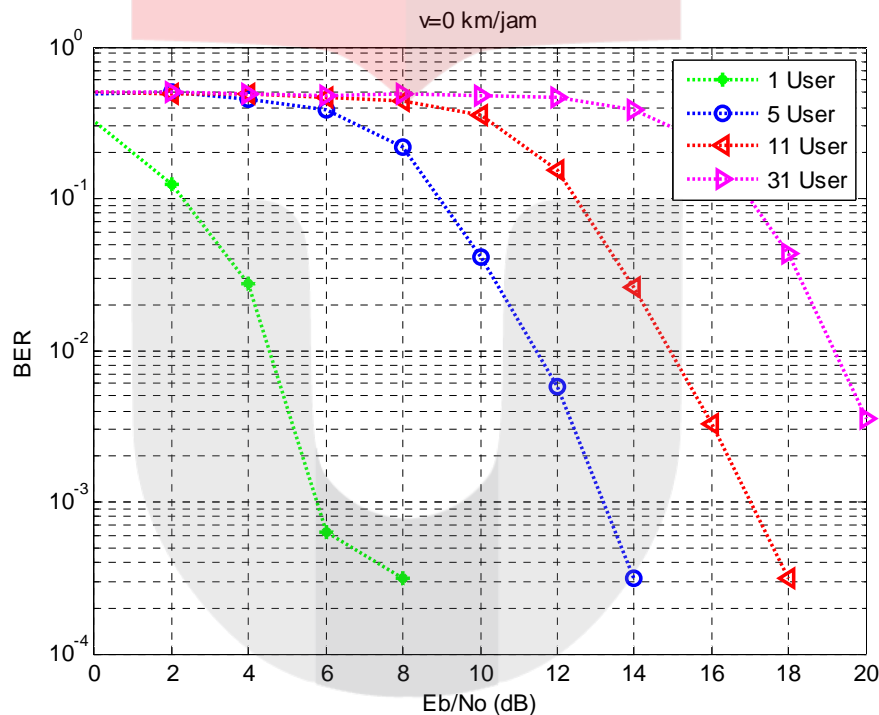
Untuk kecepatan *user* $v=0, 10, \text{ dan } 90$ km/jam juga menunjukkan bahwa semakin tinggi *data rate* yang digunakan oleh *user*, maka nilai *throughput* sistem akan semakin meningkat. Yang artinya kinerja sistem dapat dikatakan semakin baik. Sedangkan nilai BER tidak dipengaruhi oleh *data rate* yang bervariasi tersebut. Hal ini dapat dilihat pada lampiran B.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

4.2. Analisis Performansi Wideband CDMA pada Multi User

4.2.1. Pengaruh Multi User pada *Data Rate* R=9,6 kbps Terhadap Kinerja Sistem

Pada simulasi ini, akan diperlihatkan pengaruh *multi user* dengan kombinasi 1, 5, 11, dan 31 *user* pada *data rate* yang tetap yaitu R=9,6 kbps. Jumlah *user* tersebut diasumsikan menggunakan *data rate* R=9,6 kbps pada waktu yang bersamaan.



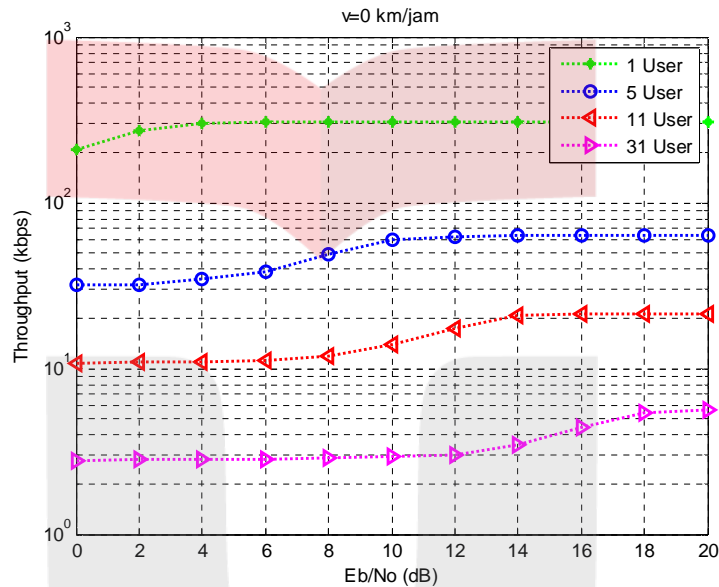
Gambar 4.5

Grafik Pengaruh *Multi User* pada Satu Layanan dengan *Data Rate* R=9,6 kbps

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa target BER sebesar 10^{-3} masih dapat dicapai ketika *single user* ataupun *multi user* sampai berjumlah 11 orang ketika *user* dalam keadaan diam. Berikut adalah kombinasi nilai Eb/No untuk jumlah *user* 1, 5, dan 11 orang secara berturut – turut yaitu: 5,8 dB, 13,2 dB, dan 17 dB. Namun nilai BER 10^{-3} tersebut sudah tidak dapat dicapai ketika *user*

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

dengan *data rate* $R=9,6$ kbps berjumlah sebanyak 31 *user*. Dan dapat dilihat pada kecepatan $v=90$ km/jam performansi paling baik untuk mencapai target BER sebesar 10^{-3} hanya dapat dilakukan pada *single user*. Sedangkan untuk *multi user*nya, kinerja sistem bisa dikatakan cukup buruk (Lampiran C).



Gambar 4.6

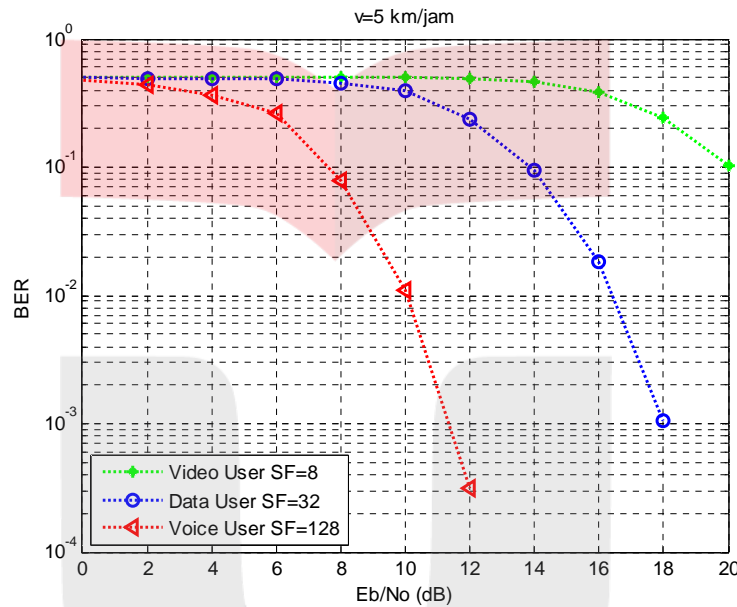
Grafik Pengaruh *Multi User* pada Satu Layanan dengan *Data Rate* $R=9,6$ kbps

Dan pada grafik *throughputnya* dapat dilihat bahwa performansi sistem pada saat *single user* adalah yang paling bagus dibandingkan dengan banyak user. Semakin banyak *user* menggunakan satu layanan pada saat yang bersamaan, maka performansi sistem akan semakin menurun. Demikian pula pada saat *user* bergerak (Lampiran C).

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

4.2.2. Pengaruh *Multi User* pada Setiap Layanan

Pada simulasi ini akan dianalisis pengaruh setiap satu layanan pada saat yang bersamaan ketika user dalam keadaan diam atau pun bergerak dengan kecepatan tetap sebesar 5, 10, dan 90 km/jam.

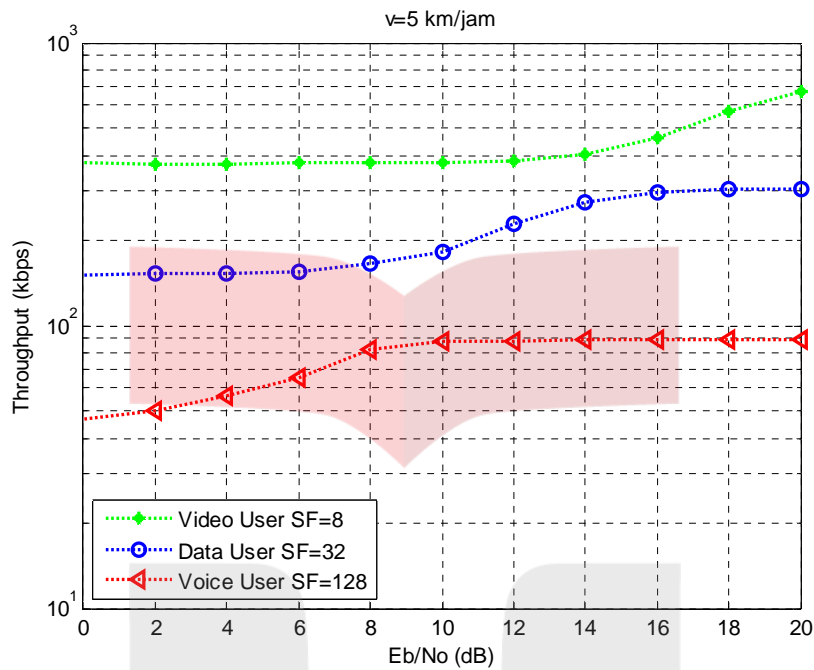


Gambar 4.7

Grafik Pengaruh *Multi User* pada Satu Layanan dengan Kecepatan Tetap $v=5$ km/jam

Penggunaan satu layanan pada masing – masing *data rate* menunjukkan bahwa performansi *voice user* dengan *data rate* $R=9,6$ kbps adalah yang terbaik dibandingkan performansi data dengan *data rate* $R=38,4$ kbps atau pun video dengan *data rate* $R=153,6$ kbps. Pada saat *user* menggunakan layanan *voice* dan data, target nilai BER sebesar 10^{-3} masih dapat dicapai. Artinya kinerja sistem masih bisa terbilang baik. Namun ketika *user* menggunakan layanan video pada kecepatan $v=5$ km/jam tersebut, target nilai BER 10^{-3} sudah tidak dapat dicapai. Dan semakin tinggi kecepatan *user* bergerak, maka performansi sistem semakin memburuk. Karena membutuhkan nilai Eb/No yang semakin besar.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi



Gambar 4.8

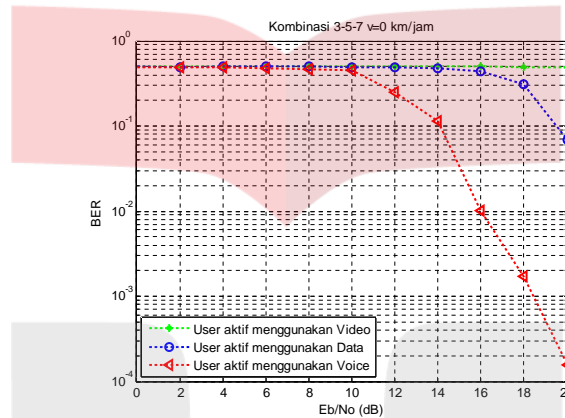
Grafik Pengaruh *Multi User* pada Satu Layanan dengan Kecepatan Tetap $v=5$ km/jam

Grafik *throughput* menunjukkan *user* dengan kebutuhan *data rate* yang lebih tinggi akan menghasilkan informasi di penerima menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan laju data sangat berpengaruh terhadap nilai *throughput*. Ketika informasi dikirimkan dengan kecepatan data yang tinggi maka informasi yang diterima akan menunjukkan angka yang tinggi pula. Dan dapat dilihat pada lampiran D setiap grafik *throughput* mengalami penurunan ketika kecepatan user bertambah.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

4.3. Analisis performansi wideband CDMA pada multi user dan multi data rate.

Pada simulasi ini, akan dilihat bagaimana pengaruh interferensi dari user lain yang jumlahnya lebih dari satu terhadap setiap user pada masing – masing servis.

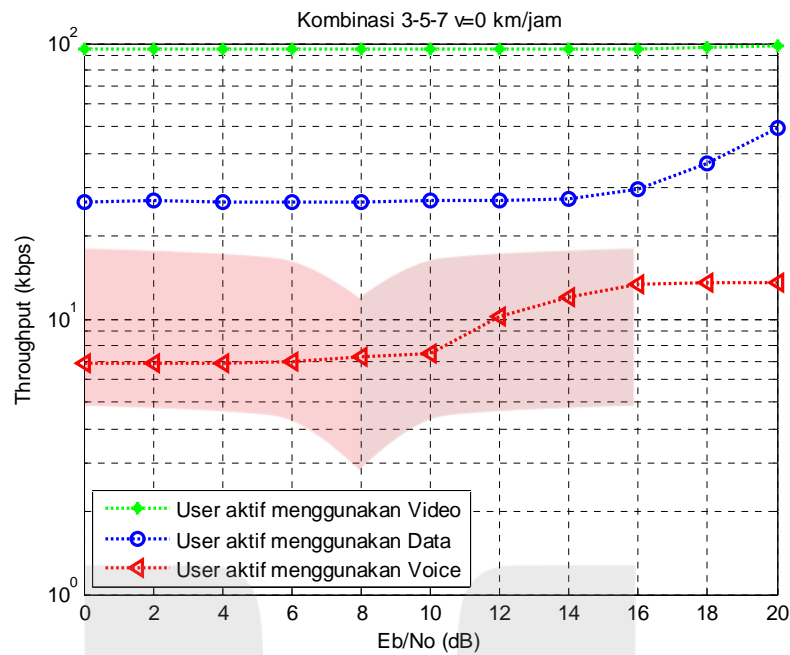


Gambar 4.9

Grafik Pengaruh *Multi User* pada Masing – masing Layanan Ketika *User* dalam Keadaan Diam

Dari grafik di atas dapat dilihat bagaimana interferensi antara *user* yang menggunakan layanan yang berbeda pada waktu yang bersamaan dengan kombinasi tiga *user* menggunakan layanan video, lima *user* menggunakan layanan data, dan tujuh *user* menggunakan layanan suara. Ketika *user* diam, kinerja sistem bisa dikatakan baik untuk penggunaan layanan suara. Karena target nilai BER sebesar 10^{-3} masih bisa dicapai. Namun untuk pengguna layanan data dan video, nilai tersebut sudah tidak bisa dicapai artinya performansi layanan tersebut bisa dibilang buruk. Hal ini disebabkan karena adanya interferensi dari pengguna layanan yang lain. Untuk *user* yang bergerak, performansi layanan suara yang dikatakan baik hanya bisa tercapai ketika *user* bergerak dengan kecepatan 5 km/jam. Sedangkan pada kecepatan yang lebih tinggi, target nilai BER 10^{-3} sudah tak bisa dicapai. Artinya performansi layanan suara pada *multi user* hanya bisa dilakukan saat user bergerak dengan kecepatan rendah.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi



Gambar 4.10

Grafik Pengaruh *Multi User* pada Masing – masing Layanan Ketika User Diam

Grafik *throughput* menunjukkan layanan video memiliki nilai tertinggi, yang bisa diartikan kinerja terbaik dihasilkan oleh layanan ini. Tapi dalam simulasi ini *throughput* hanya dikaitkan dengan kecepatan data, sehingga tidak bisa dikatakan bahwa performansi layanan suara yang dihasilkan adalah yang paling buruk. Pada layanan video, kanal yang dibutuhkan tentu lebih besar dengan kecepatan data 153,6 kbps dari pada layanan suara yang hanya membutuhkan 9,6 kbps. Hal ini lah yang menyebabkan hasil simulasi untuk layanan video menghasilkan *throughput* yang paling tinggi. Ketika dibandingkan dengan *user* yang bergerak, dapat dilihat bahwa nilai *throughput* semakin menurun ketika *user* bergerak semakin cepat. Artinya analisis pada simulasi pertama dan kedua juga berlaku pada *multi user* dalam sistem Wideband CDMA. Hal ini dapat dilihat pada lampiran E.

Analisa Performansi Sistem WCDMA pada Data Rate yang Bervariasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Proakis, John.G., *Digital Communication*, McGraw-Hill, New York, 1995.
 - [2]. Rappaport, Theodore S., *Wireless Communication*. Prentice-Hall : New Jersey, 1996.
 - [3]. Byun, Jungsub., "3GPP2/3GPP Coding Turbo Code and Turbo Interleaver". 2000.
 - [4]. Haykin, Simon., *Communication System*. (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc : New York, 2001.
 - [5]. Garg, Vijay K., *Wireless Network Evolution 2G to 3G*. Prentice-Hall : New Jersey, 2002.
 - [6]. Ziemer, Rodger E., *The RF Transmission Systems Handbook*. Colorado Spring: University of Colorado, 2002
 - [7]. Nugroho, Nuradi. *Analisa Performansi Sistem WCDMA Menggunakan MIMO dan AMC*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi, 2007.
 - [8]. Rhee, Man Young. *CDMA Cellular Mobile Communications Network Security*. Seoul: Prentice – Hall. 1998.
 - [9]. Smith, C. and Daniel Collins. *3G Wireless Networks*. New York: McGraw – Hill.
 - [10]. Santoso, G. *Sistem Selular WCDMA*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2006.
 - [11]. Yang, S.C. *CDMA RF System Engineering*. Norwood: Artech House. 1998.
 - [12]. Dahlman, Erik. et. al. *WCDMA – The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communications*. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 47. November 1998.
 - [13]. Madkour, M.F. *Successive Interference Cancellation Algorithms for Down-link W – CDMA Communications*. IEEE Transactions on Wireless Communications. 1. Januari 2002.
 - [14]. Alam, F., Woerner, B. D. and Tranter, W. H. *BER Simulation for WCDMA System in Multipath Fading Channel*. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University. 2003.
 - [15]. Knisely, D. N., Li, Q. and Ramesh, N. S. "CDMA2000: A Third - Generation Radio Transmission Technology". *Bell Labs Technical Journal*. 1998.
-
-

- [16]. ... *CDMA/CDMA2000 1X RF Planning Guide*. Motorola, Inc. 2002.
- [17]. Astuti, R. P. *Handout Rekayasa Radio*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom. 2006.
- [18]. Cam, H. et. al. *Performance Analysis of Downlink and Uplink Channels with Multiple Data Rates in WCDMA*. Arizona State University. 2003.
- [19]. Holma, H. and Toskala, A. (eds). *WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications*. (3rd ed.). London: John Wiley and Sons Ltd. 2004.
- [20]. Tachikawa, K. (ed). *W-CDMA Mobile Communications System*. London: John Wiley and Sons Ltd. 2002.
- [21]. Parkvall, S. *WCDMA – A Brief Overview*. Ericsson Research. 2004.

