

ANALISA BER PADA SISTEM KOMUNIKASI ANTENA MIMO V-BLAST DENGAN PENGURUTAN PENDETEKSIAN BIT PADA KANAL FLAT FADING

Nurhayati

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, nurhayati_unesa@yahoo.com

Abstrak

Pengembangan teknologi *wireless* menjadi kebutuhan penting untuk mengatasi berbagai keterbatasan jaringan komunikasi kabel. Namun teknologi ini menghadapi berbagai kendala teknis, diantaranya *multipath fading* dan *trade off* antara laju kesalahan dan kapasitas sistem. *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) sebagai bentuk *space diversity* telah banyak diteliti sebagai usaha memperbaiki kinerja sistem. Pada penelitian ini akan diteliti algoritma pendeteksi sistem MIMO V-BLAST dan C-BLAST dengan algoritma *Minimum Mean Square Error* (MMSE) dengan dan tanpa alokasi daya transmisi. Pada sistem ini akan dibandingkan sistem C-BLAST tanpa adanya proses pengurutan deteksi dan sistem dengan adanya proses pengurutan deteksi. Sistem yang menggunakan proses pengurutan deteksi adalah proses deteksi pada V-BLAST dimana deretan data (*substream*) yang mempunyai SINR *post detection* terbesar (sinyal terkuat) yang dideteksi pertama kali dan proses ini dilakukan untuk semua data. Kanal yang digunakan terdistribusi *flat fading* berdistribusi rayleigh, karena kanal diasumsikan *slow flat fading* yang diasumsikan kanal akan berubah dengan perubahan yang lambat Pada keadaan ini kanal dianggap statik melalui beberapa interval bandwidth.

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa pada sistem V-BLAST dengan *detection ordering* tanpa adanya alokasi daya pada BER 10^{-2} , terjadi peningkatan SNR sebesar 4 dB bila dibandingkan dengan sistem V-BLAST tanpa adanya *detection ordering* dan tanpa alokasi daya. Pada BER 10^{-3} sistem V-BLAST jika diberikan *detection ordering* dan alokasi daya terjadi peningkatan SNR sebesar 2 dB bila dibandingkan dengan sistem V-BLAST dengan *detection ordering* tetapi tanpa umpan balik daya.

Kata Kunci : V-BLAST, MIMO, *detection ordering*, *flat fading*, QAM.

Abstract

Development of wireless technologies become necessary to overcome the limitations of wired communication networks. However, this technology has many technical obstacles, such as multipath fading and the trade off between the error rate and system capacity. Multiple Input Multiple Output (MIMO) as a form of diversity has been widely studied as an effort to improve performance system. The detection algorithms will be researched MIMO V-BLAST system and C-BLAST algorithm with Minimum Mean Square Error (MMSE) with and without transmission power allocation. In this system, the system will compare C-BLAST detection without sorting processes and systems with the detection of sequencing process. The system uses detection is the process of sorting process on V-BLAST detection where a row of data (Substream) which has the largest SINR post detection (strongest signal) are detected at the first time and this process is done for all the data. Channel that is used flat fading rayleigh distribution, as slow flat fading channels, it is assumed that the channel is assumed slowly changes.

From the simulation results, showed that the V-BLAST system with detection ordering without power allocation at BER 10^{-2} , SNR increased by 4 dB when compared with the V-BLAST systems without detection and without power allocation ordering. At BER 10^{-3} V-BLAST system if given the ordering and allocation of power detection increased by SNR 2 dB when compared to systems with V-BLAST detection ordering but without the feedback.

Keywords: V-BLAST, MIMO, *detection ordering*, *flat fading*, QAM.

PENDAHULUAN

Sistem MIMO merupakan sistem komunikasi yang menggunakan *multiple* antena pada pemancar dan penerima yang dengan adanya proses *spatial multiplexing* dapat meningkatkan kapasitas sistem, meningkatkan

efisiensi spektral dan dapat meningkatkan kualitas transmisi yang dapat ditunjukkan dengan performansi laju kesalahan (*error rate*). Sistem *Vertical-Bell Laboratories Layered Space Time* (V-BLAST) merupakan teknik pemrosesan data pada sistem MIMO untuk mendapatkan kembali sinyal transmisi dari sinyal

yang diterima dimana proses pengkodean dan pendeteksian datanya lebih sederhana dibandingkan sistem *Diagonal- Bell Laboratories Layered Space Time (D-BLAST)* [1]

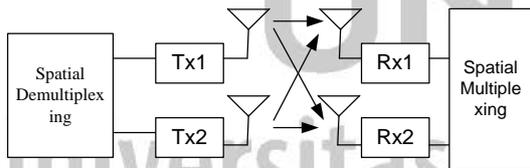
Peningkatan performansi sistem MIMO bergantung pada karakteristik keadaan kanal propagasi. Adanya kanal multipath fading dimana sinyal yang dipancarkan melalui lintasan jamak dengan delay dan attenuasi yang berbeda dapat menyebabkan sinyal yang diterima memiliki amplitude, phase, pergeseran doppler dan delay yang berbeda. Performansi dari sistem MIMO juga dipengaruhi oleh keadaan kanal yang berkorelasi. Keadaan kanal yang berkorelasi dipengaruhi oleh jarak antara antena, tinggi antena, polarisasi dan *beamwidth* (lebar sudut pancaran sinyal).

Selain untuk meningkatkan kapasitas, sistem MIMO diharapkan dapat meningkatkan kualitas transmisi yang ditunjukkan dengan performansi nilai *Bit Error Rate (BER)* dan *Symbol Error Rate (SER)*. Metode untuk meminimalkan laju kesalahan rata-rata pada tiap tingkat deteksi dapat dilakukan dengan menggunakan sistem V-BLAST dengan mengumpanbalikan informasi keadaan kanal yang biasa dikenal dengan *extended/modified/Close loop V-BLAST (C-BLAST)*

Berdasarkan latar belakang yang ada maka permasalahan yang akan dibahas dan dianalisa pada penelitian ini adalah melakukan evaluasi BER sistem V-BLAST tanpa adanya proses pengurutan deteksi dan sistem dengan adanya proses pengurutan deteksi pada kanal flat fading

KAJIAN PUSTAKA

Kanal wireless dalam propagasi dapat mengalami fading yang disebabkan oleh komponen lintasan jamak (*multipath fading*) dan adanya interferensi dari pengguna lain. Teknik *diversity* adalah teknik yang baik untuk melawan fading dan interferensi. Teknik *spatial diversity* adalah teknik yang dapat melawan fading dan interferensi tanpa mengurangi efisiensi spektral. *Spatial multiplexing* adalah teknik dimana aliran data paralel dipancarkan melalui beberapa antena pemancar dan diterima melalui beberapa antena penerima.

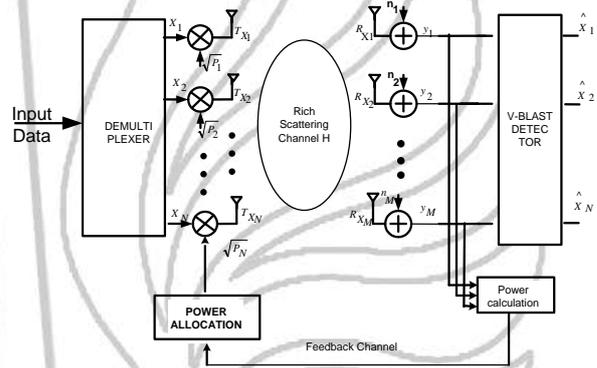


Gambar 1. Multiplexing Spasial pada sistem MIMO 2x2

Pada sistem *spatial Multiplexing* aliran data yang dipancarkan didemultipleks menjadi aliran data yang secara simultan dikirim dari antena pemancar setelah proses coding dan modulasi. Sinyal yang meninggalkan

antena pemancar akan tercampur (*mixed*) pada kanal wireless karena menggunakan frekuensi yang sama. Penerima akan mendeteksi superposisi sinyal yang diterima dari pemancar dan memisahkan aliran data kemudian dimultipleks menjadi aliran data asli dan ini membutuhkan proses yang kompleks.

Sistem V-BLAST dengan umpan balik ditunjukkan pada gambar Sistem terdiri dari N antena pemancar dan $M(\geq N)$ antena penerima. Pada pemancar, aliran data tunggal (*stream*) di demultipleks menjadi M subaliran (*substream*) dan tiap *substream* diencode menjadi simbol-simbol yang dipancarkan dengan menggunakan sistem modulasi tertentu. Berdasarkan informasi umpan balik (*feedback*), daya transmisi P_i diberikan pada data simbol x_i dan simbol dipancarkan melalui antena transmisi ke- i yang akan mengalami hamburan penuh (*rich scattering*) pada kanal multipath fading



Gambar 2. Sistem MIMO C-BLAST

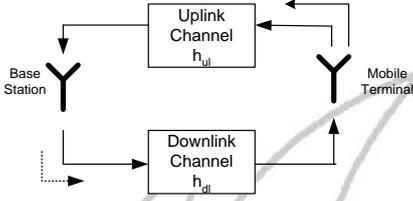
Pada penerima, detektor mengestimasi sinyal yang diterima pada M antena penerima dan menghitung daya transmisi P_i ($i=1,2,\dots,N$). Ekuivalen baseband dari M dimensi vektor sinyal yang diterima $y = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_M]^T$ dinyatakan:

$$Y = H P x + n \tag{1}$$

Dimana $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T$ menyatakan vektor simbol transmisi dan tiap elemen mempunyai satuan daya rata-rata, H menyatakan $M \times N$ matrix kanal, yang mana h_{mn} pada m baris dan n kolom merupakan *gain* (penguatan) kanal dari antena pemancar ke-n menuju antena penerima ke-m yang diasumsikan berdistribusi sama dan saling bebas (*i.i.d / independent and identically distributed*) dengan variabel random gaussian kompleks dengan rata-rata nol dan varians 1. Elemen dari noise merupakan vector $n = [n_1 \ n_2 \ \dots \ n_M]^T$ diasumsikan *i.i.d* dengan variabel random gaussian kompleks dengan rata-rata nol dan varianse σ_n^2 .

Diasumsikan bahwa penerima menentukan daya transmisi P_i ($i=1,2,\dots,N$). untuk N antena transmisi dengan total daya $\sum_{i=1}^N P_i = N$ dan mengirimkan daya ke pemancar melalui kanal umpan balik yang bebas error.

Matriks diagonal $P = \text{diag} (\sqrt{P_1}, \sqrt{P_2}, \dots, \sqrt{P_N})$ menyatakan daya transmisi yang terbentuk dari informasi umpan balik. Pada sistem V-Blast konvensional tanpa umpan balik $P_i = 1$ untuk semua i sehingga P adalah sama untuk matrix identitas $I_N \ N \times N$



Gambar 3. Sistem komunikasi dengan umpan balik informasi keadaan kanal

Sistem V-BLAST konvensional telah dinyatakan pada artikel[3] dimana sistem menggunakan algoritma *linear nulling* dan *Successive Interference Cancellation* (SIC) untuk estimasi N simbol sinyal yang diterima. Simbol dengan nilai SINR tinggi yang dideteksi pertama kali dengan menggunakan proses *linear nulling* seperti *Zero-Forcing* (ZF). Simbol yang terdeteksi dihilangkan dari vektor sinyal yang diterima. Proses *Cancellation* menghasilkan modifikasi vektor sinyal yang diterima dengan meninggalkan sedikit komponen sinyal interferensi. Proses ini diulang hingga semua N simbol dideteksi. Dalam penelitiannya[1] sistem V-BLAST konvensional dibandingkan dengan sistem V-Blast dengan umpan balik (*Close loop V-BLAST/C-BLAST*), dimana pada sistem C-BLAST dilakukan pengaturan alokasi daya transmisi pada pemancar untuk meminimalkan BER dengan cara mengumpanbalikkan informasi daya dari penerima ke pemancar. Berikut ini adalah algoritma V-BLAST dan alokasi daya hasil penelitiannya:

Untuk memperoleh alokasi daya transmisi, BER dari tiap simbol transmisi dinyatakan sebagai fungsi dari daya transmisi $\{P_i: i=1,2,\dots,N\}$ untuk meminimalkan BER secara keseluruhan. Jika informasi keadaan kanal diketahui secara sempurna di penerima dan proses *cancellation* pada tingkat deteksi sempurna, BER E_{ki} dari simbol transmisi ke- k dapat dinyatakan sebagai fungsi dari SINR.

$$E_{ki} = f(\rho_{ki}) = f\left(\frac{P_{ki}}{\sigma_n^2 \|v_{ki}\|^2}\right) \quad (2)$$

Dimana fungsi $f(.)$ tergantung dari jenis modulasi. Bila BER $P_{b,ki}$ ($i=1,2,3,\dots,N$) dari tiap tingkat deteksi dinyatakan sebagai:

$$P_{b,ki} = E_{ki}$$

$$P_{b,k_2} = (1 - P_{b,k_1})E_{k_2} + P_{b,k_1} \alpha_{k_2|1} \cong E_{k_2} + \alpha_{k_2|1} P_{b,k_1}$$

$$P_{b,k_3} = (1 - P_{b,k_1})(1 - P_{b,k_2})E_{k_3} + \{P_{b,k_1}(1 - P_{b,k_2}) +$$

$$(1 - P_{b,k_1})P_{b,k_2}\} \alpha_{k_3|1} + P_{b,k_1} P_{b,k_2} \alpha_{k_3|2}$$

$$\cong E_{k_3} + \alpha_{k_3|1} (P_{b,k_1} + P_{b,k_2})$$

.....

$$P_{b,k_N} \cong E_{k_N} + \alpha_{k_N|1} (P_{b,k_1} + P_{b,k_2} + \dots + P_{b,k_{N-1}}) \quad (3)$$

Dimana $\alpha_{k_i|j}$ menyatakan probabilitas eror dari bit eror pada tingkat deteksi ke- i . Bila simbol transmisi saling bebas, maka BER $P_b(e)$ untuk tiap simbol:

$$P_b(e) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_b(e_{k_i}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\prod_{j=1}^{N-1} (1 + \alpha_{k_i, N-j+1|j}) \right) \cdot f\left(\frac{P_{k_i}}{\sigma_n^2 \|v_{k_i}\|^2}\right) \quad (4)$$

Untuk memperoleh daya transmisi $\{P_i\}$ digunakan metode perkalian Lagrange yang dapat meminimalkan BER.

$$J(P_1, P_2, \dots, P_N) = P_b(e) + \lambda \left(\sum_{i=1}^N P_{k_i} - N \right) \quad (5)$$

Dimana λ adalah perkalian lagrange dan daya transmisi total:

$$\sum_{i=1}^N P_{k_i} = N \quad (6)$$

Bila $\partial J / \partial P_{k_i} = 0$ persamaan menjadi:

$$\frac{df}{dP_{k_i}} \left(\frac{P_{k_i}}{\sigma_n^2 \|v_{k_i}\|^2} \right) = \frac{-N\lambda}{\prod_{j=1}^{N-1} (1 + \alpha_{k_i, N-j+1|j})}$$

$$i=1,2,\dots,N \quad (7)$$

Dengan mengkodekan 2^R -ary QAM pada semua simbol, BER untuk simbol ke- k merupakan fungsi eksponensial dari ρ_{ki} dan dinyatakan:

$$E_{k_i} \cong \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{1.6\rho_{k_i}}{2^R - 1}\right) = \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{1.6P_{k_i}}{(2^R - 1)\Lambda_{k_i}}\right) \quad (8)$$

$$\Lambda_{k_i} = \begin{cases} \sigma_n^2 \|v_{k_i}\|^2 & \text{ZF} \\ \left(\sigma_n^2 \|v_{k_i}\|^2 + \sum_{l \neq i} (|v_{k_i} H_{l, k_i-1}|)^2 \right) & \text{MMSE} \end{cases} \quad (9)$$

$$\frac{d}{dP_{k_i}} \left(\frac{1}{5} \exp\left(-\frac{1.6P_{k_i}}{(2^R - 1)\Lambda_{k_i}}\right) \right) = \frac{-N\lambda}{\prod_{j=1}^{N-1} (1 + \alpha_{k_i, N-j+1|j})}$$

$$i=1,2,\dots,M \quad (10)$$

$$P_{k_i} = -0.625(2^R - 1)\Lambda_{k_i} \ln \left(\frac{3.125N\lambda(2^R - 1)\Lambda_{k_i}}{\prod_{j=1}^{N-1} (1 + \alpha_{k_i, N-j+1})} \right) \quad (11)$$

$$\lambda = \exp - \frac{\frac{1.6N}{(2^R - 1)} + \sum_{i=1}^N \Lambda_{k_i} \ln \left(\frac{3.125N\lambda(2^R - 1)\Lambda_{k_i}}{\prod_{j=1}^{N-1} (1 + \alpha_{k_i, N-j+1})} \right)}{\sum_{i=1}^N \Lambda_{k_i}} \quad (12)$$

Bila $\alpha_{k_{i1}} = 0$ ($i = 2, 3, \dots, N$) untuk mengabaikan propagasi error maka:

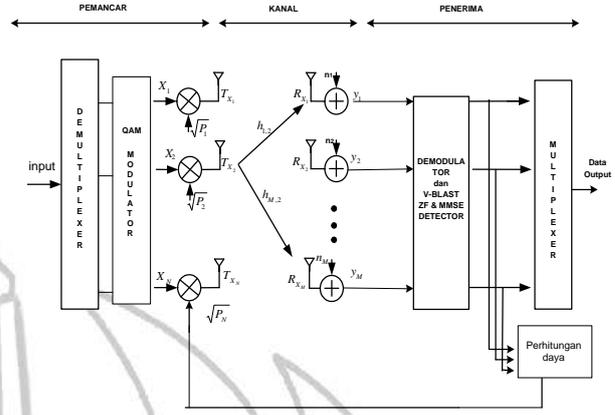
$$P_{k_i} = -0.625(2^R - 1)\Lambda_{k_i} \ln 3.125N\lambda(2^R - 1)\Lambda_{k_i} \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (13)$$

$$\lambda = \exp \left(- \frac{\frac{1.6N}{(2^R - 1)} + \sum_{i=1}^N \Lambda_{k_i} \ln(3.125N\lambda(2^R - 1)\Lambda_{k_i})}{\sum_{i=1}^N \Lambda_{k_i}} \right) \quad (14)$$

METODE

Dalam penelitian ini akan dijelaskan blok diagram sistem, parameter sistem yang digunakan dan langkah-langkah simulasi yang dilakukan. Sistem V-BLAST dengan *feedback* (umpan balik) daya ditunjukkan pada gambar 3.1. Sistem ini terdiri dari N antena pemancar dan M antena penerima. Pada pemancar, aliran data tunggal (*stream*) di demultipleks menjadi M subaliran (*substream*) dan tiap *substream* diencodekan menjadi simbol-simbol yang dipancarkan dengan menggunakan sistem modulasi tertentu. Daya transmisi P_i diberikan pada data simbol x_i dan simbol ini dipancarkan melalui antena transmisi ke- i pada kanal multipath fading.

SNR yang digunakan digunakan pada penelitian ini 0-12 dB dengan *range* setiap 3 dB dihitung nilai BER. Pemilihan SNR sebesar 12 dB dikarenakan pada SNR 12 dB kinerja sistem C-BLAST dan sistem V-BLAST sudah bisa dibedakan. Pada simulasi ini digunakan 4 antena pemancar dan 4 antena penerima. Sistem yang dibandingkan adalah sistem V-BLAST konvensional dan sistem C-BLAST (*Closed loop V-BLAST/C-BLAST*) dengan algoritma deteksi MMSE dengan jumlah bit input 100000 bit, dimana jumlah bit dalam satu simbol tergantung dari level modulasi yang digunakan. Pembangkitan bit input sebanyak seratus ribu bit dikarenakan kinerja laju kesalahan sistem sudah bisa mencapai BER 10^{-4} dan sistem C-BLAST dan sistem V-BLAST sudah dapat dibedakan jika diterapkan algoritma deteksi MMSE.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem C-BLAST

Bila diasumsikan sistem menggunakan kanal ideal maka laju bit sistem tergantung dari level modulasi yang digunakan tiap substream dan tergantung dari banyaknya antena pemancar. Pada simulasi ini sistem menggunakan level modulasi tetap (non adaptif) yaitu 4 QAM. Penggunaan level modulasi 4 QAM dikarenakan pada sistem ini perbedaan kinerja sistem C-BLAST dan V-BLAST dapat terlihat dengan jelas pada SNR yang rendah. Pada penggunaan level modulasi 4 QAM berarti ada dua bit dalam satu simbol, dan bila sistem menggunakan 4 antena berarti banyaknya bit yang dikirimkan tiap pengiriman satu vektor simbol sebanyak 8 bit atau dapat disimpulkan laju bit sistem sebanyak 8 bit/sekon.

Kanal yang digunakan terdistribusi *flat fading* berdistribusi Rayleigh, Matriks kanal H berukuran NxM. Pada penelitian ini diasumsikan kanal yang digunakan adalah kanal *slow flat fading*. Matriks kanal ini tidak berubah untuk satu *burst* (100 vektor simbol) namun pembangkitan kanal ini akan dilakukan kembali pada *burst* yang lain (100 vektor simbol yang lain) sehingga tiap *burst* mempunyai matriks kanal yang berbeda. Pada sistem ini diasumsikan sistem mempunyai laju bit 1 Mbps. Karena kanal diasumsikan *slow flat fading* maka diasumsikan kanal akan berubah dengan perubahan yang lambat dimana $T_{burst} \ll T_c$. *Slow flat fading* adalah perubahan respon impulse kanal dimana laju perubahannya lebih rendah bila dibandingkan dengan sinyal baseband yang ditransmisikan. Pada keadaan ini kanal dianggap statik melalui beberapa interval bandwidth. T_c adalah waktu koheren yang merupakan durasi waktu yang didapatkan dari pengukuran statistik respon impuls kanal pada waktu yang berbeda. Waktu koheren berhubungan dengan *Doppler Spread* (B_d).

Pada sistem ini akan dibandingkan sistem V-BLAST tanpa adanya proses pengurutan deteksi dan sistem dengan adanya proses pengurutan deteksi. Sistem tanpa menggunakan pengurutan deteksi adalah sistem dimana deretan data dideteksi secara berurutan tanpa memperhatikan SNR *post detection*, sehingga data dideteksi dengan urutan $i=1, 2, 3, \dots, M-1, M$ pada deteksi k_i . Sistem yang menggunakan proses pengurutan deteksi adalah proses deteksi pada V-BLAST dimana deretan

data (*substream*) yang mempunyai SINR *post detection* terbesar (sinyal terkuat) yang dideteksi pertama kali dan proses ini dilakukan untuk semua data.

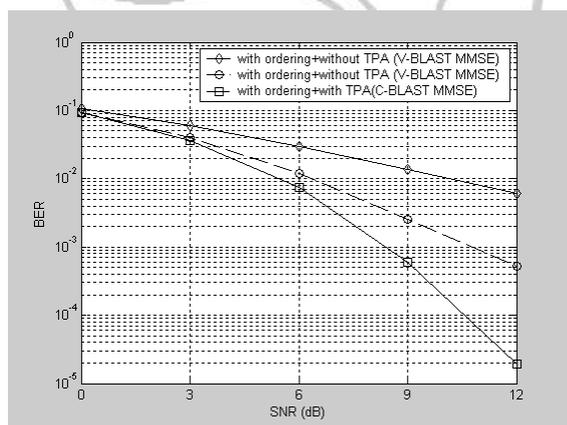
Tabel 4.2. Nilai BER dari sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub bab ini akan dibandingkan sistem V-BLAST dengan algoritma deteksi menggunakan deteksi MMSE dengan adanya proses *detection ordering* (pengurutan pendeteksian) dan sistem V-BLAST tanpa menggunakan *detection ordering* (tanpa adanya pengurutan pendeteksian). Selain itu juga dibandingkan sistem dengan menggunakan *detection ordering* dan adanya *Transmit Power Allocation* (TPA)/Alokasi daya transmisi. Sistem yang dibandingkan adalah sistem yang menggunakan 4 antena pemancar dan 4 antena penerima dengan modulasi semua deretan data menggunakan modulasi 4 QAM. Pada gambar 5 didapatkan grafik laju kesalahan bit sistem V-BLAST dengan algoritma deteksi menggunakan MMSE dengan adanya pengurutan deteksi dan adanya umpan balik informasi kanal berupa daya transmisi. Diketahui bahwa pada deteksi data dari sistem V-BLAST terdapat proses *nulling*, *slicing* dan *canceling*. Pada sistem *nulling* ini diperoleh berdasarkan adanya pengurutan deteksi (*detection ordering*) dimana masing-masing sub deretan data secara bergantian diestimasi sebagai sinyal yang diinginkan (sinyal terkuat). Pemilihan sinyal untuk tiap tingkat deteksi ini berdasarkan pada substream yang mempunyai SINR *post detection* yang terbesar. Pada keadaan ini sinyal yang lain dianggap sebagai sinyal interferensi.

SNR	0 dB	3 dB	6 dB	9 dB	12 dB
	BER				
V-BLAST tanpa pengurutan pendeteksian	0.105	0.059	0.0294	0.013	0.006
C-BLAST dengan pengurutan pendeteksian, tanpa TPA	0.093	0.039	0.0120	0.002	0.0005
C-BLAST dengan pengurutan pendeteksian, dengan TPA	0.092	0.035	0.0075	0.000	1.9444 e-005

TPA=Transmit Power Allocation



Gambar 5. Perbandingan laju kesalahan bit sistem C-BLAST dengan adanya proses *detection ordering* dan alokasi daya transmisi sebagai fungsi SNR

Dari grafik dan dari tabel dapat diketahui bahwa pada sistem V-BLAST dengan *detection ordering* tanpa adanya alokasi daya pada BER 10^{-2} , terjadi peningkatan SNR sebesar 4 dB bila dibandingkan dengan sistem V-BLAST tanpa adanya *detection ordering* dan tanpa alokasi daya. Pada BER 10^{-3} sistem V-BLAST jika diberikan *detection ordering* dan alokasi daya terjadi peningkatan SNR sebesar 2 dB bila dibandingkan dengan sistem V-BLAST dengan *detection ordering* tetapi tanpa umpan balik daya. Hal ini disebabkan karena pada sistem C-BLAST terjadi adanya alokasi daya yang berbeda pada setiap deretan substream yang dipancarkan. Dengan adanya perbedaan alokasi daya pada tiap sub deretan data maka masing-masing sinyal memiliki penguatan yang berbeda-beda dan ini akan mempengaruhi SNR sinyal hasil deteksi. Dimana sinyal dengan daya yang besar akan memiliki SINR *post detection* yang lebih besar.

Pada sistem konvensional V-BLAST tanpa adanya *detection ordering* mempunyai performansi BER dan SER yang lebih buruk dibandingkan dengan sistem V-BLAST konvensional dengan adanya *detection ordering*. Dan sistem C-BLAST dengan adanya *detection ordering* dan dengan TPA (*Transmit Power Allocation*) mempunyai performansi yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem V-BLAST konvensional tanpa TPA/*Transmit Power Allocation* dan dengan adanya *detection ordering*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sistem V-BLAST dengan adanya pengurutan deteksi (*detection ordering*) dan adanya umpan balik daya akan mempunyai laju kesalahan bit yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan pengurutan pendeteksian. Sistem V-BLAST dengan *detection ordering* tanpa adanya alokasi

daya pada BER 10^{-2} , terjadi peningkatan SNR sebesar 4 dB bila dibandingkan dengan sistem V-BLAST tanpa adanya *detection ordering* dan tanpa alokasi daya. Pada BER 10^{-3} sistem V-BLAST jika diberikan *detection ordering* dan alokasi daya terjadi peningkatan SNR sebesar 2 dB bila dibandingkan dengan sistem V-BLAST dengan *detection ordering* tetapi tanpa umpan balik daya.

Saran

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk kelanjutan penelitian mendatang diantaranya adalah meneliti unjuk kerja sistem C-BLAST dengan memperhatikan adanya *feedback error* dan *feedback delay* selain itu menerapkan sistem C-BLAST pada kondisi fading yang lain dan pada kanal frekuensi selektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ehab Armanious (2003),. " Link Adaptation Techniques for Cellular Fixed Broadband Wireless Access System ", Thesis, Ottawa-Carleton Institute for Electrical and Computer Engineering, Canada.
- Goldsmith, A. J, Soon Ghee Chua, October (1997), " Variable Rate Variable Power MQAM for Fading Channels " . *IEEE Trans. Comm.*, vol.45, No. 10.
- Hairuo Zhuang (2003), " Low Complexity Per-Antenna Rate and Power Control Approach for Closed-Loop V-BLAST ", *IEEE* , Vol 51, No 11
- I.G. Komang Diafari, "Analisa Unjuk Kerja Sistem V-BLAST Pada Kanal Frequency Selective fading dengan menggunakan modulasi J-ary QAM", Tesis Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS, Agustus 2004
- John G. Proakis, Masoud Salehi (2000), *Contemporary Communication System Using MATLAB*, Brooks/Cole.
- Jen Philippe Kermoal, Laurent Schumacher, "A Stochastic MIMO Radio Channel Model With Experimental Validation ", *IEEE Journal*, Vol 20, No.6, August 2002.
- John G. Proakis (1983), *Digital Communication*, McGraw-Hill Publishing Company.
- Nyoman Paramaita, " Analisa Unjuk Kerja Sistem V-BLAST pada kanal flat fading yang berkorelasi ", Tesis Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS, Januari 2003.
- P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela (1998), "V-BLAST: An architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel", in *Proc. ISSSE-98, Pisa, Italy, Invited Paper*.
- Rose Trepkowski (2004), " Channel Estimation Strategies for Coded MIMO Systems ", Thesis, Blacksburg, Virginia.
- Seung Hoon Nam, Kwang Bok Lee (2004), " Transmit Power Allocation For Extended V-BLAST System ", *IEEE*, Vol 52, No 7.
- Thomas L. Marzetta (1999), " BLAST Training: Estimation Channel Characteristics for High Capacity Space Time Wireless ", *Proc. Annual Allerton Conferences on Communication, Control and Computing, Monticello*
- Theodore S. Rappaport (1996), *Wireless Communication Principles and Practise*, Prentice Hall PTR Upper Sadle River, New Jersey 07458,.
- Wariyanti, Retno, " Simulasi Sistem MIMO dengan Penerima Berarsitektur V-BLAST ", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS, Januari 2004.