

Yuli Christyono *)

Abstract

CDMA is interference limited multiple access system. Because all users transmit on the same frequency, internal interference generated by the system is the most significant factor in determining system capacity and call quality. The transmit power for each user must be reduced to limit interference, however, the power should be enough to maintain the required Eb/No (signal to noise ratio) for a satisfactory call quality. Maximum capacity is achieved when Eb/No of every user is at the minimum level needed for the acceptable channel performance. As the MS moves around, the RF environment continuously changes due to fast and slow fading, external interference, shadowing, and other factors. The aim of the dynamic power control is to limit transmitted power on both the links while maintaining link quality under all conditions. Additional advantages are longer mobile battery life and longer life span of BTS power amplifiers.

In this research will be made a simulation of power control and multi user detection to avoid the interference between MS.

Observations show that the increasing number of users will decrease the value of Signal to Interference Ratio (SIR) / SIR below the target. To cope the growing number of users increases can be done by iteration / updating power transmit so the convergence computation can be reached and target value SIR can be achieved. In addition, to reduce interference can also be done by extending the number of chips.

Key word: Power Control, Multi User Detection, Near Far Effect.

Pendahuluan

Dalam dunia telekomunikasi selular saat ini masalah yang dihadapi adalah makin meningkatnya jumlah pengguna yang menggunakan pita frekuensi yang terbatas secara bersama. Pada sistem komunikasi bergerak, semua pengguna yang ada dalam area layanan *base station* tertentu (suatu sel) akan mendapat layanan berupa sinyal sinkronisasi dari sebuah *base station* yang ada didalam area layanan tersebut. Dengan banyaknya jumlah pengguna yang ada didalam suatu area layanan *base station* tertentu (sel), menyebabkan semakin besar kemungkinan terjadinya *interferensi* antar pengguna aktif.

Dalam implementasi *direct sequence-CDMA* memiliki masalah jauh-dekat (*Near-far problem*) yaitu pengguna aktif yang jaraknya dekat dengan *base station* akan mengirim sinyal dengan daya yang lebih besar dibanding pengguna dengan jarak lebih jauh dari *base station* yang sama. Sinyal yang lebih besar akan mengganggu penerimaan sinyal yang lebih kecil pada *base station*. Untuk mengatasi masalah tersebut terdapat dua macam cara yang dapat digunakan, yaitu menggunakan Teknik *Power Control* konvensional dan detektor MMSE (*Minimum Mean-Squared Error*).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat simulasi teknik *power control* konvensional dan detektor *multi user-MMSE* untuk mengatasi masalah jauh-dekat (*near-far problem*) pada sistem komunikasi bergerak berbasis *direct sequence-CDMA*. Untuk mengetahui kinerja teknik *power control* ini digunakan *Signal to Interference Ratio (SIR)* sebagai parameternya.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip

Dasar Teori

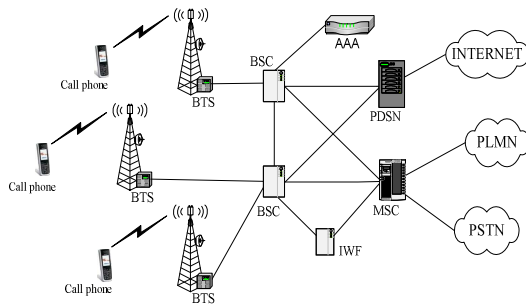
Sistem Komunikasi CDMA *Code Division Multiple Access (CDMA)* merupakan teknologi akses jamak berbasis persebaran spektrum dimana sinyal informasi akan disebar dengan sinyal penyebar yang mempunyai lebar bidang frekuensi dengan perbandingan yang lebih besar dibandingkan lebar frekuensi informasi.

Sistem komunikasi *direct sequence spread spectrum* merupakan teknik paling populer. Sinyal data dikalikan dengan kode *Pseudo Random Noise (PN-code)*. *PN-code* adalah urutan *chips* bernilai -1 dan 1 (polar) atau 0 dan 1 (non-polar). Jumlah chip dalam satu kode disebut periode kode. *PN-code* adalah kode yang menyerupai *noise (noise-like code)* dengan properti tertentu. *PN-code* dapat dibuat dengan satu atau lebih *shift register*. Jika panjang dari *shiftregister* adalah n, secara umum periode N dapat dinyatakan sbb:

$$N = 2^n - 1 \quad (1)$$

Sistem komunikasi bergerak selular CDMA membagi wilayah cakupan sinyal menjadi wilayah-wilayah kecil yang disebut sebagai sel.

Standarisasi CDMA2000 dilakukan berdasarkan spesifikasi IS2000 yang kompatibel dengan system IS-95A/B (cdmaOne). Dibandingkan dengan IS-95, jaringan CDMA2000 mengalami beberapa perkembangan seperti kontrol daya yang lebih baik, *uplink pilot channel*, teknik *vocoder* baru, pengembangan kode *Walsh*, serta perubahan skema modulasi. Sedangkan pada sisi arsitektur jaringan, terdapat *Base Station controller (BSC)* dengan kemampuan *IP Routing*, *BTS Multimode* serta *PDSN (Packet Data Serving Node)*.



Gambar.1 Arsitektur jaringan CDMA 2000 1X

Mobile Station / Mobile Unit (MS) terdiri dari Subscriber Transceiver, control unit dan antena dan Radio Base Station / Base Transceiver Station merupakan perangkat transceiver yang berhubungan dari / ke pelanggan (interface / repeater antar MS dan MSC).

Teknik Power Control

Power control memiliki peran penting dalam komunikasi wireless. Dimana teknik ini berfungsi untuk mengatur level daya transmisi yang diterima base station pada uplink dan downlink, selain itu untuk meminimalkan interferensi antara user aktif. Sistem CDMA IS-95, pengendalian daya pancar dilakukan setiap 1,25 ms dengan perubahan daya per satu dB.

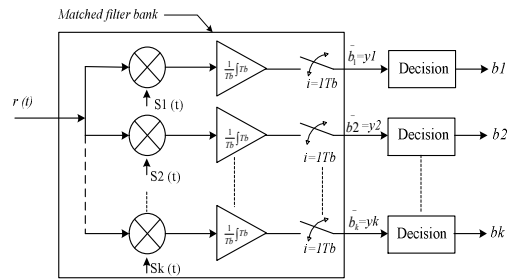
Kanal uplink adalah kanal ketika user menransmisikan informasi kepada BS. Pada transmisi uplink, sinkronisasi transmisi dari user yang berbeda sangat sulit diterapkan karena user menransmisikan dari lokasi yang berbeda. Oleh karena itu, orthogonal spread spectrum tidak digunakan dalam uplink karena ke-orthogonalan ini tidak dapat diperbaiki. Sinyal dari user lain merupakan subjek noise. Hasil propagasi/noise dan fading mempunyai level daya berbeda yang diterima BS. Non-orthogonal spread spectrum dan level daya yang berbeda pada uplink menyebabkan terjadinya Multiple Access Interference (MAI) yang merupakan masalah serius dalam CDMA. Pada BS, user akan melindungi simbol transmisi dengan cara mengkorelasi snyal receiver dengan spread spectrum pengguna. Hasil dari cross correlation yang tidak nol antara spread spectrum dengan user yang lain maka user akan mengalami MAI dari k-1 user lain. Jika level daya yang diterima BS tidak sama, correlating receiver tidak mampu mendeteksi sinyal pengguna yang lemah karena interferensi pengguna lain dengan level daya yang lebih besar. Pada transmisi uplink, sinyal yang diterima BS dari user melewati kanal yang berbeda-beda sehingga daya sinyal tiap pelanggan yang diterima BS tidak sama. Power control pada uplink sangat penting untuk menjaga interferensi dari user dan dapat meningkatkan kapasitas kanal.

Kanal downlink adalah kanal ketika BS mengirim informasi ke user. Pada transmisi kanal downlink, BS mengirim semua sinyal kesetiap user. Sinyal yang diterima user ini yang terdiri dari sinyal user lain diransmisikan melalui kanal yang sama sehingga

setiap sinyal mengalami peredaman dan fading yang sama. Hal ini menyebabkan daya sinyal-sinyal tersebut pada user sama kuat. Sehingga jelas bahwa power control pada kanal uplink lebih penting daripada kanal downlink.

Teknik Power Control konvensional

Teknik power control merupakan teknik paling awal diterapkan pada suatu penerima yang dikenal dengan conventional receiver. Pada penerima konvensional di gunakan sekelompok matched filter (MF). Gambar blok diagram detektor konvensional ditunjukkan seperti gambar 2.



Gambar 2 Blok diagram detektor konvensional

Pada detektor konvensional matched filter menggunakan metode deteksi pengguna tunggal (single user), yaitu masing masing user dideteksi secara terpisah, tanpa mempertimbangkan user yang lain. Dengan demikian munculnya MAI (Multiple Interference Access) dapat terjadi pada konvensional MF. Diasumsikan untuk untuk detector konvensional untuk penerima sinyal

$$r(t) = \sum_0^T A_k b_k(t) S_k(t) + n(t) \tag{2}$$

Dimana:

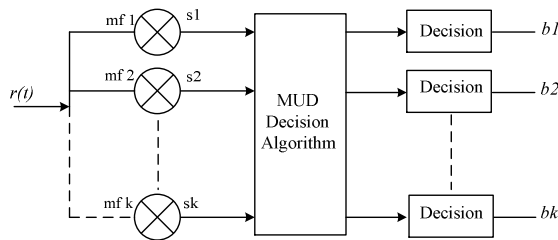
- A_k = Amplitudo sinyal dari user ke k
- b_k = Bit ditransmisikan user ke k,dimana nilai k adalah +1 atau -1
- S_k = signature waveform
- $n(t)$ = noise white gaussian (dB)

Dari persamaan (2), diketahui bahwa sinyal yang diterima oleh base station merupakan penjumlahan dari semua sinyal yang dikirim dari beberapa user ditambah dengan noise. Kemudian pada setiap cabang MF sinyal/bit informasi dibangkitkan kembali dengan cara mengalikannya dengan signature wave dari masing-masing user $S_k(t)$. Dan satu matched filter memproses data dari satu user.

Teknik Multi User Detection (MUD)

Multi user detection merupakan suatu teknik yang menerapkan daya yang diterima dari semua pengguna stabil, dan sekaligus memodulasi semua sinyal yang diterima dari semua user secara bersamaan. Pada detektor konvensional mach filter akan terjadi adanya MAI Multiple Acess Interference, dimana ini akan

mengurangi daya kerja dari detektor konvensional itu sendiri. Untuk mengatasi masalah ini maka dibuat suatu detektor yang tidak memperlakukan pengguna-pengguna lain sebagai interferensi, melainkan sebagai sinyal yang dianggap penting. Ciri dari rangkaian MUD memiliki kemampuan untuk mengubah-ubah nilai koefisien filter penerima, sehingga nilainya tidak konstan lagi. Proses pendeteksian tersebut merupakan deteksi ke semua sinyal dari semua user secara simultan. Gambar 3 merupakan blok diagram dari detektor *multi user*.



Gambar 3 Blok diagram detektor *Multi user*

MUD merupakan perkembangan dari teknik *power control* konvensional selain mengatasi interferensi MUD juga berperan dalam mengatasi masalah jauh-dekat. MUD dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu *optimal detektor* dan *sub optimal detektor*. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa pada sistem *sub optimal detektor* MUD, yaitu MMSE (*minimum mean square error*)^[5]

Minimum Mean Square Error (MMSE)

Sistem ini memiliki prinsip yaitu memungkinkan adanya pengontrolan (*up date*) daya yang dikirimkan user P_i dan sekaligus berfungsi mengatur (*up date*) koefisien filter disisi penerima c_i , ini dilakukan untuk menekan interferensi yang cenderung mengganggu daya transmisi. Kemudian dilakukan kembali proses *up date* atas daya yang ditransmisikan tersebut, untuk meminimalkan probabilitas interferensi pada user lain, agar di dapat nilai sesuai target SIR. Proses *up date* koefisien filter penerima pada teknik MMSE dinyatakan dengan persamaan 3^[11]

$$C_i(n+1) = \frac{\sqrt{p_i}}{1 + P_i \cdot S_i^T \cdot A^{-1} \cdot S_i} \cdot A_i^{-1} \cdot S_i \quad (3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} S_i &= \text{PN code user ke } i \\ P_i &= \text{vektor daya user ke } i \\ A &= \sum_{i+j} P_i \cdot h_{ij} \cdot S_i \cdot S_i^T + \sigma^2 \cdot I \end{aligned} \quad (4)$$

Nilai daya transmisi user yang di *up date* dinyatakan dengan persamaan:

$$p_i(n+1) = \frac{\gamma_i^*}{h_{ii}} \cdot \frac{1}{(c_i^T s_i)^2} \left(\sum_{j \neq i} p_j(n) h_{ij} (c_i^T s_j)^2 + \sigma^2 (c_i^T c_i) \right) \quad (5)$$

Dan nilai SIR user ke-i dinyatakan dengan persamaan:

$$SIR = \frac{p_i h_{ii} (c_i^T s_i)^2}{\sum_{i \neq j} p_j h_{ij} (c_i^T s_j)^2 + \sigma^2 (c_i^T c_i)} \quad (6)$$

Keterangan :

P_j = Vector daya user ke-j (dB)

h_{ij} = Gain kanal pada link BS user ke-i dengan user ke- j (dB)

d_{ij} = Jarak antara BS user ke-i dengan user ke-j (m)

b_j = Bit yang di transmisikan oleh user ke-j

s_j = Signature sequence dari user ke-j

c_i = Koefisien filter user ke-i

σ^2 = noise AWGN (dB)

$S_i = \gamma_i^* = \text{SIR target (dB)}$

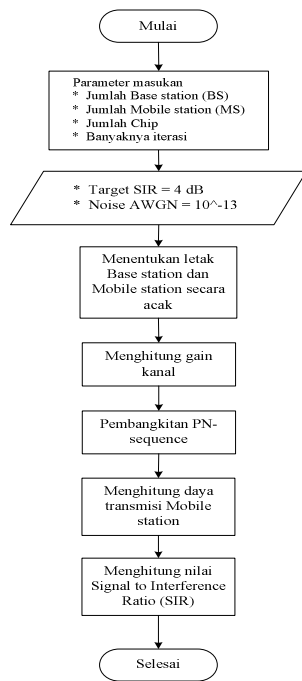
MMSE memiliki kelebihan kinerja (*performene*) yang lebih baik dibandingkan teknik *power control* konvensional dengan memperhitungkan dari efek *noise* dan meng *up date* koefisien filter pada penerima. Oleh karena itu MMSE detektor sedikit lebih kebal terhadap *nar-far*. Detektor MMSE bertujuan menyeimbangkan sinyal user dalam satu metode algoritma dan menghilangkan MAI secara total diharapkan *noise* tidak ikut bertambah. Untuk mengurangi MSE (*mean square error*) pada output transformasi linier dengan cara memaksimalkan SIR (*signal to interference rasio*). Semakin rendahnya MSE maka perbandingan antara sinyal yang didapatkan dengan interferensi menjadi semakin besar, sehingga kinerja sistem akan semakin baik.^[5]

Perancangan Simulasi

Dalam perancangan simulasi ini pertama kali adalah menentukan tata letak *base station* dan tata letak user secara acak, kemudian akan diperoleh jarak antara *base station* dan user dengan jarak yang berbeda. Jarak ini berfungsi untuk menghitung nilai penguatan kanal. Setelah didapatkan nilai penguatan kanal maka akan diperoleh nilai daya transmisi dari masing-masing user. Dari nilai daya transmisi yang diterima oleh *base station* akan menentukan nilai SIR dimana pada simulasi ini digunakan target SIR 4 dB. Diagram alir program simulasi teknik power control secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.

Perhitungan Penguatan Kanal

Untuk mengetahui penguatan kanal, terlebih dahulu harus diketahui jarak antara *base station* dengan user. Sedangkan untuk menghitung jarak antara *base station* dengan user maka terlebih dahulu harus diketahui jarak terdekat user dengan *base station* yang melayaninya. Setelah mengetahui user dilayani oleh *base station* tersebut maka akan diketahui jarak antara user dengan *base station* yang melayani maupun *base station* yang lain.



Gambar 4. Diagram alir program simulasi teknik power control

Pembangkitan PN-Sequence

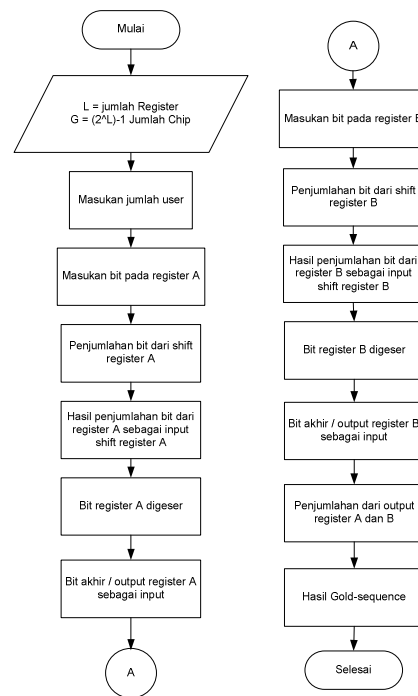
Pada perancangan program simulasi digunakan *gold code* dimana jumlah *chip* yang digunakan adalah 31 *chip*, 63 *chip* dan 127 *chip*. PN *sequence* digunakan untuk memodulasi informasi bit. Pada penelitian ini digunakan PN *sequence* untuk perhitungan daya transmisi *user* dan menentukan nilai SIR. *Gold code* dibentuk dari XOR antara dua buah *m-sequence* kombinasi ini juga disebut *signature sequence*. Jumlah *chip* adalah $(2^n)-1$ dimana n adalah jumlah register. Diagram alir pembangkit *m-sequence* seperti pada gambar 6.

Perhitungan Daya Transmisi

Nilai daya transmisi sangat menentukan nilai dari SIR *user* dimana *near far problem* ini terjadi karena jarak *user* terhadap *base station* yang selalu bergerak/*mobile*. Oleh karena itu daya yang dipancarkan oleh *user* akan selalu berubah sehingga nilai SIR pun juga berubah. Pada awal iterasi, nilai daya transmisi di-inisialisasi sama dengan nol $p_i(0) = 0$. Nilai daya ini akan di *update* secara terus menerus dimana berdasar CDMA-IS 95 pengupdate daya dilakukan tiap 1,25 ms. Daya transmisi *user* dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 5.

Perhitungan Signal to Interference (SIR)

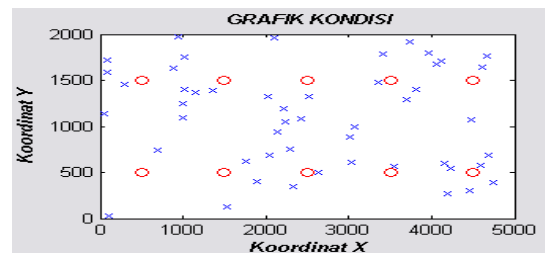
Nilai SIR merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kinerja dari sistem teknik *power control*. Dalam simulasi ini digunakan nilai target SIR=4 dimana berdasar CDMA-IS 95 perbandingan sinyal terhadap interferensi sekitar 6 dB. Nilai SIR ini berhubungan dengan nilai daya yang ditransmisikan oleh *user*.



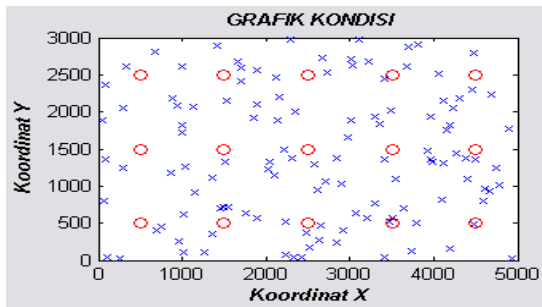
Gambar 6. Diagram alir pembangkitan *m-sequence*

Pengujian Dan Analisis

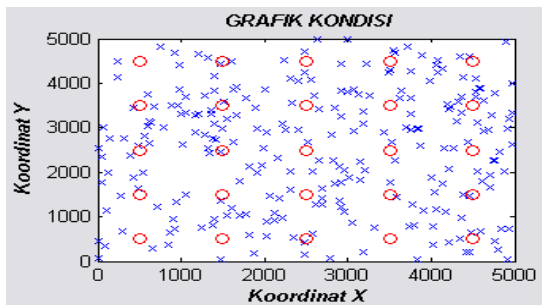
Masing-masing *base station* bertugas memberikan layanan berupa link komunikasi pada setiap pengguna aktif di radius area layanan tertentu. Suatu radius tertentu dari area layanan *base station* ini disebut dengan sebuah sel. Pada simulasi ini diasumsikan *multicell* sistem CDMA dalam bentuk segi empat dengan radius yang digunakan adalah 1000m untuk setiap sel. Sedangkan *variable* jumlah *base station* yang tersedia dan dapat digunakan adalah 10, 15, 25, dan 50. Sedangkan *user* melakukan aktivitas secara *mobile* atau bergerak. Jumlah *user* dapat ditentukan dengan masukan nilai yang diisikan pada *text box* dengan jumlah *user* yang diinginkan, dan letak *user* adalah random. Berikut hasil program simulasi yang menggambarkan letak *base station* (o) dan *user* (x).



Gambar 10 Grafik kondisi 50 *user* dan 10 *base station*



Gambar 11 Grafik kondisi 120 user dan 15 base station



Gambar 12 Grafik kondisi 250 user dan 25 base station

Penghitungan daya total transmisi user

Dalam penghitungan daya transmisi ini perlu dihitung penguatan kanal dan pembangkitkan gold code s_i sebagai kode unik dari pengguna, noise AWGN, target SIR serta koefisien filter c_i . Untuk penguatan kanal h_i , efek *near far* dalam sistem CDMA dinyatakan dalam daya rata-rata yang diterima base station pada pusat sel adalah :

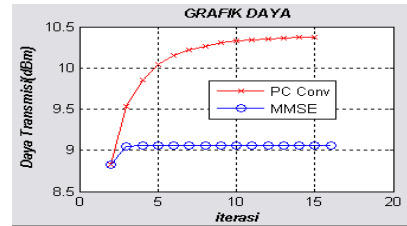
$$h_i = \frac{1}{r_i^\alpha} \quad (7)$$

Dimana r_i adalah jarak antara pengguna ke- i terhadap base station dan α adalah konstanta sesuai hukum *path loss* yaitu antara 2 sampai 5 dan dalam simulasi digunakan nilai $\alpha = 4$.

Dalam teknik *power control*, nilai daya akan dapat diambil oleh base station ketika sudah mencapai nilai target dan konvergen dalam satu titik. Daya dari pengguna dengan memanfaatkan teknik *power control* maka daya pengguna ini akan dinaikkan atau diturunkan hingga mencapai nilai target SIR sehingga kapasitas sistem dapat dioptimalkan.

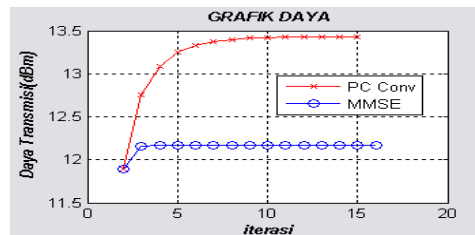
a. Analisis daya transmisi berdasarkan pengaruh jumlah user

1. Jumlah user 50, base station 10, chip 63



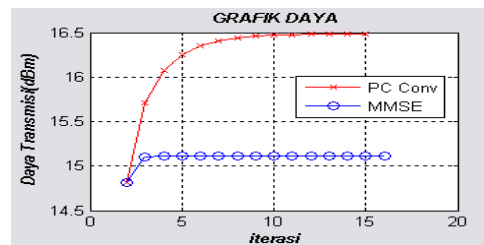
Gambar 13 Grafik daya 50 user dan 10 base station

2. Jumlah user 120, base station 10, Jumlah chip 127.



Gambar 14 Grafik daya 120 user dan 10 base station

3. Jumlah user 250, base station 10, chip 255.



Gambar 15 Grafik daya 250 user dan 10 base station

Dari pengamatan ketiga gambar grafik daya di atas berdasarkan jumlah user dengan iterasi sebanyak 15, dari gambar 13 grafik daya dengan jumlah user 50 dan 10 base station daya transmisi total untuk *power control* konvensional mencapai konvergen level 10,4 dBm di iterasi ke 15 dan untuk teknik MMSE mencapai konvergen pada level 9,1 dBm di iterasi ke 3. Sedangkan pada pengamatan gambar 14 dengan jumlah user 120 dan 10 base station grafik daya total transmisi *power control* konvensional mencapai konvergen 13,4 dBm di iterasi ke 10 dan untuk teknik MMSE mencapai konvergen level 12,3 dBm di iterasi ke 3. kemudian untuk pengamatan gambar 15 dengan jumlah user 250 dan 10 base station grafik daya transmisi dengan jumlah user 250 daya total transmisi *power control* konvensional mencapai konvergen level 16,5 dBm di iterasi ke 7 dan daya transmisi untuk teknik MMSE mencapai konvergen level 15,1 dBm di iterasi ke 3.

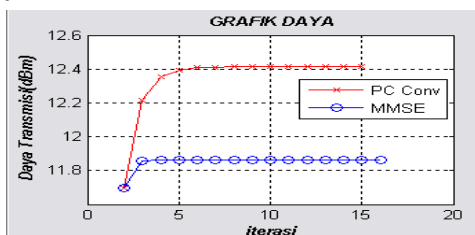
Sehingga dapat disimpulkan dari ke tiga grafik daya total transmisi diatas dengan jumlah *user* yang bervariasi yaitu 50, 120 dan 250, dengan jumlah *user* yang semakin meningkat akan mempengaruhi nilai daya total transmisi selain itu akan lebih lama mencapai konvergen atau titik kesetabilan sehingga akan berpengaruh pada nilai daya total transmisi.

Tabel 1 Daya transmisi pengguna berdasarkan pengaruh jumlah *user*

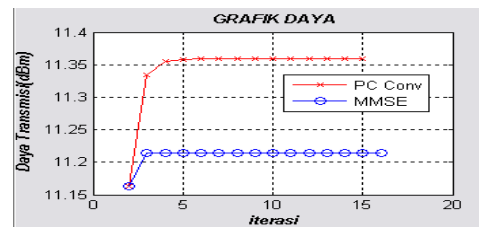
No	Jumlah <i>user</i>	Jumlah BS	Jumlah Chip	Level Daya	
				PC	MMSE
1	50	10	63	10,4 dBm	9,1 dBm
2	70	10	127	11,1 dBm	10,7 dBm
3	90	10	127	12,1 dBm	11,4 dBm
4	120	10	127	13,7 dBm	12,4 dBm
5	140	10	255	14,39dBm	13,81dBm
6	160	10	255	14,7 dBm	14,1 dBm
7	180	10	255	15,4 dBm	14,5 dBm
8	200	10	255	15,7 dBm	14,7 dBm
9	220	10	255	16,4 dBm	15,3 dBm
10	250	10	255	16,7 dBm	15,4 dBm

Berdasarkan Tabel 1 di atas dapat dibuktikan kembali dengan jumlah *base station* tetap (10) diketahui bahwa teknik MMSE memiliki daya total transmisi yang rendah pada setiap simulasi dengan peningkatan jumlah *user* dibandingkan daya transmisi teknik *power control* konvensional. Selain itu dapat disimpulkan bahwa jumlah *user* juga sangat berpengaruh dalam menentukan kinerja parameter SIR dan daya transmisi pada penggunaan *power control* konvensional dan teknik MMSE, Semakin besar jumlah *user* aktif dalam suatu sel semakin besar level daya transmisi sehingga akan nilai SIR akan menurun.

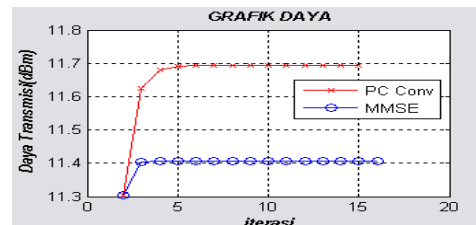
b. Analisis daya transmisi berdasarkan pengaruh jumlah *base station*



Gambar 16 Grafik daya 100 user dan 15 base station



Gambar 17 Grafik daya 100 user dan 25 base station



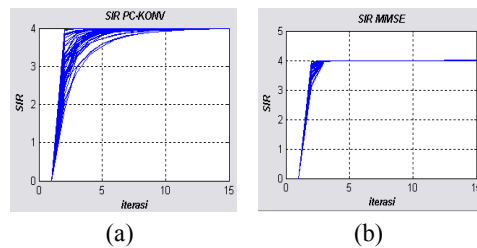
Gambar 18 Grafik daya 100 user dan 50 base station

Dari pengamatan ketiga gambar grafik daya berdasarkan jumlah *base station* dengan iterasi sebanyak 15, dari gambar 16 grafik daya dengan jumlah *user* 100 dan 15 *base station* daya total transmisi yang dicapai *power control* konvensional mencapai konvergensi pada level 12,4 dBm diiterasi ke 6 dan untuk teknik MMSE mencapai konvergensi pada level 11,7 dBm diiterasi ke 3. Sedangkan pada pengamatan gambar 17 dengan jumlah *user* 100 dan 25 *base station*, grafik daya total transmisi *power control* konvensional mencapai konvergensi level 11,7 dBm diiterasi ke 6 dan untuk teknik MMSE mencapai konvergensi level 11,4 dBm di iterasi ke 3. Kemudian untuk pengamatan gambar 18 grafik daya transmisi dengan jumlah *base station* 50 daya total transmisi mengalami penurunan dibanding dengan pengamatan grafik sebelumnya yaitu mencapai konvergensi level 11,3 dBm di iterasi ke 6 untuk teknik *power control* konvensional sedangkan daya transmisi untuk teknik MMSE mencapai konvergensi level 11,2 dBm di iterasi ke 3.

Dapat disimpulkan dari ke tiga grafik daya total transmisi diatas berdasarkan peningkatan jumlah *base station* yang bervariasi yaitu 15, 25 dan 50, dengan jumlah peningkatan *base station* mempengaruhi nilai daya total transmisi, pada saat jumlah *base station* sedikit, maka daya total transmisi akan lebih besar dari pada jumlah *base station* lebih banyak. Dengan peningkatan jumlah *base station* maka daya total transmisi akan lebih kecil dan cepat mencapai konvegen atau akan mencapai kestabilan pada satu titik. Nilai daya pancar dari pengguna ini sangat kecil sekali.

c. Analisis nilai SIR berdasarkan pengaruh jumlah *user*

1. Jumlah *user* 50, Jumlah *base station* 10, Jumlah *chip* 63.

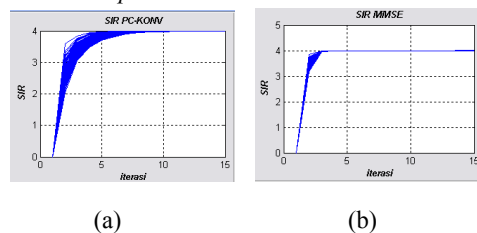


Gambar 19

- (a) Grafik SIR *power control* konvensional, 50 *user* dan 10 *base station*
- (b) Grafik SIR teknik MMSE, 50 *user* dan 10 *base station*

Dari pengamatan gambar 19 (a) grafik SIR teknik *power control* konvensional dan (b) grafik SIR teknik MMSE dapat dianalisa bahwa SIR teknik *power control* konvensional nilai SIR sudah mencapai level konvergensi yaitu level 4 (~6dB), tetapi nilai konvergensi tersebut terjadi diiterasi ke 14 dalam hal ini membutuhkan waktu dan iterasi yang panjang untuk mendapatkan nilai target konvergen atau titik kesetabilan yang diharapkan. Kemudian pada pengamatan grafik SIR (b) teknik MMSE nilai SIR mencapai level konvergen di level 4 (~6dB) pada iterasi ke 3 dalam hal ini waktu yang di butuhkan untuk mendapatkan kesempurnaan membutuhkan waktu singkat. Jadi dapat diambil kesimpulan teknik MMSE lebih unggul dibandingkan pada teknik *power control* konvensional karena konvergen yang diperoleh lebih cepat.

2. Jumlah *user* 120, Jumlah *base station* 10, Jumlah *chip* 127.



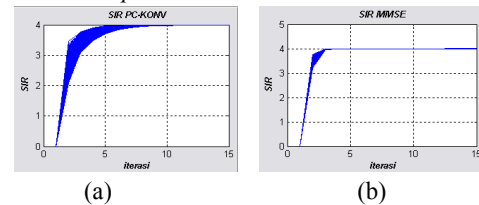
Gambar 20

- (a) Grafik SIR *power control* konvensional, 120 *user* dan 10 *base station*
- (b) Grafik SIR teknik MMSE, 120 *user* dan 10 *base station*

Pada gambar 20 (a) grafik SIR teknik *power control* konvensional dan (b) grafik SIR teknik MMSE dapat dianalisa bahwa SIR teknik *power control* konvensional nilai SIR sudah mencapai level konvergen atau

titik setabil yaitu level 4 (~6dB), tetapi nilai konvergensi tersebut didapat diiterasi ke 11 dalam hal ini membutuhkan waktu dan iterasi yang panjang untuk mendapatkan nilai konvergen atau titik kesetabilan. Dan untuk pengamatan gambar 20 (b) grafik SIR teknik MMSE nilai SIR sudah mencapai level target level 4 (~6dB) di iterasi ke 3 dalam hal ini waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan kesempurnaan membutuhkan waktu yang singkat. Jadi dapat diambil kesimpulan teknik MMSE lebih unggul dibandingkan pada teknik *power control* konvensional.

1. Jumlah *user* 250, Jumlah *base station* 10, Jumlah *chip* 255.



Gambar 21

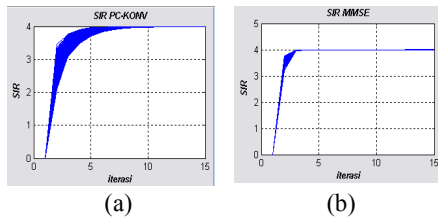
- (a) Grafik SIR *power control* konvensional, 250 *user* dan 10 *base station*
- (b) Grafik SIR teknik MMSE, 250 *user* dan 10 *base station*

Pada gambar 21 yaitu (a) grafik SIR teknik *power control* konvensional dan (b) grafik teknik MMSE dapat dianalisa bahwa SIR teknik *power control* konvensional dan teknik MMSE tidak jauh beda dengan gambar 19 dan 20 pencapaian target SIR mencapai konvergen sempurna di level 4 (~6dB), tetapi konvergen atau nilai kesetabilan yang didapat lebih cepat teknik MMSE yaitu di level 4 pada iterasi ke 3 sedangkan teknik *power control* konvensional mencapai kesetabilan di iterasi ke 11.

Dari ketiga gambar diatas dapat disimpulkan dengan jumlah *user* 50, 120 dan 250 grafik SIR teknik MMSE lebih unggul lebih cepat mencapai konvergen atau lebih cepat mencapai titik kesetabilan selain itu keunggulan lain pada teknik MMSE yaitu melakukan peng-update-an pada koefisien filter sehingga kebal terhadap interferensi, dibandingkan teknik *power control* konvensional untuk mencapai target SIR diperlukan waktu atau iterasi yang lebih lama bahkan nilai SIR ini tidak bisa dicapai. Ini disebabkan semakin banyak pengguna maka semakin banyak sinyal interferensi yang ditimbulkan karena pada teknik *power control* pengguna lain yang tidak dikehendaki dianggap sebagai penginterferer yang akan menurunkan kinerja dari sistem CDMA.

d. Analisa SIR berdasarkan pengaruh jumlah *base station*

1. Jumlah *user* 250, Jumlah *base station* 10, Jumlah *chip* 255.



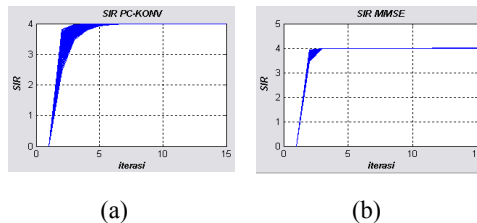
Gambar 22

(a) Grafik SIR *power control* konvensional, 250 *user* dan 10 *base station*

(b) Grafik SIR teknik MMSE, 250 *user* dan 10 *base station*

Dari pengamatan gambar 22 (a) grafik SIR teknik *power control* konvensional dan (b) grafik SIR teknik MMSE dapat dianalisa bahwa SIR teknik *power control* konvensional nilai SIR sudah mencapai level konvergensi yaitu level 4 (~6dB), tetapi nilai konvergensi tersebut terjadi diiterasi ke 11 dalam hal ini membutuhkan waktu dan iterasi yang panjang untuk mendapatkan nilai konvergen atau titik kesetabilan yang diharapkan. Kemudian pada pengamatan gambar (b) grafik SIR teknik MMSE nilai SIR mencapai level konvergen di level 4 (~6dB) pada iterasi ke 3 dalam hal ini waktu yang di butuhkan untuk mendapatkan kesempurnaan membutuhkan waktu singkat. Jadi dapat diambil kesimpulan teknik MMSE lebih unggul dibandingkan pada teknik *power control* konvensional karena konvergen yang diperoleh lebih cepat.

2. Jumlah *user* 250, Jumlah *base station* 25, Jumlah *chip* 255.



Gambar 23

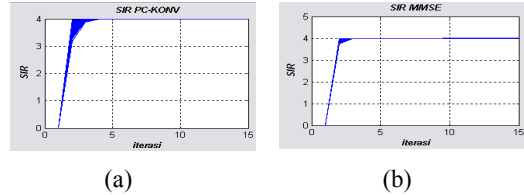
(a) Grafik SIR *power control* konvensional, 250 *user* dan 25 *base station*

(b) Grafik SIR teknik MMSE, 250 *user* dan 25 *base station*

Pada gambar grafik 23 (a) grafik SIR teknik *power control* konvensional dan (b) grafik SIR teknik MMSE, kedua teknik tersebut sudah mencapai konvergensi yang diinginkan yaitu level 4 (~6dB) sesuai dengan standart sistem CDMA. Tetapi kedua teknik tersebut memiliki perbedaan pada pencapaian konvergen atau titik kesetabilan dimana teknik MMSE mencapai konvergen lebih cepat yaitu konvergen di iterasi ke 3 sedangkan konvergen teknik *power control* terjadi pada iterasi ke 7 ini diakibatkan sema-

kin banyaknya *user* maka semakin banyak sinyal interferensi sehingga akan menurunkan kinerja sistem CDMA. Selain itu teknik MMSE juga memiliki keunggulan mengupdate nilai koefisien sehingga kebal terhadap interferensi yang cenderung mengganggu.

3. Jumlah *user* 250, Jumlah *base station* 50, Jumlah *chip* 255



Gambar 24

(a) Grafik SIR *power control* konvensional, 250 *user* dan 50 *base station*

(b) Grafik SIR teknik MMSE, 250 *user* dan 50 *base station*

Dari gambar 24, yaitu (a) grafik SIR teknik *power control* konvensional dan (b) grafik SIR teknik MMSE, kedua teknik tersebut sudah mencapai konvergensi yang diinginkan yaitu level 4 (~6dB) sesuai dengan standart sistem CDMA. dari hasil simulasi berdasarkan penambahan jumlah *base station* dari gambar 22, gambar 23 dan gambar 24 pada masing-masing grafik SIR *power control* konvensional dapat disimpulkan semakin banyak penambahan jumlah *base station* akan semakin cepat mencapai titik konvergen sehingga kinerja sistem akan maksimal dan daya yang ditransmisikan juga semakin kecil. Sedangkan untuk teknik MMSE mampu mencapai konvergensi lebih cepat karena dalam teknik ini memiliki kemampuan meng-update koefisien filter sehingga kebal terhadap interferensi sehingga kinerja sistem akan lebih baik.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak *user* yang ada dalam suatu area layanan *base station*, makin naik daya transmisi total terbukti dengan jumlah *user* 50 daya total mencapai 10,4 dBm pada teknik *power control* konvensional sedang untuk teknik MMSE mencapai 9,1 dBm. Kemudian dengan jumlah *user* 120 daya total teknik *power control* konvensional mencapai 13,4 dBm dan teknik MMSE mencapai 12,3 dBm. Dan untuk jumlah *user* 250 daya total mencapai 16,5 dan teknik MMSE mencapai 15,1 dBm terbukti bahwa dengan bertambahnya jumlah *user* daya transmisi akan naik sehingga akan berpengaruh pada nilai SIR.
2. Bertambahnya jumlah *user* akan mempengaruhi pencapaian konvergensi/titik kesetabilan terbukti pada teknik *power control* konvensional dengan jumlah *user* 50, 120 dan 250. Nilai SIR sudah mencapai target standart CDMA level 4(~6dBm) tetapi pencapaian konvergensi tidak dapat mem-

butuhkan waktu yang lama seiring bertambahnya jumlah *user*, dibandingkan pada teknik MMSE konvergensi didapat pada iterasi ke 3, jadi teknik MMSE lebih unggul dibanding teknik *power control* konvensional.

3. Semakin banyak penambahan *base station* akan menurunkan daya total transmisi terbukti dengan jumlah *base station* 15 daya total pada teknik *power control* konvensional mencapai 12,4 dBm sedang untuk teknik MMSE mencapai 11,7 dBm. Kemudian dengan jumlah *base station* 25 daya total mengalami penurunan. Untuk teknik *power control* konvensional mencapai 11,7 dBm dan teknik MMSE mencapai 11,4 dBm. Dan untuk jumlah *base station* 50 daya total mencapai 11,3 dBm dan teknik MMSE mencapai 11,2 dBm terbukti bahwa dengan bertambahnya jumlah *base station* daya transmisi akan menurun sehingga akan berpengaruh pada nilai SIR.
4. Bertambahnya jumlah *base station* akan mempengaruhi pencapaian konvergensi/titik kesetabilan terbukti pada teknik *power control* konvensional dengan jumlah *base station* 10, 15, 25 dan 50. Nilai SIR sudah mencapai target standart CDMA level 4 (~6dBm) dengan pencapaian konvergensi yang semakin cepat dengan penambahan *base station*.
5. Teknik MMSE (*Minimum Mean Square Error*) mampu mencapai konvergensi SIR maupun daya transmisi secara lebih cepat dan lebih tinggi di banding teknik *power control* konvensional.
6. Teknik MMSE (*Minimum Mean Square Error*) mampu menekan level daya transmisi total menjadi lebih rendah di banding teknik *power control* konvensional. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam hal efektifitas sistem, teknik MMSE lebih unggul di banding teknik *power control* konvensional.

Daftar Pustaka

- Freeman, Roger L, 1998, *Telecommunication Transmission Handbook*, A Wiley Interscience Publication.
- Glisic, Savo G., 2003, *Adaptive WCDMA Theory and Practice*, John Wiley & Sons Ltd, England.
- Moshavi, Simon; Bellcore, 1996, *Multi-User Detection for DS-SS Communication*, IEEE Communication Magazine October.
- Stuber, Gordon L, 2002, *Principles of Mobile Communication Second Edition*, Kluwer Academic Publisher.
- Ulkus, Sennur dan Roy D, 2002, *Adaptive Power Control and MMSE Interference Suppression*, EEL 6503 course note.
- Viterbi, Andrew J, 1995, *Principle of Spread Spectrum Communication*, Addison-Wesley Publishing Company.

