

ANALISIS KAPASITAS TRAFIK REVERSE LINK MENGUNAKAN KONTROL DAYA PADA SISTEM CDMA

Nia Asianti, L2F099624

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstrak - Dengan semakin meningkatnya pengguna komunikasi bergerak pada sistem CDMA (Code Division Multiple Access) yang menggunakan spektrum frekuensi yang sama, dapat menyebabkan interferensi antar pengguna cukup tinggi. Berbagai macam cara, seperti sektorisasi, keaktifan suara, dan kendali daya (power control) digunakan dalam sistem CDMA dengan tujuan untuk mengurangi interferensi antar pengguna.

Salah satu cara untuk mengurangi interferensi adalah dengan kendali daya (power control), yang menggunakan standar deviasi (error power control) untuk memperkirakan nilai faktor reduksi error power control ($F(\beta, \sigma)$) dan kapasitas trafik reverse link pada sistem CDMA. Dimana secara teori dengan berkurangnya nilai standar deviasi (error power control), akan meningkatkan faktor reduksi ($F(\beta, \sigma)$), sehingga kapasitas trafik reverse link pada sistem CDMA akan meningkat pula.

Dalam tugas akhir ini dibuat simulasi tentang analisis kapasitas trafik reverse link menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA, dengan perubahan beberapa parameter yang mempengaruhinya. Dari hasil simulasi diperoleh hasil untuk jari-jari sel 30 km, jarak antara MS dengan BS 5 km, sudut yang dibentuk MS 0 derajat, eksponen path loss 0,1, jumlah sektor antena 1, sudut overlap antena 0 derajat, daya pancar MS 2 dBm, rata-rata kedatangan call 50 call/jam/sel, rata-rata holding time 100 detik, keaktifan suara 0,1, energi bit per interferensi 5 dB, standar deviasi (error power control) 0 dB, dan probabilitas blocking 0,001, menghasilkan kapasitas trafik reverse link pada sistem CDMA sebesar 240,8557 Erlang.

Kata kunci : kontrol daya (power control), faktor reduksi error power control ($F(\beta, \sigma)$), standar deviasi (error power control), kapasitas trafik reverse link pada sistem CDMA

1. PENDAHULUAN

Pada sistem CDMA (Code Division Multiple Access) semua pengguna memakai spektrum frekuensi yang sama. Dengan demikian interferensi antar pengguna cukup tinggi.

Salah satu cara untuk mengurangi interferensi adalah dengan kontrol daya (power control), yang menggunakan standar deviasi (error power control) untuk memperkirakan nilai faktor reduksi error power control ($F(\beta, \sigma)$) dan kapasitas trafik reverse link pada sistem CDMA. Faktor reduksi error power control adalah faktor yang mereduksi kesalahan yang terjadi pada kontrol daya (ditentukan dengan standar deviasi). Sedangkan kapasitas trafik reverse link pada sistem CDMA adalah jumlah beban trafik rata-rata yang ditinjau dari jumlah rata-rata pemakai yang meminta pelayanan komunikasi berdasarkan probabilitas blockingnya.

1.1. Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas trafik reverse link menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA.

2. Sistem Komunikasi Bergerak CDMA

Sistem selular dewasa ini berkembang cukup pesat. Bila dilihat dari metode akses yang digunakan, pada dasarnya ada tiga sistem selular, yaitu sistem selular yang menggunakan metode akses FDMA (Frequency Division Multiple Access), metode akses TDMA (Time Division Multiple Access), dan metode akses CDMA (Code Division Multiple Access).

CDMA (Code Division Multiple Access) adalah teknik modulasi dan multiple access berdasarkan teknik spread spectrum direct sequence dimana pengiriman sinyal menduduki lebar pita frekuensi melebihi spektrum minimal yang dibutuhkan.

2.1. Kontrol Daya

Power Control atau kontrol daya meliputi kontrol daya uplink dan kontrol daya downlink. Kontrol daya downlink digunakan untuk memperbesar kapasitas sistem, sedangkan uplink digunakan untuk mengontrol hubungan dan batas threshold penerimaan MS. Pada kanal uplink kontrol daya yang digunakan kombinasi kontrol daya loop tertutup dan loop terbuka mendeteksi daya sinyal yang diterima dari MS.

2.2. Kapasitas Seluler CDMA

2.2.1. Kapasitas Sel Tunggal CDMA

Kapasitas sel tunggal CDMA dapat dianalisa dengan tanpa memperhatikan interferensi dari sel-sel lain. Dengan mengasumsikan kontrol daya ideal, seluruh sinyal yang diterima MS berada pada level yang sama. Untuk n buah MS yang aktif, BS akan menerima sinyal yang diinginkan dengan daya S dan sebanyak $(n-1)$ sinyal *noise* dengan daya sebesar S pula.

Sehingga kapasitas sel tunggal CDMA diberikan oleh persamaan:

$$n = \frac{W/R}{(E_b/N_o)} - (I/S) + 1 \quad (2.1)$$

Dengan:

- n = Kapasitas sel
- X = *Voice activator*
- W = *Bandwidth*
- R = *Bit rate*
- E_b/N_o = Energi bit per *noise*
- S = Level sinyal penerimaan
- η = *Background thermal noise*

2.2.2. Kapasitas Multisel CDMA

Untuk menghitung kapasitas multisel CDMA, interferensi dari sel lain (I) serta interferensi dari sel sendiri harus diperhitungkan yang dapat dinyatakan dengan:

$$n = \frac{W/R}{(E_b/N_o)} - (\eta/S) - (I/S) + 1 \quad (2.2)$$

dengan I adalah interferensi eksternal dari sel-sel sekitarnya.

2.3. Kapasitas Reverse Link Pada Sistem CDMA

2.3.1. Probabilitas blocking pada sistem CDMA

Probabilitas *blocking* ($P_{Blocking}$) adalah probabilitas dari pengguna baru yang tidak mendapatkan pelayanan karena kanal sedang sibuk yang biasanya ditandai dengan nada sibuk.

Pada beberapa sistem komunikasi *multiuser*, yang menjadi tujuan dalam komunikasi bukanlah banyaknya sejumlah *user* yang dapat dilayani pada waktu bersamaan, melainkan bagaimana mendapatkan kualitas yang baik dari komunikasi tersebut, sedangkan pelayanannya sangat terbatas dikarenakan probabilitas *blockingnya*.

Pada semua sistem *multiuser*, *blocking* dapat terjadi ketika semua slot frekuensi atau

slot waktu telah dipakai untuk komunikasi. Pada CDMA *blocking* ditentukan kerapatan spektral dari total interferensi daya yang diakibatkan oleh aktifnya MS secara serentak baik di dalam BS0 maupun di luar BS0 (I_o). Interferensi daya yang diakibatkan aktifnya MS secara serentak tersebut jauh lebih besar dari pada kerapatan spektral *background noise* (N_o). Interferensi ini akan meningkat seiring bertambahnya *user* dengan pesat, hal ini menyebabkan potensi dari sistem tersebut tidak stabil. Sehingga *blocking* pada CDMA terus meningkat.

2.3.2. Kapasitas Trafik Reverse Link menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA

Kapasitas trafik adalah jumlah beban trafik rata-rata yang ditinjau dari jumlah rata-rata pemakai yang meminta pelayanan komunikasi berdasarkan probabilitas *blockingnya*.

Pada hubungan *reverse link* sistem CDMA, kapasitas dibatasi oleh *blocking*, dikarenakan sejumlah *user* yang berada pada selnya sendiri maupun sel lain mempunyai kerapatan spektral dari total interferensi daya (I_o) jauh lebih besar dari pada kerapatan spektral *background noise* (N_o).

Kontrol daya adalah teknik yang mengatur daya transmisi pada BS dan MS dengan level minimum yang diperlukan untuk performansi yang sesuai. Pada *reverse link*, kontrol daya digunakan untuk mengatur daya pancar MS.

Kontrol daya pada sistem seluler CDMA bergantung pada algoritma kontrol daya, kecepatan sistem adaptif kontrol daya, jarak *transmitter* (BS) dengan *receiver* (MS), ruang distribusi *user*, dan kondisi propagasi. Oleh karena banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut beserta efeknya, besarnya daya sinyal dapat ditentukan dengan distribusi log normal berdasarkan nilai standar deviasinya. Berikut adalah kontrol daya berdasarkan nilai standar deviasinya:^[10]

- Kontrol Daya Sempurna (*Perfect Power Control*)
Kontrol daya dimana MS dikontrol dengan kontrol daya sempurna sehingga setiap BS menerima daya dari setiap MS dengan level daya yang sama, dengan standar deviasi 0 dB.
- Kontrol Daya Tidak Sempurna (*Imperfect Power Control*)
Kontrol daya dimana MS dikontrol dengan mengontrol nilai E_b/I_o yang diinginkan, yaitu sesuai dengan distribusi log-normal dengan standar

deviasi pada range 1-4 dB, sehingga level daya yang diterima BS sesuai dengan level daya yang diinginkan.

- Tanpa Kontrol Daya (*Without Power Control*)

Daya pada MS tidak dikontrol, sehingga setiap BS menerima daya dari setiap pengguna/MS dengan level daya yang jauh berbeda, dengan standar deviasi lebih dari 4 dB.

Kapasitas trafik *reverse link* menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA (CE) adalah sebagai berikut:^{[1][12]}

$$CE = \frac{(1 - \eta)(W/R)F(B, \sigma)}{\alpha(1 + f)(E_b/I_o)} GA \quad (2.3)$$

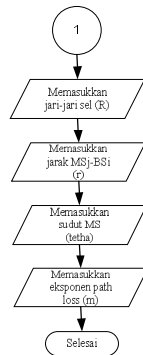
Dengan:

- η = Ratio interferensi to *noise*
- W = Lebar *bandwidth* (12,5 MHz).
- R = Kecepatan data (9,76 kb/s).
- $F(B, \sigma)$ = Faktor reduksi
- α = Keaktifan suara
- f = Faktor interferensi *eksternal*
- E_b/I_o = Energi bit per interferensi (dB)
- GA = Gain antenna

3. PERANCANGAN SISTEM ANALISIS KAPASITAS TRAFIK REVERSE LINK MENGGUNAKAN KONTROL DAYA PADA SISTEM CDMA

3.1. Perhitungan Faktor Interferensi (f)

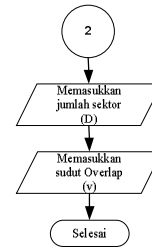
Diagram alir cara menghitung faktor interferensi adalah seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir perhitungan faktor interferensi (f)

3.2. Perhitungan Gain Antena (GA)

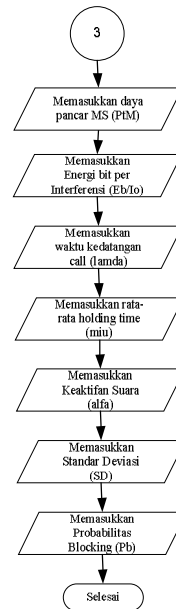
Diagram alir cara menghitung gain antenna adalah seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram alir perhitungan gain antenna (GA)

3.3. Perhitungan Kapasitas Trafik Reverse Link menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA (CE)

Diagram alir cara menghitung kapasitas trafik *reverse link* menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA (CE) adalah seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir perhitungan kapasitas trafik reverse link menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA (CE)

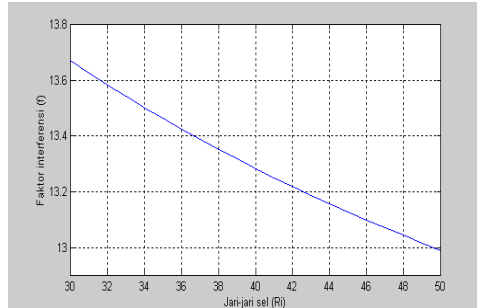
4. ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Pengujian dilakukan dengan metode analisis terhadap hasil perhitungan kapasitas trafik *reverse link* CDMA. Parameter-parameter masukan berupa jari-jari sel (R), jarak antara MSj dengan BSi (r), sudut yang dibentuk MS (θ), eksponen *path loss* (m), sudut *overlap* antenna (v), jumlah sektor antenna (D), daya pancar MS (PtM), rata-rata kedatangan *call* (λ), rata-rata *holding time* (μ), keaktifan suara (α), energi bit per interferensi (E_b/I_o), standar deviasi (σ) dan probabilitas *blocking* (P_b) yang nilainya dapat diubah-ubah sehingga dapat dihitung nilai kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA (CE).

4.1. Perhitungan Faktor Interferensi

Perhitungan faktor interferensi untuk kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA yaitu dengan memilih data masukan jari-jari sel (R_i), jarak antara MSj dengan BSi (r), sudut yang dibentuk MS (θ), dan eksponen *path loss* (m).

Dengan memasukkan parameter $r=5$ km, $\theta=0$ derajat, dan $m=0$, dapat dibuat grafik hubungan hasil perhitungan faktor interferensi (f) terhadap jari-jari sel (R_i), seperti pada gambar berikut:



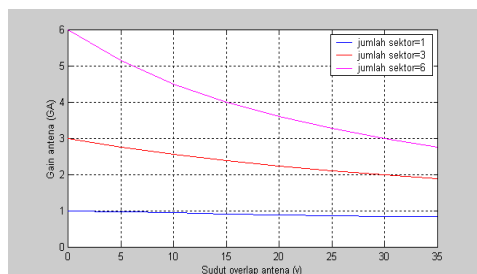
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara faktor interferensi (f) terhadap jari-jari sel (R_i) untuk nilai $r=5$ km, $\theta=0$ derajat, dan $m=0,1$

4.2. Perhitungan Gain Antena

Perhitungan Gain antena untuk kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA yaitu dengan memilih data masukkan jumlah sektor antena (D) dan sudut *overlap* antena (v). Nilai gain antena (GA) dihitung dengan rumus perhitungan:

$$GA = \frac{1}{\left(\frac{1}{D}\right) + \left(\frac{2v}{360}\right)}$$

Dari rumus perhitungan di atas dapat dibuat grafik gain antena (GA) terhadap sudut *overlap* antena (v), seperti pada Gambar berikut:



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara gain antena (GA) terhadap sudut *overlap* antena (v)

4.3. Perhitungan Kapasitas Trafik Reverse Link pada sistem CDMA

Perhitungan kapasitas trafik *reverse link* CDMA yaitu dengan memilih data masukan daya pancar MS (P_tM), rata-rata kedatangan *call* (λ), rata-rata *holding time* (μ),

keaktifan suara (α), energi bit per interferensi (E_b/I_o), standar deviasi (σ) dan probabilitas *blocking* (P_b).

Dengan menentukan parameter yang bersifat konstan yaitu *bandwidth* ($W=12500000$ Hz), kecepatan data ($R=9,76$ kb/s), *background thermal noise* ($N_o = -166$ dBm) dan memilih masukan parameter utama kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA (CE) yaitu jari-jari sel ($R_i=30$ km), jarak antara MSj dengan BSi ($r=5$ km), sudut yang dibentuk MS ($\theta=0$ derajat), eksponen *path loss* ($m=0,1$), jumlah sektor antena ($D=1$), sudut *overlap* antena ($v=0$ derajat), daya pancar MS ($P_tM=2$ dBm), rata-rata kedatangan *call* ($\lambda=50$ call/jam/sel), rata-rata *holding time* ($\mu=100$ detik), keaktifan suara ($\alpha=0,1$), energi bit per interferensi ($E_b/I_o=5$ dB), standar deviasi ($\sigma=0$ dB) dan probabilitas *blocking* ($P_b=0,001$) diperoleh hasil dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

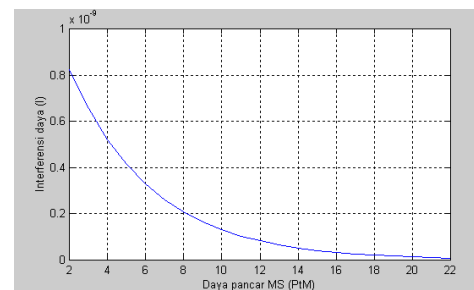
- Daya yang diterima MS

$$P_rM = -P_tM - 73$$
- Perhitungan *user* tiap sel

$$ku = (\lambda/3600)\mu$$
- Perhitungan interferensi daya

$$I = ((ku - 1)(1 + f)P_rM) + (N_o \cdot W)$$

Dengan rumus perhitungan tersebut, untuk nilai daya yang dipancarkan MS (P_tM) yang berbeda didapatkan grafik hubungan antara interferensi daya terhadap daya yang dipancarkan MS (P_tM) seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara interferensi daya (I) terhadap daya pancar MS (P_tM) untuk nilai $\lambda=100$ call/jam/sel dan $\mu=100$ detik

- Perhitungan kerapatan interferensi daya yang diterima

$$I_o = I/W$$
- Perhitungan ratio interferensi to noise

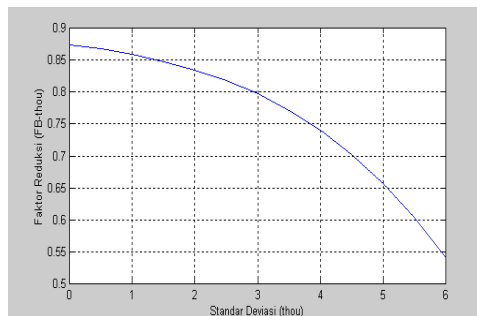
$$\eta = N_o/I_o$$
- Perhitungan Jumlah kanal yang dipakai

$$K_o = ((W/R)(1 - \eta))/(E_b/I_o)$$

- Perhitungan Faktor Reduksi

$$\begin{aligned} InvQuad &= 2(\operatorname{erf}^{-1}(1 - (2P_b)^{1/2})) \\ B &= InvQuad / K_o \\ \beta &= \log(10)/10 \\ a &= e^{-(\beta \times \sigma)^2 / 2} \\ b &= (B/2)e^{3(\beta \times \sigma)^2 / 2} \\ c &= \sqrt{(1 + (4e^{-3(\beta \times \sigma)^2 / 2}) / B)} \\ F(B, \sigma) &= a(1 + b(1 - c)) \end{aligned}$$

Dengan rumus perhitungan tersebut, dengan nilai $\lambda=100$ call/jam/sel, $\mu=100$ detik, $E_b/I_o=5$ dB, $P_tM=2$ dBm, dan $P_b=0,001$ didapatkan grafik hasil perhitungan seperti pada Gambar 4.4.

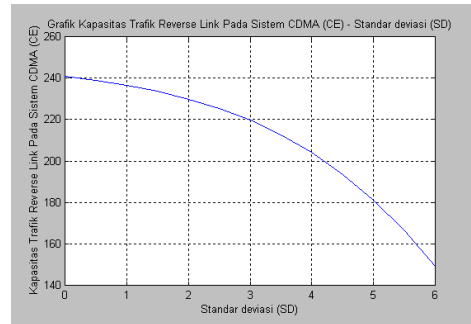


Gambar 4.4. Grafik hubungan antara faktor reduksi ($F(B, \sigma)$) terhadap standar deviasi (σ) untuk nilai $P_tM=2$ dBm, $\lambda=100$ call/jam/sel, $\mu=100$ detik, $E_b/I_o=5$ dB, dan $P_b=0,001$

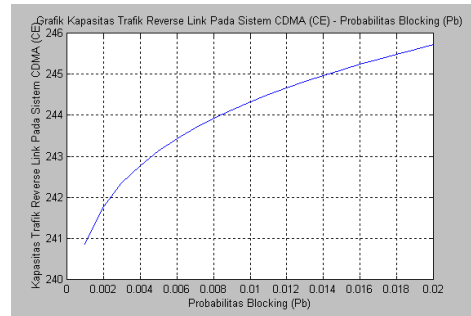
- Perhitungan kapasitas trafik *reverse link* CDMA

$$CE = (K_o \times F(B, \sigma) \times GA) / (\alpha(1 + f))$$

Apabila dipilih parameter utama dengan nilai jari-jari sel ($R_i=30$ km), jarak antara MSj dengan BSi ($r=5$ km), sudut yang dibentuk MS ($\theta=0$ derajat), eksponen *path loss* ($m=0,1$), jumlah sektor antenna ($D=1$), sudut *overlap* antenna ($v=0$ derajat), daya pancar MS ($P_tM=2$ dBm), rata-rata kedatangan *call* ($\lambda=50$ call/jam/sel), rata-rata *holding time* ($\mu=100$ detik), keaktifan suara ($\alpha=0,1$), energi bit per interferensi ($E_b/I_o=5$ dB), standar deviasi ($SD=0$ dB), dan probabilitas blocking ($P_b=0,001$), maka tampilan grafik kapasitas trafik *reverse link* CDMA (CE) adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5. Tampilan grafik kapasitas trafik *reverse link* CDMA (CE) terhadap standar deviasi (SD) untuk nilai parameter utama $R_i=30$ km, $r=5$ km, $\theta=0$ derajat, $m=0,1$, $D=1$, $v=0$ derajat, $P_tM=2$ dBm, $\lambda=50$ call/jam/sel, $\mu=100$ detik, $\alpha=0,1$, $E_b/I_o=5$ dB, dan $P_b=0,001$.



Gambar 4.6. Tampilan grafik kapasitas trafik *reverse link* CDMA (CE) terhadap probabilitas *blocking* untuk nilai parameter utama $R_i=30$ km, $r=5$ km, $\theta=0$ derajat, $m=0,1$, $D=1$, $v=0$ derajat, $P_tM=2$ dBm, $\lambda=50$ call/jam/sel, $\mu=100$ detik, $\alpha=0,1$, $E_b/I_o=5$ dB, dan $\sigma=0$ dB dBm.

Pada Gambar 4.5 kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA (CE) akan semakin kecil seiring dengan kenaikan standar deviasi (*error power control*).

Sedangkan pada Gambar 4.10 terlihat bahwa semakin besar nilai probabilitas *blocking* (P_b), semakin besar pula kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA (CE). Pada sistem CDMA *blocking* terjadi apabila tingkat interferensi daya (I) meningkat. Meningkatnya interferensi daya ini disebabkan karena banyaknya jumlah *call* yang datang.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari simulasi tentang kapasitas trafik *reverse link* menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA (CE), diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Kapasitas trafik *reverse link* menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA (CE) untuk daya pancar MS ($P_tM=2$ dBm), energi bit per interferensi ($E_b/I_o=5$ dB), keaktifan suara ($\alpha=0,1$), standar deviasi / *error power control*

- ($\sigma=0$ dB), dan probabilitas *blocking* ($P_b=0,001$) menghasilkan kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA (CE) sebesar 240,8557 Erlang.
- Jika nilai standar deviasi (*error power control*) mengalami kenaikan, maka kapasitas trafik *reverse link* pada sistem CDMA (CE) akan mengalami penurunan. Hal ini ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Standar Deviasi (<i>error power control</i>)	Kapasitas trafik <i>reverse link</i> pada sistem CDMA
0 dB	240,8557 Erlang
1 dB	236,5480 Erlang
2 dB	229,8497 Erlang
3 dB	219,5497 Erlang
4 dB	203,9875 Erlang
5 dB	181,1205 Erlang
6 dB	148,9704 Erlang

5.2. Saran

Penentuan faktor reduksi dan kapasitas trafik pada sistem CDMA pada Tugas Akhir ini dapat dikembangkan dengan menganalisis jenis kapasitas yang lain yaitu dengan kapasitas *forward link* sistem CDMA. Untuk dianalisis faktor reduksi pada kesalahan kontrol daya, sehingga menghasilkan kapasitas *forward link* menggunakan kontrol daya pada sistem CDMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Boucher, N. J, *The Cellular Radio Handbook*, Quantum Publishing, California, 1990.
- Gilhausen, K, I. Jacobs, R. Pandovani, A. Viterbi, L. Weaver dan C. Wheatley, *On The Capacity of a Cellular CDMA System*, IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 40, No. 2, Mei 1991, hal. 303 – 312.
- Glisic, S. dan Vucetic, B., *Spread Spectrum CDMA Systems for Wireless Communication*, Artech House, Inc., Boston. London, 1997.
- Hanselman, D dan B. Littlefield, *Matlab Bahasa Komputasi Teknis*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2000.
- Lee, W.C.Y, *Mobile Cellular Telecommunication*, Mc-Graw Hill, Singapura, 1995.
- Lee, W.C.Y, *Mobile Communications Design Fundamental*, John Willy-Interscience Publication, Singapura, 1993.
- Prasad, Ramje, *CDMA for Wireless Personal Communication*, Artech House Boston, London, 1996.

- Rappaport, T. S, *Wireless Communication*, Prentice Hall, Amerika, 1996.
- The Student Edition of Matlab High Performance Numeric Computation and Visualization Software, The Math Works, Inc, 1995.
- T. Wai-Man dan Lau, F.C.M, *Analysis of Power Control and Its Imperfections in CDMA Cellular Systems*, IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 5, September 1999.
- Viterbi, A.M. dan A. J. Viterbi, *Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System*, IEEE JSAC, Vol. 11, Agustus 1993, hal. 892 – 899.
- Viterbi, A.M, *Principles of Spread Spectrum Multiple Access Communication*, Qualcomm, 1993.

Nia Asianti

(L2F0 99 624)

Mahasiswi Jurusan
Teknik Elektro, Fakultas
Teknik, Universitas
Diponegoro Semarang,
dengan pilihan
konsentrasi Elektronika
Telekomunikasi.

Mengetahui/Mengesahkan :

Pembimbing I

Pembimbing II

Wahyul Amien Syafei, ST. MT
NIP.132 137 934

Imam Santoso, ST. MT
NIP.132 162 554