

ERROR CONTROL PADA JARINGAN WIRELESS ATM BERBASIS CDMA MENGUNAKAN KODE CONCATENATED

Hafidudin

Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom
Jl. Telekomunikasi No. 1 Terusan Buahbatu Bandung 40257
Telp. (022) 7564108 ext. 2330, Faks. (022) 7565933
E-mail: hafidudins@gmail.com

ABSTRAK

Penerapan sistem telekomunikasi bergerak generasi ketiga memerlukan suatu penelitian intensif di berbagai bidang penelitian. Salahsatunya adalah mengenai skema error control yang cocok untuk diterapkan. Pada penelitian ini dievaluasi mengenai unjuk kerja dari suatu bagian sistem error control pada jaringan wireless ATM berbasis CDMA menggunakan kode concatenated, yaitu lapisan fisiknya dengan menggunakan pengkodean Reed Solomon sebagai inner code dan pengkodean konvolusi sebagai outer code. Unjuk kerja yang diteliti adalah nilai bit error rate (BER) yang dapat dicapai oleh error control tersebut tersebut. Untuk itu dilakukan suatu simulasi dari suatu sumber ke penerima dengan menggunakan metode akses CDMA. Sumber berupa user yang membangkitkan paket CBR dan VBR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa concatenated code dengan menggunakan kode konvolusi dengan rate $R=1/3$ mempunyai kemampuan untuk diterapkan pada jaringan wireless ATM, dengan jumlah paket = 200 paket, teknik pengkodean tersebut mampu mencapai error free pada $E_b/N_0 = 10$ dB, sedangkan dengan jumlah paket = 100 paket mampu dicapai pada $E_b/N_0 = 9$ dB

Kata Kunci: error control, concatenated code, reed solomon, konvolusi, cdma, wtm

1. PENDAHULUAN

CDMA merupakan suatu metode akses jamak yang bekerja berdasarkan komunikasi spektrum tersebar, merupakan satu solusi bagi komunikasi bergerak, karena banyak menawarkan keunggulan yang tidak dimiliki oleh sistem komunikasi bergerak analog maupun TDMA. Sistem CDMA menawarkan kapasitas kanal yang jauh lebih baik dan juga dengan kualitas suara dan performansi yang lebih baik.

ATM adalah teknologi yang diandalkan untuk jaringan pita lebar masa depan. ATM mendukung data, suara dan informasi multimedia dalam sebuah jaringan. Wireless ATM adalah perluasan jaringan ATM sehingga mendukung akses tanpa kabel. Sebuah wireless ATM dapat memberikan layanan ISDN kepada pengguna bergerak.

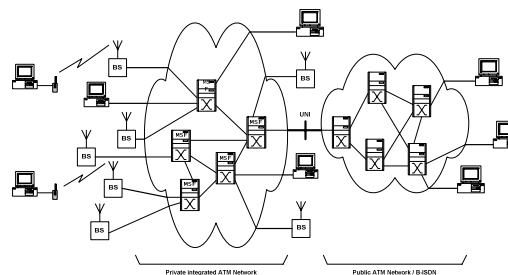
Dalam merealisasikan jaringan wireless ATM berbasis CDMA diperlukan kompleksitas tambahan dibandingkan dengan jaringan ATM yang konvensional. Pada jaringan ATM konvensional, mekanismenya dirancang dengan asumsi BER yang sangat rendah dan terdistribusi secara acak, kondisi ini sesuai untuk link fiber optik yang sering dipakai untuk jaringan ATM masa kini ($BER 10^{-9}$). Pada link radio yang bergerak, mempunyai karakteristik BER yang berubah terhadap waktu dan BER rata-rata yang dicapai juga tidak sebaik link optik. Jika mekanisme ATM konvensional diterapkan pada link radio ($BER 10^{-5}$) akan membuat kinerja sistem menjadi terdegradasi secara serius. Jika error tidak terdeteksi oleh ATM dan diteruskan oleh ATM Adaptation Layer ke aplikasi, maka kinerja sistem akan memburuk, karenanya untuk merealisasikan jaringan wireless ATM diperlukan adanya skema error

control yang cukup handal agar kinerja sistem tetap terjaga dengan baik [Cain].

Pada penelitian ini akan dibuat simulasi Proses error control akan dilakukan pada lapisan fisik dengan menggunakan concatenated code untuk memperbaiki karakteristik BER.

2. WIRELESS ATM

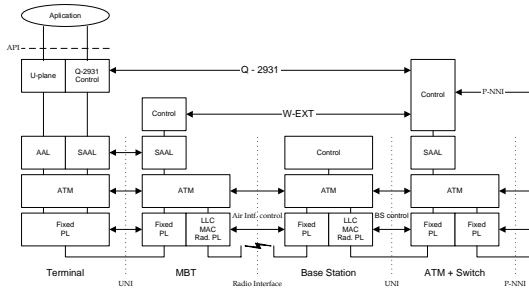
Ada beberapa usulan arsitektur sistem wireless ATM. Salah satunya seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Arsitektur W-ATM [Acampora]

Jaringan tersebut terdiri dari Base Station (BS) yang terhubung ke ATM Switch khusus yang disebut Mobility Specific Function (MSF), yaitu ATM Switch yang dilengkapi dengan fungsi-fungsi yang menunjang terminal di dalam sistem, misalnya registrasi terminal, penentuan lokasi dan handover. Mobile terminal terhubung ke base station melalui hubungan radio. Mobile terminal meliputi dua bagian yaitu terminal serta mobile broadband terminal (MBT).

Lapisan protokol pada wireless ATM diperlihatkan pada gambar 2



Gambar 2. Lapisan-lapisan protokol pada sistem W-ATM [Acapora, McLuckie, Cain]

2.1 Kode Reed Solomon (RS)

Sebuah kode RS (n,k) dengan simbol dari GF (2^m) mempunyai parameter-parameter sebagai berikut [Poly] :

- n = 2^m - 1 panjang kode dalam simbol
- k = n - 2t jumlah simbol informasi
- n-k = 2t jumlah simbol pariti
- d_{min}=2t+1 jarak minimum kode

Kode ini mampu mengkoreksi sampai t simbol dalam sebuah *codeword*. *Galois Field (GF)* adalah field terbatas dari suatu blok pengkodean, GF(2^m) artinya kode RS mempunyai 2^m simbol biner, dimana m menunjukkan jumlah bit per simbol.

2.1.1 Encoding Kode RS Sistematis

Pada dasarnya terdapat tiga tahap pada proses pengkodean RS secara sistematis, yaitu :

Mengalikan data informasi $d(x)$ dengan x^{n-k}

Menentukan pariti $p(x)$ yang didapat melalui operasi [Rhe] :

$$p(x) = d(x)x^{n-k} \text{ mod } g(x) \quad (1)$$

dimana $g(x)$ adalah generator polinomial untuk RS dengan simbol dari GF (2^m) dengan panjang kode 2^m-1, yaitu [Rhe] :

$$g(x) = (x + \alpha)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{2m}) \quad (2)$$

Menggabungkan hasil proses a dan b sehingga diperoleh *codeword* yang dapat ditulis sebagai [Rhe]:

$$c(x) = p(x) + d(x)x^{n-k} \quad (3)$$

2.1.2 Decoding Kode RS

Proses deteksi dan koreksi *error* pada kode RS memiliki tahap-tahap sebagai berikut [Rhe] :

a. Penghitungan sindrom Polinomial

Dekoder RS harus menghitung 2t sindrom untuk memastikan ada tidaknya kesalahan pada *codeword* yang diterimanya. Untuk implementasi *software* sindrom-sindrom tersebut dapat diperoleh dengan mensubstitusikan d pada polinom $r(x)$ dengan $1 \leq i \leq 2t$

Serta mendefinisikan $\beta_i = \alpha^{ji}$ sehingga diperoleh sindrom-sindrom sebagai berikut [Rhe] :

$$S_0 = r(\alpha^1) = e_{j1}\beta_{j1}^1 + e_{j2}\beta_{j2}^1 + \dots + e_{jv}\beta_{jv}^1$$

$$S_1 = r(\alpha^2) = e_{j1}\beta_{j1}^2 + e_{j2}\beta_{j2}^2 + \dots + e_{jv}\beta_{jv}^2 \quad (5)$$

$$S_{2t-1} = r(\alpha^{2t}) = e_{j1}\beta_{j1}^{2t} + e_{j2}\beta_{j2}^{2t} + \dots + e_{jv}\beta_{jv}^{2t}$$

b. Penentuan polinom pelokasi *error* $\sigma(x)$ (*error locator polynomial*) dari sindrom-sindrom yang diperoleh, menggunakan algoritma *Berlekamp-Massey* dengan Polinom pelokasi *error* [Rhe] :

$$\sigma(x) = 1 + \sigma_1x + \sigma_2x^2 + \dots + \sigma_vx^v = (1 + \beta_1x) \dots (1 + \beta_vx) \quad (6)$$

c. Penentuan letak kesalahan $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_v$ dari akar-akar *polynomial error* $\sigma(x)$. Lokasi *error* dapat diperoleh dengan melakukan operasi invers dari akar-akar polinom pelokasi *error*.

d. Perhitungan *magnitude error* dihitung dengan persamaan Forney melalui persamaan berikut [Rhe] :

$$e_{ji} = \frac{z(\beta_i^{-1})}{\prod_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^v (1 + \beta_i\beta_i^{-1})} \quad (7)$$

2.2 Kode Konvolusi

Suatu kode konvolusi (n,k) dengan panjang konstraint K mempunyai parameter-parameter sebagai berikut :

- k = banyaknya *input port*
- n = banyaknya *output port/modulo-2 adder*
- K = panjang konstraint, banyaknya memori

$$\text{Code rate : } R = k/n \quad (k < n) \text{ atau } R < 1$$

2.2.1 Enkoding Kode Konvolusi

Suatu kode konvolusi dengan *rate* $R=k/n$ dan panjang konstraint K dapat digambarkan oleh satu set urutan generator [Sampei] :

$$g_i^{(j)} = (g_{i,0}^{(j)}, g_{i,1}^{(j)}, \dots, g_{i,m-1}^{(j)}, g_{i,m}^{(j)})$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (8)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

juga dapat digambarkan sebagai *polinomial* berderet m [Sampei] :

$$g_i^{(j)}(D) = (g_{i,0}^{(j)} + g_{i,1}^{(j)}D + \dots + g_{i,m-1}^{(j)}D^{m-1} + g_{i,m}^{(j)}D^m) \quad (9)$$

bila urutan informasi dan *output* enkoder ;

$$d^{(i)} = (d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, \dots)$$

$$c^{(i)} = (c_0^{(i)}, c_1^{(i)}, c_2^{(i)}, \dots)$$

dapat dicari dengan mengkombinasikan konvolusi diskrit dari urutan informasi $d^{(i)}$ dengan urutan generator $g_i^{(j)}$, seperti berikut ini [Sampei] :

$$c^{(j)} = \sum_{i=1}^k d^{(i)} * g_i^j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Secara umum dapat juga ditulis dalam persamaan encoding [13] :

$$c_{\lambda}^{(j)} = \sum_{l=0}^m \left[\sum_{i=1}^k d_{\lambda-1}^{(i)} g_{i,l}^j \right] \quad \text{untuk semua} \quad (11)$$

$0 \leq l \leq \lambda$ dan $0 \leq j \leq n$, dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai : $c = d.G$, bila persamaan encoding seperti diatas ditulis dalam bentuk polinomial, maka [Sampei] :

$$c^{(j)}(D) = \sum_{i=1}^k d^{(i)}(D) g_i^{(j)}(D) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

2.2.2 Decoder Viterbi

Pada penelitian ini menggunakan dekoder *hard decision decoding*, perhitungan metrik percabangan

antara transisi keadaan dari σ_n^i ke σ_{n+1}^i ditentukan oleh jarak hamming antara *codeword* yang dihasilkan oleh transisi keadaan β_{n+1} dan *codeword* yang diterima \hat{b}_{n+1} , sebagai berikut [Sampei] :

$$BR(\sigma_n^j, \sigma_{n+1}^j) = d_H(\hat{b}_n, \beta_n) \quad (13)$$

Pada *hard decision decoding* $\{\alpha_n\}$ yang memaksimalkan probabilitas kondisional $p(\{y_n\}, \{\alpha_n\})$ adalah urutan data yang mempunyai akumulasi metrik percabangan yang minimum. Bila akumulasi metrik percabangan untuk σ_n^i didefinisikan sebagai $J_n(\sigma_n^i)$ maka untuk mendapat jalur dengan metrik akumulasi yang lebih kecil (akumulasi jarak *hamming*) pada setiap *state*-nya adalah sebagai berikut [Sampei] :

$$J_{n+1}(\sigma_{n+1}^j) = \min_{\sigma_n^i \rightarrow \sigma_{n+1}^j} \{J_n(\sigma_n^i) + BR(\sigma_n^i, \sigma_{n+1}^j)\} \quad (14)$$

edangkan jalur yang dipilih untuk dari setiap *state*-nya adalah [Sampei] :

$$H_{n+1}(\sigma_{n+1}^j) = [H_n(\sigma_n^j), \alpha_{n+1}] \quad (15)$$

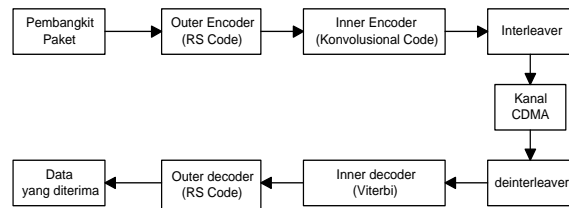
dimana $H_n(\sigma_n^j) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ merupakan urutan data

jalur yang dipilih untuk *state* ke σ_n^i . Bila besarnya metrik percabangan yang terkecil dan besarnya jalur yang dipilih dihitung secara rekursif, maka akan didapatkan urutan data yang optimum berdasarkan MLSE.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Model sistem

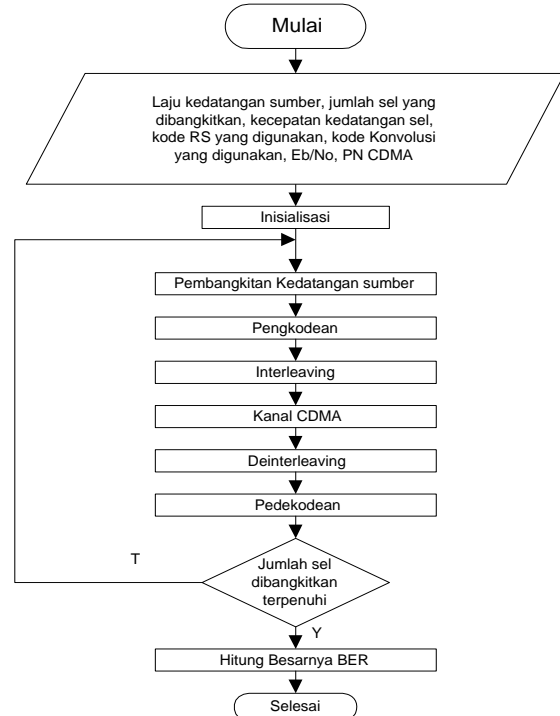
Model yang dibuat untuk melihat unjuk kerja skema error kontrol pada lapisan fisik W-ATM pada sistem CDMA ini menggunakan *Concatenated Code* seperti diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Model *Concatenated Code*

Pada model sistem *concatenated code* dengan kode RS (228,212,8) sebagai outer encoder/decoder kode ini terdiri dari 212 simbol data (4 sel ATM) dan overhead sepanjang 16 simbol, panjang simbol adalah 8 bit. Untuk Inner encoder digunakan kode konvolusi dengan *viterbi decoding*, rate yang dipilih adalah 1/3, dan 1/2 dengan panjang konstrain (K) adalah 7.

3.2 Perancangan algoritma Pemrograman Error Control



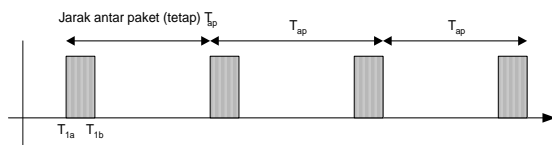
Gambar 4. Diagram aliran model sistem

Model sistem lapisan fisik sebuah sel radio, terdiri dari : user terminal pembangkit kedatangan paket, *error control* di pemancar, *interleaver*, kanal CDMA dengan kontribusi AWGN dan *Rayleigh Fading*, *de-interleaver*, *error control* di penerima dan terminal penerima penentu unjuk kerja sistem.

3.3 Pembangkitan kedatangan sumber

3.3.1 Pembangkitan Paket CBR

Model dasar CBR biasanya digambarkan sebagai deretan sel dengan jarak tetap dan periodik, seperti diperlihatkan pada gambar 5.

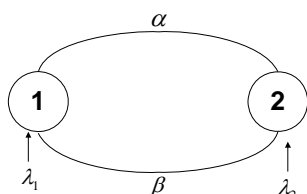


Gambar 5. Model Trafik CBR

Pada gambar 5 diperlihatkan suatu pola kedatangan paket yang berasal dari satu sumber user CBR. $T_{1.a}$ adalah waktu awal paket pertama CBR dan T_{1i} adalah waktu akhir paket pertama. Paket berikutnya mempunyai waktu awal pada $T_{1.a}$ ditambah T_{ap} (jarak antar paket) dan waktu akhir paket adalah T_{1i} ditambah T_{ap} .

3.3.2 Model Trafik VBR

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model MMPP (*Markov Modulated Poisson Process*) dua fase seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Model Trafik VBR

Masing-masing fase diasumsikan berdistribusi eksponensial dengan kedatangan sel pada masing-masing fase mengikuti proses *Poisson* dengan laju kedatangan yang berbeda, yaitu λ_1 pada fase 1 dan λ_2 pada fase 2. Kecepatan transisi dari fase 1 ke Fase 2 adalah α dan kecepatan transisi dari fase 2 ke fase 1 adalah β , sehingga lamanya fase 1 dan fase 2 berdistribusi eksponensial dengan harga rata-rata α^{-1} dan β^{-1} .

Parameter-parameter dari model VBR tersebut adalah sebagai berikut :

- Rate kedatangan di fase aktif, $\lambda_1 = 1200$ kbps
- Rate kedatangan di fase diam, $\lambda_2 = 100$ kbps
- Mean sojourn time fase aktif, $\alpha^{-1} = 15$ m detik
- Mean sojourn time fase diam, $\alpha^{-2} = 10, 30$ dan 60 m detik

3.4 Pengkodean Concatenated

Dari hasil penelitian sebelumnya didapatkan bahwa kinerja *concatenated code* yang terdiri dari kode konvolusi sebagai *inner code* dan kode *Reed Solomon* sebagai *outer code* menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan kombinasi pengkodean yang lainnya [Sembiring] .

3.4.1 Pengkodean Reed Solomon (RS)

Format ATM yang terdiri dari 4 sel ATM (4×53 Byte = 212 Byte), sehingga jumlah bit data akan diproses oleh sistem pengkodean ini dalam 1 paket adalah : 4 sel ATM atau $4 \times 53 \times 8$ bit = 1696 bit dan akan dikodekan menjadi : 228×8 bit = 1824 bit. Dengan cara yang sama juga dapat dibangkitkan kode-kode RS yang lain untuk 1, 2, dan 3 sel ATM.

3.4.2 Kode konvolusi

Format pengkodean yang digunakan dalam teknik pengkodean ini adalah dengan panjang Konstraint = 7 dan $R = \frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{3}$.

Pada tahap ini keluaran dari kode RS yang berjumlah 1824 bit untuk 1 paket ATM, akan dikodekan menjadi :

Pada $R = \frac{1}{2}$, 2×1824 bit = 3648 bit

Pada $R = \frac{1}{3}$, 3×1824 bit = 5472 bit

Dekoder yang dibuat pada tahap ini menggunakan pendekodean *viterbi* dengan *Hard decision*.

3.5 Interleaver/Deinterleaver

Besarnya matriks untuk satu paket ATM yaitu

- Data yang dikeluarkan dari hasil pengkodean konvolusi dengan *rate* $\frac{1}{2}$ adalah 3648 bit maka ukuran matriks yang mungkin adalah 64×57 , 76×48 , 96×38 dan 114×32 .
- Data yang dikeluarkan dari hasil pengkodean konvolusi dengan *rate* $\frac{1}{3}$ adalah 5472 bit maka ukuran matriks yang mungkin adalah 76×72 , 96×57 , 114×48 dan 144×38 .

4. HASIL SIMULASI

Sumber CBR dan VBR yang dibangkitkan pada penelitian ini, memiliki data sebagai berikut :

a. User CBR

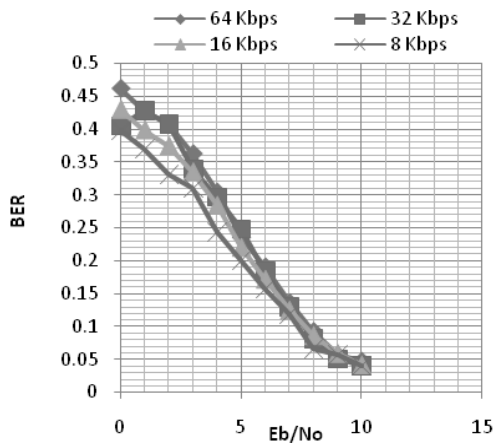
Periode aktif	: 352 milidetik
Periode diam	: 650 milidetik
Rate pada waktu aktif	: 64 Kbps
Rate pada waktu diam	: 1 Kbps

b. User VBR

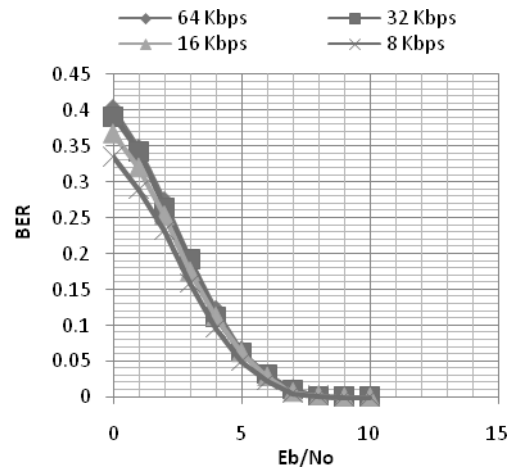
Periode aktif	: 15 milidetik
Periode diam	: 30 milidetik
Rate pada waktu aktif	: 2 Mbps
Rate pada waktu diam	: 10 Kbps

4.1 Sumber CBR

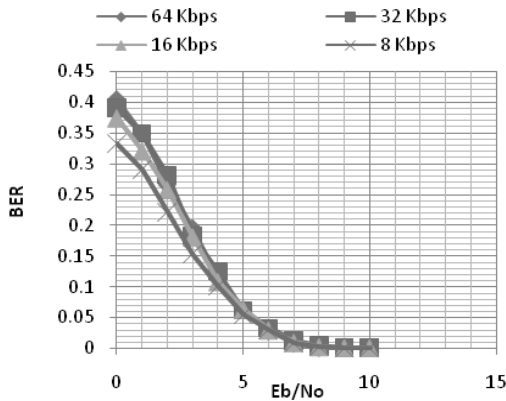
- Panjang Paket : 100 paket



Gambar 7. Sumber CBR 100 paket $r = 1/2$



Gambar 10. Sumber CBR 200 paket $r = 1/3$



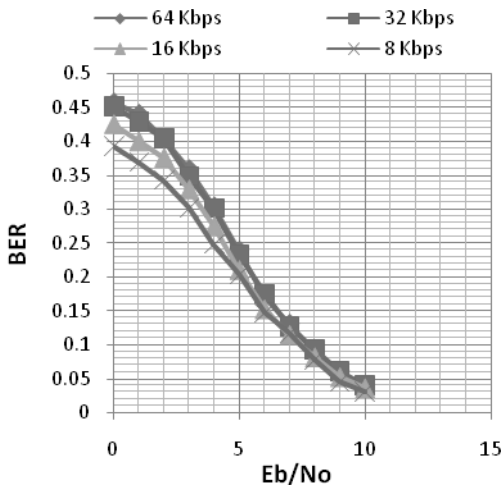
Gambar 8. Sumber CBR 100 paket $r = 1/3$

Berdasarkan hasil simulasi dengan memberi batas nilai BER tertinggi yang diperbolehkan = 10^{-3} terlihat bahwa FEC dengan kode konvolusi dengan $rate = 1/3$ dapat dipenuhi, sedangkan untuk FEC dengan kode konvolusi $rate = 1/2$ sulit dipenuhi untuk jumlah paket yang lebih banyak.

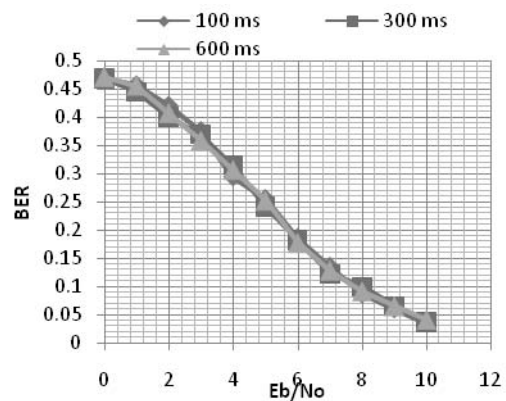
4.2 Sumber VBR

- Panjang Paket : 100 paket

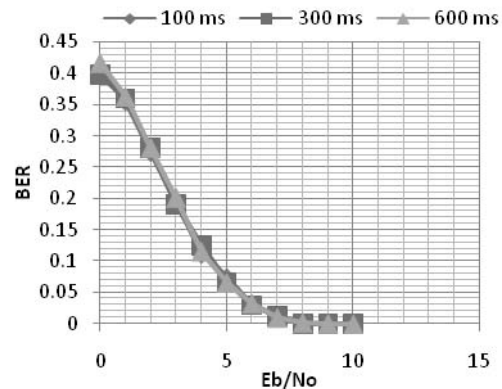
- Panjang Paket : 200 paket



Gambar 9. Sumber CBR 200 paket $r = 1/2$

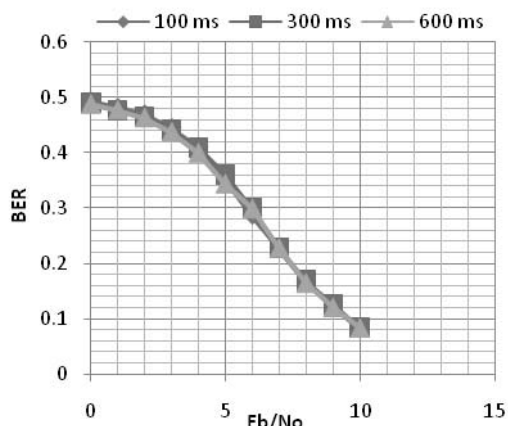


Gambar 11. Sumber VBR 100 paket $r = 1/2$

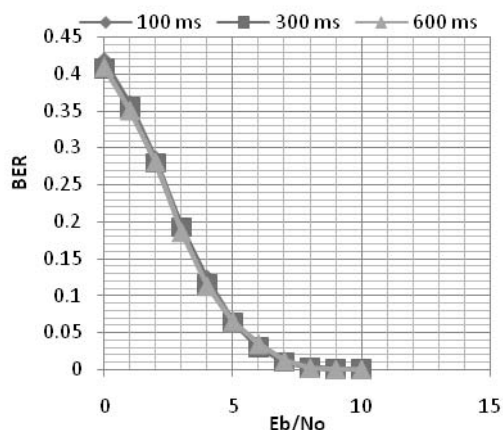


Gambar 12. Sumber VBR 100 paket $r = 1/3$

• Panjang Paket : 200 paket



Gambar 13. Sumber VBR 200 paket $r = 1/2$



Gambar 14. Sumber VBR 200 paket $r = 1/3$

Dari hasil simulasi terlihat bahwa kurva VBR dengan waktu diam yang berbeda tidak memperlihatkan perbedaan BER yang signifikan, Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh dari besarnya waktu diam dengan rate tetap tidak banyak berpengaruh terhadap BER dari satu sumber VBR.

Pengkodean concatenated dengan kode konvolusi rate $1/2$ kurang mampu menangani error kontrol pada lapisan fisik WATM, sedangkan dengan menggunakan pengkodean dengan rate konvolusi $1/3$ masih mampu melayani untuk jumlah paket yang lebih besar.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- FEC dengan teknik *concatenated* menggunakan RS dan konvolusi dengan rate $R = 1/3$ dapat dipergunakan sebagai suatu *error control* pada lapisan W-ATM.
- Baik trafik VBR maupun CBR masih memerlukan adanya teknik *error control* di

lapisan berikutnya, untuk dapat mencapai kualitas sinyal yang dibutuhkan.

- Pada CBR BER yang dicapai akan lebih bagus bila rate yang dipergunakan lebih rendah.
- Pada VBR perubahan waktu diam tidak begitu berpengaruh terhadap BER yang dicapai.

PUSTAKA

- Poly A., Huguet (1989). *Error Correcting Theory and Application*, USA. Prentice Hall.
- Acampora, A. (1996). *Wireless ATM : A Perspective on Issue and Prospect*. USA. *IEEE Personal Communication*.
- McLuckie C. (1997). *FEC in Wireless ATM, Proceeding of Teletraffic Conference. Cape Town*
- Cain, J.B., Mc Gregor. (1997). *A recommended Error Control for ATM Network with Wireless Link*, USA. *IEEE JSAC Vo. 15, No.1*.
- Chao, E.S., *Wireless ATM*. (1995). *Dept. Of Electrical Univ. Of British Columbia*.
- Raychaudhuri, D. (1996). *Wireless ATM Networks : Architecture, System Design and Prototyping*, USA. *IEEE Personal Communication*.
- Hansen, D., *Management Function of a Private Wireless ATM*, (1996). Helsinki, Thesis, Dept. Of Electrical Engineering, Helsinki University
- Petras, D., Hettich, A. (1993). *Evaluation of a logical link Control Protocol for An ATM Air Interface*, *International Journal of Wireless Information Networks*
- Qin, J.X., Mark, J.W. (1996). *Error Control for Wireless and Wireline Network*, dari www.waterlo.ca
- Prasad, R. *CDMA for Wireless Personal Communication*. Artech House.
- Rhee, M.Y.. (1989). *Error Correcting Coding Theory*, USA, Mc. Graw Hill.
- Sampei. (1997). *Application of Wireless Technology to Global Wireless Communication*, USA, Prentice Hall,
- Sembiring, S. (1998). *Perbandingan Sistem Pengkodean Cocatenated*, Bandung, *Tesis, ITB*.
- Ziemer. (1985). *Priciples of Communication*, Boston Houghton Co.