

Fungsi Rate Distortion (RD) Pada Kompresi Video Coding Untuk Transmissi Video

Yustini , Taswanda Taryo, Baskoro Abhi P.

Prodi Magister Teknik Elektro Pascasarjana ISTN Jakarta

Email:yustinijohan@yahoo.com

Abstrak--Pada transmisi video melalui internet ada kemungkinan adanya paket-paket yang hilang dan variasi bandwidth yang besar, ini tentu akan mempengaruhi kecepatan laju komunikasi data. Teknik video coding (pengkodean video) dipergunakan untuk aplikasi transmisi video dari pengirim ke penerima dengan berbagai macam aplikasi dan kapasitas. Dalam penelitian ini, untuk mengoptimalkan error control yang merupakan umpan balik dari penerima ini digunakan teknik video coding FGS (Fine Granularity Scalability). Sistem ini bekerja dengan feedback dari penerima dengan pendekatan optimasi Rate Distortion. Dengan Rate Distortion diharapkan dapat menurunkan mode encoding pada tiap-tiap paket sehingga dapat meminimalkan distorsi yang ada dari pengirim hingga penerima. Simulasi ini dilakukan menggunakan data video sequence dengan format QCIF dengan ukuran pixel 176 x 144. Dalam simulasi data video sequence ini ditransmisikan dengan menggunakan teknik video coding FGS dengan umpan balik dari penerima, umpan balik ini sebagai error control dengan mengoptimasi rate distortion. Dari hasil simulasi didapatkan nilai pendekatan untuk ketahanan variasi beban bandwidth kanal dan unjuk kerja optimasi Rate Distortion dengan menggunakan parameter $\lambda=0.2 Q^2$ dengan selisih PSNR untuk kedua layer sebesar 2dB sedangkan untuk feedback dari penerima didapatkan perbaikan kinerja pada PSNR < 1dB.

Kata kunci--FGS, bandwidth, feedback, rate distortion, video coding

1. PENDAHULUAN

Hasrat untuk berkomunikasi selalu menyertai keberadaan manusia, sebagai makhluk sosial manusia tidak dapat mengingkari kodratnya untuk berkomunikasi dengan orang lain. Kini, dengan perkembangan teknologi yang kian pesat, manusia dapat berkomunikasi tidak hanya dengan teks maupun suara, tetapi juga secara visual (gambar).

Aplikasi komunikasi video merupakan suatu hal yang tidak asing lagi dan sangat populer saat ini, misalnya: *video on demand*, *videophone* dan *video conferencing* populer saat ini, misalnya: *video on demand*, *videophone* dan *video conferencing*. Berbagai usaha untuk mendesain dan menerapkan pelayanan *Quality of Service* (QoS) banyak dilakukan, dimana dalam internet banyak ditemukannya paket-paket yang hilang (*packet loss*) dan variasi beban yang besar ini menjadi masalah pada *network congestion*. Sebagian besar dari transmisi video dalam internet terdapat 2 komponen dasar yang digunakan untuk meningkatkan kinerja yaitu: *congestion control* dan *error control*. Pada *congestion control* dimasukkan *rate control*, *rate adaptive encoding* dan *rate shaping*. Untuk *error control* dimasukkan *error resilience*, FEC (*forward error control*), *retransmission (feedback)* dan *error concealment*.

Didalam kompresi video ada dua tipe permasalahan kompresi, yaitu: *distortion-rate* dan *rate-distortion*. *Distortion-rate* adalah suatu permasalahan pada *constraint rate transmisi* data atau kapasitas penyimpanan dan permasalahan mengkompresi sumber dengan rate tetapi pada tingkat kemungkinan *fidelity* (ketelitian) yang tinggi, contoh pada *voice mail*, *digital cellular mobile radio* dan *video conferencing*. Sedangkan *rate-distortion* adalah permasalahan yang menyangkut kebutuhan untuk mencapai suatu *fidelity* yang tinggi dengan beberapa bit per *second* sebagai kemungkinan, contoh kualitas CD audio dan kualitas pergerakan gambar video (*motion picture quality video*). Hal ini jelas bahwa dalam *rate distortion* merupakan suatu penyelesaian yang tepat dalam perencanaan kompresi video yang berdasar pada interaksi antara berbagai macam representasi gerakan (*motion image*) yang intinya untuk meningkatkan kualitas *image* yang ditransmisikan ke penerima.

Suatu pengkodean video akan menghasilkan *bit stream* dari video yang dikodekan yang nantinya akan menghasilkan *bit rate* (laju bit). Simulasi pengkodean video ini diharapkan akan mampu untuk menggambarkan kualitas video yang ditransmisikan pada suatu kanal komunikasi dalam kondisi kanal yang buruk (banyak gangguan) pada komunikasi internet maupun komunikasi nirkabel. Kualitas gambar pada video sangat tergantung pada tersedianya *bandwidth* dan tanpa adanya *error* pada data yang ditransmisikan.

Untuk menyimpan data video diperlukan kapasitas yang besar serta dalam transmisinya diperlukan laju bit (*bit rate*) yang besar juga dan memungkinkan adanya data yang hilang. Untuk mengatasi suatu paket data yang hilang, pengkodean sumber harus menyesuaikan kepada *error* kanal. *Error resilience* berhubungan dengan paket loss di lapisan pengkodean sumber. *Error resilience* pada umumnya mengirimkan *resynchronization marking*, data partisi dan *reversible variable-length coding* (RVLC) untuk video *wireless*. Dalam suatu *video internet*, *error resilience* pada umumnya diharapkan untuk mengoptimalkan mode pengkodean untuk masing-masing paket, karena perbedaan mode prediksi mengakibatkan tingkat yang berbeda tentang ketahanan dan efisiensi pengkodean. Bagaimanapun, adaptasi di sumber tidak bisa selalu mengatasi variasi yang besar dalam rugi-rugi paket dan juga terbatas oleh delay dalam umpan balik dan tingkat ketelitian yang rendah dalam mengestimasi paket loss dalam jaringan

Untuk mengatasi masalah yang diakibatkan paket-paket yang hilang pada kanal, maka dalam penelitian ini difokuskan pada teknik *error control* dengan *feedback (retransmisi)* dari penerima dipergunakan *closed loop error control dengan Automatic Repeat Request (ARQ)* yang mengacu pada pengoptimalan fungsi *rate distortion*. Berhubung tidak dalam aplikasi *real time* (yang nyata) dan hanya memfokuskan pada *rate distortion* (R-D) maka penambahan *delay* (waktu tunda) sehubungan dengan permintaan transmisi ulang pada pengirim bisa diijinkan.

Dalam melakukan penelitian ini, digunakan suatu teknik video coding FGS (*Fine Granularity Scalability*) yang merupakan pengembangan dari teknik MPEG4. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi tentang unjuk kerja transmisi video yang mengoptimalkan *rate distortion* (R-D) dalam internet dan mengevaluasi unjuk kerja tingkat kompresi video coding dengan optimasi *rate distortion* (R-D) pada transmisi video.

2. METODA

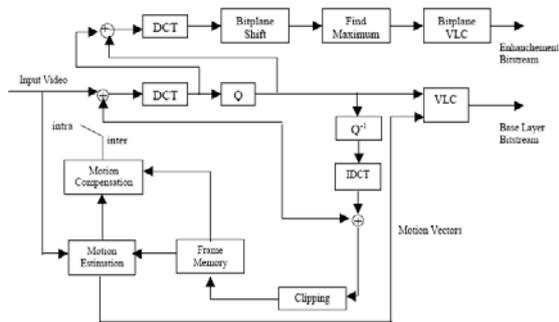
Perencanaan Sistem Video Coding FGS

Gambar 1 dan 2 memperlihatkan blok diagram perencanaan *enkoder* dan *dekoder video coding Fine Granularity Scalability* (FGS).

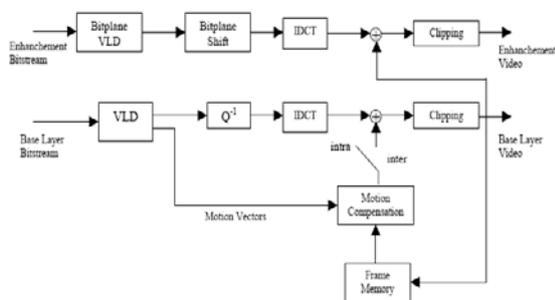
Secara mendasar perencanaan dari kompresi video dapat diklasifikasikan ke dalam dua pendekatan yaitu: *scalable* dan *non-scalable video coding*. Secara sederhana dapat diperlihatkan untuk *enkoder* dan *dekoder* dalam *intra mode* (unit video coding yang dipresentasikan tanpa referensi kode data sebelumnya) dan hanya digunakan DCT (*discrete cosine transform*).

Pada *enkoder video non-scalable* dibangkitkan satu kompresi urutan bit. Sebaliknya pada *enkoder video scalable* kompresi baris video di

bagi dalam berbagai sub *stream*, kompresi sub *stream* yang pertama dinamakan *base substream*, yang mana dapat dikodekan berdiri sendiri dan memberikan kualitas visual yang kasar. Sedang kompresi sub *stream* kedua adalah *enhancement* sub *stream*, yang mana dapat dikodekan bersama-sama dengan *base sub stream* dan akan mendapatkan kualitas visual yang lebih bagus. Kualitas skalabilitas, ukuran *image* atau *frame rate* dinamakan SNR (*Signal to noise ratio*) untuk *spatial* atau *temporal*. Scalable coding yang baru yang merupakan pengembangan dari MPEG-4 adalah FGS (*Fine Granularity Scalability*). Enkoder kompresi video FGS dibagi dalam dua sub *stream* yaitu: *base layer bit-stream* dan *enhancement layer bit-stream*.



Gambar 1: Struktur Encoder video coding FGS



Gambar 2: Struktur Decoder video coding FGS

Pengukuran Distorsi

Pengukuran distorsi berdasarkan pada algoritma disebut dengan *Recursive Optimal Per-pixel Estimate* (ROPE) merupakan pengukuran distorsi berdasarkan estimasi semua distorsi dari sumber sampai tujuan (*End to End*). Asumsi kriteria *Mean Square Error* (MSE), semua ekspektasi level distorsi pada *pixel i* dalam *frame n*, pada *Base layer* (BL) dan *Enhancement layer* (EL) dipresentasikan pada persamaan di bawah.

$$E[d_n^i(b)] = E[(f_n^i - \tilde{f}_n^i(b))^2] = (f_n^i)^2 - 2f_n^i E[\tilde{f}_n^i(b)] + E[\tilde{f}_n^i(b)^2] \tag{1}$$

$$E[d_n^i(e)] = E[(f_n^i - \tilde{f}_n^i(e))^2] = (f_n^i)^2 - 2f_n^i E[\tilde{f}_n^i(e)] + E[\tilde{f}_n^i(e)^2] \tag{2}$$

Parameter yang dipergunakan pada persamaan diatas dapat didefinisikan:

$$f_n^i = \text{pixel ke } i \text{ pada frame asli ke } n$$

$$\tilde{f}_n^i(b), \tilde{f}_n^i(e) = \text{pixel ke } i \text{ pada ekpektasi dekoding frame ke } n$$

Pengaruh dari kanal error digunakan untuk mendapatkan unjuk kerja yang baik dengan cara optimasi harga-harga secara global kedua karakteristik pada bagian pengirim dan penerima. Kanal *error* (*error propagation*) merupakan *error* pada *frame video* dalam suatu urutan waktu. Yang mana dalam suatu akumulasi beberapa *error* dapat mengakibatkan kualitas *image* (gambar) sangat jelek. Gambar 3 merupakan ilustrasi transmisi *error* yang mempengaruhi rugi-rugi pada *GOB* (*Group of Blok*) dalam suatu *frame* pada gambar adalah pada *frame* ke-4.



Gambar 3. Ilustrasi Transmisi Error

Hasil dari simulasi nantinya akan evaluasi, dengan menggunakan video sequence yaitu Akiyo QCIF akan di dapatkan nilai PSNR dan MSE untuk mengetahui unjuk kerja ke dua layer dengan menggunakan parameter kuantisasi untuk mendapatkan tingkatan kualitas sequence yang di lihat dari PSNR dan MSE. Yang mana persamaan PSNR, MSE dan kuantisasi parameter adalah sebagai berikut:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{(L-1)^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{c=0}^{N-1} (\hat{I}(r,c) - I(r,c))^2} \right] \tag{3}$$

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{c=0}^{N-1} (\hat{I}(r,c) - I(r,c))^2 \tag{4}$$

Dimana:

- $I(r, c)$ = citra (gambar) asli
- $\hat{I}(r, c)$ = citra hasil rekonstruksi
- L = level citra 8 bit (256)
- N = urutan frame

Optimasi Rate Distortion (R-D)

Dalam teknik optimasi *Rate Distortion* menggunakan *Lagrange* digunakan mode enkoding yang merupakan mode prediksi (*Prediction Mode*) untuk pengkodean *frame* video. Dalam video *coding* digunakan mode intra dan mode skip (*copy mode*) untuk pengkodean *frame* video. Mode intra adalah pengkodean *frame* video tanpa referensi *frame* sebelumnya atau tiap *frame* video dikodekan berdiri sendiri (*independen*) dan mode *copy* adalah pengkodean *frame* video menggunakan *frame* sebelumnya sebagai referensi.

Metode optimasi yang dipergunakan adalah dengan menggunakan optimasi *Lagrange* dengan memutuskan apakah menggunakan mode *intra* atau mode skip (*copy*) dan mode *inter*, dengan persamaan *Lagrangian Cost Function* pada persamaan (8) :

$$J_n = D_n + \lambda R_n, \text{ untuk masing-masing } 16 \times 16 \text{ blok} \quad (5)$$

di mana:

D_n = *mean square error* distorsi dengan mode n

R_n = rate dalam bits dengan mode n

n = mode dengan minimum *lagrangian cost* dengan urutan blok

λ = kuadrat kuantisasi *step size* Q^2 , dengan $\lambda = 0.2 Q^2$

Pada persamaan (5) dapat di lihat bahwa variasi *step size* kuantisasi tergantung pada nilai λ , maka pemilihan nilai λ dan *step size* kuantisasi diperlihatkan pada persamaan berikut:

Dengan *Lagrangian Cost Function* :

$$J = D + \lambda R \quad (6)$$

Rate R dan distorsi D harus memenuhi persamaan:

$$dJ = dD + \lambda dR = 0. \quad (7)$$

Selanjutnya, λ adalah merupakan turunan negatif dari distorsi dengan rate

$$\lambda = - \frac{dD}{dR} \quad (8)$$

Diasumsikan untuk sinyal Gaussian memoryless dengan fungsi *distortion rate*

$$D(R) = \sigma^2 2^{-2R} = \sigma^2 e^{-2R \ln 2} \quad (9)$$

dari persamaan diatas, maka di dapat:

$$\lambda = 2 D \ln 2 \quad (10)$$

Dengan perkiraan rate yang tinggi untuk kuantisasi distorsi D :

$$D = \frac{Q^2}{12} \quad (11)$$

Dengan Q *step size* kuantisasi didapat:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{6} Q^2 \approx 0.1 Q^2 \quad (12)$$

Maka λ bisa ditentukan atau dimodifikasi dari hubungan diatas,

$$\lambda = 0.2 Q^2 \quad (13)$$

Jadi,

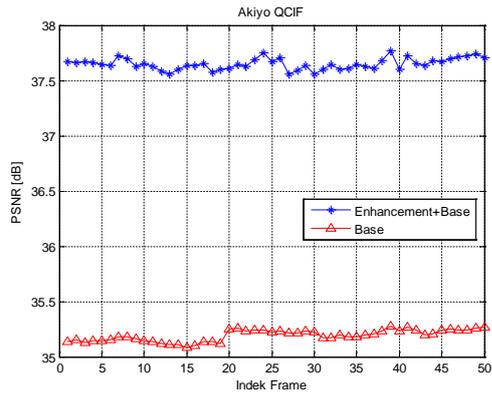
$$J = D + 0.2 Q^2 R \quad (14)$$

3. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

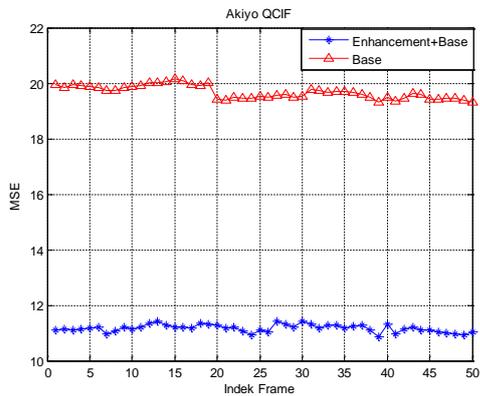
Simulasi dilakukan berdasarkan teknik skalabel video coding FGS menggunakan data video *sequence* Akiyo. Video *sequence* ini mempunyai format QCIF (*Quarter Common Intermediate Format*) dengan ukuran *pixel* 176×144 , dengan *frame rate* 30 fps dengan jumlah *frame* 50 *frame*..

Gambar 4 menunjukkan skalabilitas nilai PSNR dan MSE dari video *sequence* Akiyo pada layer base dan layer base+enhancement. Pada layer base+enhancement mempunyai nilai PNSR lebih tinggi dengan rata-rata 37,64dB dengan nilai rata-rata MSE 11,19 dB sedangkan pada layer base nilai rata-rata PSNR 35,19 dB dengan nilai rata-rata MSE 19,67 dB. Bentuk grafik nilai PSNR *sequence* Akiyo yang hampir rata antara *frame* awal sampai *frame* akhir, baik untuk layer base maupun layer base+enhancement. Hal ini disebabkan karena tidak terlalu banyak *motion vektor* pada *motion estimation* sehingga tidak terlalu banyak *pixel* dalam urutan *frame* yang dikodekan, demikian juga sebaliknya untuk kedua layer diperoleh MSE bernilai rata dikarenakan tidak terlalu banyak urutan bit dalam *pixel* yang dikodekan.

Gambar 5a menunjukkan grafik intra mode *sequence* Akiyo tanpa optimasi dengan nilai rata-rata PSNR layer base 36,85 dB dan layer base+enhancement 55,07dB dengan *bitrate* untuk kedua layer 604,475. Dari simulasi diperoleh nilai *bitrate* untuk layer base dan base+ enhancement adalah sama, hal ini sebabkan karena hanya menggunakan mode pengkodean intra, jadi yang mempunyai nilai *bitrate* hanya pada mode pengkodean intra.



(a)

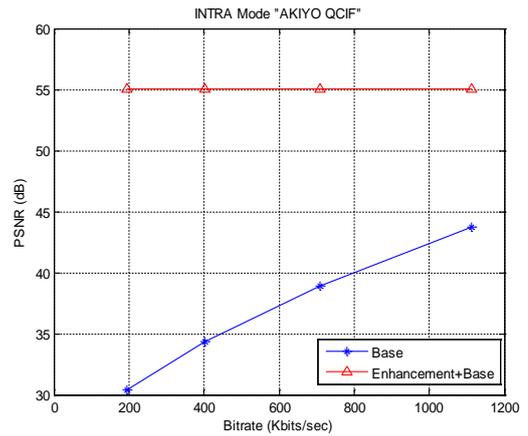


(b)

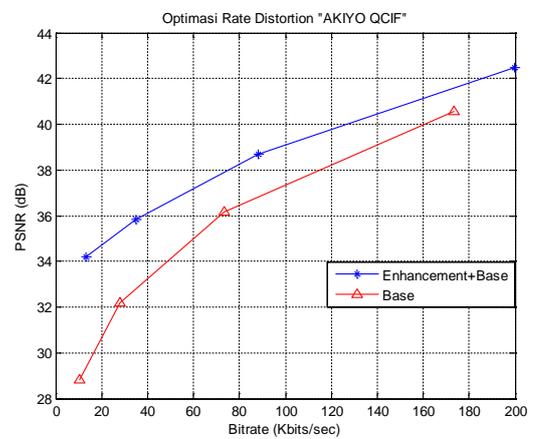
Gambar 4:Grafik (a)PSNR dan (b) MSE Sequence Akiyo

Gambar 5b memperlihatkan grafik optimasi Rate Distortion (RD) untuk mode intra dengan mode skip pada video sequence Akiyo dengan dengan nilai rata-rata PSNR *layer base* 34.42 dB dan *layer base+enhancement* 37.8 dB serta rata-rata *bitrate layer base* 71.16 Kbps dan *bitrate layer base+enhancement* 84.03 Kbps.

Gambar 6 merupakan grafik unjuk kerja system dengan kanal error pada *layer base* dan *layer base+enhancement* video Akiyo dengan error 10 %. Parameter simulasi dengan mode prediksi intra dengan memberikan *error* di kanal pada sequence video akiyo sebesar 10 % maka *error* terjadi pada frame ke-5 dari total jumlah *frame*, dengan video *sequence* Akiyo yang dikodekan dengan pada *frame rate* 30 fps.

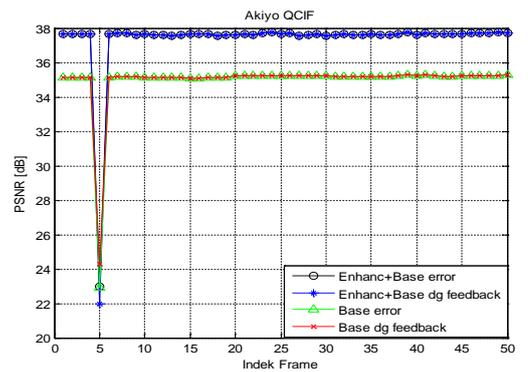


(a)

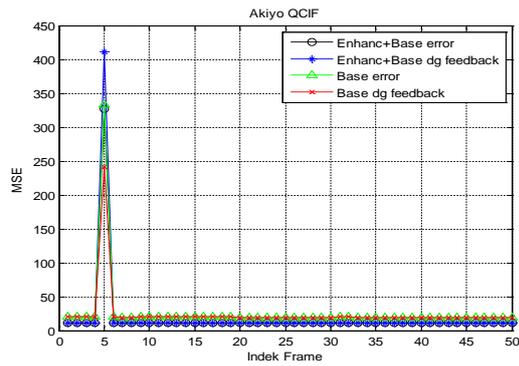


(b)

Gambar 5:(a) Grafik intra Mode Sequence Akiyo (b)Optimasi RD Mode Intra Sequence Akiyo



(a)



(b)

Gambar 6:(a) Grafik PSNR Transmisi Error sequence “Akiyo” Error 10 %
 (b) Grafik MSE Transmisi Error sequence “Akiyo” Error 10 %

4. SIMPULAN

Optimasi RD pada skalabilitas untuk mode intra dengan mode skip pada video sequence Akiyo diperoleh nilai rata-rata PSNR pada *layer base* 34,42 dB dan *layer base+enhancement* 37,8 dB.

Pada umpan balik (feedback) dari penerima sebagai error control merupakan proses pengiriman ulang dari paket video yang rusak, hasil simulasi menunjukkan kinerja yang kurang optimal baik kinerja PNSR maupun MSE untuk kedua layer, perbaikan kinerja kurang dari 1dB (<1dB), terkadang terjadi penurunan kinerja hal ini disebabkan error yang dibangkitkan pada sistem secara acak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ariadi Sulistyono. 2001. *Kompresi Citra Menggunakan Discrete Cosine Transform (DCT) dan Pengkodean Huffman*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, ITS,
- [2]. Bern Girod, Niko Farber. 1999. *Feedback-Based Error Control for Mobile Video Transmission*, IEEE Trans, Vol. 87, No. 10, October 1999.
- [3]. Cheng-Hsin Hsu, Mohamed Hefeeda. 2000. *Rate-Distortion Models for FGS-encoded Video Sequences*. School of Computing Science Simon Fraser University Surrey, BC, Canada
- [4]. D. Wu, Y. T. Hou, and Y.-Q. Zhang. 2000. *Transporting real-time video over the Internet: challenges and approaches*. Proc. IEEE, vol. 88, pp. 1855-1877, Dec. 2000.
- [5]. Gary J. Sullivan, Thomas Wiegand, 1998. *Rate-Distortion Optimization for Video Compression*. IEEE Signal Processing Magazine, November 1998.
- [6]. Guido M. Schuster, Aggelos K. Katsaggelos, 1997. *Rate-Distortion Based Video Compression Optimal Video Frame*

- [7]. Hananto Edy Wibowo, Indra Sakti Wijayanto, Nugroho Herucahyono, 2006. *Kompresi Video Menggunakan Discrete Cosine Transform*. Makalah Stmik 2006.
- [8]. Mohammed Ghanbari, 1999. *Video Coding an Introduction to Standart Codecs*. The Institut of Electrical Engineers, United Kingdom, 1999.
- [9]. Marta Mrak, Nikola Sprljan, Sonja Grgic, 2004. *Video Coding Schemes for Transporting Video Over The Internet*. University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing Unska 3 / XII, HR-1 0000 Zagreb, Croatia.
- [10]. Olivier Adda, Nicolas Cottineau, Mahmoud Kadoura, 2003. *A Tool for Global Motion Estimation and Compensation for Video Processing*. Final Project, Concordia University, 2003
- [11]. Scott E. Umbaugh, 1998. *Computer Vision and Image Processing : Practical Approach Using CVIP Tools*. Prentice Hall Inc., 1998.
- [12]. Thomas Blumensath, Mike E. Davies, 2007. *Rate-Distortion Analysis of Sparse Overcomplete Codes*. Draft : 27 February 2007
- [13]. Xiaofeng Xu, Mihaela van der Schaar, Santhana Krishnamachari, Sunghyun Choi, Yao Wang, 2004. *Fine Granular Scalability Video Streaming Over Wireless LANS Using cross Layer Error Control*. IEEE ICASSP, April 2004
- [14]. W. Li, 2001. *Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard*. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 11(3), pp. 301-317, March 2001.