
Jurnal ***Rekayasa Elektrika***

VOLUME 11 NOMOR 3

APRIL 2015

Skalabilitas Signal to Noise Ratio (SNR) pada Pengkodean Video dengan Error Gaussian 79-85

Agus Purwadi

JRE	Vol. 11	No. 3	Hal 79-122	Banda Aceh, April 2015	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	------------	---------------------------	--------------------------------------

Skalabilitas Signal to Noise Ratio (SNR) pada Pengkodean Video dengan Error Gaussian

Agus Purwadi

Jurusan Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Padang
Kampus Politeknik Negeri Padang, Limau Manis, Padang 25163
e-mail: aguspurwadi99@yahoo.com

Abstrak—Pada transmisi video terdapat kemungkinan adanya paket-paket yang hilang dan variasi beban yang besar pada *bandwidth*. Hal ini merupakan sumber kemacetan jaringan (*network congestion*) yang dapat mengganggu laju komunikasi data. Studi ini membahas sistem untuk mengatasi kemacetan jaringan dengan pendekatan skalabilitas *Signal-to-noise ratio* (SNR) sebagai pengkodean pada deretan *frame* video ke dalam dua *layer*, yang merupakan penyelesaian untuk penurunan mode encoding pada masing-masing paket dan *rate* pengkodean kanal. Tujuan akhirnya adalah untuk meminimalkan semua distorsi dari sumber sampai tujuan. Sistem pengkodean yang dipergunakan adalah standar pengkodean video menggunakan MPEG-2 atau H.263 dengan skalabilitas SNR. Algoritma yang digunakan untuk kompensasi gerak dan redundansi temporal serta redundansi spasial adalah *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan kuantisasi. Transmisi kesalahan disimulasikan dengan menambahkan derau (*error*) Gaussian pada vektor gerak. Dari hasil simulasi diperoleh penurunan SNR dan *Peak signal noise ratio* (PSNR) sebesar rata-rata 3db dan 4db pada *frame* video yang mendapat derau.

Kata kunci: *MPEG-2, Signal to noise ratio (SNR), Peak signal to noise ratio (PSNR), derau Gaussian, Discrete Cosine Transform (DCT), kuantisasi, kompensasi gerak*

Abstract—In video transmission, there is a possibility of packet lost and a large load variation in the bandwidth. These are the sources of network congestion, which can interfere the communication data rate. This study discusses a system to overcome the congestion with Signal-to-noise ratio (SNR) scalability-based approach, for the video sequence encoding method into two layers, which is a solution to decrease encoding mode for each packet and channel coding rate. The goal is to minimize any distortion from the source to the destination. The coding system used is a video coding standard, which is either MPEG-2 or H.263 with SNR scalability. The algorithm used for motion compensation, temporal redundancy and spatial redundancy is the Discrete Cosine Transform (DCT) and quantization. The transmission error is simulated by adding Gaussian noise (*error*) on motion vectors. From the simulation results, the SNR and Peak signal to noise ratio (PSNR) in the noisy video frames decline with averages of 3dB and 4dB respectively.

Keywords: *MPEG-2, Signal to noise ratio (SNR), Peak signal to noise ratio (PSNR), Gaussian noise, Discrete Cosine Transform (DCT), quantization, motion compensation (MC)*

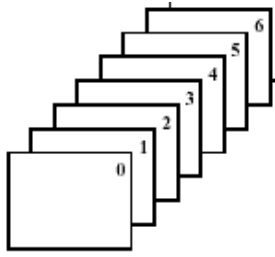
I. PENDAHULUAN

Aplikasi komunikasi video merupakan suatu hal yang tidak asing lagi dan sangat populer saat ini, misalnya *video on demand*, *videophone*, dan *video conferencing*. Berbagai usaha untuk mendesain dan menerapkan pelayanan *Quality of Service* (QoS) banyak dilakukan, karena komunikasi video rentan terhadap hilangnya paket-paket data (*packet loss*) selama proses transmisi, baik transmisi melalui Internet ataupun bentuk transmisi lainnya. Selain itu, terdapat variasi beban yang besar pada *bandwidth* jaringan. Kedua hal ini mengakibatkan terjadinya kemacetan jaringan (*network congestion*) yang tidak diinginkan pada transmisi video.

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 mendapatkan efisiensi yang tinggi pada pengkodean video digunakan kompresi (pemampatan) menggunakan *motion* prediksi pada kompresi video dengan menggunakan standard MPEG-2 atau H.263. Dengan prediksi gerak (*motion estimation*) menggunakan kompensasi gerak sebagai pembangkit prediksi pada sebuah *frame* video dengan memindahkan *frame* referensi. Secara umum, prediksi dibentuk pada suatu blok (blok 8×8) atau *macroblock* (blok 16×16). Penggantian biasanya dilakukan secara konstan sesuai dengan garis lurus pada keseluruhan blok yang sedang diprediksi. Pergantian digambarkan oleh vektor gerak (*motion vector*) dengan dua komponen, yaitu pergeseran sepanjang arah *X* dan *Y*. Komponen vektor gerak pada umumnya adalah dengan



Gambar 1. Spasial dan temporal *frame* video

pergantian-pergantian piksel, biasanya dilakukan pada ketelitian sub-piksel. Pergantian sub-piksel dilakukan dengan menapis *frame* referensi dengan tapis interpolasi yang tepat.

Pada penelitian yang dilakukan ini derau akan diberikan pada prediksi gerak dan vektor gerak yang nantinya akan menghasilkan kompensasi gerak (*motion compensated*) yang merupakan mode prediksi pada pengkodean video. Teknik yang digunakan untuk merelokasi *error* adalah *error concealment*.

II. STUDI PUSTAKA

Pengkodean video sesuai dengan standard H.263 mendefinisikan *redundancy* spasial dan temporal seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. *Redundancy* spasial diminimalkan menggunakan transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan kuantisasi. *Redundancy* temporal diminimalkan menggunakan prediksi gerak dengan pembagian blok untuk tiap-tiap *frame* video berukuran 8x8 blok atau dengan kata lain pengkodean dengan *redundancy* spasial dinamakan mode intra. Sedangkan pengkodean dengan *redundancy* temporal dinamakan mode inter dengan memprediksi gerakan-gerakan *frame* sebelumnya. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi dalam pengkodean pada tiap-tiap *frame* video. Unjuk kerja atau hasil total yang ingin di dapat adalah untuk memperkecil *Mean Square Error* (MSE).

Alokasi bit pada kuantisasi tergantung pada hasil transformasi citra pada tiap-tiap *frame* video, hal ini sangat penting untuk mendapatkan efisiensi kompresi. Pada prinsipnya kuantisasi akan menghilangkan beberapa

koefisien ke dalam nilai 0 (*zero*).

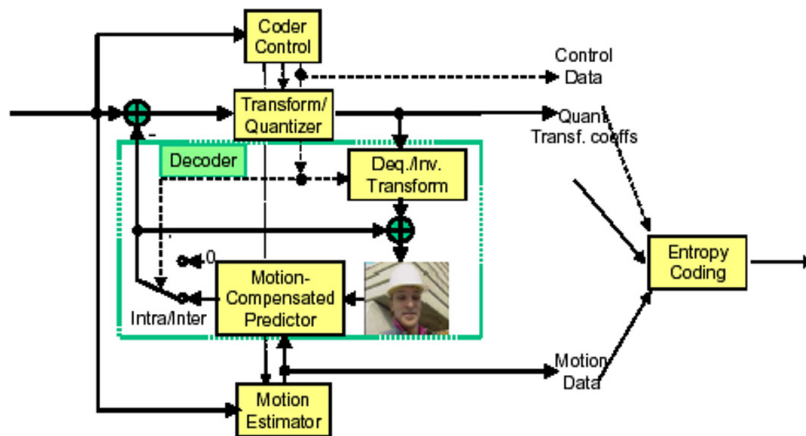
A. Teknik SNR Skalabilitas

Signal-to-noise ratio (SNR) *scalability* adalah teknik pengkodean pada video *sequence* ke dalam dua layer pada *frame rate* yang sama dan resolusi *spatial* yang sama, tetapi tingkat ketelitian kuantisasi berbeda. Pada Gambar 3 dan 4 diperlihatkan SNR *scalability* enkoder dan dekoder dalam standar pemampatan video MPEG-2. *Base-layer bitstream* pertama dikodekan dengan *Variable Length Decoder* (VLD). Inverse kuantisasi dalam *base-layer* menghasilkan rekonstruksi koefisien DCT, dengan tingkat keluaran *base-layer* mempunyai kualitas dibawah *enhancement-layer* (SNR lebih rendah dari *enhancement-layer*).

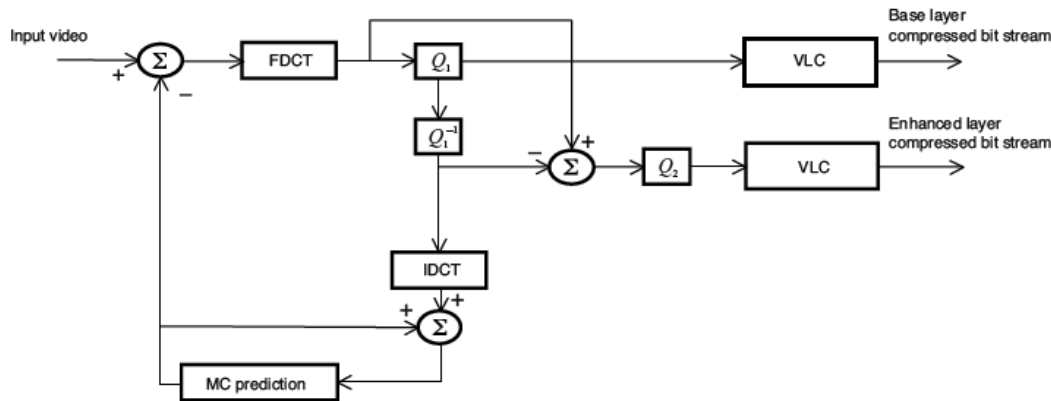
Enhancement bitstream dikodekan dengan VLD dalam *enhancement-layer* dan sisa *enhancement-layer* pada koefisien DCT menghasilkan inverse kuantisasi dalam *enhancement-layer*. Tingkat ketelitian koefisien DCT dihasilkan dari penambahan rekonstruksi *base-layer* koefisien DCT dan sisa DCT *enhancement-layer*. Koefisien DCT dengan ketelitian yang tinggi diberikan ke *inverse DCT* (IDCT) untuk menghasilkan rekonstruksi citra yang ditambahkan ke blok *motion compensated* dari *frame* sebelumnya, dengan tingkat keluaran *enhancement-layer* mempunyai kualitas lebih baik dari *base-layer* (SNR lebih tinggi dari *base-layer*). Dalam SNR *scalability* dekoder, informasi *enhancement-layer* digunakan dalam *motion prediction loop* [5].

B. Discrete Cosine Transform (DCT)

Tranformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT) pada pengkodean digunakan untuk menghilangkan redundansi *spatial* pada citra dengan memetakan piksel ke dalam domain transformasi untuk pengambilan data. Basis vektor DCT adalah secara umum banyak dipergunakan pada transformasi matrik. Dalam urutan alami citra yang mana korelasi piksel dalam horizontal, arah vertikal sebagai arah temporal pada urutan citra, suatu pemilihan untuk DCT dalam 3-dimensi. Beberapa tranformasi dalam domain



Gambar 2. Video coding standart H 263 (MPEG-2)



Gambar 3. Encoder skalabilitas SNR

temporal memerlukan penyimpanan untuk beberapa *frame* gambar, dengan adanya *delay* yang besar, maka hal ini yang akan membatasi transformasi pengkodean dalam telekomunikasi. Oleh karena itu transformasi dibatasi dalam 2-dimensi.

Sebuah 2-dimensi DCT adalah proses pemisahan pada implementasi menggunakan dua 1-dimensi DCT: satu dimensi arah horizontal dengan satu vertikal. Untuk blok piksel $M \times N$, transformasi maju 1-dimensi pada N piksel ditunjukkan persamaan berikut [1]:

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{N}} C(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos\left(\frac{\pi(2x+1)u}{2N}\right), \quad u = 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

dimana

$$c(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u = 0 \\ 1 & u \neq 0 \end{cases}$$

Inverse transformasi satu dimensi ditunjukkan persamaan berikut [1].

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} C(u) F(u) \cos\left(\frac{\pi(2x+1)u}{2N}\right), \quad u = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

C. Kuantisasi

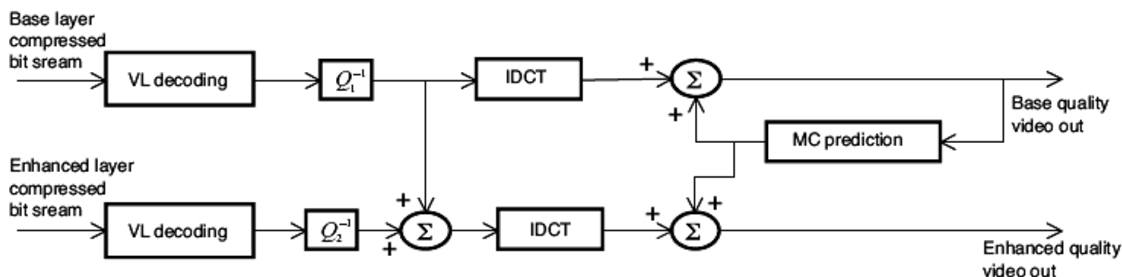
Kuantisasi citra merupakan proses pengurangan data citra dengan mengurangi beberapa detail informasi melalui pemetaan beberapa poin data menjadi satu poin. Hal ini dapat dilakukan terhadap nilai piksel citra, ataupun pada koordinat *spatial* yang digunakan. Operasi pada nilai piksel citra disebut sebagai reduksi *grey level*. Metode

yang paling sederhana dalam reduksi *grey level* adalah *thresholding*, dimana dalam metode ini, nilai *threshold* untuk tiap tingkat citra ditentukan sedemikian sehingga pada tingkat citra di atas nilai *threshold* memiliki kode yang lebih tinggi, misalnya “1”, sedangkan tingkat citra yang sama ataupun di bawah nilai *threshold* akan diberikan kode yang lebih rendah, misalnya “0”. Nilai *threshold* tersebut kemudian dikenal dengan tingkat kuantisasi. Terdapat dua cara untuk menentukan interval dari tingkat kuantisasi, yaitu kuantisasi seragam (*uniform*) dan tak seragam (*non uniform*) [1].

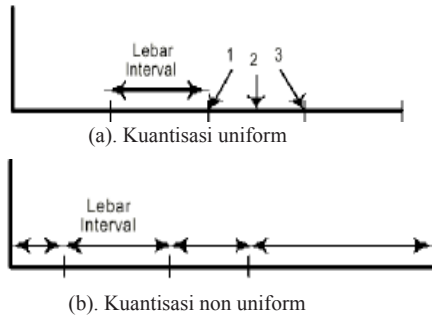
D. Motion Estimation dan Compensation

Motion dapat dikategorikan dalam model 2 dimensi atau model 3 dimensi. Dua dimensi *motion estimation* merupakan bagian yang penting pada sistem pemrosesan video. Dua dimensi *motion estimation* sering kali sebagai syarat langkah awal untuk struktur 3-D dan *motion estimation*. Tiga dimensi *motion estimation* digunakan untuk menggambarkan *motion* (gerakan) pada obyek dalam ruang 3 dimensi, sebagai contoh dalam aplikasi *computer vision* untuk *tracking* obyek dalam *video coding* dan *motion compensation* [5].

Dalam beberapa aplikasi, kita dapat mempresentasikan *motion* dengan model dua dimensi. Gambar 6 diperlihatkan proyeksi pada perpindahan obyek pada perencanaan citra dan hubungan antara *motion* 3-D dan *motion* 2-D. Ketika titik pada obyek berpindah dari $X = x, y, z$ pada waktu t_1 ke $X' = (x + dx, y + dy, z + dz)$ pada waktu $t_2 = t_1 + dt$, ini adalah proyeksi citra berpindah dari $x = (x, y)$ ke $x' = (x', y') = (x + dx, y + dy)$. Tiga dimensi *motion vector* pada X



Gambar 4. Dekoder skalabilitas SNR



Gambar 5. Kuantisasi *uniform* dan *non-uniform*

adalah tiga dimensi pemindahan $d(X, t_1, t_2) = (X' - X)$ dan 2-D *motion vector* pada x adalah dua dimensi perpindahan $d(x, t_1, t_2) = (x' - x)$ [9].

E. Gaussian Noise

Pemodelan derau (*error*) yang digunakan adalah dengan memberikan derau Gaussian (*Additive White Gaussian Noise*) pada pengkodean *interframe* dalam *video coding* dan membandingkan keefektifan pada teknik *error concealment*. *Error* tidak diberikan pada kuantisasi ataupun DCT melainkan pada gerakan vektor (*motion vector*) *bit stream* atau paket pada *frame* video. Dan lokasi *error* ditentukan secara acak (*random*).

Dimana dalam kanal AWGN, keluaran kanal Y didapat [6]:

$$Y = X + n \tag{3}$$

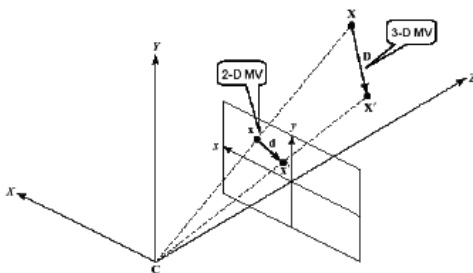
Dimana X adalah input kanal dalam hal ini adalah vektor gerak dari tiap-tiap *frame* video dan n adalah derau dengan *Additive White Gaussian Noise* dengan rata-rata 0 (*zero*) dan varian σ_2 . Kapasitas kanal C_s pada *Additive White Gaussian Noise* didapat:

$$C_s = \max I(X;Y) = \frac{1}{2} \log_2(1 + S / N) \text{ bit/sample} \tag{4}$$

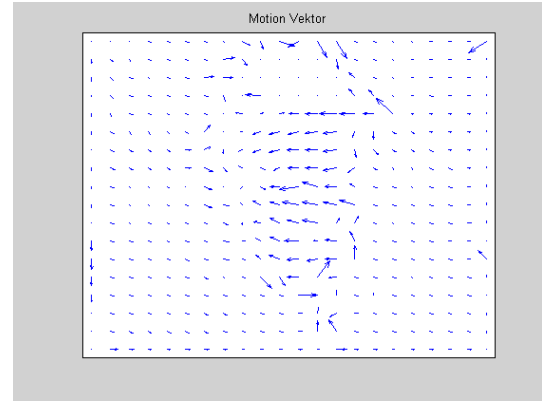
Dengan menggunakan kapasitas Shannon dengan teorema Nyquist, bahwa kapasitas sampling harus dua kali sinyal informasi $2B/\text{sample}$, maka:

$$C = 2BC_s = B \log_2(1 + S / N) \tag{5}$$

$$E[d_n^i(b)] = E[(f_n^i - \tilde{f}_n^i(b))^2] = (f_n^i)^2 - 2f_n^i E[\tilde{f}_n^i(b)] + E[\tilde{f}_n^i(b)^2] \tag{6}$$



Gambar 6. Proyeksi *motion* 3-D dan *motion* 2-D



Gambar 7. Tipe dua dimensi bidang *motion*

$$E[d_n^i(e)] = E[(f_n^i - \tilde{f}_n^i(e))^2] = (f_n^i)^2 - 2f_n^i E[\tilde{f}_n^i(e)] + E[\tilde{f}_n^i(e)^2] \tag{7}$$

Parameter yang dipergunakan pada persamaan di atas dapat didefinisikan:

f_n^i = *pixel* ke i pada *frame* asli ke n

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

Hasil dari simulasi di evaluasi dengan menggunakan dua *video sequence* yaitu Foreman QCIF akan di dapatkan hasil PSNR dan SNR untuk mengetahui unjuk kerja ke dua layer dengan menggunakan parameter kuantisasi untuk mendapatkan tingkatan kualitas *sequence* yang di lihat dari PSNR dan SNR. Yang mana persamaan PSNR, SNR dan kuantisasi parameter seperti persamaan berikut [3]:

$$SNR(i, j) = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N^2} \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N (f(m, n) - g(m + i, n + j))^2 \right], \tag{8}$$

$- w \leq i, j \leq w$

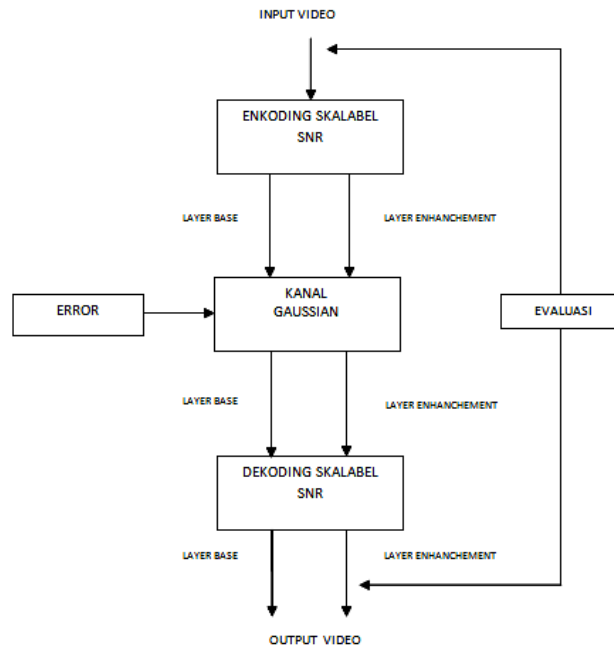
di mana, $f(m, n)$ adalah representasi citra asal (blok asal) pada koordinat m, n , $g(m + i, n + j)$ adalah representasi citra dalam *frame* sebelumnya dan *frame* sesudahnya. Sedangkan PSNR [3]:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N (f(m, n) - g(m + i, n + j))^2} \right] \tag{9}$$

F. Pengukuran Distorsi

Pengukuran distorsi berdasar pada algoritma yang dinamakan *Recursive Optimal Per-piksel Estimate* (ROPE), yang mana merupakan ketelitian estimasi semua distorsi dari sumber sampai tujuan (*End to End*) [2]. Asumsi kriteria SNR, semua ekspektasi tingkat distorsi pada *pixel* i dalam *frame* n , pada *Base-layer* (BL) dan *Enhancement-layer* (EL) dipresentasikan pada persamaan berikut [1]:

Bidang *motion* dari t_1 ke t_2 adalah representasi dari $d(x, t_1, t_2)$ pada semua posisi citra x pada waktu t_1 . Dapat



Gambar 8. Blok diagram sistem

dilukiskan bidang *motion* dari grafik vektor, seperti diperlihatkan pada Gambar 7, di mana arah dan *magnitude* pada tiap-tiap tanda panah dalam arah dan *magnitude* pada *motion vector* dalam piksel di mana tanda panah diletakkan pada arah asal [9].

III. METODE

Sistem ini bekerja dengan menginputkan atau mengolah video *sequence* Foreman dengan format *Quarter Common Intermediate Format* (QCIF) dengan resolusi 176 x 144 piksel yang dikodekan dengan kecepatan 30 fps (*frame per second*).

Video ini dalam menyimulasikannya dibagi dalam bentuk *frame-frame* untuk mengetahui unjuk kerja tiap-tiap *frame* dalam suatu *sequence* yang mana setiap *frame* merupakan citra *grayscale* dengan kedalaman bit sebesar 8 bit per piksel. Pengujian dilakukan dengan banyaknya jumlah *frame* dalam suatu *sequence* terhadap SNR dan PSNR.

Pemberian *Error (lost vector)* pada vektor gerak bit stream dengan derau Gaussian pada bidang spasial *frame sequence* Foreman dimulai pada *frame* ke-10 dengan kecepatan *frame (frame rate)* 30 *frame/second*, dengan parameter derau Gaussian: $M=16$ (ukuran sinyal konstelasi); $k=\log_2(M)$ (jumlah bit per simbol); $n=30000$ (jumlah bit proses); $nsamp=1$ (*oversampling rate*); $EbNo=10$ (dalam dB).

Dengan kekuatan derau yang diberikan pada parameter simulasi sebesar 10 dB, diharapkan mampu untuk memberikan hasil yang signifikan bahwasanya ada pengaruh kualitas citra pada video *sequence* antara kedua layer, baik *base-layer* ataupun *enhancement-layer* yang ditunjukkan dengan penurunan nilai SNR maupun PSNR.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada tabel diperlihatkan adanya penurunan nilai SNR dan PSNR. Pada tabel 1 *Enhancement-layer* tanpa *error* pada kanal rata-rata SNR=17,6 dB PSNR=32,7 dB dan dengan *error* kanal rata-rata SNR=13,9 dB PSNR=28,9 dB. Sedangkan pada tabel 2 *Base-layer* tanpa *error* pada kanal rata-rata SNR=16,9 dB PSNR=32,1 dB dan dengan *error* kanal rata-rata SNR=13,6 dB PSNR=28,7 dB.

Gambar 9(a) dan 9(b) merupakan hasil rekonstruksi *frame base-layer* dan *enhancement-layer* secara visual yang diambil dari keluaran video pada sistem, yang mana dalam tampilan visual terlihat perbedaan kualitas video antara *Base-layer* dan *Enhancement-layer*.

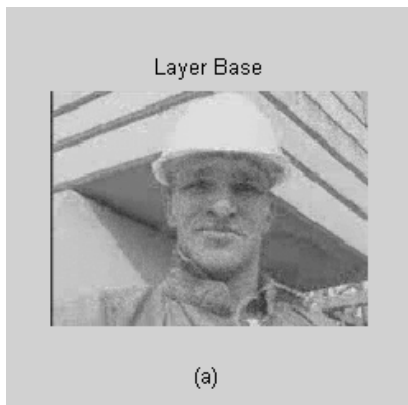
Pada Gambar 10 grafik SNR dan Gambar 11 grafik PSNR merupakan grafik yang merepresentasikan evaluasi unjuk kerja sistem berupa nilai SNR dan PSNR. Dari

Tabel 1. Enhancement layer

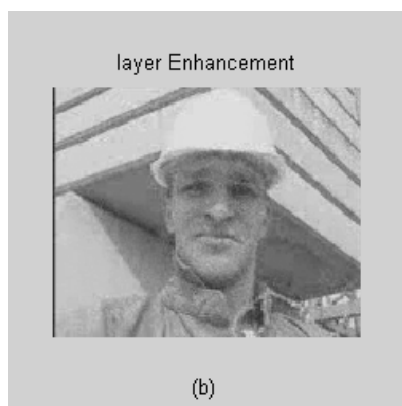
Frame ke	Tanpa Error		Error Gaussian	
	SNR (dB)	PSNR (dB)	SNR (dB)	PSNR (dB)
1	18.136	33.209	18.136	33.209
5	17.952	33.027	17.952	33.027
10	17.606	32.721	12.853	27.811
15	17.483	32.579	12.885	27.834
20	17.457	32.55	12.893	27.84
25	17.508	32.638	12.766	27.744
30	17.386	32.566	12.695	27.72
35	17.434	32.59	12.752	27.75
39	17.455	32.615	12.699	27.701
Mean	17.6	32.7	13.9	28.9

Tabel 2. Base layer

Frame ke	Tanpa Error		Error Gaussian	
	SNR (dB)	PSNR (dB)	SNR (dB)	PSNR (dB)
1	18.147	33.273	18.147	33.273
5	17.615	32.744	17.615	32.744
10	17.022	32.195	12.645	27.671
15	16.804	31.959	12.635	27.655
20	16.671	31.821	12.462	27.444
25	16.71	31.898	12.416	27.441
30	16.575	31.812	12.416	27.5
35	16.584	31.797	12.449	27.5
39	16.588	31.803	12.407	27.456
Mean	16.9	32.1	13.6	28.7



Gambar 9 (a). Tampilan base layer

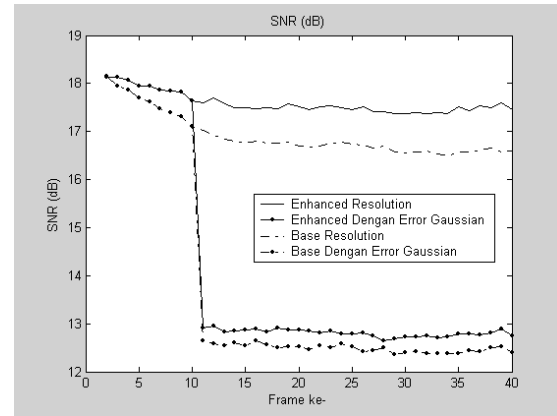


Gambar 9 (b). Tampilan enhancement layer

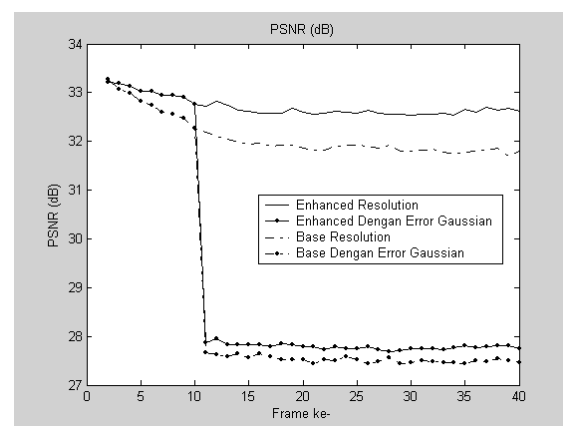
sampel *frame* yang diambil dari *frame* sebelum ada derau sampai *frame* yang terkena derau, dari grafik didapat *frame* ke-10 terlihat mulai terjadi penurunan SNR dan PSNR pada kedua layer (resolusi).

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan, bahwa pada transmisi *error* dengan derau



Gambar 10. Grafik SNR



Gambar 11. Grafik PSNR

Gaussian yang diberikan pada vektor gerak pada bidang spasial *frame sequence* "Foreman" akan mempengaruhi kualitas dari video *sequence* yang ditunjukkan dari penurunan nilai SNR dan PSNR dari sebelum ada derau dan dengan diberikannya derau, didapat penurunan rata-rata sebesar 3 dB untuk SNR dan 4 dB untuk PSNR yang dapat di lihat dari tabel *Enhancement-layer* dan tabel *Base-layer* di atas.

REFERENSI

- [1] Agus Purwadi, "Transmisi Video Yang Mengoptimalkan Fungsi Rate Distortion (RD) Dengan Umpan Balik Dari Penerima ", EEPIS Journal Volume 10 - Number 1 - July 2005.
- [2] C. Andrew Segall, Gary J. Sullivan, "Spatial Scalability Within the H.264/AVC Scalable Video coding Extension", IEEE Transactions On Circuits And System For Video Technology, Vol. 17, No. 9, September 2007.
- [3] Fan Zhai, Randall Berry, Thrasyvoulos N, Pappas, Angelos K. Katsaggelos, "A Rate-Distortion Optimized Error Control Scheme For Scalable Video Streaming Over The Internet", ICME, 2003.
- [4] Heiko Schwarz, Detlev Marpe, and Thomas Wiegand, "Overview of the Scalable Video coding Extension of the H.264/AVC Standard", IEEE Transactions On Circuits And System For Video Technology, Vol. 17, No. 9, September 2007.
- [5] Mohammed Ghanbari, "Video coding an Introduction to Standart

- Codecs”, The Institut of Electrical Engineers, United Kingdom, 1999.
- [6] Marta Mrak, Nikola Sprljan, Sonja Grgic, “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.
- [7] Olivier Adda, Nicolas Cottineau, Mahmoud Kadoura, “A Tool for Global Motion estimation and Compensation for Video Processing”, Final Project, Concordia University, 2003.
- [8] W. Li, “Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 11, pp. 301-317, March 2007.
- [9] Yao Wang, Jorn Osterman, Ya-Qin Zhang, ”Video Processing And Communications”, Prentice Hall, Inc, New jersy, 2002.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

