

Optimalisasi Kompresi Image dengan Differential Pulse Code Modulator 2D

Muhammad Kusban ST. MT.¹⁾

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan 57102 Surakarta.
Telp. +62 271 717417. Faks: +62 271 715448

Abstrak

Dalam makalah ini membahas sistim pengkodean di dalam differential pulse code modulator (DPCM) dalam bentuk 1D dan 2D untuk kompresi still image. Informasi dalam arah contour dihasilkan dari elemen neighboring yang selanjutnya digunakan untuk prediksi nilai gambar akhir. Hasilnya menunjukkan bahwa metode yang digunakan memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan predictor linear dan median dalam hal prediction gain dan SNR. Dalam ujicoba didapatkan DPCM 2D memiliki nilai SNR 23,87 dB dan DPCM 1D memiliki nilai SNR 21.28 dB, sehingga bentuk 2D lebih optimal dibandingkan dalam bentuk 1D sekitar 2.41 dB.

Kata kunci: DPCM, still image, neighboring, differential pulse code, predictor, SNR

Pendahuluan

Saat ini kebutuhan akan jaringan computer terutama Internet dan aplikasinya meningkat pesat, sehingga alamat IPv4 akan kehabisan tempat sehingga saat ini hanya tersisa sekitar 234.370.000 [1]. Meningkatnya pengguna Internet, memaksa konten web mengoptimalkan kapasitas file yang ada agar mudah dan cepat diakses maupun di download. Kompresi merupakan salah satu sarana untuk mengurangi kapasitas file dengan tetap menjaga kualitas bentuk aslinya. Misalnya file audio dengan 44K sample/detik 16 bit stereo memiliki besar file 3600x44000x2x2=633.6MB maka dengan kompresi MP3 memiliki kisaran file dengan faktor reduksi 10 yaitu 65MB. File image dengan ukuran 500x500 color dengan kapasitas 759KB akan berkapasitas 38Kb dengan faktor kompresi 20. Dan color video klip sebesar 60x30x640x480x3=1659 GB bila dikompresi dengan MPEG2 kan menjadi 4.7 GB (DVD) [2].

Menurut Han Vinck [3] dengan kompresi memiliki keuntungan antara lain: mengurangi ukuran file hingga 40% hingga 80%, lebih ekonomis untuk transfer file serta menyimpan, kompresi sebelum encryption menjadikan code-breaking lebih sulit, lebih awet bagi battery saat digunakan pada perangkat mobile.

Bentuk kompresi image digolongkan dalam dua bentuk: lossy dan lossless. Kompresi lossless merupakan sistim pemampatan data/image yang dapat dikembalikan ke bentuk semula tanpa ada data yang hilang. Sedangkan kompresi lossy menggunakan sistim decompress yang tidak mengembalikan data 100% ke bentuk aslinya sehingga banyak image yang hilang meskipun masih tetap mempertahankan bentuk aslinya secara inderawi. Itulah sebabnya metode lossy

tidak pernah digunakan untuk mengkompresi data dan text terutama untuk sistim kompresi dalam dunia bisnis.

Tabel 1. Ragam kompresi menurut Hai Tao [2]

Entropy Coding	Run-length Coding	
	Huffman Coding	
	Arithmetic Coding	
Source Coding	Prediction	DPCM
		DM
	Transformation	FFT
		DCT
	Layered Coding	Bit Position
		Sub-sampling
Sub-band Coding		
Vector Quantization		
Hybrid Coding	JPEG	
	MPEG	
	H.261	
	DV1 RTV, DV1 PLV	

Beragam metode yang digunakan bertujuan untuk menjawab persoalan umum dalam sistim kompresi [3] *'find a means for spending as little time as possible on packing as much of data as possible into as little space as possible, and with no loss of information'*. Untuk predictive coding secara sederhana diartikan dengan upaya menstransmisikan perbedaan dengan cara memprediksi kiriman kode berikutnya yang setipe dengan kode saat ini dipergunakan. Dapat pula ditempuh dengan mengirimkan kode error yang terjadi dalam prediksi sebelumnya untuk digunakan sebagai kode saat ini. Ini dasar dengan membentuk perbedaan prediksi yang dikirimkan adalah untuk membuat histogram dengan nilai kode yang lebih runcing sehingga akan lebih baik saat proses kompresi terjadi. Prinsip demikian dapat diasumsikan pemancar dalam wilayah tertentu akan lebih optimal bilamana ditempatkan di tengah area sehingga dapat menjangkau segalam sudutnya. Dengan membuat histogram berada dalam puncak di tengah area lebih memungkinkan menyatukan setiap elemen data saat proses compress/decompress. Ikatan antar pixel di dalam data sangat erat sehingga diperlukan cara mengurangi ikatan antar pixel tersebut. DPCM merupakan salah satu metode mengurangi korelasi antar pixel dengan cara menghilangkan redundancy bersama antar pixel yang berturutan dengan kode informasi baru. Kelebihan lainnya yaitu metode *predictive coding* dapat digunakan untuk kompresi lossless maupun lossy dengan persyaratan hardware minimal [16].

Studi Pustaka

Menurut Onur dan Michael [4] DPCM tidak efisien bilamana digunakan dalam mode *low bit rate* dengan munculnya *rate distortion*. Maka diperlukan sebuah filter untuk mendapatkan hasil dari DPCM yang optimal. Anna dan Tor [5] menyebutkan bahwa DPCM dapat digunakan secara efisien untuk *high bit rate* menggunakan *multirate processing* dan filter Wiener untuk decodernya. Sedangkan Mielikainen dan Toivanen [6] mengembangkan DPCM secara cluster dengan cara membuat image yang akan dikompresi digolongkan dalam cluster-cluster kemudian prediksinya dibuat dari nilai optimumnya/rata-ratanya. Perbaikan prediction dilakukan oleh Torsten dan Peter [7] dengan menggunakan kombinasi *neighborhood* pixel secara linier.

Proses menjadikan bentuk digital sinyal analog (image/suara) disebut pulse code modulation dengan asumsi bahwa sampling analog memiliki *low rate* dan tiap sampling diquantisasi dengan jumlah bit sama. Pengurangan data dalam hal ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi *sampling rate* (misalnya 8k untuk telephone) dan mengurangi jumlah bit per *sample* (missal 8 bits sebagai ganti 16 bits). Differential pulse code modulation (DPCM) menggunakan pengurangan data dengan cara membuat code baru antar sample berturutan. Nilai yang

dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan dari sample yang ada dan nilai ini digunakan untuk kode sinyal berikutnya. Jumlah bit per sample diperlukan untuk mengakomodasi perubahan nilai terbesar antar sample baik positif ataupun negatif. Bila berasal dari urutan 8 bit PCM maka menjadi 7 bit sebagai code penggantinya. Nilai prediksi baru memiliki nilai prediksi yang lebih baik dari sebelumnya, misalkan dua sample lampau digunakan untuk nilai prediksi sample saat ini:

$$f^-(n) = 2f(n-1) - f(n-2)$$

$$\delta f(n) = f(n) - f^-(n) \tag{1}$$

Bila digunakan untuk 1D, kompresi dapat diperoleh dengan mengeksploitasi korelasi antar sample. Selanjutnya dengan hal sama untuk bentuk 2D sehingga diperoleh nilai kompresi yang lebih optimal dibandingkan dengan bentuk 1D.

Encoding

$$X_1 X_2 \dots X_n \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_n$$

$$X_1 = Y_1$$

$$Y_n = X_n - X_{n-1}$$

$$n = 2, 3, 4, \dots, N \tag{2}$$

Decoding

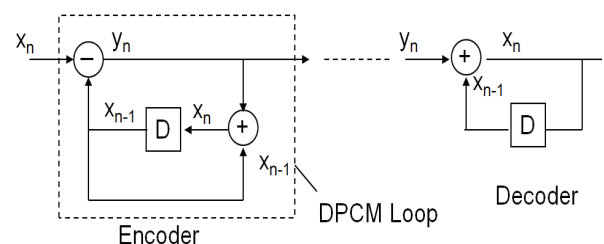
$$Y_1 Y_2 \dots Y_n \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$$

$$Y_1 = X_1$$

$$X_n = Y_n + X_{n-1}$$

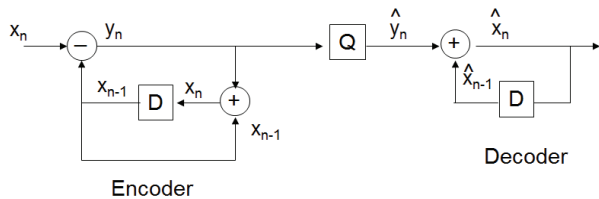
$$n = 2, 3, 4, \dots, N \tag{3}$$

Dalam DPCM coding, predictor membuat prediksi pixel yang ada baik menggunakan pixel sebelumnya untuk digunakan sebagai prediksi saat ini. Bila menggunakan pixel-pixel dari garis matrik yang sama disebut dengan predictor 1D sedangkan bila menggunakan garis matrik penggabungan baik kolom dan baris dari matrik sebelumnya disebut dengan predictor 2D.



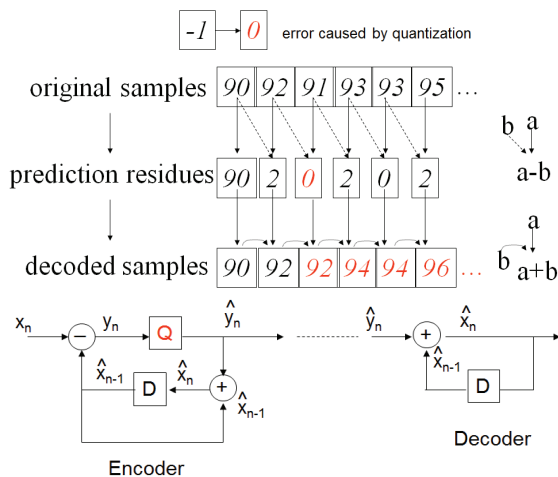
Gambar 1. Loop DPCM baik encoder maupun decoder

Open loop DPCM, prediksi didasarkan atas sample sebelumnya dan kuantisasi ditempatkan di luar loop DPCM



Gambar 2. DPCM open loop dengan nilai kuantisasi berada diluar loop

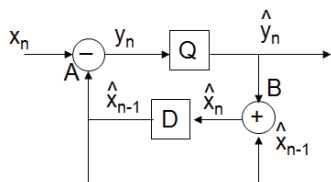
Contoh perhitungan yang melibatkan penggunaan open loop DPCM sebagai berikut.



Gambar 3. DPCM Closed loop dengan nilai kuantisasi (Q) berada dalam loop encoder.

Closed loop DPCM, X_n, Y_n merupakan unquantized sample dan prediction residu. Sedangkan \hat{X}_n, \hat{Y}_n merupakan decoded sample dan quantized prediction residues.

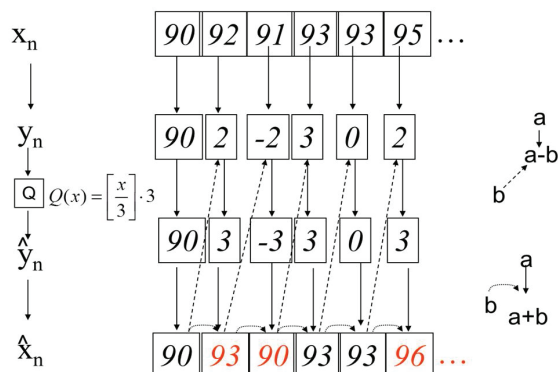
Untuk closed loop DPCM prediksi didasarkan atas sample decode sebelumnya dan kuantisasi ditempatkan dalam loop DPCM. Penyederhanaan bentuk closed loop DPCM dapat dilakukan sehingga gambar diagram loop menjadi bentuk berikut.



Gambar 4. Penyederhanaan bentuk closed loop DPCM

$$\begin{aligned}
 Y_n &= X_n - \hat{X}_{n-1} \\
 \hat{X}_n &= \hat{Y}_n + \hat{X}_{n-1} \\
 X_n - \hat{X}_n &= Y_n - \hat{Y}_n
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Contoh perhitungan yang melibatkan penggunaan closed loop DPCM sebagai berikut



Dalam pemrosesan image nilai-nilai pixel dapat dirubah tanpa mempengaruhi tampilannya. Misalkan bentuk matrik berikut:

$$\mathbf{A} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \vec{x} = \begin{bmatrix} 100 \\ 98 \\ 98 \\ 100 \end{bmatrix}$$

$$\vec{y} = \mathbf{A}\vec{x} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 100 \\ 98 \\ 98 \\ 100 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 198 \\ 0 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Nilai 198 merupakan nilai yang signifikan sedangkan nilai 0, 0, 2 merupakan nilai yang tidak signifikan sehingga dapat dihilangkan. Pemrosesan yang melibatkan suatu transformasi sering menghilangkan nilai nilai yang tidak signifikan guna mendapatkan nilai optimum dalam kompresi. Proses transformasi dapat ditingkatkan dalam bentuk 2D.

Sebagai contoh suatu desain predictor [8]
 Jumlah sampel = $M = 31$. Data = {5 6 5 6 5 7 4 8 3 9 2
 10 1 9 2 8 6 6 6 10 1 10 1 6 1 6 1 3 5 7 9}. Gunakan
 predictor $N = 1, 2$ dan 3 . Bandingkan prediction gain
 untuk $N = 1$

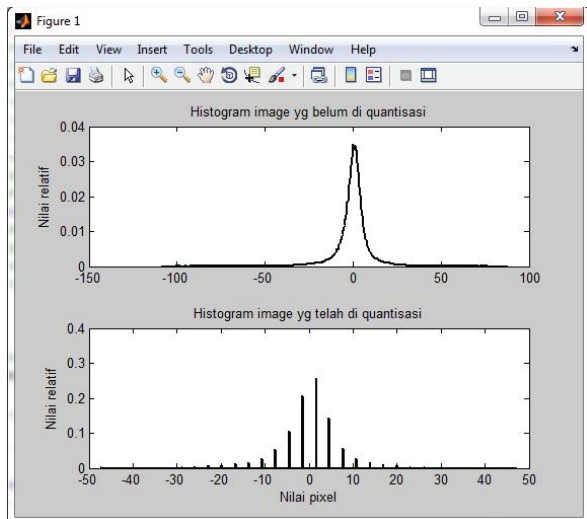
$$R_{xx}(1) = \alpha_1 R_{xx}(0)$$

$$R_{xx}(0) = (1/31)(5.1^2 + 2.2^2 + 2.3^2 + 1.4^2 + 4.5^2 + 7.6^2 + 2.7^2 + 2.8^2 + 3.9^2 + 3.10^2) = 1168/31 = 37,68$$

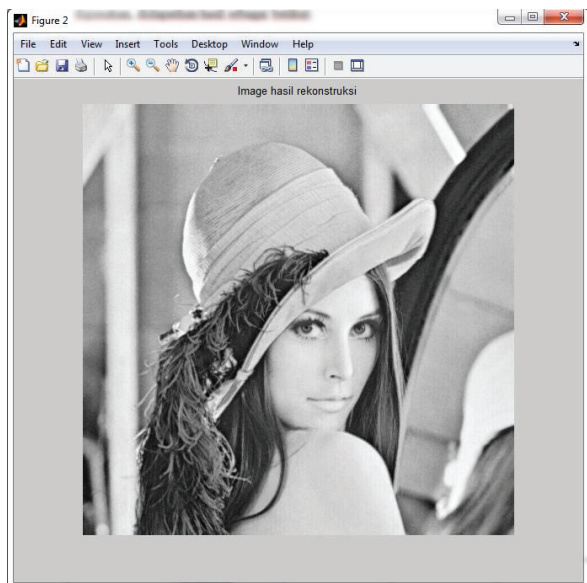
$$R_{xx}(1) = (1/30)(5.6 + 6.5 + 5.6 + 6.5 + 5.7 + 7.4 + 4.8 + 8.3 + 3.9 + 9.2 + 2.10 + 10.1 + 1.9 + 9.2 + 2.8 + 8.6 + 2.(6.6) + 6.10 + 10.1 + 1.10 + 1.0.1 + 2.(1.6 + 6.1) + 1.3 + 3.5 + 5.7 + 7.9) = 707/30 = 23,57$$

Analisa Data

Dengan menggunakan Matlab untuk menguji metode DPCM dalam berbagai image yang digunakan, didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 5. Hasil histogram dari image Lena baik yang belum di kuantisasi maupun yang telah di kuantisasi.

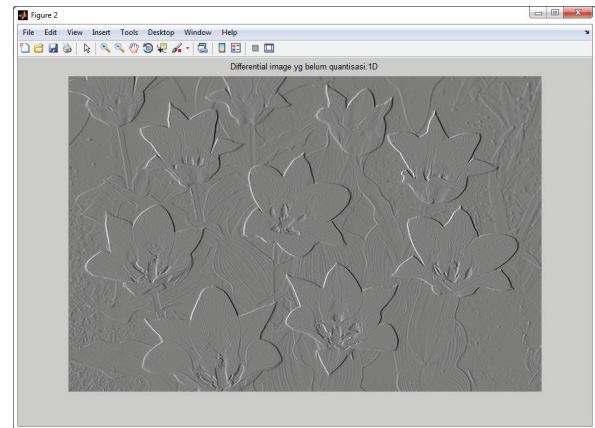


Gambar 6. Image hasil rekonstruksi kompresi

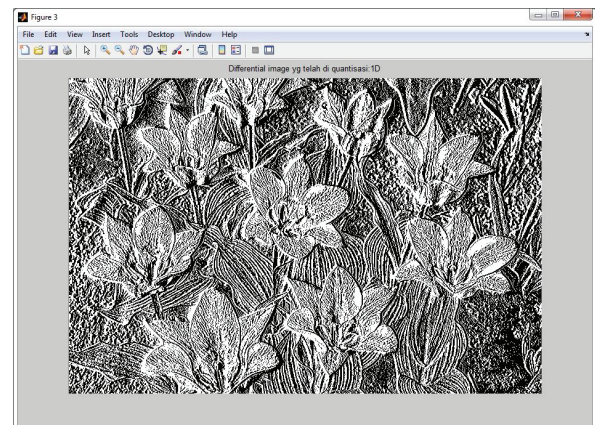
Tabel 2. Hasil DPCM untuk beragam image

Image	Prediksi koefisien	Gp (dB)	RateRed (bits)	SNR
Cameramen.tif	0.9362	8.95	1.49	24.02
Airplane.png	0.9731	12.42	2.06	28.01
Baboon.png	0.9236	8.28	1.39	29.05
Barbara.png	0.8955	7.03	1.17	27.59
Boat.png	0.9381	9.11	1.51	23.20
Cat.png	0.9753	13.09	2.17	30.44
Fruits.png	0.9720	11.53	1.91	19.04
Girl.png	0.9823	13.63	2.26	22.56
Lena.png	0.9794	13.72	2.28	28.84
Mountain.png	0.8607	5.93	0.99	26.73
Peppers.png	0.9622	11.17	1.86	23.48
Sails.png	0.9339	8.87	1.47	28.78
Tulips.png	0.9909	16.65	2.77	27.45

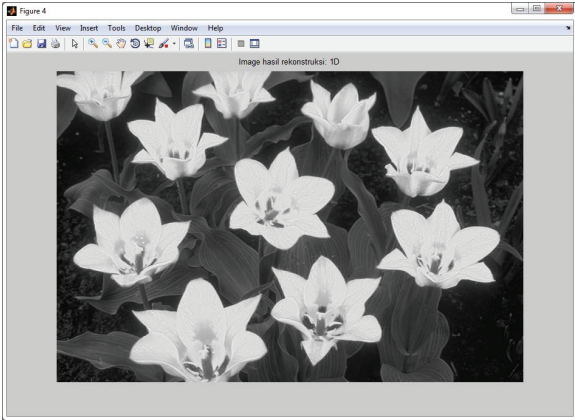
Berikut, perbandingan kompresi metode DPCM yang melibatkan bentuk 1D dan 2D.



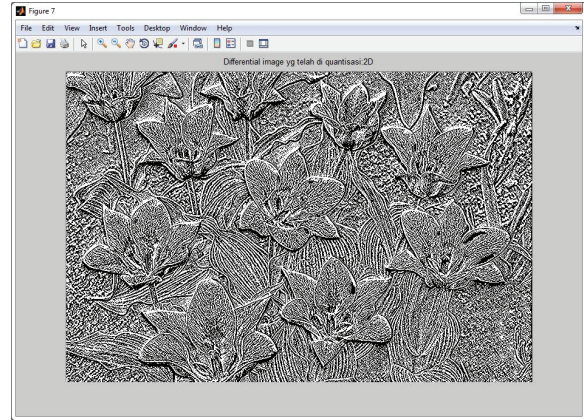
Gambar 7a. Differential image Tulips.png yang belum di kuantisasi untuk mode 1D



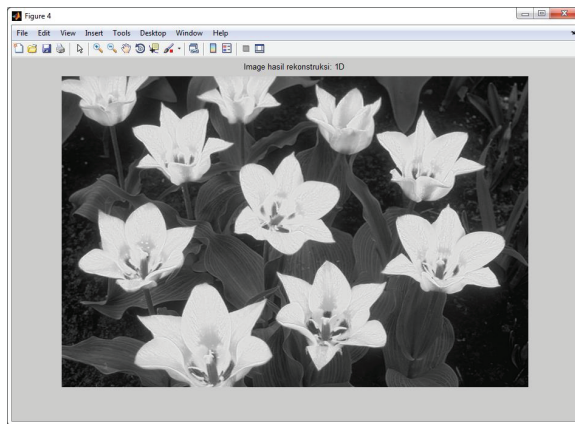
Gambar 7b. Differential image Tulips.png yang telah di kuantisasi untuk mode 1D



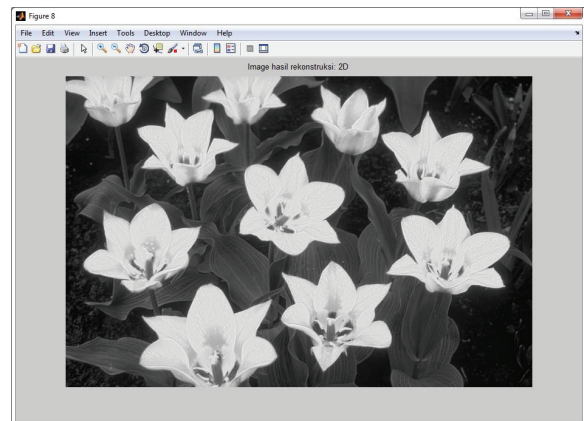
Gambar 8a. Image hasil rekonstruksi dalam mode 1D.



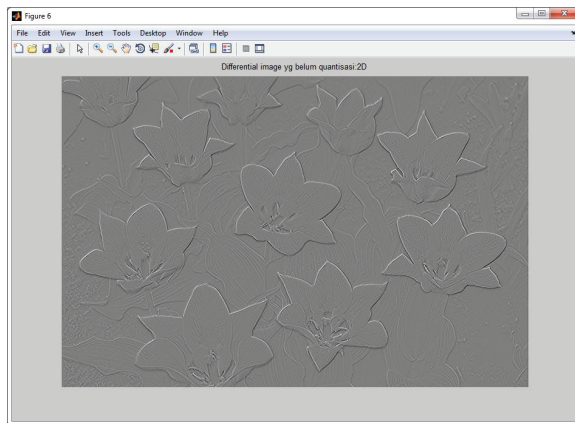
Gambar 10. Differential image Tulips.png yang telah diquantisasi untuk mode 2D



Gambar 8b. Image hasil rekonstruksi dalam mode 1D



Gambar 11. Image hasil rekonstruksi dalam mode 2D.



Gambar 9. Differential image Tulips.png yang belum diquantisasi untuk mode 2D

Tabel 3 Perbandingan SNR 1D dan 2D

Image	SNR 1D	SNR 2D
Cameramen.tif	18.51	22.20
Airplane.png	21.68	24.97
Baboon.png	18.36	18.57
Barbara.png	17.58	20.70
Boat.png	19.03	23.41
Cat.png	22.36	23.60
Fruits.png	21.74	24.00
Girl.png	23.74	28.31
Lena.png	23.11	27.36
Mountain.png	16.26	16.16
Peppers.png	21.26	19.08
Sails.png	18.25	20.69
Tulips.png	26.20	30.36
Σ	268.08	299.41
μ		2.41

Daftar Pustaka

- [1] Jumlah alamat IPv4 sudah mulai menipis.
<http://www.feedberry.com/2010/07/25/jumlah-alamat-ipv4-sudah-mulai-menipis/>
- [2] Hai Tao, Data Compression,
<http://classes.soe.ucsc.edu/cmpe163/Spring03/Lec7.pdf>
- [3] A.J. Han Vinck, *Data Compression*, Juli 2011
- [4] Onur G. Guleryuz dan Michael T. Orchard, *On the DPCM Compression of Gaussian Auto Regressive*, Departement of Electrical Engineering Polytechnic University, Brooklyn NY 11201, July 14 2000.
- [5] Anna N. Kim dan Tor. A Ramstad, *Improving the rate distortion performance of DPCM*, Departement of Telecommunication, NTNU Norway.
- [6] J. Mielikainen dan P. Toivanen, *Clustered DPCM for the Lossless Compression of Hyperspectral Images*, Finland.
- [7] Torsten Seemann dan Peter Tischer, *Generalised Locally Adaptive DPCM*, Department of Computer Science Monash University.
- [8] hend@telecom.ee.itb.ac.id, *Predictive coding: differential pulse code modulation (DPCM)*.