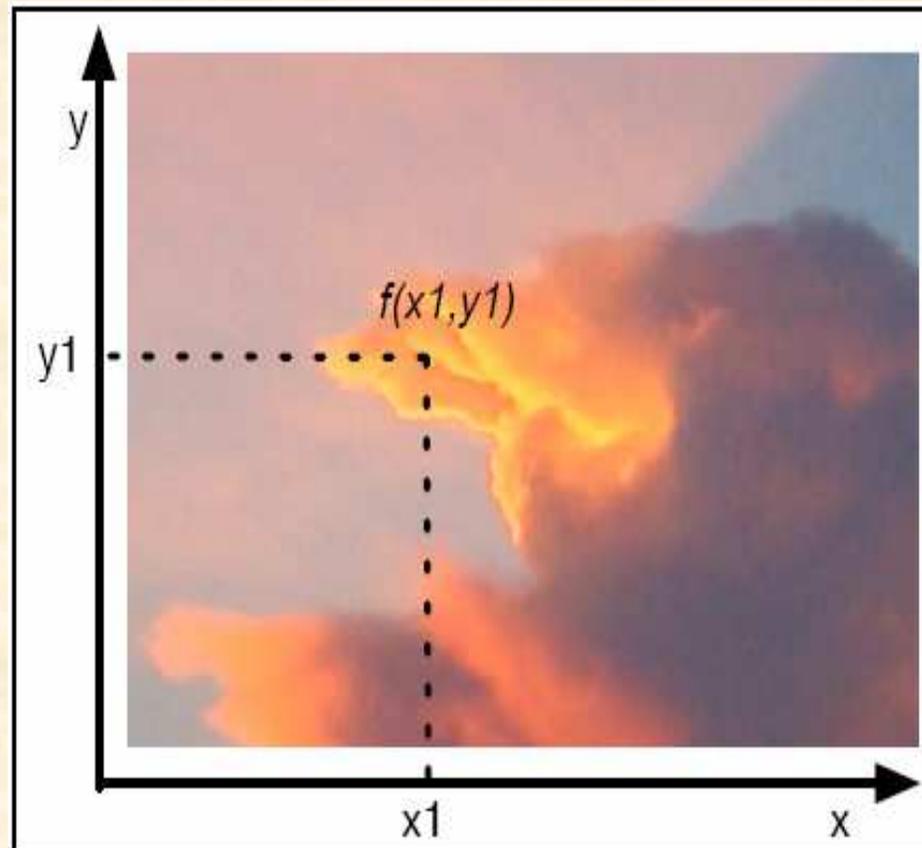


TEORI DASAR CITRA DIGITAL 1

Pengolahan Citra Digital

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel, $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut, hal tersebut diilustrasikan pada gambar disamping. Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (*Red, Green, Blue* - RGB). Komposisi warna RGB tersebut dapat dijelaskan



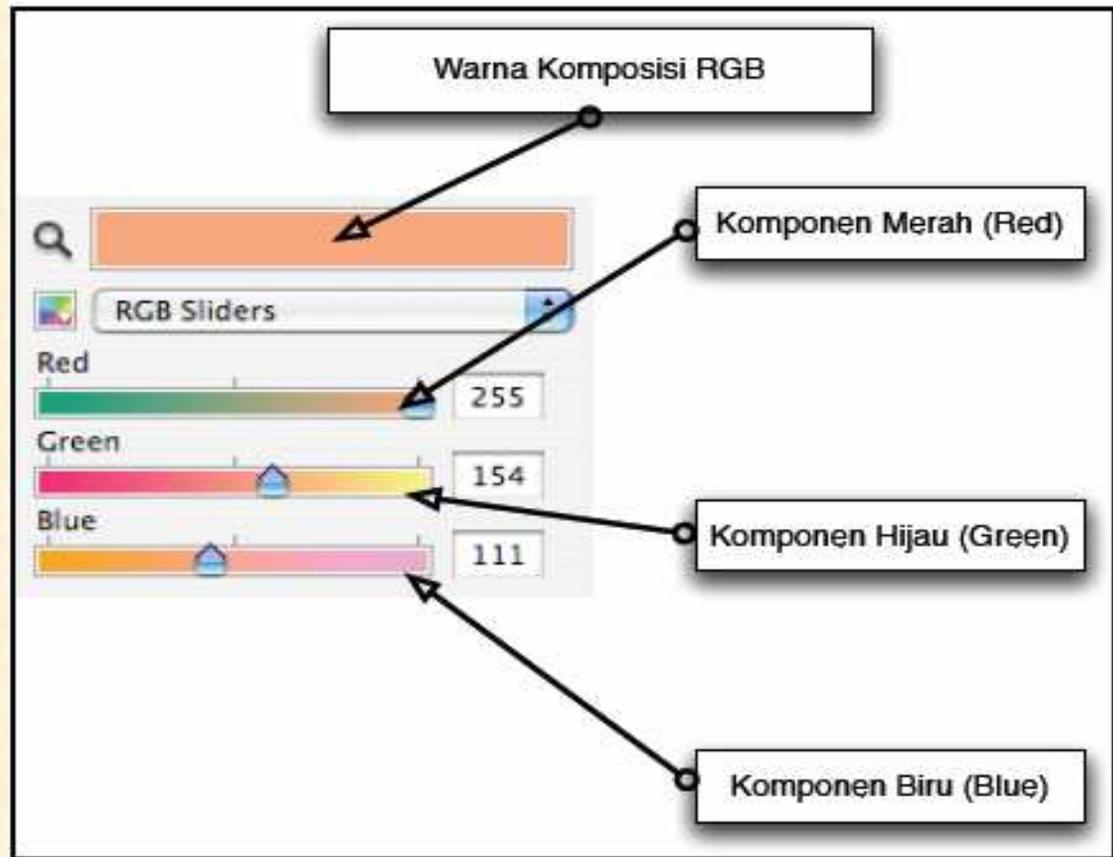
Citra Digital

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Pengolahan Citra Digital

Sebuah citra diubah ke bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain.

Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya *scanner*, kamera digital, dan *handycam*. Ketika sebuah citra sudah diubah ke dalam bentuk digital (selanjutnya disebut citra digital), bermacam-macam proses pengolahan citra dapat diperlakukan terhadap citra tersebut.

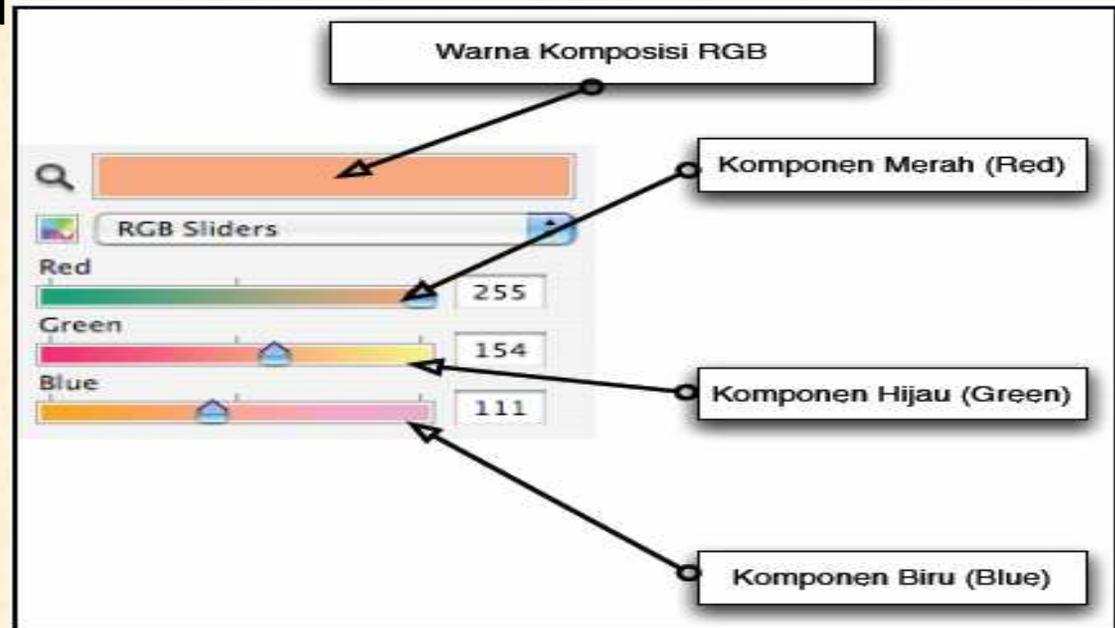


Komposisi Warna RGB

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Pengolahan Citra Digital

Sebuah citra diubah ke bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain. Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya *scanner*, kamera digital, dan *handycam*. Ketika sebuah citra sudah diubah ke dalam bentuk digital (selanjutnya disebut citra digital), bermacam-macam proses pengolahan citra dapat diperlakukan terhadap citra tersebut.



Komposisi Warna RGB

Pengolahan citra digital dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

1. Representasi dan permodelan citra
2. Peningkatan kualitas citra
3. Restorasi citra Analisis citra
4. Rekonstruksi citra Kompresi citra

Dalam tugas akhir ini, pengolahan citra digital difokuskan pada teknik kompresi citra.

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

1. Representasi dan permodelan citra
2. Peningkatan kualitas citra
3. Restorasi citra Analisis citra
4. Rekonstruksi citra Kompresi citra

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

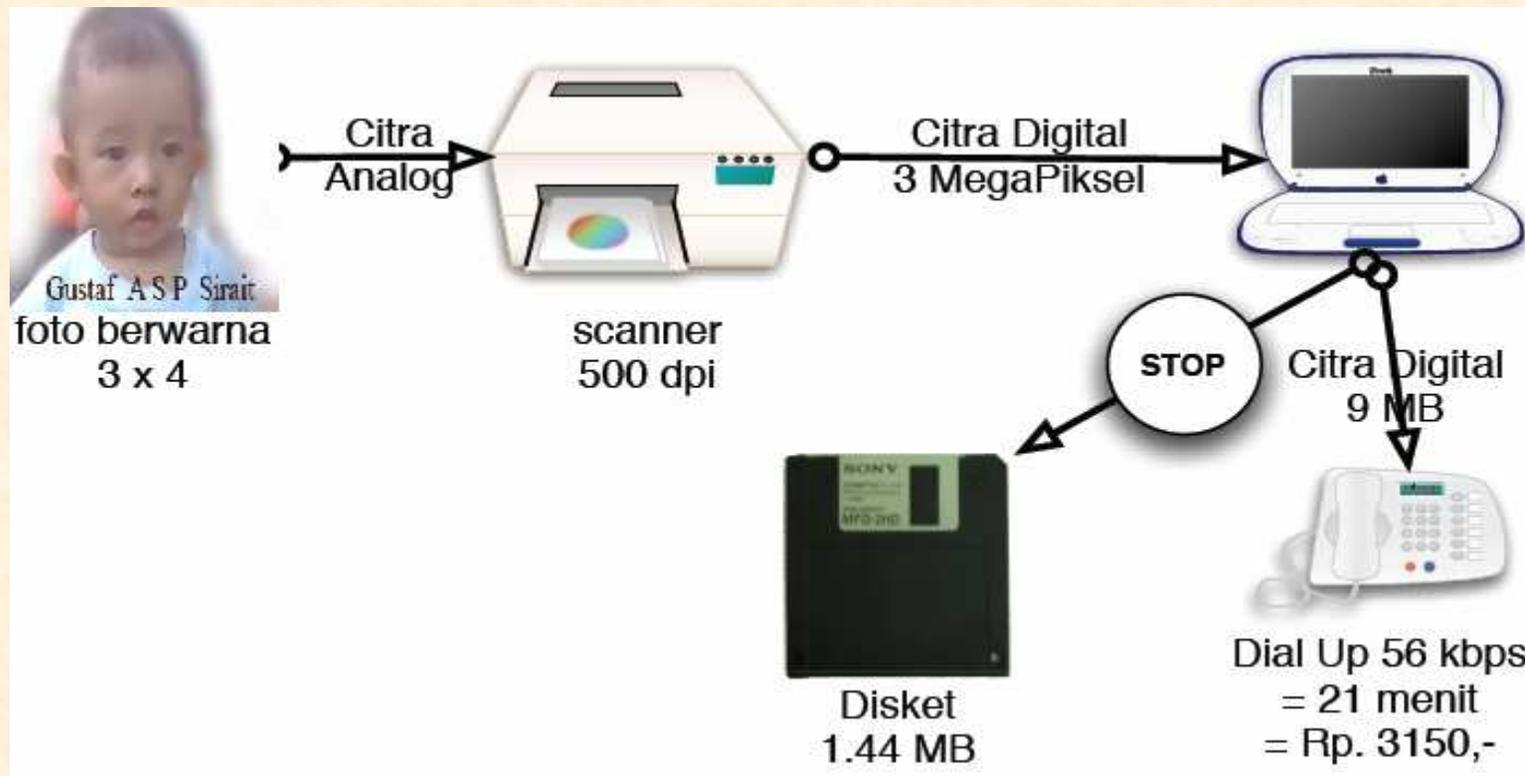
Kompresi citra bertujuan untuk meminimalkan jumlah bit yang diperlukan untuk merepresentasikan citra. Apabila sebuah foto berwarna berukuran 3 inci x 4 inci diubah ke bentuk digital dengan tingkat resolusi sebesar 500 *dot per inch* (dpi), maka diperlukan $3 \times 4 \times 500 \times 500 = 3.000.000$ dot (piksel). Setiap piksel terdiri dari 3 *byte* dimana masing-masing *byte* merepresentasikan warna merah, hijau, dan biru. sehingga citra digital tersebut memerlukan *volume* penyimpanan sebesar $3.000.000 \times 3 \text{ byte} + 1080 = 9.001.080 \text{ byte}$ setelah ditambahkan jumlah *byte* yang diperlukan untuk menyimpan *format (header)* citra.

Citra tersebut tidak bisa disimpan ke dalam disket yang berukuran 1.4 MB. Selain itu, pengiriman citra berukuran 9 MB memerlukan waktu lebih lama. Untuk koneksi internet *dial-up* (56 kbps), pengiriman citra berukuran 9 MB memerlukan waktu 21 menit. Untuk itulah diperlukan kompresi citra sehingga ukuran citra tersebut menjadi lebih kecil dan waktu pengiriman citra menjadi lebih cepat. Citra yang belum dikompres disebut citra mentah (*raw image*).

Sementara citra hasil kompresi disebut citra terkompresi(*compressed image*). Proses pengiriman dan penyimpanan citra tersebut diilustrasikan pada gambar berikut

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra



Proses Konversi citra analog ke citra digital beserta pengiriman

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

Kompresi citra dikembangkan untuk memudahkan penyimpanan dan pengiriman citra. Teknik kompresi yang ada sekarang memungkinkan citra dikompresi sehingga ukurannya menjadi jauh lebih kecil daripada ukuran asli. Ada dua tipe utama kompresi data, yaitu kompresi tipe *lossless* dan kompresi tipe *lossy*. Kompresi tipe *lossy* adalah kompresi dimana terdapat data yang hilang selama proses kompresi. Akibatnya kualitas data yang dihasilkan jauh lebih rendah daripada kualitas data asli. Sementara itu, kompresi tipe *lossless* tidak menghilangkan informasi setelah proses kompresi terjadi, akibatnya kualitas citra hasil kompresi tidak menurun. Namun demikian, rasio kompresi yang digunakan untuk kompresi tipe *lossless* lebih kecil daripada rasio kompresi pada kompresi tipe *lossy*.

Parameter-parameter citra yang penting dalam proses kompresi diantaranya adalah sebagai berikut :

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

Resolusi

Resolusi citra menyatakan ukuran panjang kali lebar dari sebuah citra. Resolusi citra biasanya dinyatakan dalam satuan piksel . piksel. Semakin tinggi resolusi sebuah citra, semakin baik kualitas citra tersebut. Namun, tingginya resolusi menyebabkan semakin banyaknya jumlah bit yang diperlukan untuk menyimpan dan mentransmisikan data citra tersebut.

Kedalaman Bit

Kedalaman bit menyatakan jumlah bit yang diperlukan untuk merepresentasikan tiap piksel citra pada sebuah *frame*. Kedalaman bit biasanya dinyatakan dalam satuan *bit/piksel*. Semakin banyak jumlah *bit* yang digunakan untuk merepresentasikan sebuah citra, maka semakin baik kualitas citra tersebut.

Konsep Redundansi

Redundansi merupakan suatu keadaan dimana representasi suatu elemen data tidak bernilai signifikan dalam merepresentasikan keseluruhan data. Keadaan ini menyebabkan data keseluruhan dapat direpresentasikan secara lebih kompak dengan cara menghilangkan representasi dari sebuah elemen data yang redundan. Redundansi yang terdapat pada citra statik adalah redundansi spasial. Metode kompresi citra berdasarkan redundansi spasial diantaranya adalah sebagai berikut :

Subsampling

Subsampling merupakan metode kompresi dengan mengurangi jumlah piksel yang diperlukan untuk merepresentasikan suatu citra. *Subsampling* dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama adalah mengambil piksel-piksel tertentu dari citra, misal piksel-piksel pada baris dan kolom saja. Cara kedua adalah dengan mengambil rata-rata dari kelompok piksel dan menggunakan nilai tersebut sebagai ganti nilai kelompok piksel ini. Cara ini lebih kompleks, tetapi menghasilkan kualitas yang lebih baik.

Subsampling sebanding dengan pengurangan resolusi.

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

Pengurangan kedalaman bit

Metode ini dilakukan dengan mengurangi jumlah bit yang digunakan untuk mererepresentasikan suatu piksel. Misalnya dengan mengurangi kedalaman bit dari 16 bit/ piksel menjadi 8 bit/piksel. Metode ini mengurangi kualitas citra.

Transformation Coding

Transformation coding merupakan transformasi data dari domain ruang ke domain frekuensi. Cara ini menghasilkan data yang lebih mudah diproses untuk kompresi lebih lanjut. Transformasi yang populer digunakan antara lain *Discrete Cosine Transform* (DCT) yang diadopsi dalam standar kompresi JPEG dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) yang digunakan dalam kompresi JPEG 2000.

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

Sekarang ini, kompresi citra yang sering digunakan adalah *JPEG*. *JPEG* dikembangkan oleh *Joint Photographic Expert Group* pada akhir tahun 80an dan kemudian dikenal karena teknik kompresi-nya yang bagus. Kompresi *JPEG* berdasarkan pada *Discrete Cosine Transform*. Pada tahun 1997, komite *JPEG* memutuskan untuk mengembangkan standar baru untuk kompresi citra. Sejak saat itulah *JPEG-2000* mulai dikembangkan.

Berikut ini adalah contoh format citra baik yang *lossless* maupun *lossy*

Ekstensi	Nama	Keterangan
bmp	Windows Bitmap	Biasanya digunakan oleh aplikasi dan sistem operasi Microsoft Windows. Merupakan kompresi tipe <i>lossless</i> .
gif	Graphics Interchange Format	Gif biasanya digunakan di website. Format gif mendukung citra bergerak. Namun format gif hanya mendukung 255 warna tiap frame. Format gif juga mendukung citra transparan. Format gif merupakan kompresi tipe <i>lossy</i> .

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

Ekstensi	Nama	Keterangan
jpg/jpeg	Joint Photographic Experts Group	JPEG biasanya digunakan untuk foto atau citra di website. JPEG menggunakan kompresi tipe <i>lossy</i> . Kualitas JPEG 2000 bisa bervariasi tergantung setting kompresi yang digunakan. Kompresi JPEG berbasis DCT (<i>Discrete Cosine Transform</i>)
jp2/jpg2/j2k	Joint Photographic Experts Group 2000	Merupakan pengembangan dari JPEG yang berbasis transformasi wavelet. Format ini mendukung kompresi tipe <i>lossless</i> dan <i>lossy</i> . Namun, support JPEG 2000 dalam berbagai aplikasi masih kurang, disebabkan kebutuhan hardware yang tangguh dan paten.
pbm	Portable Bitmap Format	Merupakan format citra hitam putih yang sederhana. PBM memerlukan 1 bit tiap pixel. Tidak seperti format citra lainnya, format PBM merupakan <i>plain text</i> yang bisa diolah dengan menggunakan pengolah text. Format PBM merupakan bagian dari PNM (Portable Pixmap File Format).

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Kompresi Citra

pgm	Portable Graymap Format	Merupakan format citra abu-abu yang sederhana. Format PGM memerlukan 8 bit tiap pixel. PGM merupakan citra mentah dengan kompresi tipe <i>lossless</i> . Format PGM merupakan bagian dari PNM (Portable Pixmap File Format).
png	Portable Network Graphics	PNG adalah format citra dengan kompresi tipe <i>lossless</i> dengan kedalaman bit berkisar antara 1 sampai dengan 32. PNG didesain untuk menggantikan format citra GIF untuk diimplementasikan di website. Algoritma kompresi PNG tidak memerlukan paten karena sudah menjadi <i>public domain</i> sejak tahun 2003.
tiff	Tagged Image File Format	Merupakan format citra yang sudah digunakan sejak dulu. Mendukung kompresi tipe <i>lossless</i> dan <i>lossy</i> .

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

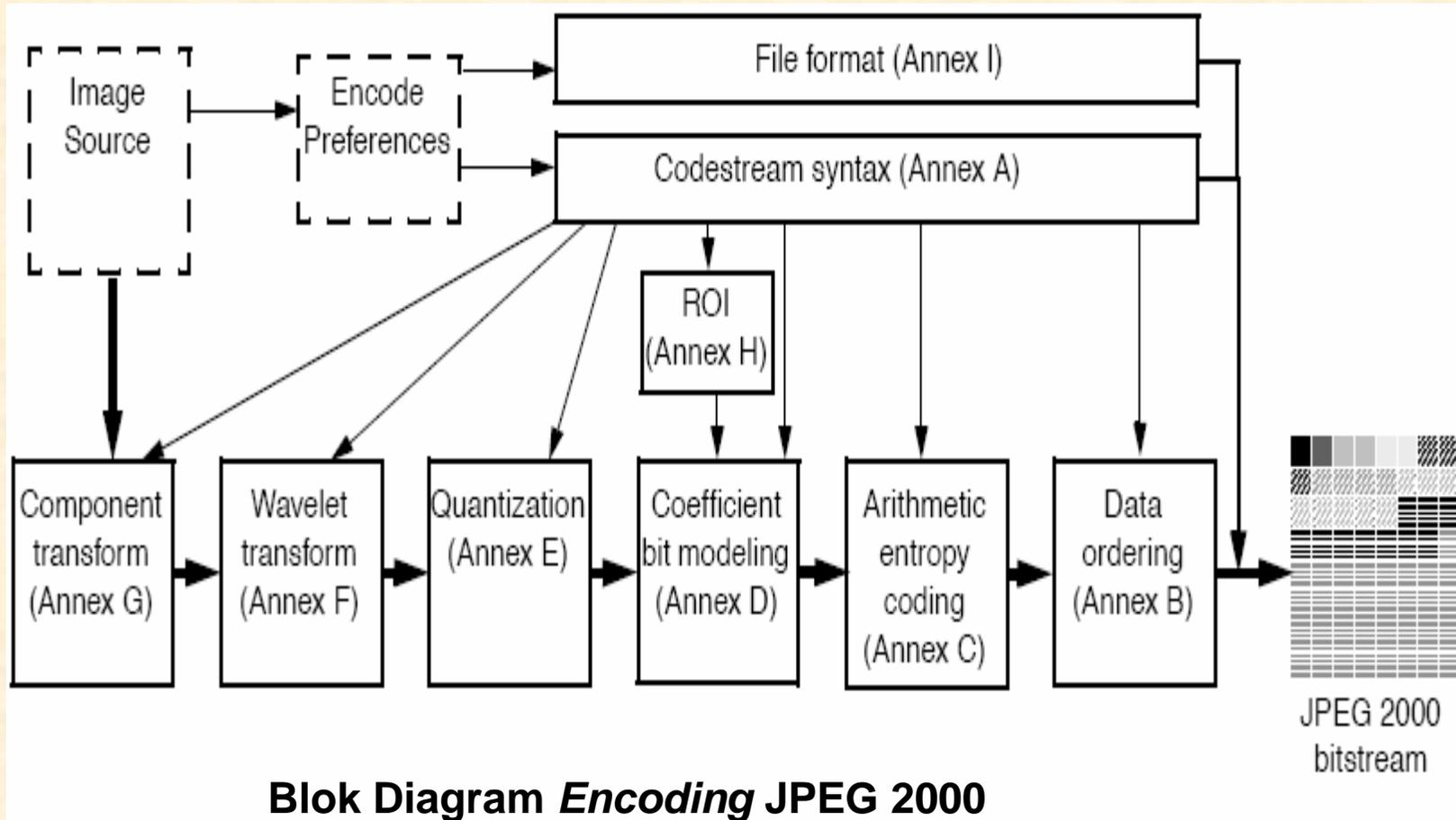
JPEG-2000

JPEG-2000 merupakan pengkodean citra baru yang dikembangkan oleh ITU (*International Telecommunication Union*) dan ISO (*International Organization for Standardization*). JPEG 2000 menawarkan beberapa kelebihan dibandingkan JPEG. Satu kelebihan utama dari JPEG 2000 adalah mendukung kompresi *lossless* dan *lossy* pada file yang sama. Beberapa keunggulan JPEG 2000 adalah sebagai berikut :

1. Mendukung kompresi *lossless* dan *lossy*
2. Memiliki *performance* yang bagus pada kompresi dengan bit rate rendah
3. Memiliki transmisi yang bersifat progresif pada kualitas, resolusi, komponen, dan lokasi spasial
4. Memiliki akses ke *bitstream* secara acak
5. Mampu melakukan pemrosesan pada *domain* yang terkompres
6. Mendukung peningkatan kualitas progresif pada ROI (*Region Of Interest*)
7. Memiliki kebutuhan memori yang kecil.
8. Proses *encoding* pada JPEG 2000 diilustrasikan pada gambar 2.4. Gambar 2.5 menampilkan beberapa pengolahan *bitstream* JPEG 2000.

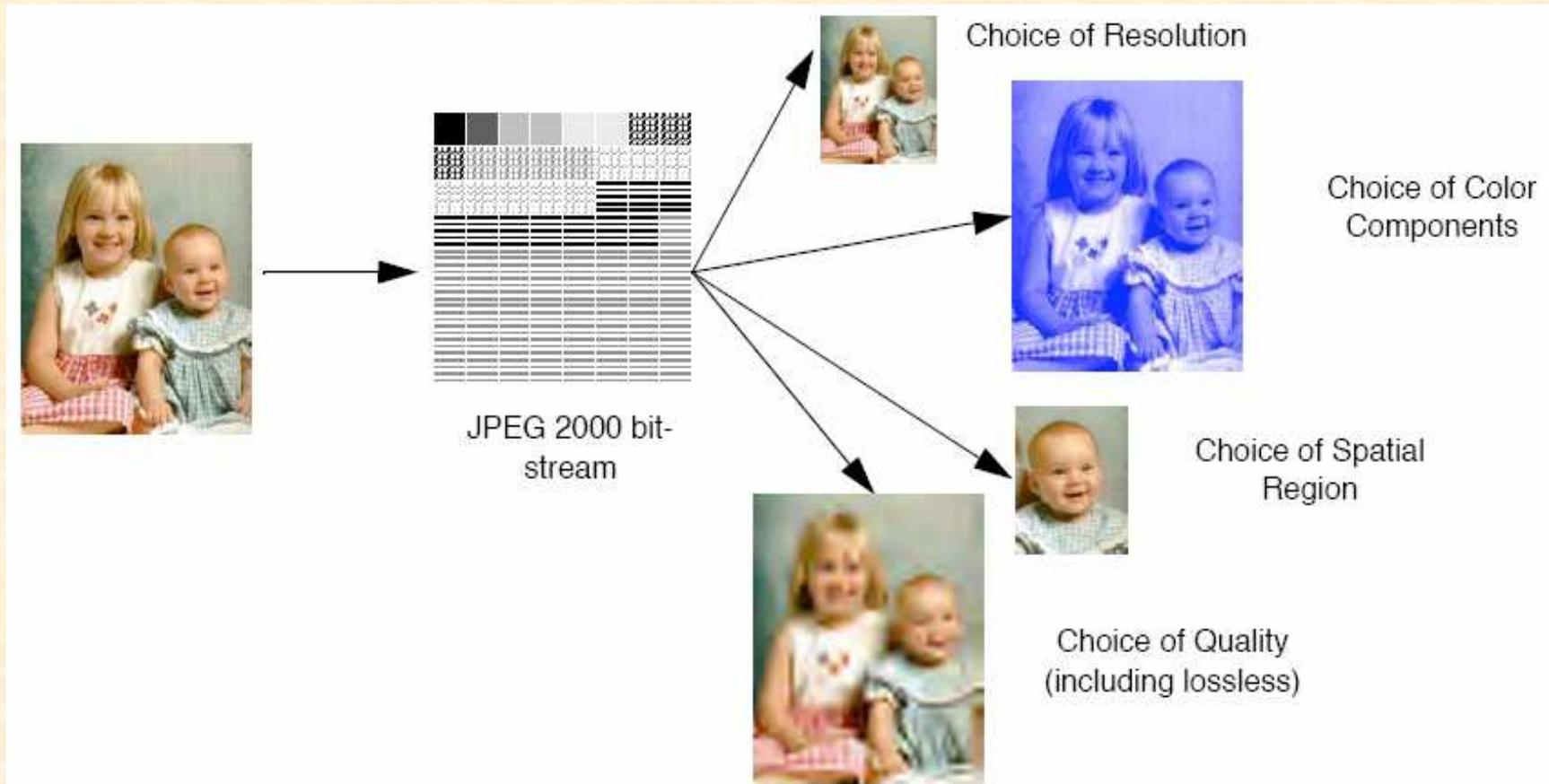
TEORI DASAR CITRA DIGITAL

JPEG-2000



TEORI DASAR CITRA DIGITAL

JPEG-2000



Gambar 2.5. Citra Hasil Pengolahan *bitstream* JPEG 2000¹⁰

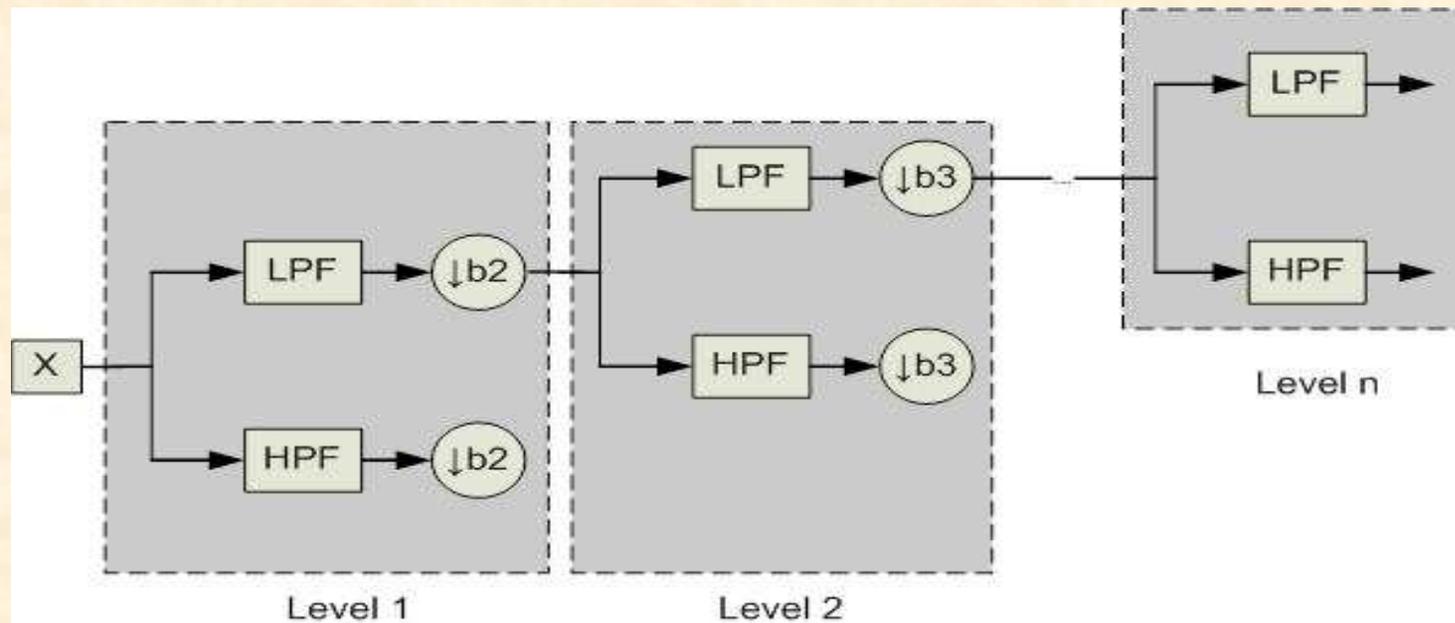
TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)

Transformasi *wavelet* diskrit secara umum merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra tersebut. Komponen *subband* transformasi *wavelet* dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Implementasi transformasi *wavelet* diskrit dapat dilakukan dengan cara melewatkan sinyal melalui sebuah tapis lolos rendah (*low pass filter/LPF*) dan tapis lolos tinggi (*high pass filter/HPF*) dan melakukan *downsampling* pada keluaran masing-masing filter. Proses tersebut dapat diilustrasikan pada gambar berikut :

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)



Dekomposisi Wavelet diskrit Pada Sinyal Satu Dimensi

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)

Output filter yang memiliki respon *impulse* $h(n)$ dan *input* $x(n)$ adalah :

$$x(n) * h(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n-k) \quad (2.1)$$

Sehingga *output* dari LPF dan HPF setelah *downsampling* adalah :

$$y_{HPF}(k) = \sum_n x(n)g(2k-n) \quad (2.2)$$

$$y_{LPF}(k) = \sum_n x(n)h(2k-n) \quad (2.3)$$

dimana $g(n)$ dan $h(n)$ adalah respon *impulse* dari HPF dan LPF.

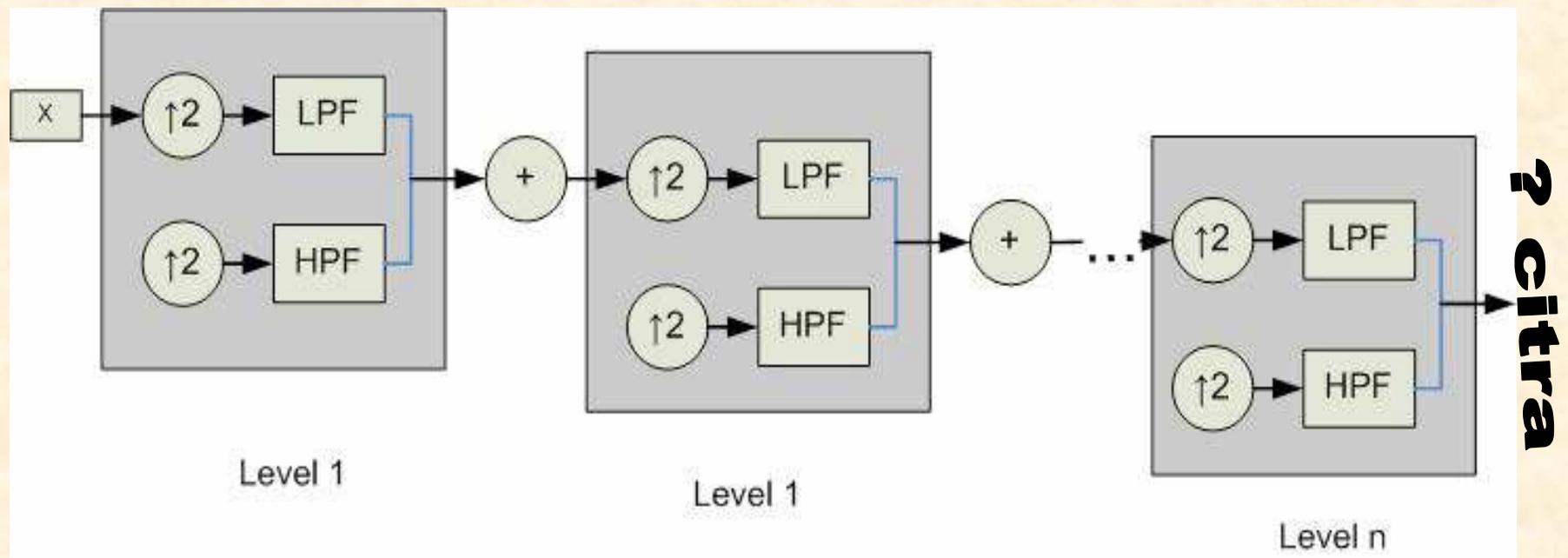
Setelah operasi penambahan, bisa ditentukan masing-masing *output* untuk setiap *level* rekonstruksi adalah sebagai berikut :

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} y_{HPF}(k)g(-n+2k) + y_{LPF}(k)h(-n+2k) \quad (2.4)$$

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)

Proses rekonstruksi citra tersebut diilustrasikan pada gambar berikut :



Gambar Rekonstruksi Transformasi *Wavelet Level n* Pada Sinyal Satu Dimensi

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)

Untuk citra dua dimensi, prosedur dekomposisi *level* tunggal terdiri dari citra satu dimensi yang di-*filter* pada arah mendatar kemudian diikuti oleh citra satu dimensi yang di-*filter* pada arah tegak yang diutilisasi dengan menggunakan *filter* tapis rendah dan *filter* tapis tinggi.

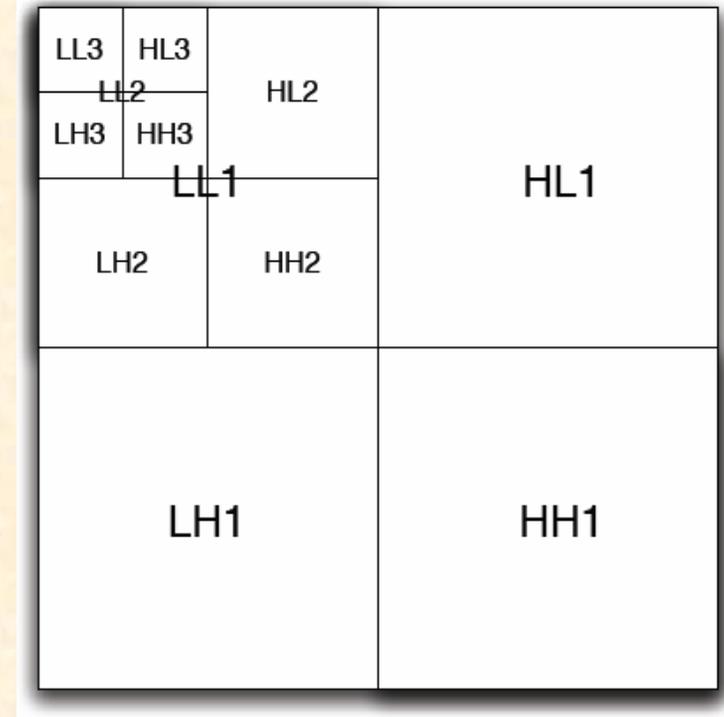
Proses dekomposisi transformasi *wavelet* untuk citra dua dimensi dapat dijelaskan pada gambar 2.8

Gambar Rekonstruksi Transformasi *Wavelet Level* n Pada Sinyal Satu Dimensi1

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)

Untuk citra dua dimensi, prosedur dekomposisi *level* tunggal terdiri dari citra satu dimensi yang di-*filter* pada arah mendatar kemudian diikuti oleh citra satu dimensi yang di-*filter* pada arah tegak yang diutilisasi dengan menggunakan *filter* tapis rendah dan *filter* tapis tinggi. Proses dekomposisi transformasi *wavelet* untuk citra dua dimensi dapat dijelaskan pada gambar :



Gambar Transformasi *Wavelet* Untuk Citra Dua Dimensi

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)



a. Citra Asli

Contoh transformasi *wavelet* diilustrasikan pada gambar

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)



b. Dekomposisi
Wavelet 1 Level

Contoh Transformasi *Wavelet* Untuk Citra Dua Dimensi

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Transformasi Wavelet Diskrit (*Discrete Wavelet Transform*)



**b. Dekomposisi
Wavelet 2 Level**

Contoh Transformasi *Wavelet* Untuk Citra Dua Dimensi

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Implementasi Encoder dan Decoder JPEG 2000 oleh ISO

Implementasi *encoder* dan *decoder* JPEG 2000 dengan menggunakan Java™ dikembangkan oleh *Work Group* (WG) dari ISO-IEC *Joint Technical Committee* (ISO/IEC/JTC1/SC29/WG1). Proyek penelitian yang dilakukan oleh *work group* tersebut diberi nama JJ2000. *Work-group* tersebut merupakan kolaborasi dari *Canon Research Centre France* (CRF), *the Swiss Federal Institute of Technology* (EPFL), dan Ericsson.

JJ2000 memiliki beberapa keunggulan, diantaranya :

1. Mendukung kompresi tipe *lossless*
2. Mendukung beberapa format citra, diantaranya : PGM (raw - Portable GrayMap), PPM (raw - Portable PixMap), PGX

Format PGM dan PPM sudah banyak didukung oleh software pengolah citra yang umum dipakai. Untuk tugas akhir kali ini, format yang digunakan adalah PGM. Format PGM mendukung kedalaman bit lebih dari 31 bpp.

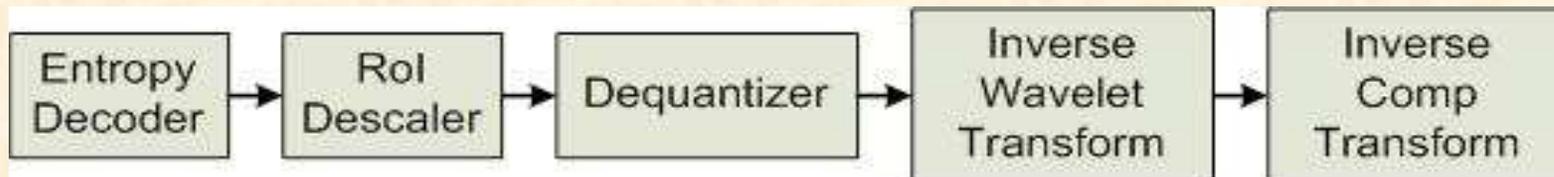
TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Implementasi Encoder dan Decoder JPEG 2000 oleh ISO

Arsitektur yang digunakan oleh JJ2000 digambarkan pada diagram blok pada gambar berikut :



(a). Diagram Blok Proses Encoding JJ2000



(b). Diagram Blok Proses Decoding JJ2000

Gambar Diagram Blok Proses Encoding dan Decoding JJ2000

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Komputasi Secara Terdistribusi

Komputasi secara terdistribusi (*distributed computing*) adalah aplikasi yang komponennya berjalan pada komputer yang berbeda secara bersamaan. Komponen-komponen tersebut harus mampu saling berkomunikasi dan didesain untuk beroperasi secara mandiri. Untuk mengubah sebuah aplikasi menjadi terdistribusi, perlu ada perubahan radikal pada aplikasi tersebut.

Komputasi secara terdistribusi sangat menarik karena operasi masing-masing komponen menyebabkan komputer-komputer yang terlibat seringkali tidak aktif.

Tujuan dari komputasi secara terdistribusi adalah untuk menghubungkan pengguna dan *resource* pada sebuah proses yang terbuka, transparan, dan *scalable*. Idealnya, komputasi secara terdistribusi mampu mengatur *fault tolerant* dan lebih *powerful* dibandingkan beberapa kombinasi komputer *stand-alone*.

Sistem *scalable* adalah sebuah sistem yang dengan mudah diubah untuk mengakomodasi perubahan pengguna, *resource*, dan komputasi yang terlibat. *Scalability* bisa diukur dalam tiga dimensi :

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Komputasi Secara Terdistribusi

Pada perancangan dominan menggunakan bahasa pemrograman Java™ dan delphi dengan memanfaatkan Java™ RMI dan Delphi dengan Pemrograman socket pada Java™ pertimbangan bahasa Java™ dan delphi adalah bahasa pemrograman yang multiplatform serta Componen yang banyak sebagai pendukung. Diantara semua *routine* yang dikembangkan untuk sistem terdistribusi di atas, hanya Java™ RMI dan pemrograman socket yang mendukung Java™.

TEORI DASAR CITRA DIGITAL

Komputasi Secara Terdistribusi

1. **Scalability Beban** : Sebuah sistem yang terdistribusi harus dengan mudah diperbesar untuk mengakomodasi penambahan beban
2. **Scalability Geografi** : Sebuah sistem yang mampu mengelola kegunaan dan kemampuannya, tanpa peduli seberapa jauh pengguna dan *resource* berada
4. **Scalability Administratif** : Berapapun jumlah berbeda yang mengelola sebuah sistem terdistribusi, sistem terdistribusi tersebut tetap mudah dikelola dan digunakan

Sistem terdistribusi biasanya dikembangkan dalam *routing-routine* sebagai berikut :

1. Corba (*Common Object Request Broker Architecture*)
2. Java™ RMI (*Java™ Remote Method Invocation*)
3. DCOM (*Distributed Component Object Model*)
4. RPC (*Remote Procedure Call*)
5. SOAP (*Simple Object Access Protocol*)
6. PVM (*Parallel Virtual Access*)
7. MPI (*Message Passing Interface*)
8. Pemrograman Soket (*Socket Programming*)