

# EKSPLORASI DEPENDENSI WARNA LOKAL DENGAN BINARY TREE PREDICTIVE CODING

William - NIM : 13506085

Jurusan Teknik Informatika ITB, Bandung 60111, email: if16085@if.itb.ac.id

**Abstract** – Makalah ini membahas tentang salah satu aplikasi pohon biner dalam sebuah format skema kompresi gambar seperti dalam JPEG dan GIF . Dalam hal ini format skema kompresi gambar yang digunakan adalah BTPC ( Binary Tree Predictive Coding ) .

Skema BTPC ( Binary Tree Predictive Coding ) ini memakai struktur pohon biner dalam melakukan prediksi error / kesalahan pada sebuah gambar , pada hal ini pohon biner digunakan sebagai struktur untuk memprediksi blok kosong , yang selanjutnya akan dijelaskan pada makalah ini . Selain itu BTPC juga memakai terapan ilmu matematika diskrit yang lain seperti kode huffman .

Makalah ini juga akan meliputi beberapa isu dalam penggunaan skema ini , baik contoh kasus dan perkembangannya saat ini ..

**Kata Kunci:** Binary Tree Predictive Coding (BTPC) , pohon biner ,kode huffman .

## 1. PENDAHULUAN

Binary Tree Predictive Coding ( BTPC ) adalah skema kompresi yang berfungsi umum untuk gambar yang tidak bergerak . Kriteria desainnya adalah :

- Kemampuan penanganan distorsi yang baik pada kompresi gambar yang mudah rusak dan mengikis gambar untuk semua jenis gambar ( termasuk : foto , gambar bergaris , *text image* , *high quality shaded graphics* ,dan grafis medis ) .
- Operasi yang cepat , terutama dalam penguraian sandi ( *decoding* ) .
- Bebas hak paten .

BTPC pernah dibandingkan dengan JPEG , GIF , SPHIT ,dan CALIC . BTPC lebih unggul dibandingkan JPEG dan GIF ( kecuali dalam koleksi grafis warnanya ) tetapi inferior dibandingkan SPHIT dan CALIC dalam kekuatan masing-masing areanya . Walaupun begitu , setelah dites dalam bermacam-macam tipe gambar dengan berbagai modul , BTPC merupakan yang paling stabil di antara skema kompresi grafis yang lainnya .

Implementasi BTPC ( versi 4.1 ) telah tersedia online sejak tahun 1997 dan telah luas diunduh , dites ,dan diimplementasi .

Dalam perilisannya ditemukan dua buah permasalahan dalam BTPC :

- Pada coding tingkat rendah laju data yang dapat dilihat perlu digaris-bawahi . Efek ini perlu diperbaiki walaupun dengan mengurangi kualitas gambar .
- Performa BTPC kurang baik dibandingkan GIF karena koleksi palet warna yang terbatas , struktur warna grafis yang terlalu tinggi sehingga kuantitas warna menyebabkan kompresi yang tinggi .

Sekarang ini permasalahan utama BTPC adalah standar penelitiannya telah digantikan dengan kehadiran JPEG yang baru . JPEG-LS dan JPEG-2000 tidak hanya mengungguli kemampuan kompresi SPHIT dan CALIC tetapi implementasi cepat juga dapat dilakukan . Selain itu GIF juga sudah mempunyai standar bebas hak paten dalam PNG , dan walaupun JPEG-2000 masih terhubung dengan berbagai hak paten , komite pengembang JPEG sendiri sudah menegosiasikan bebas royalty pada penggunaan algoritma dan teknik inti . Sehingga keunggulan BTPC dalam kebebasan hak paten sudah tidak menjadi suatu kelebihan lagi .

Selanjutnya laporan mengenai perkembangan untuk mengatasi masalah yang dihadapi BTPC dan untuk membuat BTPC untuk dapat terus bersaing akan dibahas dalam makalah ini .

## 2. METODE BTPC

Seperti dengan beberapa skema *predictive coding* yang lain ( JPEG , PNG ,dll ) , BTPC membagi gambar yang diinput menjadi raster ( *array of* nilai pixel ) yang dibagi sama rata dari gambar input . Seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 di bawah merupakan contoh sub-pixel gambar yang dikodekan dan diurutkan menjadi A1 , A2 , A3 ,A4 ,B1 ,C1 ,C2 ,C3 ,C4 ,.....,E11 ,E12 .

A1 E1 C1 E2 A2  
E3 D1 E4 D2 E5  
C2 E6 B1 E7 C3  
E8 D3 E9 D4 E10  
A3 E11 C4 E12 A4

Gambar 1 contoh blok sub-pixel gambar yang dikodekan menjadi 5 raster ( *array of* nilai pixel ).

Sebuah sub-pixel pada raster tertentu dapat diprediksi dari sub-pixel pada raster sebelumnya dan raster saat itu , sebagai contoh pada gambar 1 E6 dapat diprediksi melalui E3 ,D1,E4 ,B1 ,C2 ,dan D3 . Jadi metodenya bersifat interpolatif . BTPC berbeda dengan skema lain yang seperti ini , dalam hal ini prediksinya tidak linear dan mudah menyesuaikan diri dengan serian bentuk permukaan ( dengan demikian untuk membedakan isi gambar ) . Prediksi eror / kesalahan disusun menjadi struktur pohon biner untuk coding blok kosong yang efisien . sebagai contoh B1 adalah parent dari C1 dan C2 yang masing-masing merupakan parent dari D1 dan D2 , D3 dan D4 . Sebuah *leaf code word* di B1 menandakan anak-anaknya diprediksi tidak memiliki kesalahan / eror . Sebuah set dari kode huffman menyediakan bagian belakang dari coding prediksi eror dan daun pohon . Detail dari metode ini dijelaskan lebih rinci pada [1] dan dokumentasi lebih lanjut pada [6] .

## 2.1. Perkembangan BTPC

Pengembang BTPC telah melakukan eksperimen yang sistematis untuk meningkatkan performa BTPC agar sesuai standar . Beberapa eksperimen tersebut telah menghasilkan kemajuan dalam koding gambar monokrom dan berwarna :

- Adaptasi dari kode prediksi terhadap variasi serian local telah diformulasi ulang untuk mengurangi penampakan dari garis-garis gambar foto . Hal ini berdampak terhadap penggunaan sub-pixel yang lebih banyak untuk kode prediksi pada area yang memiliki tingkat variasi yang kecil .
- Tabel kode Huffman telah dikembangkan sehingga gambar yang berukuran kecil dapat dikompresi secara lebih efisien .
- Kode Huffman sekarang dapat bekerjasama dengan kode lain yang sedang berjalan dimana hal ini menguntungkan , sehingga gambar yang berukuran besar dapat dikompresi secara lebih efisien .

Eksperimen lain membuktikan bahwa kemajuan-kemajuan kecil yang berakibat signifikan terhadap waktu komputasi . Hal-hal tersebut meliputi :

- Adaptasi dari tabel kode Huffman bergantung pada kekuatan sinyal dan aktivitas lokal .
- Prediksi vektor untuk koding beruntun dari tiga *channel* warna .

Tetapi , dua eksperimen yang berpusat pada eksploitasi dependensi local antara *channel* warna memang membuktikan kemajuan yang signifikan .

## 2.2. Menghubungkan Prediksi Antar *Channel* Warna

Kebanyakan skema koding gambar mengeksploitasi korelasi statistik antar komponen warna melalui transformasi global dari ruang warna – biasanya transformasi dari R ,G ,B menjadi Y , C1 ,C2 . BTPC menggunakan transformasi global yang berdasar pada statistik dari gambar . Tetapi , skema koding yang prediktif juga bisa mengeksploitasi dependensi local antar komponen . Pada BTPC , hal ini bekerja sebagai berikut : Komponen pertama telah kembali normal setelah diprediksi dan prediksi tidak kosong dibandingkan , setelah *decoding* , dengan daerah prediksi dan digunakan untuk memilih prediktor yang lebih baik dari yang digunakan sekarang . Prediktor baru ini kemudian digunakan untuk komponen local lain yang tersisa jika permukaan prediksi memiliki bentuk yang serupa . Metode ini mengartikan bahwa prediksi komponen 2 dan 3 ( biasanya yang krominans ) berdasarkan kepada struktur ruang dari komponen 1 , yang biasanya memegang peran yang signifikan dalam mereduksi prediksi eror pada komponen .

## 2.3. Koding Prediksi Eror yang Terintegrasi

Pohon biner yang terintegrasi dengan ketiga *channel* warna menyediakan koding blok kosong yang lebih efisien . Telah dibuktikan beberapa struktur untuk koding kosong pada warna gambar yang simultan , termasuk juga struktur pohon 6-ary , akan mempunyai blok kosong di bawah sub-pixel bila ada kombinasi dari tiga *channel* warna . Tetapi , pohon biner yang relatif sederhana terbukti sedikit lebih efisien dan jauh lebih cepat . Modifikasi ini mengirim *leaf codeword* ke sub-pixel yang ditunjuk jika semua sub-pixel yang berada di bawahnya ada di dalam pohon , di dalam tiga komponen , diprediksi tidak memiliki eror . Kegunaan dari prediktor baru yang sudah dimodifikasi , seperti yang sudah dijelaskan di atas , meningkatkan jumlah dari kosong di komponen ketiga dan kedua , sehingga *leaf codeword* selanjutnya hanya sedikit lebih banyak dibandingkan koding komponen pertama .

Kemajuan yang dijelaskan di atas ditambah beberapa perubahan kecil telah diimplementasi pada BTPC versi 5 .

## 2.4. Eksperimen

BTPC 5 telah dibandingkan dengan sistem berikut : JPEG-LS (LOCO I) – implementasi *lococ / locod* dari Hewlett-Package [7] . Eksperimen menggunakan tiga sampel , garis dan *plane interleaving options* , dan yang dikompresi paling banyak akan dipilih untuk tiap gambar .

JPEG 2000 – implementasi Kakadu V3.4 [8] . Menghasilkan kemampuan *channel* warna yang sama untuk memaksimalkan PSNR . GIF ,dengan menggunakan ImageMagick Convert Tool dan Image Viewer XV , menghasilkan palet yang berbeda dan laju kompresi yang berbeda . JPEG – implementasi JPEG Group . Menghasilkan pengukuran ulang hingga [0,255] sehingga mendapat hasil PSNR yang baik . Semua perbandingan di atas adalah kemajuan yang dicapai BTPC 5 .

Eksperimen diringkas dengan contoh dan contoh terburuk BTPC , di gambar 2 – 8 . Untuk koding , hanya yang lebih baik antara GIF dan PNG yang ditunjukkan di setiap kasus .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

BTPC , walau sudah mempunyai kemajuan , masih tidak lebih baik dari kompetitornya dari segi kekuatannya . Walaupun begitu tingkat kurangnya kemampuan BTPC masih dapat dikatakan kecil melihat performanya pada semua jenis gambar .

Untuk kompresi yang tanpa mengurangi komponen apapun dari gambar foto , JPEG-LS lebih baik dari BTPC dan PNG senilai 0-10% . Untuk kompresi dengan menghilangkan komponen gambar foto , JPEG-2000 mengalahkan BTPC senilai 0 dan 2 dB dari laju bit . Walaupun test yang subjektif belum dilakukan , gambar 2 memperlihatkan perbandingan dari JPEG-2000 dan BTPC memiliki laju bit yang sama begitu juga tingkat PSNR . Hal ini menggambarkan PSNR mungkin memberi keunggulan untuk JPEG-2000 untuk penilaian yang subjektif . Performa BTPC meningkatkan performa untuk gambar yang berukuran kecil : ukuran gambar dibawah 100x100 pixel biasanya masih setara dengan JPEG-2000 , bahkan dalam bidang PSNR , membuatnya cukup efisien pada pemotongan gambar yang berukuran besar ( contoh : aplikasi berorientasi web ) . Untuk kompresi gambar tanpa menghilangkan komponen , BTPC masih kalah baik dibandingkan GIF dan PNG . Walaupun begitu BTPC dalam kompresi dengan menghilangkan komponen menghasilkan hasil yang tidak bergaris dan lebih baik dibandingkan skema kompresi lain karena menggunakan struktur pohon biner untuk koding blok kosongnya . JPEG-2000 biasanya memakai 50% bit lebih banyak dari BTPC untuk koding gambar berkualitas tinggi . BTPC memiliki kemampuan yang sama dengan JPEG-2000 dalam gambar campuran dan lebih baik dalam hal mempertahankan komponen-komponen dalam setiap operasi .

*Encoding* dan koding dari BTPC 5 masih belum dimaksimalkan . Komparasi dengan JPEG-LS menunjukkan hal tersebut dan *decodingnya*

memakan waktu dua kali lebih banyak daripada BTPC .

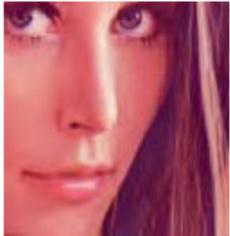
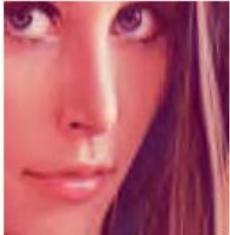
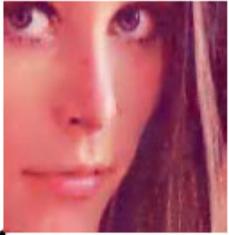
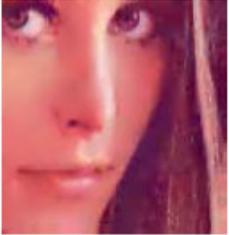
### 4. KESIMPULAN

Improvisasi dari BTPC yang dijelaskan pada makalah ini menunjukkan bahwa BTPC adalah pilihan yang baik untuk aplikasi pengeditan gambar . BTPC dapat menjadi pengganti JPEG , GIF , JPEG-2000 , JPEG-LS ,dan PNG dengan tidak mengakibatkan penurunan performa yang berarti .

### DAFTAR REFERENSI

- [1] J A Robinson, "Efficient General-Purpose Image Compression with Binary Tree Predictive Coding", IEEE Trans on Image Processing, Vol 6, No 4, April 1997, pp 601-607.
- [2] D Santa-Cruz, R Grosbois, T Ebrahimi, "JPEG 2000 performance evaluation and assessment", Signal Processing: Image Communication, Vol 17 Number 1, pp 113-130, 2002.
- [3] P Roos, M A Viergever, M C A can Dijke, J H Peters, "Reversible Intraframe Coding of Medical Images", IEEE Trans Med Imag, Vol 7, pp 328-336, Dec 1 1988 .
- [4] L Arnold, "Interpolative Coding of Images with Temporally Increasing Resolution," Signal Processing, Vol 17, pp 151-160, 1989
- [5] R L de Quieroz, D A F Florencio, R W Shafer, "Nonexpansive Pyramid for Image Coding using a Nonlinear Filterbank", IEEE Trans Im Proc, Vol 7, No 2, pp 246-252, 1998.
- [6] J A Robinson, "In-Band Redundancy Removal for Binary Tree Predictive Coding", Proc First Internat Symposium on Communication Systems and Digital Signal Processing, Sheffield, UK, 6-8 April 1998, pp 52-55.
- [7] M Weinberger, G Seroussi, G Sapiro, "LOCO-I: A Low Complexity, Context-Based, Lossless Image Compression Algorithm," Proc IEEE Data Compression Conference, Snowbird, Utah, March April 1996.  
<http://www.hpl.hp.com/loco>
- [8] "Kakadu Software – A Comprehensive Framework for JPEG2000", Dec 2007 ,  
<http://www.ee.unsw.edu.au/taubman/kakadusoftwre/index.html>

## GAMBAR-GAMBAR

bpp	JPEG 2000	BTPC 5
1.08	33.9dB 	32.2dB 
0.77	32.2dB 	30.5dB 
0.52	30.5dB 	29.2dB 

Gambar 2 perbandingan gambar yang dihasilkan oleh JPEG-2000 dan BTPC 5 .

( untuk melihat perbedaan gambar dari gambar 2- 8 sebaiknya gambar dikopi dari makalah ini ke sebuah software pengeditan gambar karena sistem Microsoft word mengubah semua format gambar sehingga eror-eror yang awalnya ada kurang terlihat )

Gambar 3-8 menggambarkan graf yang membandingkan *peak signal to noise ratio* .

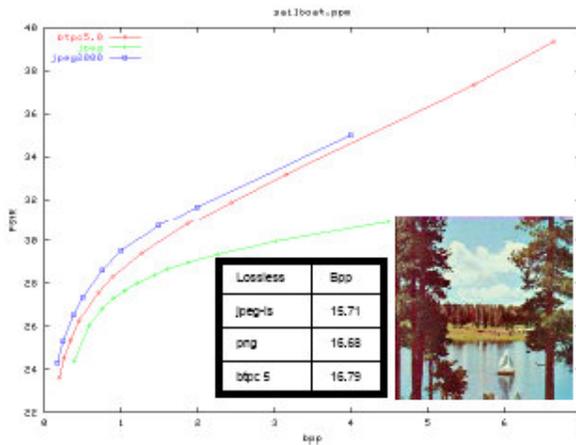


Figure 3: A representative example of coding a photographic image. In most cases BTPC 5's performance is inferior to JPEG2000, but gap between BTPC and JPEG2000 has been closed by the exploitation of colour dependencies in version 5. For lossless coding of photographs BTPC uses 0-10% more bits than JPEG-LS.

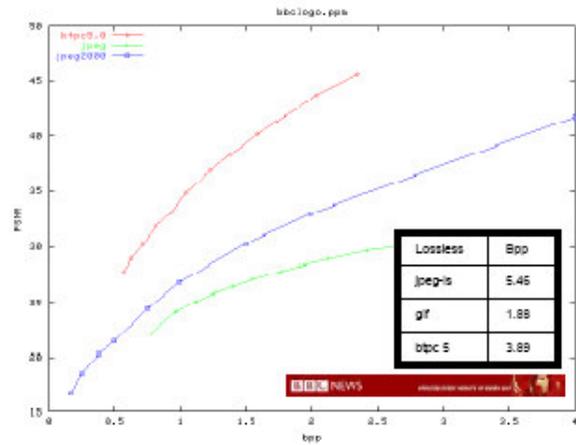


Figure 6: BTPC's worst case out of a test set of 40 graphical images relative to the better of PNG and GIF. GIF performs best on small, palettized, highly-structured images. In such cases, lossy BTPC coding at the rate achieved by GIF produces very good graphics.

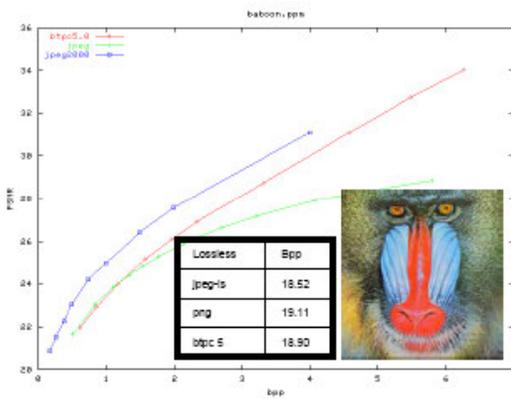


Figure 4: BTPC's worst case out of a test set of 80 standard photographic images. For this highly-textured colour image, BTPC 5 is also worse than BTPC 4.1 at low data rates! This is the only such case and illustrates where the assumption of local colour dependence fails.

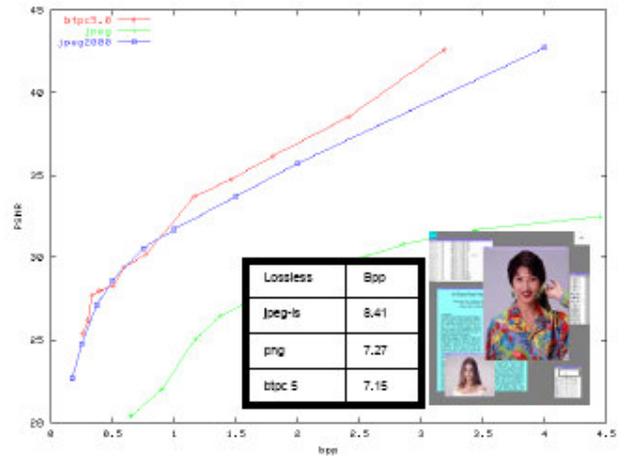


Figure 7: BTPC usually matches JPEG 2000 and outperforms the other alternatives for mixed images.

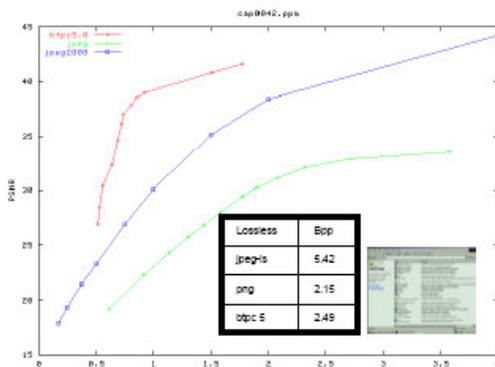


Figure 5: A representative example of coding a graphical/textual image, in this case a screen shot. Sometimes worse than PNG for lossless coding, BTPC's lossy coding causes little visible distortion even at half the PNG data rate. BTPC always outperforms the lossy alternatives, usually by a significant amount.

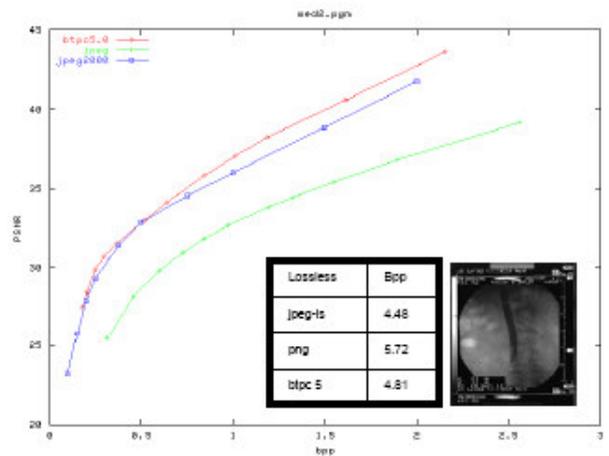


Figure 8: BTPC 5 is competitive with JPEG 2000 and JPEG-LS across a wide range of image modalities.