

DETEKSI LUAS HUTAN MANGROVE DI PANTAI BALI DENGAN METODE DISCRETE COSINE TRANSFORM DAN FUZZY LOGIC

DETECTION OF MANGROVE FOREST WIDTH IN BALI'S BEACH USING DCT AND FUZZY LOGIC METHOD

Dewa Gede Eduard Pramana Morton¹, Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA²,
I Nyoman Apraz Ramatyana, S.T., M.T³

^{[1][2][3]}Fakultas Teknik Elektro – Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

^[1]eduardpramana@gmail.com, ^[2]bhidayat@telkomuniversity.ac.id, ^[3]apz@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Mangrove memiliki banyak kegunaan, maka dari itu penghitungan luas hutan mangrove merupakan hal yang penting dilakukan untuk mengetahui kondisi hutan demi mencegah adanya penurunan luas hutan yang kini semakin menurun. Sistem ini menggunakan dua aplikasi *Matlab* dan *Google Earth*. Proses uji dimulai dari akuisisi citra uji dengan menggunakan bantuan aplikasi *Google Earth* dan kemudian dilakukan *preprocessing*, segmentasi dan kemudian diklasifikasi dengan metode Fuzzy Logic untuk menentukan masing-masing kelas yang sebelumnya sudah dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan metode DCT (*Discrete Cosine Transform*).

Berdasarkan hasil penelitian, untuk menghitung luas hutan mangrove dengan ekstraksi ciri menggunakan metode DCT dan klasifikasi menggunakan metode Fuzzy Logic diperoleh tingkat akurasi sebesar 94.638% dengan menggunakan *red channel* serta ukuran kotak 8x8 piksel dan nilai *epoch* 50. Waktu komputasi untuk menghitung luas diperoleh 8.79 detik.

Kata Kunci: Hutan Mangrove, *Matlab*, *Google Earth*, *Discrete Cosine Transform*, *Fuzzy Logic*.

Abstract

Mangrove has some function, therefore the measurement of mangrove forest width is an important thing to do to know the forest condition for preventing the decrease of forest width which is now getting down. This system uses two application, *Matlab Application* and *Google Earth*. Testing process start from get images, *preprocessing*, feature extraction by using DCT method, and classification using Fuzzy Logic to determine class that has been already done feature extraction by using DCT method.

Based on the research result, to calculate the area of mangrove forest by using DCT feature extraction and classification using Fuzzy Logic obtained accuracy rate of 94.63% by using the red channel as well as the size of box 8x8 pixels and a *epoch* value 50. The computing time to calculate the width obtained 8.79 seconds.

Keyword: *Matlab*, *Google Earth*, *Discrete Cosine Transform*, *Fuzzy Logic*.

1. Pendahuluan

Pulau Bali terkenal dengan keindahan pantainya. Hutan mangrove terdapat di sepanjang garis pantai yang berada di kawasan tropis. Hutan ini juga menjadi pendukung berbagai jasa ekosistem termasuk produksi perikanan dan siklus unsur hara dan dapat menyempurnakan eksotisme Pulau Bali itu sendiri. Namun luas hutan mangrove telah mengalami penurunan sampai 30-50% dalam setengah abad terakhir ini karena pembangunan daerah pesisir, perluasan pembangunan tambak dan penebangan yang berlebihan[6]. Maka dari itu penghitungan luas hutan mangrove merupakan hal yang penting dilakukan untuk mengetahui kondisi hutan demi mencegah adanya penurunan luas hutan.

Aplikasi *Google Earth* adalah aplikasi yang digunakan untuk menampilkan gambar permukaan bumi, peta, medan, bangunan 3D, dan masih banyak lagi. Karena kelebihan ini, aplikasi *Google Earth* dimanfaatkan penulis untuk mempermudah metode pengolahan citra.

Proses awal dari sistem ini adalah akuisisi citra daerah Bali dengan bantuan aplikasi *Google Earth*. Proses selanjutnya adalah *preprocessing* citra. *Preprocessing* citra ini digunakan untuk mengambil satu *channel* pada citra

RGB. Setelah itu, dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan metode DCT, dipilih metode ini karena DCT mampu menghitung kuantitas bit-bit *image* dimana pesan tersebut disembunyikan didalamnya. DCT merupakan singkatan dari *Discrete Cosine Transform* biasa digunakan untuk mengubah sebuah sinyal menjadi komponen dasarnya. Hasil dari ekstraksi ciri tadi kemudian diklasifikasikan menjadi 2 kelas, yaitu Mangrove dan Lainnya dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Selanjutnya, dengan hasil dari klasifikasi menggunakan *Fuzzy Logic*, maka akan didapat luas hutan mangrove di pantai Bali.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Hutan Mangrove

Hutan mangrove adalah istilah yang digunakan untuk menyebut sekumpulan pohon atau semak-semak yang hidup dan tumbuh di daerah pasang surut (kawasan pinggiran pantai). Hutan Mangrove sering juga dikenal dengan sebutan Hutan Bakau. Karena mayoritas populasi tanaman yang hidup pada Hutan Mangrove adalah tanaman bakau [10].

2.2 Google Earth

Google Earth merupakan sebuah program *globe virtual*, yang memungkinkan penggunaanya untuk memvisualisasikan data dari citra satelit tampilan dari permukaan bumi[2].

Di beberapa lokasi, *Google Earth* mampu menyajikan gambar dengan akurasi yang sangat mengagumkan. Pegunungan, gedung-gedung, bahkan sampai kendaraan yang berada di jalan raya dapat dilihat di *Google Earth*. *Google Earth* hanya dapat dinikmati oleh pengguna internet dengan kapasitas Broadband (rekomendasi Google adalah kecepatan *download* 768 kbps ke atas), mengingat besarnya data yang harus ditransfer demi menghasilkan gambar yang mendetail[7].

2.3 Matlab (*Matrix Laboratory*)

Matlab adalah salah satu *software* aplikasi untuk menyelesaikan berbagai masalah teknis. Matlab mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk dipakai, dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar[11].

Fitur-fitur Matlab sudah banyak dikembangkan yang lebih dikenal dengan nama *toolbox*. *Toolbox* merupakan kumpulan dari fungsi-fungsi Matlab (*M-files*) yang telah dikembangkan ke suatu lingkungan kerja Matlab untuk memecahkan masalah. Area-area yang sudah bisa dipecahkan dengan *toolbox* saat ini meliputi pengolahan sinyal, sistem kontrol, *neural networks*, *fuzzy logic*, *wavelets*, dan lain-lain[12].

2.4 Citra Digital

Citra digital dapat didefinisikan sebagai suatu fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dengan x dan y merupakan koordinat sedangkan f adalah amplitude pada posisi (x,y) yang sering disebut atau dikenal dengan intensitas atau *grayscale* (Gonzales, 2002). Nilai dari intensitas mulai dari 0 sampai 255. Citra yang ditangkap oleh kamera dan telah dikuantisasi dalam bentuk diskrit disebut sebagai citra digital (*digital Image*). Citra digital tersusun dari sejumlah nilai tingkat keabuan yang dikenal dengan *pixel* pada posisi tertentu. Jumlah *pixel* per satuan panjang akan menentukan resolusi citra tersebut, makin banyak *pixel* yang mewakili suatu citra maka nilai resolusi dari citra tersebut akan semakin tinggi yang ditandai dengan semakin halusny gambar atau citra tersebut[13].

2.5 Pengolahan Citra

Pengolahan citra (*Image Processing*) mempunyai tujuan sebagai berikut[13]:

1. Memperbaiki kualitas citra,
2. Mengekstrasi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra.

2.6 Pre-Processing

2.6.1 Model Warna

2.6.1.1 Model Warna RGB (Red, Green, Blue)

Dalam model ini tiap warna ditunjukkan dengan kombinasi tiga warna primer yang membentuk sistem koordinat cartesian tiga dimensi. Nilai RGB terletak pada satu sudut dengan cyan, magenta, dan yellow berada di sudut lainnya. Warna hitam berada pada titik asal, sedangkan warna putih terletak pada titik terjauh dari titik asal. Grayscale membentuk garis lurus dan terletak diantara kedua titik tersebut[13].

2.6.1.3 Grayscale

Untuk mendapatkan citra grayscale (keabuan) digunakan rumus[11]:

$$I(x,y) = \alpha.R + \beta.G + \gamma.B \tag{2.1}$$

dengan I(x,y) adalah level keabuan pada suatu koordinat yang diperoleh dengan mengatur komposisi warna R (merah), G (hijau) dan B (biru) yang ditunjukkan oleh nilai parameter α , β dan γ . Secara umum nilai untuk ketiga parameter tersebut adalah 0.33. Nilai yang lain juga dapat diberikan dengan syarat total nilai seluruh parameter adalah 1[11].

Intensitas citra keabuan disimpan sebagai integer 8 bit sehingga memberikan $2^8 = 256$ tingkat keabuan dari warna hitam sampai warna putih. Dengan menggunakan pola 8-bit ini citra beraras keabuan membutuhkan ruang memori dan waktu pengolahan yang lebih sedikit daripada citra berwarna (RGB). Pada Gambar 2.7 diperlihatkan visualisasi 256 aras keabuan[11].

2.5 DCT (Discrete Cosine Transform)

Discrete Cosine Transform (DCT) biasa digunakan untuk mengubah sebuah sinyal menjadi komponen frekuensi dasarnya. DCT mempunyai dua sifat utama untuk kompresi citra dan video yaitu[4] :

1. Mengkonsentrasikan energi citra ke dalam sejumlah kecil koefisien (energi compaction).
2. Meminimalkan saling ketergantungan diantara koefisien-koefisien (decorrelation).

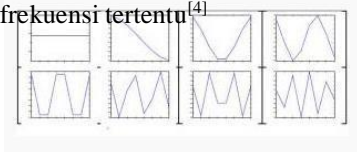
Discrete Cosine Transform dari sederet n bilangan real s(x), x = 0, ... ,n-1, dirumuskan sebagai berikut[4] :

$$S(u) = \sqrt{2/n} C(u) \sum_{x=0}^{n-1} s(x) \cos \frac{(2x+1)u}{2n} \tag{2.2}$$

dengan u = 0, ... , n-1

dimana $C(u) = \begin{cases} 2^{-1/2}, & u=0 \\ 1, & u \neq 0 \end{cases}$

DCT juga dapat diperoleh dari produk vektor (masukan) dan n x n matriks orthogonal yang setiap barisnya merupakan basis vektor. Delapan basis vektor untuk n = 8 dapat dilihat pada gambar 2.8 Setiap basis vektor berkorespondensi dengan kurva sinusoid tertentu[4]

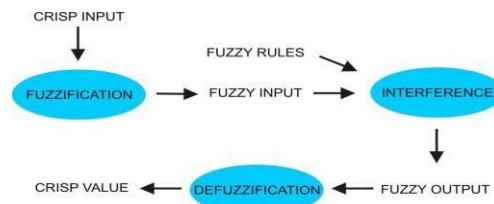


Gambar 8. Delapan Basis Warna Vector untuk DCT n= 8[4]

2.6 Fuzzy Logic

Logika samar atau Fuzzy Logic ini adalah sebuah metode penyelesaian masalah yang bisa digunakan untuk menangani masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian. Teori ini sudah mulai dikembangkan dan

digunakan sejak tahun 1970an. *Fuzzy Logic* ini juga bisa digunakan untuk memroses informasi yang bersifat kualitatif di dunia nyata[5].



Gambar 10. Fuzzy System[5]

2.7 Neuro-Fuzzy

Sistem *neuro-fuzzy* merupakan salah satu struktur pemodelan yang menggabungkan sistem *fuzzy* dan sistem jaringan syaraf tiruan. Dasar dari penggabungan adalah kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem. Kemampuan utama jaringan syaraf tiruan adalah dapat mengenali sistem melalui proses pembelajaran untuk memperbaiki parameter adaptif. Kekurangan dari sistem ini adalah kerumitan strukturnya. Sedangkan sistem *fuzzy* mempunyai konsep yang mirip dengan konsep berpikirnya manusia. Gabungan keduanya akan saling melengkapi kelebihan dan kekurangan masing-masing sistem[15].

2.8 Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem, secara garis besar tahapan-tahapan pada penelitian ini yaitu:

1. Akuisisi Citra
2. *Preprocessing*
3. Ekstraksi Ciri
4. Klasifikasi

2.9 Akuisisi Citra

Langkah yang dilakukan adalah membuka aplikasi *Google Earth* kemudian menentukan citra yang ingin diambil dan dengan bantuan *ruler tools* yang terdapat pada aplikasi *Google Earth*, diukur panjang dan lebar citra yang akan diambil dalam satuan Km.

2.10 *Preprocessing*

Proses *preprocessing* ini bertujuan untuk mempermudah proses selanjutnya yaitu proses ekstraksi ciri. Dalam sistem *preprocessing* ini pemisahan RGB *Channel*.

2.11 Ekstraksi Ciri

Proses ekstraksi ciri ini bertujuan untuk mengambil nilai-nilai unik dari suatu obyek yang membedakan dengan obyek yang lain. Pada penelitian ini digunakan metode *Discrete Cosine Transform* untuk mengekstraksikan ciri dari citra yang digunakan.

2.12 Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses untuk menentukan kelas dari suatu citra berdasarkan ciri-ciri yang sudah di ekstraksi. Pada tahap ini citra diidentifikasi sesuai dengan label yang telah diberikan *Fuzzy Logic* dengan menggunakan sistem *Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*. *Fuzzy Logic* melakukan identifikasi ciri sesuai dengan label yang diberikan oleh citra hutan mangrove.

2.13 Skenario Pengujian Sistem

1. Pengaruh parameter RGB *channel* terhadap akurasi sistem. Segmentasi citra dilakukan dengan menggunakan 1 RGB *channel* dari *red channel*, *green channel*, atau *blue channel*. Ukuran kotak yang digunakan pada skenario ini adalah 16x16 piksel.
2. Pengaruh parameter ukuran kotak terhadap akurasi sistem. Ukuran kotak yang digunakan adalah 8x8 piksel, 16x16 piksel, 32x32 piksel.
3. Pengaruh parameter *epoch* terhadap akurasi sistem. Parameter *epoch* yang digunakan pada penelitian ini adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100.

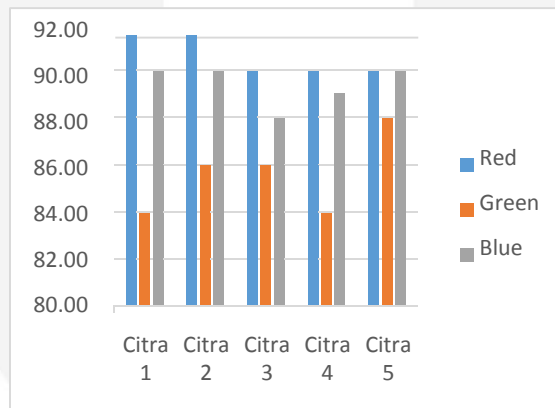
3. PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Pengaruh RGB Channel

Berikut ini merupakan data hasil pengujian untuk mencari parameter RGB *channel* yang paling optimal terhadap akurasi sistem. Ukuran kotak yang digunakan pada pengujian ini berukuran 16x16 piksel dengan jumlah total piksel pada ukuran kotak 16x16 piksel berjumlah 848640 piksel.

Tabel 1. Pengaruh RGB Channel terhadap akurasi sistem

RGB Channel	Jumlah Benar Piksel					Akurasi (dalam %)					Rata-rata Akurasi (dalam %)
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	
Red	774994	775854	769668	768706	772765	91.32	91.42	90.69	90.58	91.05	91.012
Green	715109	733851	726855	724825	749996	84.25	86.47	85.64	85.41	88.37	86.028
Blue	763564	762753	745139	755410	763032	89.97	89.87	87.80	89.01	89.91	89.312



Gambar 12. Grafik perbandingan akurasi pengaruh RGB Channel

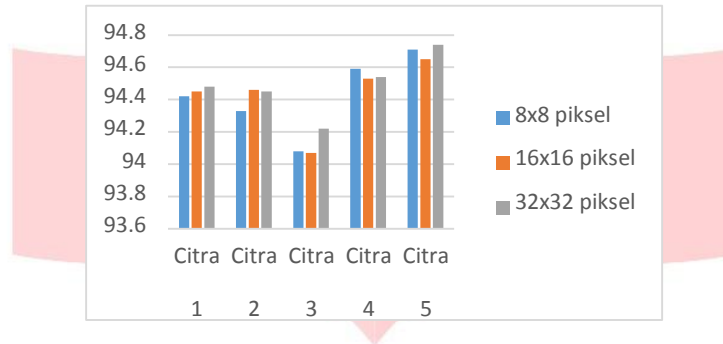
Terlihat pada pengujian RGB Channel ini *red channel* memiliki akurasi yang lebih optimal dibandingkan *channel* yang lainnya. Hal ini dapat dilihat pada *red channel* memiliki tingkat akurasi sebesar 91.012% sedangkan *green channel* memiliki tingkat akurasi sebesar 86.028% dan *blue channel* memiliki tingkat akurasi sebesar 89.312%. Dalam hal ini dapat diasumsikan bahwa dalam mendeteksi hutan mangrove yang memiliki warna dominan hijau belum tentu *green channel* yang memiliki tingkat akurasi yang paling optimal. Ini disebabkan oleh adanya sawah dan hutan lain yang mempunyai karakter warna hampir sama dengan hutan mangrove.

3.2 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Pengaruh Ukuran Kotak

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan *Red Channel* untuk mencari parameter ukuran kotak yang paling optimal. Ukuran kotak yang di uji berukuran 8x8 piksel, 16x16 piksel, 32x32 piksel.

Tabel 2. Pengaruh ukuran kotak terhadap kinerja sistem

Ukuran Kotak	Jumlah Benar Pksel					Total Pksel	Akurasi (dalam %)					Rata-rata Akurasi (dalam %)
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5		Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	
8x8 piksel	811566	810805	808653	813029	814112	859520	94.42	94.33	94.08	94.59	94.71	94.426
16x16 piksel	774994	775854	769668	768706	772765	848640	91.32	91.42	90.69	90.58	91.05	91.012
32x32 piksel	237300	224726	214687	226791	233013	817152	29.03	27.5	26.27	27.75	28.51	27.812



Gambar 13. Grafik perbandingan akurasi pengaruh ukuran kotak

Pada skenario pengujian ini dapat dilihat bahwa ukuran kotak untuk mendeteksi hutan mangrove dapat mempengaruhi akurasi sistem. Terlihat seperti tabel 4.2 dan gambar 4.2 ukuran kotak 8x8 piksel memiliki tingkat akurasi yang paling tinggi yaitu 94.426% dibandingkan ukuran kotak 16x16 piksel yang memiliki tingkat akurasi 91.012% dan ukuran kotak 32x32 piksel yang memiliki tingkat akurasi sebesar 27.812%. Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat diasumsikan bahwa ukuran kotak berpengaruh pada akurasi sistem. Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin kecil ukuran kotak, maka semakin terperinci sistem mendeteksi citra.

3.3 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Pengaruh Parameter Epoch

Selanjutnya dilakukan percobaan untuk mengetahui parameter optimal dari pengaruh parameter epoch. Dari hasil tabel 1 menunjukkan Red Channel memiliki akurasi yang optimal terhadap sistem, serta dari tabel 2 menunjukan ukuran kotak 8x8 piksel yang paling optimal terhadap sistem. Sehingga pada pengujian ini digunakan parameter-parameter yang optimal sebelumnya. Menggunakan Red Channel dan ukuran kotak 8x8 piksel.

Tabel 3. Pengaruh parameter epoch terhadap kinerja sistem

Nilai Epoch	Jumlah Benar Pksel					Akurasi (dalam %)					Rata-rata Akurasi (dalam %)
	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	Citra 1	Citra 2	Citra 3	Citra 4	Citra 5	
10	811566	810805	808653	813029	814112	94.42	94.33	94.08	94.59	94.71	94.426
20	811830	811903	808558	812569	813582	94.45	94.46	94.07	94.53	94.65	94.432
30	812098	811835	809914	812666	814324	94.48	94.45	94.22	94.54	94.74	94.486
40	811640	812405	810230	814062	814362	94.42	94.51	94.26	94.71	94.74	94.528
50	814996	811923	810663	815093	814689	94.81	94.46	94.31	94.83	94.78	94.638
60	815778	812479	810939	809230	814851	94.91	94.52	94.34	94.14	94.8	94.542
70	811105	812923	810997	809305	814885	94.36	94.57	94.35	94.15	94.8	94.446
80	811162	812624	810456	808109	808645	94.37	94.54	94.29	94.01	94.08	94.258
90	811010	814024	812909	807945	808283	94.35	94.7	94.57	93.99	94.03	94.328
100	811195	814032	812770	807755	808927	94.37	94.7	94.56	93.97	94.11	94.342



Gambar 14. Grafik perbandingan akurasi pengaruh parameter *epoch*

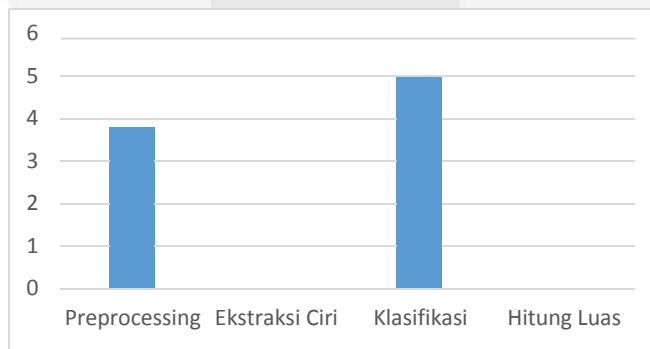
Pada tabel 3 dan gambar 14 variasi nilai *epoch* sedikit mempengaruhi tingkat akurasi sistem. Dapat dilihat bahwa pada nilai *epoch* 50 sistem memiliki tingkat akurasi paling optimal dibandingkan dengan nilai *epoch* yang lainnya. Dapat diputuskan bahwa nilai *epoch* 50 lebih cocok digunakan pada sistem ini.

3.4 Hasil Pengujian Perhitungan Waktu Komputasi Sistem

Pengujian waktu komputasi sistem dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter yang sebelumnya sudah di uji dan menghasilkan akurasi paling optimal : pada citra RGB digunakan Red Channel, ukuran kotak 8x8 piksel, dan menggunakan nilai *epoch* 50. Berikut dapat dilihat waktu komputasi untuk masing-masing proses.

Tabel 4. Waktu komputasi masing-masing proses

Proses	Waktu komputasi (dalam detik)
Preprocessing	3.771601
Ekstraksi Ciri	0.000233
Klasifikasi	4.907824
Hitung Luas	0.110379
Total Waktu	8.790037



Gambar 15. Grafik waktu komputasi masing-masing proses

Terlihat seperti pada tabel 4 dan gambar 15 waktu untuk masing-masing proses yang menggunakan parameter Red Channel pada citra RGB, ukuran kotak 8x8 piksel, dan menggunakan nilai *epoch* 50, menunjukkan bahwa waktu preprocessing dan klasifikasi cukup memakan waktu antara 3 sampai 5 detik. Dibandingkan dengan

proses ekstraksi ciri dengan metode DCT dan hitung luas yang memerlukan waktu cukup cepat dalam komputasi. Hal ini dikarenakan pada ekstraksi ciri DCT hanya dianalisis 4 koefisien saja, dan pada perhitungan luas hanya menggunakan perhitungan matematika yang cukup sederhana.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian penelitian ini adalah :

1. Metode pengolahan citra digital dengan metode *Discrete Cosine Transform* dan *Fuzzy Logic* dapat diimplementasikan dalam rancangan aplikasi untuk deteksi luas hutan mangrove di pantai Bali.
2. Sistem sudah dapat mendeteksi luas hutan mangrove dengan metode ekstraksi ciri DCT diperoleh tingkat akurasi tertinggi sebesar 94.638% dengan metode klasifikasi *Fuzzy Logic*.
3. Pada proses pemisahan citra RGB, *red channel* terbukti menghasilkan akurasi yang paling optimal dibandingkan dengan *green channel* dan *blue channel*.
4. Ukuran kotak 8x8 piksel terbukti menghasilkan akurasi yang tertinggi dibandingkan ukuran kotak 16x16 piksel dan 32x32 piksel.
5. Pada nilai epoch 50 terbukti dapat meningkatkan tingkat akurasi sistem.

Daftar Pustaka:

- [1] Vilda, Jus.2009.*Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri DCT, DFT dan Filter 2D Gabor Wavelet*. Universitas Telkom Bandung.
- [2] Safitri, Mutihera.2012.*Deteksi Hutan Mangrove di Pantai Utara Jakarta Menggunakan Citra dari Google Earth dengan Metode Curvelet*. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Telkom Bandung.
- [3] Sutoyo. T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati. D., & Wijanarto. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Semarang: Andi.
- [4] Syarif, Syafruddin, et al.2012.*Sistem Cerdas Deteksi Citra dengan Metode Discrete Cosine Transform*. Universitas Hasanuddin Makasar.
- [5] Suhartono, Rachmad.2012.*Pengembangan Aplikasi Penjadwalan Pasien-Dokter Berbasis Logika Samar (Fuzzy Logic) dan Algoritma Genetika (Genetic Algorithm)*. Universitas Telkom Bandung.
- [6] C. Donato, Daniel.2012.*Mangrove Adalah Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Kawasan Tropis*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor.
- [7] <https://www.google.com/earth/> (diakses tanggal 16 November 2014)
- [9] digilib.itb.ac.id (diakses tanggal 20 November 2014)
- [10] infomanfaat.com (diakses tanggal 4 Juni 2015)
- [11] Wijaya, Marvin Ch dan Agus Prijono. 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab, Image Processing Toolbox*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [12] Permatasari, Debby. 2012. *Sistem Klasifikasi Kualitas Biji Jagung Berdasarkan Tekstur Berbasis Pengolahan Citra Digital*. Tugas Akhir Program Sarjana Universitas Telkom Bandung.
- [13] Budisanjaya, I Putu Gede. 2013. *Identifikasi Nitrogen dan Kalium Pada Daun Tanaman Sawi Hijau Menggunakan Matriks Co-Occurrence, Moments dan Jaringan Saraf Tiruan*. Thesis Program Pascasarjana Universitas Udayana Bali.
- [14] www.deingenieria.com (diakses tanggal 4 Juni 2015)
- [15] Adi S, Anton.2000. *Studi dan Penerapan Model Neuro-Fuzzy Dalam Prakiraan Cuaca*, S1 Jurusan Teknik Fisika ITB.