

DETEKSI PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN METODE WAVELET NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION

DETECTION OF SHORELINE CHANGE USING WAVELET NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION METHOD

Mohammad Akram Ardi¹, Angga Rusdinar², Nur Andini³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹akramardi@gmail.com, ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id, ³nurandini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang memiliki luas perairan laut yang lebih banyak dan memiliki banyak dinamisasi perubahan garis pantai yang semakin menyempit. Apabila hal tersebut tidak ditangani akan mengakibatkan daerah yang di permukaan rendah akan tenggelam. Oleh karena itu dibuat suatu simulasi bertujuan untuk mendeteksi perubahan garis pantai dengan menggunakan metode Neural Network backpropagation dan transformasi wavelet diskrit. Hasil ekstraksi nilai Hue data latih kemudian diproses dalam neural network backpropagation yang telah dibuat dan di uji menggunakan beberapa pasang data uji dengan ukuran 512 x 256 pixel yang diambil dalam beberapa tahun terakhir, dan dianalisis perubahan garis pantai yang terjadi. Hasil pelatihan data latih didapatkan dengan nilai MSE 0,00065. Hasil identifikasi data uji menunjukkan keberhasilan mendeteksi perubahan garis pantai pada 10 pasang data uji dengan hasil 7 pasang data terdeteksi dominan abrasi dan 3 pasang data uji terdeteksi dominan akresi. Perhitungan tingkat akurasi dilakukan dengan membandingkan 30 data sampel berukuran 64 x 64 pixel yang telah diidentifikasi oleh wavelet neural network backpropagation dengan yang telah diidentifikasi secara manual, didapatkan tingkat keberhasilan yang dicapai adalah 86,67%.

Kata Kunci : Neural Network, Backpropagation, Wavelet, Garis Pantai

Abstract

Indonesia is an archipelago that has a lot of sea water and dynamics of narrowing shoreline changes. If it's not handled, it will cause low surface area in shoreline will shrink. This undergraduate thesis has a purpose to detect shoreline change using backpropagation neural network as a method and discrete wavelet transform. The result of extraction train image from hue values are processed in backpropagation neural network. Testing has been done with some testing image from satellite size 512x256 pixel taken in different years. Training data obtained by MSE 0.00065. The results obtained with the training data training MSE value 0.00065. The results successful demonstrated identification of test data to detect changes in the coastline on 10 pairs of test data with the results of 7 pairs of data is detected dominant abrasion and 3 pairs of test data is detected dominant accretion. The calculation comparing the level of accuracy of 30 data samples with size 64 x 64 pixels which have been identified by wavelet neural network backpropagation with those identified manually, and obtained the level of success achieved is 86.67%.

Keywords : Neural Network, Backpropagation, Wavelet, Shoreline

1. Pendahuluan

Pengolahan citra saat ini mempunyai pengembangan aplikasi yang luas dalam berbagai bidang kehidupan. Hal tersebut menyebabkan ketersediaan citra digital untuk sebagian besar wilayah di permukaan bumi semakin banyak. Dengan aplikasi seperti Google Earth kita dapat melihat beberapa bagian permukaan bumi yang tersusun dari citra – citra resolusi tinggi dan menengah. Dari kemudahan mengakses arsip citra dan dokumen inilah kita dapat melihat kerusakan lingkungan yang terjadi di permukaan bumi.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang luas wilayah perairan laut lebih dari 75%. Daerah pantai merupakan daerah yang spesifik, karena berada diantara dua pengaruh yaitu daratan dan lautan. Perubahan garis pantai merupakan salah satu dinamisasi yang terjadi secara terus menerus. Perubahan garis pantai yang terjadi di kawasan pantai berupa pengikisan badan pantai (abrasi) dan penambahan badan pantai (sedimentasi dan akresi). Dampak yang diakibatkan oleh abrasi ini sangat besar. Garis pantai akan semakin menyempit dan apabila tidak diatasi lama kelamaan daerah – daerah yang permukaannya rendah akan tenggelam.

Pada tugas akhir ini dibuat suatu sistem deteksi garis pantai melalui citra digital dari Google Earth. Sistem diharapkan dapat mendeteksi perubahan garis pantai telah terjadi dengan mengambil nilai Hue dari

ruang HSV pada citra, kemudian diekstraksi ciri menggunakan metode Wavelet dan proses klasifikasi menggunakan Neural Network Backpropagation yang implementasinya dilakukan dalam program Matlab.

2. Dasar Teori

2.1 Wavelet

Wavelet merupakan alat Bantu matematis untuk melakukan dekomposisi suatu sinyal seperti citra menjadi komponen-komponen frekuensi yang berbeda, sehingga masing-masing komponen tersebut dapat dipelajari dengan menggunakan skala resolusi yang sesuai[1].

Tahap pertama analisis wavelet adalah menentukan tipe wavelet, yang disebut dengan *mother wavelet*. Setelah dilakukan pemilihan *mother wavelet*, selanjutnya membentuk basis wavelet yang akan digunakan untuk mentransformasikan sinyal. Transformasi wavelet dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu transformasi wavelet kontinu (*continue wavelet transformasi*) dan diskrit (*disrete wavelet transform*)[2].

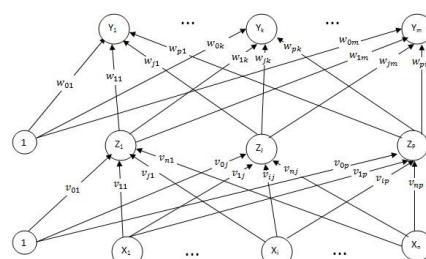
2.2 Discrete Wavelet Transform

DWT terdiri dari pasangan transformasi yang bersifat kebalikan (*reversible*), yaitu transformasi wavelet diskrit maju (*forward DWT*) dan transformasi wavelet balik (*inverse DWT*). Karena bersifat multiresolusi, maka DWT dapat dilakukan sesuai dengan keinginan kita. Pada umumnya, suatu sinyal seperti suara, ditransformasikan dengan transformasi wavelet diskrit satu dimensi (DWT 1D). Sedangkan untuk pengolahan citra digunakan transformasi wavelet diskrit dua dimensi (DWT 2D), masing-masing dengan skala yang disesuaikan dengan keinginan pemakai. Hasil analisis terhadap data citra pada skala dan resolusi tertentu akan menghasilkan subband-subband detail citra (*subband horizontal, subband vertikal dan subband diagonal*) serta pendekatan citra pada resolusi tersebut. Adapun jenis filter yang digunakan adalah *lowpass filter* dan *highpass filter* [2].

2.3 Neural Network Backpropagation

Neural Network (Jaringan Saraf Tiruan) adalah prosesor tersebar paralel yang sangat besar dan memiliki kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang bersifat pengalaman dan membuatnya siap untuk digunakan [9]. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antar neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarannya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu lebih layer tersembunyi. Gambar 1 adalah arsitektur backpropagation dengan n buah masukan, sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p unit, serta m buah unit keluaran.

V_{ji} merupakan bobot garis dari unit masukan x_i ke unit layer tersembunyi z_j (v_{j0} merupakan bobot garis yang menghubungkan bias di unit masukan ke unit layer tersembunyi Z_j). W_{kj} merupakan bobot dari unit layer tersembunyi Z_j ke unit keluaran y_k (W_{k0} merupakan bobot dari bias di layer tersembunyi ke unit keluaran Z_k).



Gambar 1 Arsitektur Backpropagation

Pelatihan Backpropagation meliputi 3 fase [3] :

- Fase I : Propagasi Maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan ($= x_i$) dipropagasikan ke layer tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit layer tersembunyi ($= Z_j$) tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke layer tersembunyi dia atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya

hingga menghasilkan keluaran jaringan ($= Y_k$). Algoritma pelatihan untuk jaringan dengan satu layer tersembunyi (dengan fungsi aktivasi sigmoid biner) adalah sebagai berikut :

- Langkah 0 : Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil
 Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2-9
 Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3-8
 Fase I : Propagasi Maju
 Langkah 3 : Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya
 Langkah 4 : Hitung semua keluaran di unit tersembunyi Z_j ($j = 1,2,3,\dots,p$)

$$\sum \quad (1)$$

$$\left(\quad \right) \quad \text{---} \quad (2)$$

- Langkah 5 : Hitung semua keluaran jaringan di unit y_k ($k = 1,2,3,\dots,m$)

$$\sum \quad (3)$$

$$\left(\quad \right) \quad \text{---} \quad (4)$$

Fase II : Propagasi mundur

- Langkah 6 : Hitung factor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k = 1,2,3,\dots,m$)

$$\left(\quad \right) \left(\quad \right) \left(\quad \right) \left(\quad \right) \quad (5)$$

δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layer dibawahnya (langkah 7)

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j ; k = 1,2,\dots, m ; j = 0,1,\dots, p ; \quad (6)$$

- Langkah 7 : Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi Z_j ($j = 1,2, \dots, p$)

$$\sum \quad (7)$$

Faktor δ unit tersembunyi :

$$\left(\quad \right) \quad \left(\quad \right) \quad (8)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot v_{ji}) :

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i ; j = 1,2,\dots, m ; i = 0,1,\dots, p ; \quad (9)$$

Fase III : Perubahan bobot

- Langkah 8 : Hitung semua perubahan bobot

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran :

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \quad (k = 1,2, \dots, m ; j = 0,1,2, \dots, p) \quad (10)$$

Perubahan bobot garis menuju ke unit tersembunyi :

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \quad (j = 1,2, \dots, m ; i = 0,1,2, \dots, n) \quad (11)$$

3 Pembahasan

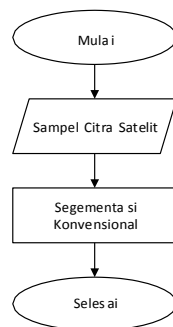
Sampel citra diperoleh dengan menggunakan aplikasi Google Earth pro. Sampel citra yang diambil merupakan salah satu daerah pesisir pantai di Indonesia. Pemilihan wilayah sangat terbatas karena tidak semua wilayah memiliki lebih dari satu citra dalam setahun. Selain itu, kualitas citra pada wilayah yang diambil harus baik seperti tidak ada awan pada citra dan selisih waktu pengambilan yang cukup jauh dibandingkan dengan citra di wilayah lainnya. Kesemua sampel citra memiliki ukuran wilayah 803 m x 487 m. Ukuran ini digunakan sebagai masukan untuk pengujian system karena dengan menggunakan ukuran ini daerah tepi pantai masih terlihat dengan jelas dan setiap gambar yang diambil memiliki resolusi 1116 pixel x 672 pixel.

Sampel citra yang ada kemudian melalui tahapan pre-processing dimana parameter nilai Hue diambil dan disimpan secara berkelompok antara darat dan laut. Kemudian sampel citra diambil ekstraksi cirinya menggunakan DWT (Discrete Wavelet Transform) level 1 dan di inisialisasi target berdasarkan kelompoknya masing – masing. Metode Neural Network Backpropagation akan membuat jaringan data latih yang difungsikan untuk mendeteksi perubahan garis pantai yang terjadi pada data uji, sistem akan membandingkan parameter fitur

layer Hue dari HSV sampel citra data latih. Dengan demikian dapat diketahui perbedaan wilayah laut dan daratan yang berupa pinggir pantai.

3.1 Tahap Pre-processing

Diawali dengan pengambilan data citra melalui satelit di suatu garis pantai di Indonesia. Hasil pengambilan citra ini kemudian diklasifikasikan berupa daerah laut dan daerah daratan, kemudian di segmentasikan menjadi bagian - bagian kecil dan kemudian di simpan untuk menjadi data latih untuk Wavelet-Neural Network. Segmentasi citra dilakukan untuk mengusahakan masukan pada Neural Network secara efisien dan efektif. Karena jika data citra per *pixel* langsung dimasukkan sebagai masukan neural network untuk diklasifikasi, maka jumlahnya akan menjadi sangat besar dan akan memerlukan waktu yang sangat lama untuk melakukan data latih.

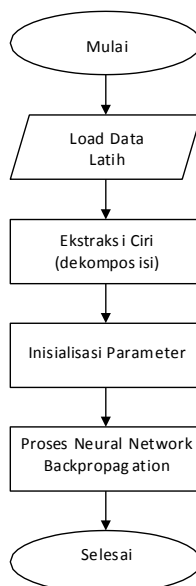


Gambar 2 Flowchart Preprocessing

Pengambilan citra untuk data latih melalui proses cropping dengan ukuran 128 x 128 pixel dan diklasifikasikan menjadi data latih untuk daerah laut dan data latih untuk daerah daratan. Agar dapat dikenali oleh jaringan dan dapat diproses maka data diubah kedalam bentuk matriks. Untuk data latih daerah laut dan darat akan disimpan dalam format file *.mat*. pada Pembuatan data target dilakukan load data latih yang tersimpan sebelumnya untuk diberi nilai tagret yang sesuai dengan kelasnya yaitu :

- Target diberi nilai 1 untuk data latih daerah laut
- Target diberi nilai 0 untuk data latih daerah daratan

3.2 Tahap Pembuatan Sistem

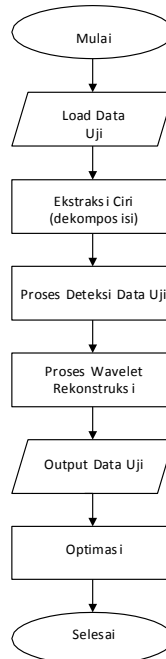


Gambar 3. Flowchart Pembuatan Sistem

Pada tahap pengaturan parameter Neural Network, fungsi aktivasi dari unit *input* ke *hidden layer* adalah *sigmoid bipolar* kemudian dari *hidden layer* ke output adalah fungsi identitas. Langkah pertama yang

dilakukan adalah membuat program backpropagation untuk inialisasi jaringan, Inialisasi dilakukan dengan memberi perintah init. Selanjutnya normalisasi agar terjadi sinkronisasi data dan memudahkan dalam proses komputasi.

3.3 Tahap Pengujian Sistem



Gambar 4. Flowchart Pengujian Sistem

Setelah melalui proses deteksi data uji, maka output akan diproses kembali dengan wavelet rekonstruksi. Hasil deteksi oleh neural network diketahui dengan pemberian *marking*, pada gambar output. Daerah yang ditandai dengan warna *mark* merah merupakan daerah laut. Keseluruhan data uji akan melalui proses tracking tepi laut. Tepi laut merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut yang merupakan poin penting dalam melakukan deteksi perubahan garis pantai. Langkah – langkah proses tracking adalah sebagai berikut :

- Program akan memberikan titik acuan pada bagian tengah gambar berupa daerah laut, Jika gambar berupa $m \times n$ pixel, maka titik acuan tengah adalah $(m/2, n/2)$
- Program akan mencari titik darat kearah utara, yang merupakan titik acuan tengah untuk daerah tepi pantai
- Setelah mendapatkan titik acuan tengah garis pantai, program akan mencari daerah darat kearah kiri dan kanan.
- Setelah mendapatkan seluruh titik garis pantai, maka hasil titik akan diberikan mark.

Selanjutnya daerah diatas output garis pantai pada gambar akan diklasifikasikan sebagai daerah darat yang bernilai “0”, dan daerah yang dibawah output garis pantai pada gambar akan diklasifikasikan sebagai daerah laut yang bernilai “1”.

Dalam penentuan suatu daerah mengalami perubahan garis pantai atau tidak, maka dilakukan deteksi seperti diatas untuk citra pertama, dan citra kedua. Ada dua cara penentuan menentukan rata2 perubahan garis pantai Pertama, selisih antara luas daerah yang dimark pada data pertama, akan menghasilkan nilai seperti :

- Hasil pengurangan antara citra kedua dan pertama yang bernilai positif (1) maka terjadi abrasi, yang mengidentifikasi pengikisan daratan oleh air laut.
- Hasil pengurangan citra kedua dan pertama yang bernilai negatif (-1) maka terjadi akresi, yang mengidentifikasi penambahan daratan di air laut.
- Hasil pengurangan yang bernilai nol (0) maka tidak terjadi abrasi dan akresi, yang mengidentifikasi tidak terjadi perubahan luas daerah laut dan daratan pada data awal dan data akhir.

Untuk mengetahui luasan daerah abrasi atau akresi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan luas kawasan daratan awal. Untuk citra awal ukuran 803 m x 487 m. Kemudian dilakukan perhitungan cakupan luasan per pixel pada gambar, dimana :

$$\text{—————} = 0.521 \text{ m}^2/\text{pixel} \dots\dots\dots(12)$$

Kedua, untuk mengetahui rata perubahan garis pantai dibuat garis dari titik acuan pada citra uji dan ditarik beberapa garis dengan sudut $-75^0, -60^0, -45^0, \dots, 45^0, 60^0, 75^0$ mengarah ke tiap garis pantai yang telah dideteksi menggunakan program tracking. Rata – rata jumlah panjang garis citra pertama dan kedua dikurang, hasil dari kedua pengurangan tersebut menentukan rata – rata perubahan yang terjadi pada citra pertama dan kedua. Untuk menentukan laju perubahan garis pantai per tahun maka dilakukan perhitungan yaitu :

$$\text{—————} \dots\dots\dots(13)$$

4 Hasil Pengujian dan Pembahasan

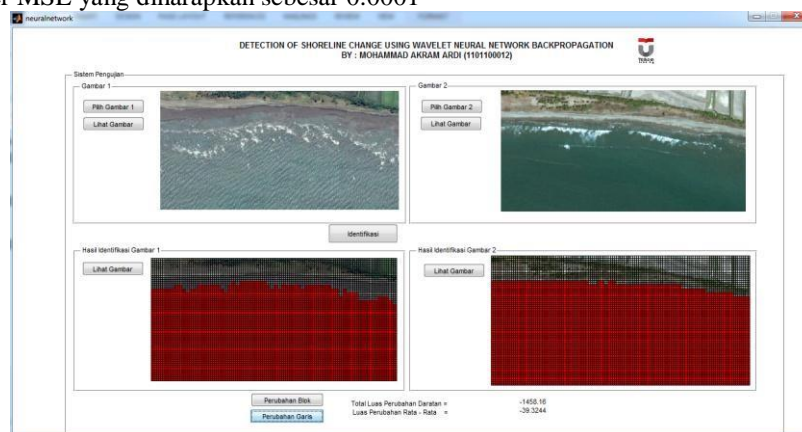
4.1 Analisis Wavelet Neural Network

Untuk mengetahui karakteristik neural network backpropagation yang telah dibuat[5], dilakukan berbagai pengujian dengan melakukan variasi pada parameter pelatihan. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh parameter terhadap target error yang diharapkan. Parameter yang diuji coba ialah jumlah neuron hidden layer, laju pelatihan, dan momentum bobot[4]. Beberapa parameter tetap yaitu Jumlah maksimum iterasi 30000, Arsitektur hidden layer 1 buah, neuron input 4 layer, neuron output 1 layer, dan parameter MSE 0,0001.

Tabel 1. Struktur Neural Network

Karakteristik	Spesifikasi
<i>Arsitektur</i>	1 layer hidden
<i>Neuron Input</i>	4 layer
<i>Neuron Hidden</i>	10;30;50;100;200
<i>Neuron Output</i>	1 layer
<i>Laju Pelatihan</i>	0,1-0,9
<i>Momentum Bobot</i>	0,1-0,9
<i>MSE</i>	0.0001
<i>Maksimal Iterasi</i>	30000

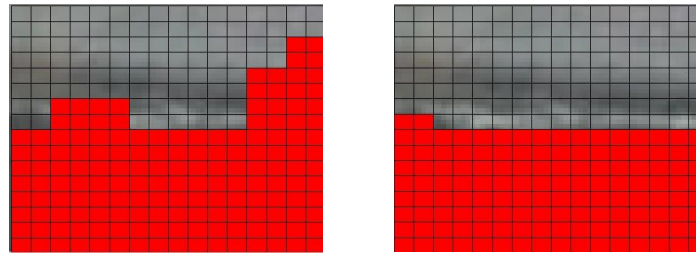
Pada pengujian analisis parameter pelatihan Neural Network Backpropagation diambil parameter learning rate 0,9 walaupun dengan learning rate yang besar menyebabkan algoritma tidak stabil namun dapat mempercepat proses pelatihan. Pengambilan learning rate kecil sangat tidak cocok pada pelatihan ini, selain karena maksimal iterasi yang kurang dan menyebabkan proses pelatihan berjalan lambat. Momentum bobot yang diambil 0.9 dan jumlah neuron hidden layer 30. Dengan jumlah iterasi maksimal 30000 didapatkan MSE sebesar 0.00065 dari parameter MSE yang diharapkan sebesar 0.0001



Gambar 5. Hasil Pengujian dalam GUI

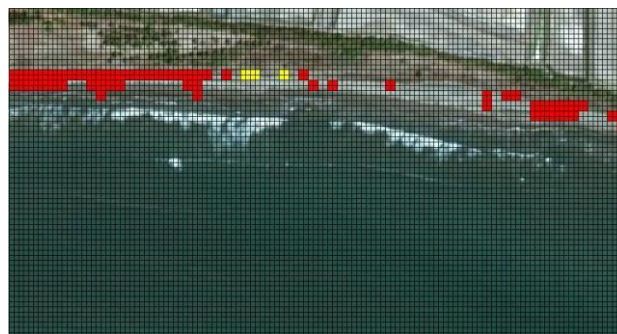
4.2 Analisis Hasil Identifikasi Data Uji terhadap Hasil Identifikasi Manual

Dalam menentukan akurasi diperlukan perbandingan hasil dari data uji yang telah diidentifikasi dan dioptimasi menggunakan wavelet neural network dengan data uji yang diidentifikasi secara manual. Kedua hasil identifikasi dibandingkan dalam nilai matriks, dengan pola segmentasi 4 x 4 pixel. Terdapat 30 pasang data yang akan diidentifikasi dan telah melalui proses cropping dengan ukuran 64x64 pixel. Dari gambar 6 dapat dilihat perbedaan antara data uji hasil marking identifikasi manual dan data uji hasil marking identifikasi menggunakan wavelet neural network. Dari hasil analisis perhitungan didapatkan 30 jumlah segmen yang berbeda dari total 256 segmen. Dapat disimpulkan segmen yang berhasil diidentifikasi dengan benar oleh wavelet neural network sebesar 88.28 % dari data uji yang telah diidentifikasi manual. Perhitungan keakuratan sistem dapat dilihat berdasarkan perbandingan dengan hasil identifikasi manual dengan minimal benar sebesar 90%. Maka perbedaan luas yang ditolerir pada hasil identifikasi sebesar $\pm 13,54 \text{ m}^2$



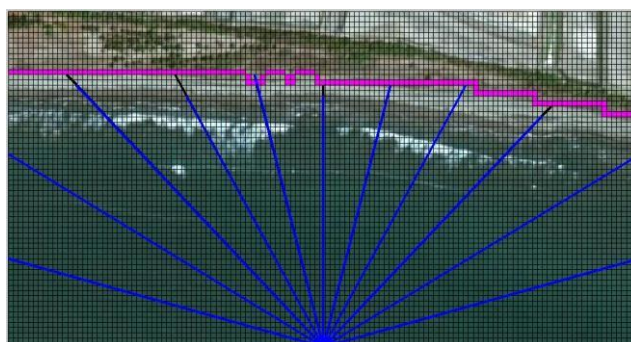
Gambar 6. Contoh Perbandingan Data Uji 1 Identifikasi Manual (kanan) dan Data Uji Identifikasi Wavelet Neural Network (kiri)

4.3 Analisis Perubahan Garis Pantai dan Waktu Komputasi



Gambar 7. Hasil Output Deteksi Perubahan Garis Pantai

Setelah citra uji diidentifikasi daerah darat dan daerah laut, selanjutnya mencari luasan daerah abrasi dan akresi dengan membandingkan luas daerah daratan pada citra uji kedua (2010) dan citra uji pertama (2008) seperti pada gambar 7. Daerah hasil output diatas menunjukkan daerah yang diberi mark berwarna merah merupakan daerah abrasi yang diidentifikasi terjadi pengikisan daratan oleh air laut, dan mark berwarna kuning merupakan daerah akresi yang diidentifikasi terjadi penambahan daratan di air laut. Perhitungan total luas perubahan daratan adalah $-1458,6 \text{ m}^2$, menunjukkan kejadian abrasi dominan pada daerah data uji yang diidentifikasi.



Gambar 8. Hasil Output Deteksi terhadap Titik Acuan

Untuk mengetahui keakuratan perubahan garis pantai secara menyeluruh, digunakan analisis perhitungan garis dari titik acuan data uji, seperti pada gambar 7. Pada gambar, garis biru merupakan garis yang menghubungkan titik acuan ke titik garis pantai pada data uji 1 (data uji 1 tahun 2008) dan garis hitam merupakan garis yang menghubungkan titik acuan ke titik garis pantai data uji 2 (data uji 1 tahun 2010). Dari gambar terlihat garis hitam yang muncul pada sudut -45° , -30° , 0° , dan 45° disebabkan abrasi pada garis pantai. Rata – rata jumlah panjang garis acuan pertama dan kedua dikurangi dan hasilnya adalah -39.3244, yang menunjukkan rata –rata perubahan garis pantai dominan terjadi abrasi.

Dari hasil pengujian 10 pasang data uji dengan tahun dan lokasi yang berbeda, didapatkan 7 pasang data uji terdeteksi dominan abrasi dan 3 pasang data uji terdeteksi dominan akresi. Kinerja yang sangat baik dapat dilihat dari segi waktu komputasi yang dicapai dalam identifikasi garis pantai. Nilai rata –rata waktu komputasi yaitu 4,53 detik dari 10 pasang data uji yang diidentifikasi

5 Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dalam identifikasi perubahan garis pantai menggunakan metode wavelet neural network backpropagation, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari analisis pengujian karakteristik jaringan. Parameter Neural Network Backpropagation yang paling baik adalah 30 neuron hidden layer, learning rate 0,9, momentum bobot 0,9 dengan epoch maksimal 30000 dengan hasil MSE 0.00065 dari parameter MSE yang diharapkan 0,0001.
2. Metode Wavelet-neural network Backpropagation dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai dengan ukuran 4x4 pixel tiap segmennya. Akurasi identifikasi yang berhasil dicapai adalah 86,67 % dari 30 data sampel berukuran 64 x 64 pixel, toleransi deteksi minimal sebesar 90% dengan error sebesar $\pm 13,54 \text{ m}^2$.
3. Metode Wavelet-Neural Network Backpropagation dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan garis pantai pada 10 pasang data uji di lokasi dan tahun yang berbeda, didapatkan 7 pasang data uji terdeteksi dominan abrasi dan 3 pasang terdeteksi dominan akresi

Daftar Pustaka

- [1] Surya, Bernadus. (2006). Analisis Kinerja Algoritma RSA dalam Pengacakan Citra Watermark pada Imagewatermarking menggunakan Transformasi Wavelet. Bandung : Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom
- [2] Surayaningsih, Imas Mira. (2007). *Analisis dan Implementasi Kompresi Gambar Menggunakan Metode Wavelet Network*. Bandung : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UNIKOM
- [3] Diyah, Puspitaningrum. (2006). Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan, Penerbit Andi, Yogyakarta
- [4] Zailani, Udin. (2011). *Pengujian Model Neural Network Berbasis Particle Swarm Optimization untuk Prediksi Penyakit Kanker Payudara*. Universitas Pamulang
- [5] Patterson, Dale. (2006). *Backprop a per-epoch backpropagation for a multilayer feedforward neural network* (Version 3.1.2) [Computer Program]. Available at <http://www.csee.umbc.edu/~dpatte3/nn/backprop.html> (Diakses 18 November 2014)
- [6] Nurul, Aninditya. (2013). *Deteksi Illegal Logging dengan Menggunakan Metode Wavelet Neural Network*. Universitas Hasanuddin Makassar