

## Investigasi Penyusutan Muka Air Danau Aneuk Laot Berdasarkan Sebaran Patahan Minor Dengan Metode Penginderaan Jauh

### *Investigation on Aneuk Laot Lake Water Depreciation Based on Distribution of Minor Fault with a Remote Sensing Method*

Nindi Yusifa, Aljikri Yanto, Shiyasatusy Sairiyah, Muhammad Isa\*

Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

*Received July, 2018, Accepted May, 2019*

Danau Aneuk Laut berasal dari bekas kepundan gunungapi yang telah mati dan secara bertahap terisi air. Sejak 15 tahun belakangan ini danau mengalami penurunan muka air, hal ini diduga akibat Gempa dan tsunami pada 26 Desember 2004. Pemantauan penyusutan air danau dilakukan dengan metode penginderaan jauh menggunakan data DEM SRTM dan citra satelit Landsat. DEM SRTM digunakan untuk analisis struktur sesar dan rekahan melalui peta *Fault Fracture Density* (FFD). Citra satelit landsat digunakan untuk identifikasi sebaran vegetasi menggunakan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode *Maximum likelihood* dari tahun 2001-2017. Berdasarkan peta FFD ditemukan kelurusan tertinggi yaitu danau Aneuk Laot yang memiliki zona permeabel dari struktur geologi sehingga semakin kecil kerapatan struktur maka semakin besar permeabilitasnya. Peta penyusutan air danau dengan menghitung luas permukaan air danau dari periode 2001 -2017 telah mengalami penurunan sebesar 102.600 m<sup>2</sup>. Untuk tahun 2001-2003 mengalami kenaikan sebesar 68700 m<sup>2</sup> dan pada tahun 2003-2004 mengalami penurunan sebesar -42300 m<sup>2</sup>. Peta sebaran vegetasi di pulau Weh memiliki index vegetasi NDVI maksimum 0,863554 yang artinya memiliki sebaran vegetasi sangat rapat berwarna hijau pekat dan Index vegetasi minimum NDVI sebesar -0,375631 menunjukkan tidak adanya rapat vegetasi berwarna coklat.

*Aneuk Laot Lake comes from the former crater of a volcano that has died and gradually filled with water. For about 15 years lakes have decreased Lake water level, allegedly caused by earthquake and tsunami on 26 Desember 2004. Monitoring of lake water depreciation is done by remote sensing method using DEM SRTM data and Landsat satellite image. DEM SRTM is used for analysis of fault and fracture structures through the Fault Fracture Density (FFD) map. Landsat satellite imagery was used to identify vegetation distribution using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) transformation and land cover classification using Maximum likelihood method from 2001-2017. Based on the FFD map found the highest alignment of the Aneuk Laot lake that has a permeable zone of geological structure so that the smaller the density of the structure the greater the permeability. Map of the lake's water depreciation by calculating the lake surface area from 2001 -2017 has decreased by 102,600 m<sup>2</sup>. For 2001-2003 increased by 68700 m<sup>2</sup> and in 2003-2004 decreased by -42300 m<sup>2</sup>. The vegetation distribution map on Weh island has a maximum NDVI vegetation index of 0.863554 having very dense green vegetation density and a minimum vegetation index of NDVI-0.375631 indicating the absence of a brown vegetation meeting.*

**Keywords:** AneukLaot lake, DEM SRTM, Landsat, FFD

## Pendahuluan

Danau Aneuk Laot terletak dekat Kota Sabang di Pulau Weh, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam. Wilayah administratif Kota Sabang secara geografis terletak di antara  $95^{\circ} 13' 02''$  dan  $95^{\circ} 22' 36''$  Bujur Timur (BT), dan antara  $05^{\circ} 46' 28''$  dan  $05^{\circ} 54' 28''$  Lintang Utara (LU). Danau aneuk laut berasal dari bekas kepundan gunungapi yang telah mati dan secara bertahap terisi air dan menjadi danau. Danau Aneuk Laot tidak mempunyai pintu masuk (*inlet*) dalam bentuk aliran sungai permukaan dan pintu keluar (*outlet*) berupa sungai. Namun diduga danau ini memiliki aliran keluar dalam bentuk rembesan dan aliran air melalui celah atau suatu rekahan batuan dasar danau (Edyanto, 2006). Danau aneuk laot ini merupakan danau yang terisolasi dari suatu rekahan atau deformasi permukaan bumi yang diduga melewati celah suatu rekahan. Pendangkalan dan penyempitan danau memiliki permasalahan yang cukup serius karena penurunan air danau lambat laut secara kontiniu akan mengakibatkan danau menjadi rawa dan menjadi lahan daratan (Bambang, 2012).

Beberapa waktu belakangan ini disinyalir danau aneuk laot telah mengalami penurunan muka air laut secara kontiniu, sehingga permasalahan ini dikhawatirkan akan mengancam ketersediaan air baku bagi masyarakat kota Sabang dan ekosistem danau. Menurut Bambang (2012) penurunan air danau lambat laut akan menjadi rawa dan menjadi lahan daratan. Penyusutan air danau ini diduga akibat gempa 26 Desember 2004 sehingga harus dilakukan analisa data topografi untuk melihat sebaran patahan. Investigasi penyusutan air danau ini dapat dilakukan dengan metode penginderaan jauh dengan memanfaatkan data citra satelit Landsat dan data *Digital Elevation Mission* (DEM) dari citra satelit *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Sehingga dapat diidentifikasi sebaran patahan daerah kota sabang di Pulau Weh. Pulau Weh telah mengalami sembilan kali periode tektonik yang menghasilkan struktur sesar hal ini telah dijelaskan dalam karya ilmiah (Laura, V., 2017). Pulau Weh merupakan salah satu pulau vulkanik yang terbentuk

dari jalur sesar Semangko di ujung barat laut sehingga terbentuk zona depresi di pulau tersebut seperti Graben Teluk Sabang-Balohan dan Graben Lhok Pria Laot dengan arah struktur dominan barat-laut tenggara. Litologi batuan penyusun pulau Weh adalah: Batu pasir tersingkap didaerah Ano Itam, Satuan aliran lava andesit basalt, Satuan aliran piroklastik (QTpw) tersingkap di bagian tengah sampai daerah Keneukai pantai selatan, Satuan Lava muda (Kuarter), Satuan lava labu ba'u (QvLB), Satuan lava iboih (Qvi), Satuan Lava Kulam Tua (Qvk 1), Satuan Lava Kulam Muda (Qvk 2), Aliran piroklastik kulam (Qapk), Satuan lava sumeureugoh (Qvs), Satuan aliran lava sumeureugoh (Qaps), Satuan lava leumo matee, Satuan aliran piroklastik leumo Matee, Batu gamping terumbu tersingkap secara luas di pantai kota sabang, Endapan permukaan (QA) batuan aluvial. (Hermansyah, 2017). Pulau Weh telah mengalami 9 (sembilan) kali periode tektonik yang menghasilkan struktur sesar antara lain struktur Sesar Sabang, Sesar Seuke, Sesar Balohan, Sesar Leumo Matee, Sesar Labu Ba'u, Sesar Lhok Jeumpa, Sesar Pria Laot dan Sesar Ceunahot.

Penginderaan jauh merupakan ilmu teknik seni untuk memperoleh informasi suatu objek, sasaran maupun daerah dan fenomena tanpa menyentuh atau kontak langsung dengan benda atau target yang dikaji. Sensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Sensor yang digunakan sensor jauh, data akan dikirim melalui sistem pemancar (*transmitter*) dan diterima oleh stasiun penerima (*receiver*) kemudian diproses menjadi format yang siap dipakai. Sistem sensor jauh yang digunakan ada 2 macam yaitu sistem sensor pasif dan sistem sensor aktif. Koreksi yang dilakukan pada data penginderaan jauh adalah menurut Main, *et al.*, (2011) dalam jurnal Kustiyo (2014) koreksi radiometrik digunakan untuk memperbaiki kualitas citra akibat kesalahan pantulan permukaan atau kelengkungan bumi seperti arah sinar matahari, kondisi cuaca dan kondisi atmosfer sehingga informasi yang dihasilkan menjadi lebih akurat

sehingga bisa memeperkirakan perbedaan parameter biosfik tanaman (*biophysical vegetation*). Koreksi geomtri dilakukan untuk menghilangkan distorsi geometrik pada citra dan mendapatkan hubungan antar sistem koordinat citra (baris, kolom) dengan sistem koordinat proyeksi (x,y) (Mukhaiyar, 2010) dalam (wiranda, 2015).

*Digital Elevation Model* (DEM) merupakan salah sebuah tipe Digital Terrain Model yang merekam gambaran topogrifi atau geomorfometrik dari permukaan bumi dalam format digital. Data DEM banyak digunakan oleh produk *Shutel Radar topography Mission* (SRTM). Data DEM SRTM tersedia dengan resolusi spasial 90 meter dan 30 meter, dengan berbagai format (\*HGT,\*ASCII , \*tiff) Franto (2015). Hasil dari ekstrasi DEM SRTM dapat berupa kontur, kelerengan, *hillshade* dan lainnya, yang dimanfaat untuk berbagai macam kepentingan, penelitian, penerbangan. Data DEM SRTM juga dapat digunakan dalam lingkungan, banjir, hidrologi, geologi, geomorfologi dan lainnya.

DEM SRTM tidak memerlukan proses koreksi radiometrik, karena memiliki Sensor aktif yang memancarkan gelombang mikro ke permukaan bumi dan merekam pantulan dari gelombang tersebut. Sensor aktif tidak terpengaruh oleh pergantian siang dan malam dan mampu menembus halangan di atmosfer karena sifat panjang gelombangnya lebih panjang daripada spektrum sinar matahari (LAPAN, 2009)

Citra satelit Landsat mempunyai cakupan yang sangat luas, 180 x 180 km<sup>2</sup> dengan resolusi cukup baik ( 30 m). Landsat 7 ETM memiliki 8 band, 6 band untuk selang cahaya tampak dan inframerah dekat dengan resolusi spasial 30 m, 1 band pada selang cahaya inframerah termal dengan resolusi spasial 120 m dan 1 band pada selang pankromatik dengan resolusi spasial 15 m yang diluncurkan pada tanggal 15 April 1999 dan Pada bulan Mei 2003 hasil perekaman citra satelit landsat 7 ETM terdapat garis-garis hitam sehingga dalam pengolahanny harus dilakukan koreksi scan line correction.

landsat 8 yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 yang dikelola oleh NASA dan USGS (NASA, 2013) memiliki 11 band dengan reosolusi spasial yang sama 30 m membawa sensor pencitra OLI (*operational land imager*) dan sensor pencitra TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) yang dapat menghasilkan kontinuitas data kanal-kanal yang tidak dicitrakan oleh OLI. Aplikasi dari satelit landsat TM adalah pemetaan penutup lahan, penggunaan lahan, pemetaan tanah, pemetaan permukaan air, pemetaan geologi, pemetaan suhu permukaan air laut. Data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemetaan penyusutan permukaan air danau yang memanfaatkan data citra satelit Landsat.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan penyusutan muka air danau aneuk laot di Sabang dan sebaran vegetasi dengan menggunakan data Landsat dan data DEM SRTM serta Mengkaji hubungan perubahan penyusutan air danau Aneuk Laot berdasarkan patahan minor menggunakan data DEM SRTM.

## Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium GIS Teknik Geofisika, Universitas Syiah Kuala. Gambar 1 merupakan daerah penelitian danau aneuk laot. Penelitian ini menggunakan data DEM SRTM dan citra satelit landsat. Data DEM SARTM yang digunakan merupakan hasil perekaman pada tanggal 11-22 Februari yang dipublis pada tahun 2014 dengan resolusi 30 m. Data DEM SRTM diekstrak dari bentuk ZIP ke format TIFF supaya dapat diolah di arcmap. Kemudian data DEM SRTM diekstraksi *hillshade* dengan memberikan sudut elevasi sinar matahari 0, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° dan 315° dengan *altitude* 45°. Variasi sudut dilakukan untuk mendapatkan agar semua lereng dapat terlihat. Sedangak *altitude* 45 digunakan untuk mendpatakn bayangan objek yang sama (Hermansyah. L.V, 2017). Kemudian dilakukan penarikan kelurusan secara manual untuk tiap perbedaan sudut elevasi matahari pada *hillshade*. Hal ini dilakukan secara teliti karena merupakan kelurusan analisis sesar dan rekahan.



Gambar 1 Danau Aneuk Laot dipulau weh (Sabang) (sumber *google earth*, 2017

Penarikan Kelurusan-kelurusan ini dikaitkan dengan struktur patahan lokal yang telah diteliti sebelumnya oleh Dirasutisna (2005) dan Fernandez (2015). Juga dikaitkan dengan manifestasi panas bumi. Kelurusan-kelurusan yang telah diperoleh dari tiap *hillshade* di overlay dan dilakukan digitasi ulang. Sehingga di dapatkan peta di setiap kelurusan-kelurusan (Gambar 2) (Hermansyah. L.V., 2017). Data citra satelit landsat digunakan untuk mendapatkan sebaran vegetasi dan klasifikasi tutupan lahan untuk mendapatkan informasi penyusutan luas permukaan air danau dari tahun 2001-2017. Adapun untuk menginvestigasi Sebaran vegetasi menggunakan data citra satelit landsat 2017 yang memanfaatkan transfer NDVI, menggunakan band 4 (gelombang merah) dan band 5 (gelombang inframerah) pada citra satelit. Masing-masing band harus di kalibrasi ke *Top of atsmosfer* (ToA) *spectral reflectance*  $P\lambda'$  menggunakan persamaan 1.

$$P\lambda' = M_p \times Q_{cal} + A_p \tag{1}$$

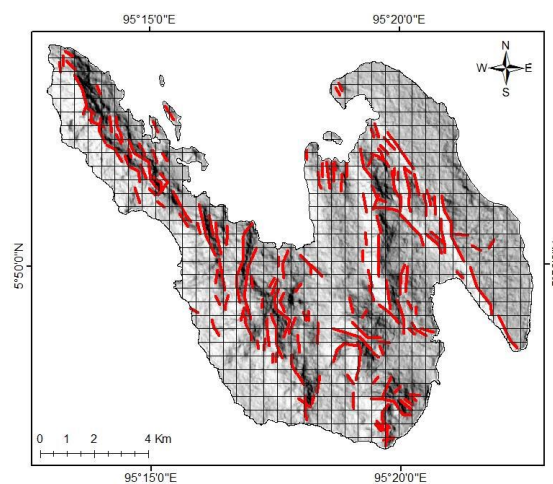
Dimana,  $M_p$  adalah *band-specific multiplicative rescaling factor* untuk reflectance ( $2.0000E-05$ ),  $Q_{cal}$  adalah DN dan  $A_p$  adalah *band-specific additive rescaling factor* ( $-0.100000$ ). Nilai  $P\lambda'$  kemudian di koreksi dengan persamaan 2.

$$P\lambda = \frac{P\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \tag{2}$$

$P\lambda$  merupakan *ToA reflectance* yang sudah di koreksi terhadap sudut elevasi matahari, dan  $\theta_{SE}$  merupakan nilai sudut elevasi matahari lokal (SUN ELEVATION) yang terdapat pada metadata. Selanjutnya mentransformasikan ke NDVI dengan persamaan 3.

$$NDVI = \left( \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \right) \tag{3}$$

Investigasi penyusutan danau dilakukan dengan melakukan klasifikasi tutupan lahan menggunakan data citra satelit landsat dari tahun 2001-2017.



Gambar 2 data DEM SRTM kelurusan hasil gabungan Hillshade dengan sudut elevasi berbeda (Hermansyah, L.V., 2005)

### Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan peta Fernandez-Blanco (2015), Arah Sesar Sumatera mengarah ke pulau Weh daerah Sabang dan mengenai Danau Aneuk Laot. Dari hasil pengolahan data DEM SRTM berdasarkan peta FFD didapatkan kelurusan-kelurusan yang diinterpertasikan oleh Dirasutisna (2005). Daerah yang memiliki densitas kelurusan tertinggi salah satunya berada di kawasan Danau aneuk Laot, Lho Pria Laot, dan Iboh. Diperkirakan kelurusan-kelurusan tersebut terbentuk akibat sesar utama yaitu sesar Sabang, Sesar Leumo Matee, Sesar Ceunohot, Sesar Labu Ba'u, Sesar Pria Laot, Sesar Cot Kulam, dan sesar Seuke. Pada lokasi di sekitar Danau Aneuk Laot di perkirakan sesar dan rekahan merupakan jalur hidrologi dari *grounwater* (Hermansyah., L.V., 2017). Blanco (2016) membuktikan bahwa sesar-sesar lokal yang terdapat di pulau Weh merupakan akibat dari perpanjangan sesar sumatera yang berada di pulau Sumatera. Selanjut pemantauan tutupan lahan untuk penyusutan muka air danau. Penurunan luas permukaan air danau hampir tiap tahun mengalami penurunan terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengolahan Data Landsat Yang digunakan

Jenis data	Tanggal perekaman	Luas Permukaan danau (m <sup>2</sup> )
Landsat 8	2017	333000
Landsat 8	2015	376200
Landsat 8	2014	378000
Landsat 7	2013	409500
Landsat 7	2011	394700
Landsat 7	2010	372600
Landsat 7	2008	387000
Landsat 7	2006	397800
Landsat 7	2005	463500
Landsat 7	2004	459000
Landsat 7	2003	501300
Landsat 7	2002	464400
Landsat 7	2001	435600

Pada tahun 2003 kedalaman maksimum danau mencapai 29 m karena pada tahun 1999-2002 pernah mengalami banjir (Riyadi Agung, 2006). Sehingga hasil pengolahan citra mendapatkan luasan area 501300 m<sup>2</sup> pada tahun 2003. Kenaikan luas permukaan danau dari tahun 2001-2003 sebesar

65700 m<sup>2</sup>. Pasca gempa 26 Desember 2004 mengalami penurunan air danau yang drastis. Penurunan ini selalu terjadi setiap tahun berdasarkan hasil pengolahan data yang telah didapatkan, di mulai dari tahun 2004 luas permukaan turun mencapai -42300 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2005 seharusnya juga mengalami penurunan akan tetapi disebabkan saat pengolahan data penghilangan garis line hitam yang menutupi daerah mengalami pemburaman sehingga data yang seharusnya tidak termasuk dalam klasifikasi danau jadi terhitung dan menambah luas permukaan danau aneuk laot.

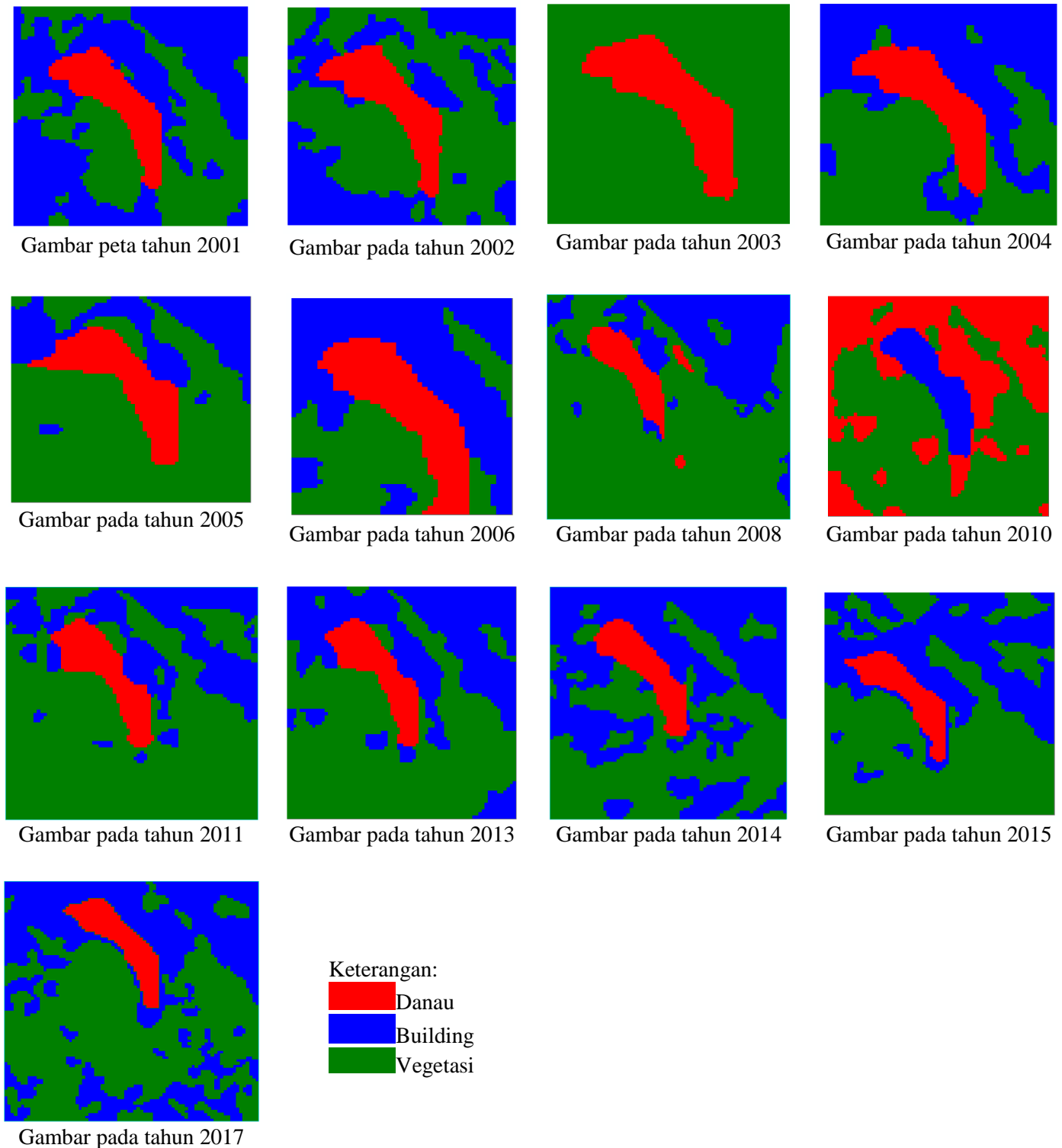
Pada tahun 2004-2006 mengalami penurunan dengan besar luas permukaan -61200 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2006-2008 juga mengalami penurunan dengan besar luas permukaan -10800 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2008-2010 mengalami penuruanan luas permukaan danau -14400 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2010-2013 mengalami kenaikan luas permukaan danau +36900 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2013-2014 mengalami penurunan luas permukaan danau -31500 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2014-2015 mengalami penurunan luas permukaan danau-1800 m<sup>2</sup>. Pada tahun 2015-2017 mengalami penuruunan luas permukaan danau -43200. Rata-rata luas permukaan air danau dari tahun 2004 - 2017 mengalami penurunan dengan besar 18000 m<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil dari pengolahan yang didapatkan beberapa rekahan yang diduga sebagai faktor penurunan muka air laut. Namun penurunan muka laut ini tidak hanya akibat adanya rekahan disekitar danau. Tetapi, juga di pengaruhi oleh faktor-faktor lain sehingga harus dilakukan penelitian dengan data yang lebih lengkap (Gambar 3 dan 4).

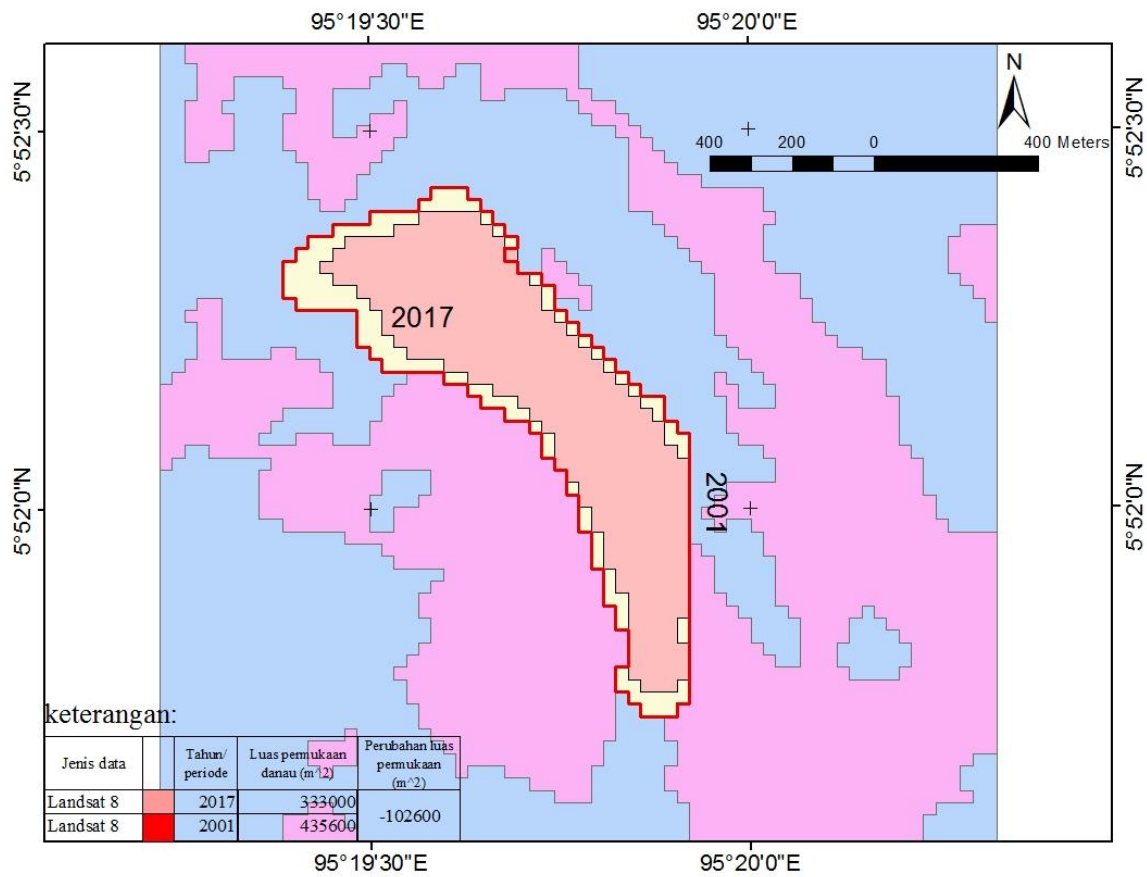
Selanjutnya Index vegetasi yang digunakan adalah NDVI. Nilai NDVI tinggi menunjukkan tumbuhan lebih rapat dan sebaliknya. Hasil index vegetasi yang di dapatkan (Gambar 5) menunjukkan index vegetasi NDVI maksimum 0,863554 memiliki warna biru tua yang diindikasikan kerapatan vegetasi sangat rapat. Index vegetasi minimum NDVI -0,375631 berwarna coklat yang tidak memiliki index vegetasi yaitu air dan

pemukiman yang padat. Hal yang mempengaruhi sebaran vegetasi adalah lokasi bangunan dan pemukiman. Semakin padat pembangunan maka

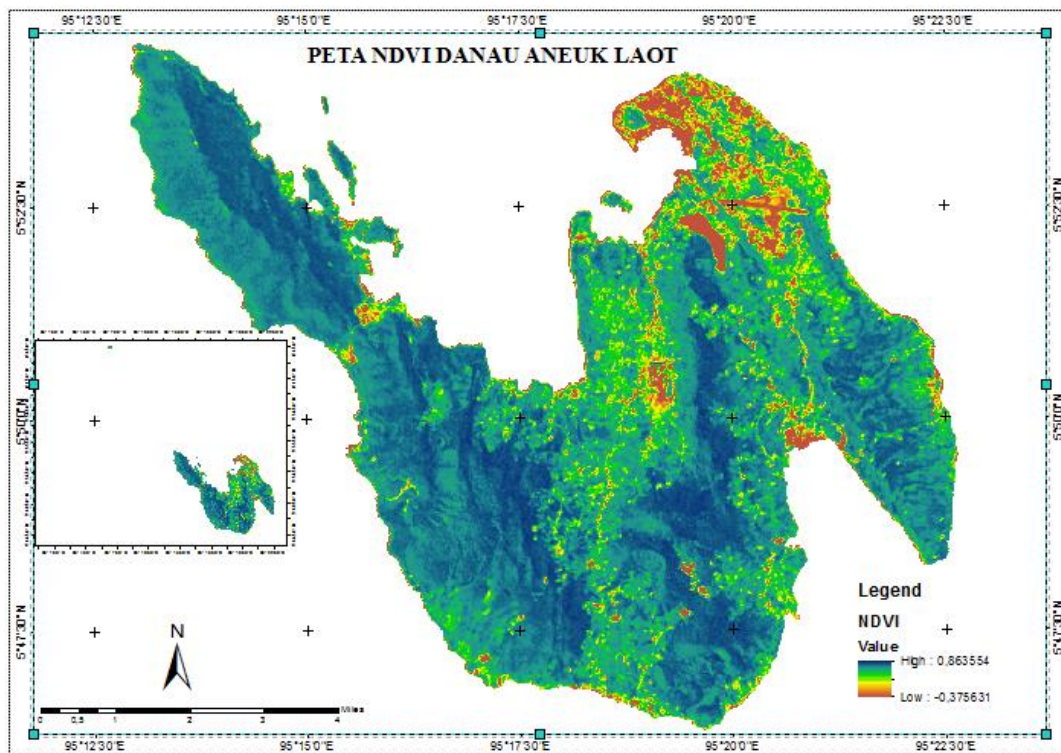
semakin berkurang atau kecil sebaran vegetasi suatu wilayah (Afriana, 2014).



Gambar 3 Perubahan Luas Permukaan Air Danau



Gambar 4 Periode 2001-2017 luas permukaan mengalami penyusutan.



Gambar 5 peta kerapatan vegetasi dengan NDVI

## Kesimpulan

Berdasarkan data SRTM jalur patahan minor bersesuaian dari arah depresi sesar sumatera yang berada di pulau Weh dengan arah Utara-Selatan yang telah mengenai tangkapan air danau Aneuk Laot. Sebaran vegetasi di pulau Weh termasuk dalam klasifikasi vegetasi rapat karena memiliki nilai index rata-rata -0,375631 sampai 0,863554. Air danau Aneuk Laot pada tahun 2001 ke 2002 mengalami kenaikan luas permukaan yaitu 28800 m<sup>2</sup> dan naik lagi tahun 2003 yaitu 36900m<sup>2</sup>. Pada tahun 2004 terjadinya penyusutan sebesar 42300 m<sup>2</sup> sebelum terjadinya gempa 26 Desember 2004. Dari tahun 2004-2017 luas penyusutan air danau sebesar 126.000. Rata-rata penyusutan luas permukaan air danau tiap tahunnya di mulai dari tahun 2004- 2017 adalah 10.800m<sup>2</sup>. Penurunan penyusutan air danau ini di sebabkan adanya patahan minor yang menyebabkan air danau masuk kerekahan-rekahan dari patahan tersebut. Hal ini dibuktikan karena penurunan tiap tahunnya setelah terjadinya penunjaman pada tanggal 26 desember 2004.

## Daftar Pustaka

- Bambang, T., Nana S., I Made P., Tatik K., Sri. 2012. *Penguatan Kapasitas Daerah Dan Sinergitas Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau Bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat Dan Kelestarian Lingkungan Di Danau Tempe Dan Tondano. Laporan (tidak diterbitkan). LAPAN*
- Dirasutisna, S., dan Hasan, A. R. 2005. Geologi Panas Bumi Jaboi, Sabang, Provinsi Aceh. Pemaparan hasil Kegiatan survey., *Direktorat Inventaris Sumber Daya Mineral.*
- Edyanto., H. CB. 2006. *Penelitian Kualitas Air Danau Aneuk Laot di Pulau Weh di provinsi Nanggroe Aceh darusslam.* Peneliti di Pusat Teknologi Sumberdaya Lahan, Wilayah dan Mitigasi Bencana Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Juli 2006. Jakarta. Hal. 115-124..
- Hermansyah., L.V. 2017. Aplikasi Metode Penginderaan Jauh Menggunakan Data DEM SRTM dan Citra Landsat Untuk Kajian Panas Bumi
- Riyadi., A. 2006. *Kuantitas Air Danau Aneuk Laot Kota Sabang dan Kelayakannya Untuk Air Minum.* Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Mei 2006. Jakarata. Hal. 166-172