

Pemanfaatan Citra Satelit Google Earth untuk Penilaian Progres Pemulihan Lahan Pasca 15 Tahun Tsunami Aceh di Kecamatan Lhoong, Aceh Besar

Ismiatul Ramadhian Nur¹, Syamsidik^{2,4}, dan Saumi Syahreza^{3,4}

¹Magister Ilmu Kebencanaan, Universitas Syiah Kuala

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111

³Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala

⁴Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC), Universitas Syiah Kuala

Jalan Prof Dr Ibrahim Hasan, Gampong Pie, Kecamatan Meuraxa, Banda Aceh 23233

e-mail: ismiatulramadhiannur@gmail.com

Abstrak—Tsunami Aceh 2004 telah mengubah tutupan lahan wilayah terdampak. Memasuki tahun ke 16 pasca tsunami, kajian terkait progres pemulihan lahan menjadi menarik sebagai salah satu tinjauan pemulihan bencana jangka panjang. Penilaian perubahan lahan secara temporal pada suatu wilayah terdampak bencana dapat dilakukan dengan memanfaatkan citra satelit time series. Salah satunya adalah citra satelit Google Earth yang memiliki rekaman data lampau yang cukup baik. Walau memiliki band tunggal namun citra satelit Google Earth memiliki kelebihan lain yaitu kemudahan akses, tidak berbayar dan resolusi yang cukup baik untuk pemetaan detail. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menilai progres pemulihan lahan dengan memanfaatkan citra satelit Google Earth. Metode yang digunakan adalah dengan pengamatan visual dan proses digitasi on screen menggunakan Google Earth Pro dan QGIS. Penelitian ini memberi hasil tren perubahan lahan pasca tsunami, dimana terlihat lahan sawah, dan tambak belum mampu pulih seperti sebelum tsunami. Sedangkan panjang jalan dan bangunan telah melampaui luas sebelum tsunami. Seluruh kelas lahan menunjukkan progres dengan persentase peningkatan yang bervariasi mulai tahun 2010 hingga 2020. Penelitian ini penting dilakukan sebagai penilaian awal keberhasilan proses pemulihan jangka panjang terutama terkait kondisi penghidupan masyarakat penyintas pasca 15 tahun tsunami yang dipantau melalui tutupan lahan.

Kata kunci: *pemulihan lahan, citra satelit, google earth, pemulihan jangka panjang, qgis*

Abstract—The 2004 Indian Ocean Tsunami has changed the land cover of the affected areas. Sixteenth years after the tsunami, studies pertinent to land restoration progress are becoming crucial as one of the needs in assessing the progress of the long-term disaster recovery process. Spatio-temporal land change assessment in a disaster-affected area can be conducted using time-series satellite imagery. One of them is The Google Earth satellite image which has an adequate prior data record. Although it has a single band, the Google Earth satellite imagery has many other advantages: easy access, free of charge, and decent resolution for detailed mapping. This research aims to assess the progress of land restoration by utilizing Google Earth satellite imagery. The applied method is visual observation and on-screen digitization process by Google Earth Pro and QGIS. This study provides outcomes of the trend of land transformation after the tsunami, which shows that the rice fields and ponds have not recovered to the condition before the tsunami. Meanwhile, the length of the road and building area have exceeded the pre-tsunami time. The entire land uses show an increasing trend with varying percentages from 2010 to 2020. This research is essential to carry out as an initial assessment of the long-term recovery process, especially related to the livelihood conditions of survivors after the 15 years of the tsunami, which is monitored through land cover.

Keywords: *land recovery, satellite image, google earth, long-term recovery, qgis*

I. PENDAHULUAN

Rangkaian gempa dengan kekuatan maksimum 9,14 Mw telah menimbulkan tsunami besar yang

menghancurkan pesisir barat Aceh [1]. Tsunami tersebut memberi dampak perubahan pada morfologi yang disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu amblesan tanah secara beruntun akibat tektonik dan transportasi sedimen

masif selama penjalaran gelombang tsunami [2][3]. Dampak perubahan pada morfologi pesisir ini kemudian ikut mengintervensi kondisi tutupan lahan wilayah terdampak, yaitu kerusakan berat pada lahan produktif dan infrastruktur. Demikian pula yang terjadi di Kecamatan Lhoong, Aceh Besar, Tsunami 2004 telah menyebabkan kehancuran berat pada 26 *gampong* dari 28 total *gampong* di Kecamatan Lhoong. Selain merenggut korban jiwa, tsunami juga telah menghancurkan areal pemukiman, areal produktif, dan bahkan ada *gampong* yang hilang [4]. Bencana besar ini telah menghentikan denyut perekonomian secara drastis pada awal pasca tsunami [5]. Upaya pemulihan besar-besaran dilakukan pada masa rehabilitasi dan rekonstruksi tepatnya pada empat tahun awal pasca tsunami [6]. Pemulihan dilakukan pada seluruh sektor mulai dari pemukiman, fasilitas umum, lahan pertanian, lahan perkebunan, tambak dan lainnya [5]. Saat ini 15 tahun telah berlalu, pemulihan jangka panjang sebagai salah satu fase dari manajemen bencana dapat menjadi kajian penting untuk menilai pemulihan masyarakat penyintas, terutama terkait pemulihan lahan yang berkaitan erat dengan penghidupan masyarakat [7].

Pemantauan perubahan tataguna lahan produktif di wilayah terdampak bencana bermanfaat untuk mengukur dan melihat suatu proses pemulihan, dan menjadi penilaian awal terhadap kondisi penghidupan masyarakat penyintas bencana. Tataguna lahan merupakan perwujudan bentuk pemanfaatan dan fungsi dari suatu kegiatan di sebuah bentuk penutup lahan. Perubahan tataguna lahan akan berpengaruh pada perubahan pemanfaatannya, sehingga menimbulkan perubahan sosial ekonomi masyarakat dengan berubahnya pola adaptasi dalam pemenuhan kebutuhan hidup [7]. Penelitian ini akan berkontribusi sebagai informasi awal dalam penilaian kondisi penghidupan masyarakat pada kurun waktu tertentu pasca bencana. Penelitian ini juga akan bermanfaat untuk penilaian kerentanan dan potensi kerugian bencana kedepan. Analisis program pemulihan penghidupan berguna untuk menentukan apakah program pemulihan jangka panjang telah menghasilkan hasil positif, termasuk pengurangan kerentanan untuk rumah tangga dan masyarakat yang terkena dampak [8]. Dari penelitian ini juga dapat dilihat apakah lokasi pembukaan lahan produktif pasca bencana sudah terintegrasi dengan pengurangan resiko bencana (PRB), mengingat sebagian besar sistem perencanaan penggunaan lahan belakangan lebih mengutamakan tujuan pembangunan dan belum cukup baik dalam memperhitungkan PRB dan perubahan iklim [9].

Hal yang akan dipaparkan dalam artikel ini adalah proses perubahan lahan produktif di wilayah Kecamatan Lhoong, mulai dari tahun 2003, 2010, 2011, 2014, 2016, 2018 dan 2020 yang didasarkan pada pemantauan citra satelit. Hal ini menarik dilakukan, selain untuk melihat perubahan lahan sebelum dan pasca tsunami, juga untuk melihat proses pemulihan lahan pada 15 tahun terakhir. Mengingat, setelah rehabilitasi dan rekonstruksi Aceh-Nias selesai dilakukan pada 2009 lalu, belum ada pemantauan lebih jauh terkait perkembangan pembangunan atau

perbaikan lahan di Kecamatan Lhoong hingga 2020 [10].

Dalam melakukan pemantauan penggunaan dan perubahan lahan, pemanfaatan penginderaan jauh adalah salah satu metode yang baik digunakan dan semakin berkembang. Aplikasi satelit penginderaan jauh mampu memberikan data dan informasi terkait sumberdaya alam dataran dan sumber daya alam kelautan secara teratur dan periodik [11]. Namun, pada waktu yang lampau metode ini masih membutuhkan biaya tinggi untuk memperoleh data dan untuk perangkat lunak komersial yang digunakan dalam pengolahan data [12]. Selain biaya yang tinggi, pemanfaatan penginderaan jauh juga masih membutuhkan keahlian khusus [13]. Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu yang memanfaatkan teknologi dalam memperoleh informasi atau fenomena alam melalui data yang berupa rekaman objek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Rekaman data ini dikumpulkan dengan menggunakan alat pengindera (sensor) yang dipasang pada pesawat terbang atau satelit [14]. Citra satelit dapat diinterpretasikan untuk memperoleh informasi atau data sesuai kepentingan tertentu seperti penelitian dalam berbagai bidang ilmu.

Salah satu jalan dalam memperoleh citra secara lebih mudah dengan kualitas yang baik adalah dengan memanfaatkan *Google Earth*. *Google Earth* adalah sebuah peta yang berbentuk *virtual globe*. Program informasi geografis ini sebelumnya bernama *Earth Viewer* yang dikembangkan oleh sebuah perusahaan yaitu *Keyhole, Inc.* Kemudian perusahaan ini diakuisisi oleh *Google* dan kemudian *Earth Viewer* kini lebih dikenal dengan nama *Google Earth*. *Google Earth* menampilkan gambar satelit permukaan bumi dengan resolusi yang bervariasi, sehingga memungkinkan penggunaanya untuk memperoleh berbagai informasi secara visual, seperti, rumah, jalan, sungai, dan lain sebagainya. Tingkat resolusi yang tersedia umumnya berdasarkan pada *interest* dan *popularity points*, namun rata-rata resolusi yang diperoleh adalah 15 meter [15].

Kelas lahan yang diamati dalam penelitian ini adalah kelas lahan yang masuk kedalam program pemulihan lahan pasca tsunami, yaitu sawah, jalan, bangunan, tambak, kebun dan ladang. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi literatur terkait pemantauan pemulihan jangka panjang pasca 15 tahun tsunami Aceh (secara *spatio-temporal*). Salah satu tolak ukur keberhasilan pemulihan jangka panjang mengacu pada proses pembangunan kembali yang membawa masyarakat kembali ke tingkat ekonomi pra-bencana atau bahkan lebih baik [16]. Salah satu cara peninjauan adalah dari perkembangan luas lahan produktif yang informasinya dapat digali dengan memanfaatkan citra satelit *time series Google Earth*. Dalam pemrosesan selanjutnya *software* yang digunakan adalah *Quantum GIS (QGIS)*, yaitu aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) *open source* yang mencakup pemetaan, analisis spasial dan beberapa fitur pengolahan data SIG lainnya. Perangkat lunak ini secara umum memiliki fungsi seperti perangkat lunak SIG komersial, namun aplikasi ini didistribusikan secara gratis dibawah lisensi GNU. QGIS mendukung format data vektor, raster dan *database*. QGIS memiliki

keunggulan dibanding perangkat lunak SIG lainnya, diantaranya aplikasi ini bersifat *open source*, tampilan yang simpel dan mudah digunakan [17]. Dengan dua jenis *software* yaitu *Google Earth Pro* dan QGIS, kita dapat melakukan pemantauan pemulihan dengan biaya rendah dan mudah.

Berdasarkan pemaparan di atas maka dapat ditarik rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu bagaimana progres pemulihan lahan produktif di Kecamatan Lhoong sepanjang 15 tahun pasca tsunami? Sedangkan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses perubahan lahan mulai dari sesaat sebelum tsunami, sesaat setelah tsunami, dan proses pasca rehabilitasi dan rekonstruksi hingga tahun 2020.

II. METODE/DESAIN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif *spasial temporal* (keseluruhan proses terangkum dalam Gambar 1), yaitu proses pemetaan dan penghitungan luas lahan yang berbasis keruangan dan multiwaktu. Data yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya berasal dari *Google Earth*, dengan pertimbangan ketersediaan data, resolusi yang baik dan kemudahan dalam mengakses data. Proses digitasi dilakukan pada tahun-tahun pengamatan tertentu yang dalam penelitian ini dipilih tahun 2003, 2005, 2010, 2011, 2014, 2016, 2018, 2020. Pemilihan tahun pengamatan ini disesuaikan dengan ketersediaan data pada *Google Earth*.

Kelas lahan yang dinilai laju pemulihannya adalah kelas lahan yang mengalami kerusakan berat pasca tsunami dan yang berkaitan dengan aktivitas penghidupan masyarakat Lhoong. Adapun kelas lahan yang ditinjau progres pemulihannya adalah jalan, bangunan, sawah, tambak, ladang dan kebun.

A. Lokasi Penelitian

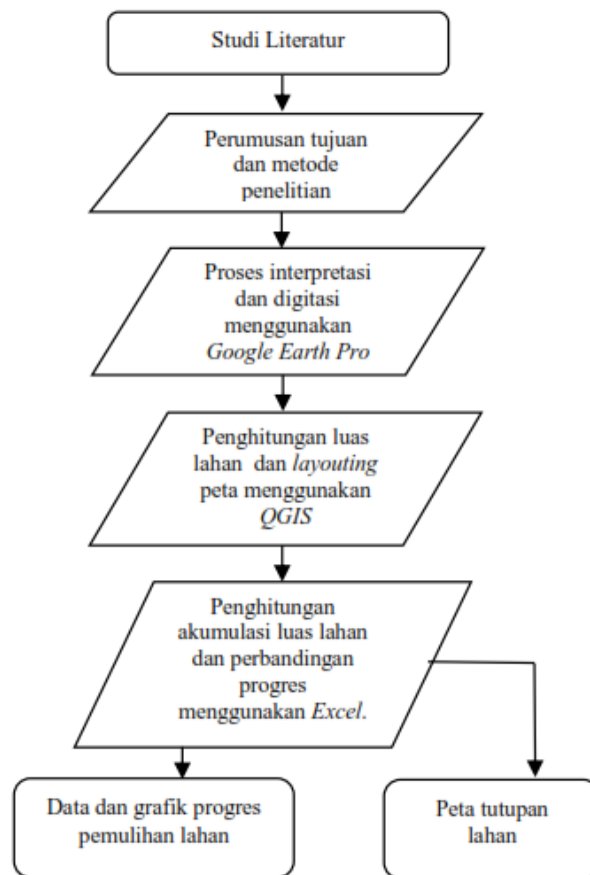
Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Lhoong. Lhoong adalah salah satu kecamatan yang terletak di sebelah selatan Kabupaten Aceh Besar. Kecamatan ini terbagi kedalam 4 mukim dan 28 gampong. Sebelah utara Kecamatan Lhoong berbatasan dengan Kecamatan Leupung, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Aceh Jaya, sebelah barat berbatasan langsung dengan Samudra Indonesia dan sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Leupung dan Kabupaten Aceh Jaya [18].

B. Penentuan Kelas Lahan

Penentuan kelas lahan didasarkan pada kebutuhan pemantauan progres pemulihan lahan produktif terdampak tsunami. Adapun kelas lahan yang dipilih adalah:

a. Jalan

Jalan adalah salah satu infrastruktur yang mengalami kerusakan parah diterjang tsunami, dan menjadi sasaran penting pada program rehabilitasi dan rekonstruksi pasca



Gambar 1. Diagram alir penelitian

bencana. Jalan arteri, jalan lokal dan jalan setapak digabungkan dalam satu kelas lahan ini dan diukur dalam satuan panjang km.

b. Bangunan

Bangunan diukur pada seluruh jenis bangunan yang tampak pada citra satelit. Bangunan baik perumahan, perkantoran, pasar, sekolah, mesjid dan jenis bangunan lainnya tergabung dalam kelas lahan ini. Kelas lahan bangunan diukur dalam satuan hektar.

c. Sawah

Pengkelasan sawah dilakukan dengan pengamatan secara visual di citra satelit dengan ciri pematang yang tampak jelas dan rapi serta ketampakan tumbuhan padi yang khas.

d. Tambak

Tambak dicirikan dengan pematang dan genangan air. Umumnya terdapat di daerah pesisir, tambak yang tidak terisi air memperlihatkan tanah yang mejadi dasar tambak tersebut.

e. Ladang dan Kebun

Ladang dalam penelitian ini berupa lokasi pertanian untuk penanaman tanaman semusim seperti cabai, bawang, sayuran dan lain-lain. Sedangkan kebun atau kebun campur adalah lahan yang diperuntukkan untuk tanaman tahunan atau komoditi. Ketampakan pada citra satelit dicirikan dengan pola tegalan dengan pembatas pematang dan penjajaran pola tanam.

C. Proses interpretasi dan analisis

Dengan menggunakan perangkat lunak *Google Earth Pro* dan *QGIS* proses interpretasi dilakukan secara manual dengan metode *digitasi on screen*. Metode ini dipilih karena penilaian kelas lahan secara manual masih memungkinkan untuk dilakukan pada citra resolusi tinggi yang disediakan *Google Earth*. *Google Earth Pro* sudah menyediakan fasilitas digitasi secara langsung melalui fitur “*add Polygon*”, hal ini memudahkan proses interpretasi dan digitasi tanpa perlu mengunduh citra terlebih dahulu. Hasil digitasi kemudian disimpan dalam format KML (*Keyhole Markup Language*) yang dapat dikonversi menjadi file SHP (*Shapefile*), sehingga dapat diolah lebih jauh menggunakan *software* *QGIS*.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Membuka *Google Earth Pro* sebagai *software* untuk mengakses data citra satelit.
2. Mencari lokasi penelitian pada kotak pencarian, dengan cara mengetik nama kecamatan yang akan diinterpretasi.
3. Setelah lokasi penelitian didapatkan maka dilakukan proses digitasi berdasarkan pengamatan secara visual.
4. Memilih tahun yang akan didigitasi, dengan fitur “*pencitraan historis*” yang dimiliki *Google Earth Pro*.
5. Dengan memilih pilihan “*tambahkan polygon*” atau “*tambahkan jalur*”, maka proses digitasi dapat dilakukan. Proses ini dimudahkan dengan fitur *zoom in* dan *zoom out* sehingga proses interpretasi dan digitasi dapat dilakukan lebih mudah, karena fitur ini mampu memperlihatkan kenampakan objek dicitra satelit dengan lebih jelas.
6. Setelah proses digitasi dilakukan pada masing-masing kelas lahan, data vektor yang dihasilkan disimpan dalam format KML dengan pengaturan *database* yang rapi sesuai masing-masing kelas lahan dan tahun pengamatan.
7. Selanjutnya proses *layouting* peta dan penghitungan luas masing-masing kelas lahan per tahun pengamatan dilakukan dengan menggunakan *QGIS*, hal pertama yang dilakukan adalah membuka file *database* KML hasil digitasi sebelumnya.
8. Melakukan *convert file* dari KML ke SHP dengan menggunakan fitur “*save vector layer as*” pada *QGIS*. Fitur ini memungkinkan kita mengubah data KML menjadi jenis data lain sesuai kebutuhan. Proses ini dilakukan pada semua *file* dan disimpan dalam *database* hasil digitasi dengan format SHP.
9. Proses penghitungan luas lahan dilakukan dengan langkah-langkah, membuka “*attribute table*” pada kelas lahan yang akan dihitung, lalu menambahkan kolom baru dengan nama “*luas*” atau “*panjang*”, lalu dengan memanfaatkan “*expression dialog*”, kita dapat memilih penghitungan geometri “*\$area*” untuk penghitungan luas kelas lahan, dan “*\$length*” untuk mengukur panjang jalan.
10. Data yang dihasilkan adalah dalam satuan m dan m². Untuk memudahkan penyajian data, hasil luas lahan

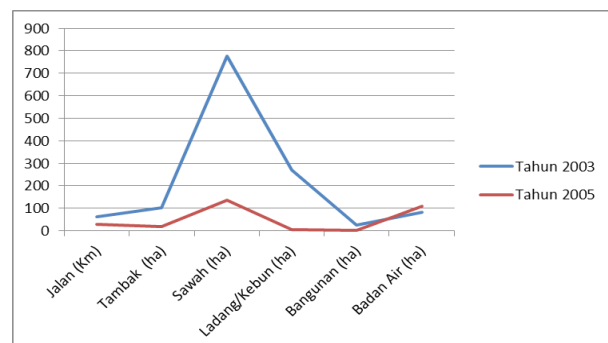
dan panjang jalan dikonversi dalam satuan ha dan km.

11. Data yang dihasilkan kemudian disimpan dalam *database* dengan format Excel, diakumulasikan dan dihitung persentase perubahannya. Penghitungan persentase perubahan dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai perubahan dari tahun pengamatan sebelumnya, dari tahun 2003 atau dari tahun 2005, dengan cara tahun pengamatan dikurangi tahun perbandingan, dibagi tahun perbandingan dan dikali 100. Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excell*.
12. Setelah data luas lahan setiap kelas lahan pada setiap tahun pengamatan didapat, kemudian dibuat grafik yang menyajikan tren perubahan luas lahan sesuai tujuan penelitian.
13. Hasil digitasi kemudian di-*layout*, ditambahkan atribut sesuai kaidah kartografi, sehingga menghasilkan peta tutupan lahan Kecamatan Lhoong pada masing-masing tahun pengamatan.

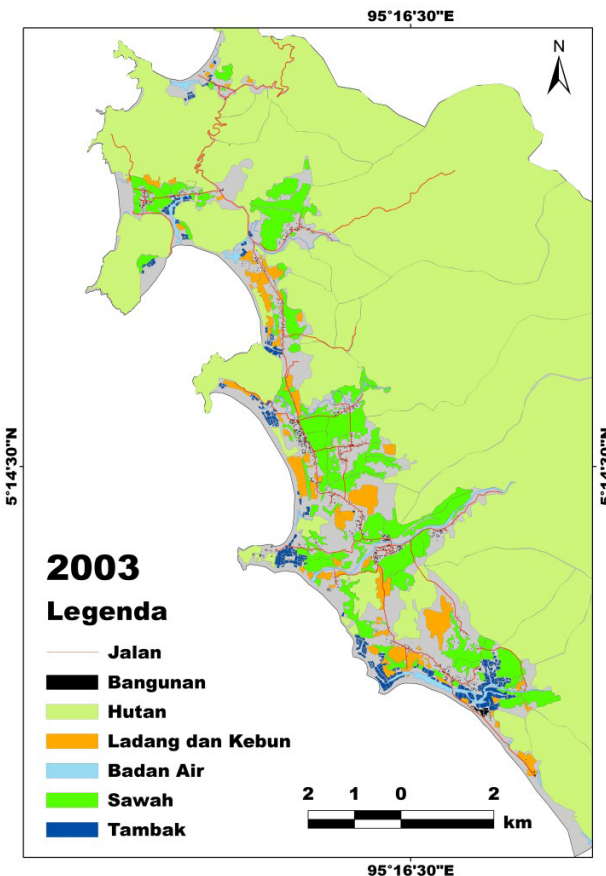
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra satelit *time series* dari *Google Earth* telah merekam kenampakan kondisi Kecamatan Lhoong sebelum dan beberapa bulan setelah tsunami. Hasil digitasi lahan yang telah dilakukan memperlihatkan kondisi pesisir Kecamatan Lhoong sebelum tsunami yang didominasi rumah (bangunan), sawah, tambak, perkebunan dan lain-lain (Gambar 3), namun setelah tsunami kondisi tutupan lahan di Kecamatan Lhoong berubah secara drastis (Gambar 4).

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan luas tutupan lahan setiap kelas lahan di Kecamatan Lhoong, pada sesaat sebelum dan sesaat setelah tsunami. Tampak kerusakan jalan diakibatkan oleh tsunami mencapai 50% lebih. Pada sebelum tsunami jalan yang terdapat di Kecamatan Lhoong adalah 62,1 km dan sesaat setelah tsunami atau pada tahun 2005 jalan yang tampak dan terukur hanya tersisa 28,61 km. Demikian pula dengan lahan tambak, hampir 100% lahan tambak rusak dan tidak dapat digunakan lagi. Sebelum tsunami luas lahan tambak yang terukur di citra satelit mencapai 104,21 ha, dan pada tahun 2005 hanya menyisakan 18,02 ha, dan terlihat dalam kondisi rusak berat. Kerusakan untuk lahan sawah sendiri mencapai



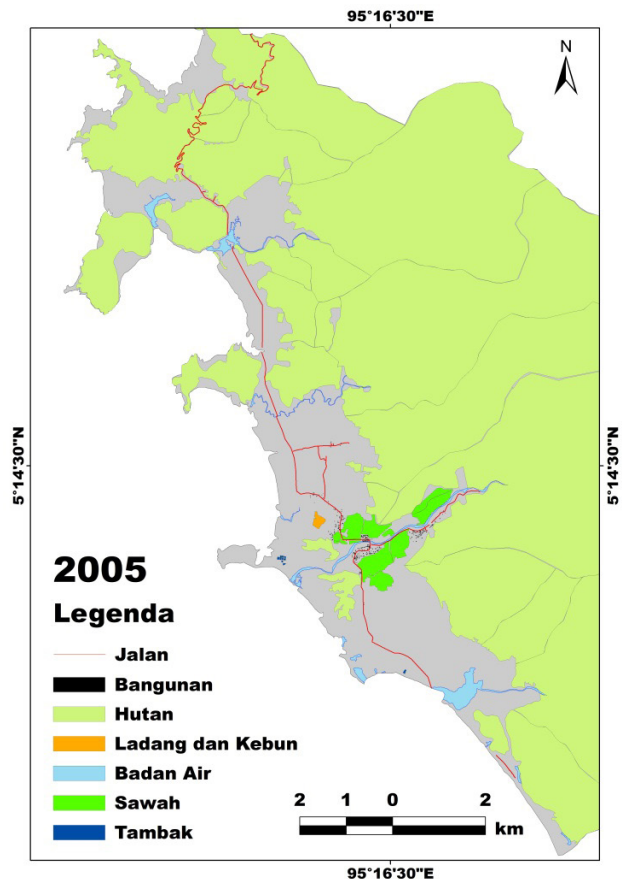
Gambar 2. Perbandingan luas kelas lahan di Kecamatan Lhoong antara tahun 2003 (sebelum tsunami) dan 2005 (sesaat pasca tsunami).



Gambar 3. Tutupan lahan di Kecamatan Lhoong pada tahun 2003 berdasarkan interpretasi dari Google Earth.

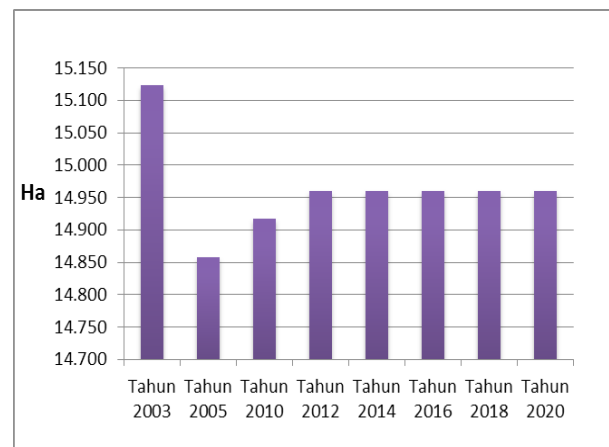
82%, dengan luas terukur sebelum tsunami adalah 776,09 ha dan tersisa hanya 136,49 ha pada tahun 2005. Untuk lahan ladang dan kebun sendiri kerusakan mencapai 98%, dimana luas ladang dan kebun sebelum tsunami mencapai 270,17 ha dan setelah tsunami hanya menyisakan 5,52 ha. Kerusakan berat juga dialami bangunan di Kecamatan Lhoong. Pada sebelum tsunami luas lahan terbangun mencapai 26,18 ha, dan pada tahun 2005 setelah tsunami hanya menyisakan 4,95 ha, hal ini berarti kerusakan lahan terbangun akibat tsunami mencapai 81%. Sebagian besar lahan berubah menjadi badan air berupa rawa payau, sehingga luasan badan air bertambah cukup luas setelah tsunami.

Penelitian ini juga mengukur luasan Lhoong secara keseluruhan (Gambar 5) diukur dari garis pantai, dari pengukuran ini tampak bahwa terjadi perubahan luasan lahan yang cukup signifikan antara sebelum dan sesudah tsunami. Keseluruhan daratan Lhoong sebelum tsunami mencapai 15.122 ha, dan sesaat pasca tsunami atau tahun 2005 pasca tsunami luas Lhoong menyusut 265 ha dan tersisa hanya 14.857 ha. Berkurangnya luas daratan Kecamatan Lhoong ini disebabkan oleh erosi yang disebabkan energi besar yang ditimbulkan tsunami pada Desember 2004 [19]. Tsunami juga telah membuat garis pantai maju cukup jauh ke daratan dan merusak morfologi serta tutupan lahan di sepanjang pesisir. Hal yang sama juga terjadi di pantai Kecamatan Lhoknga, tsunami telah merusak dan menghancurkan geomorfologi pantai karena

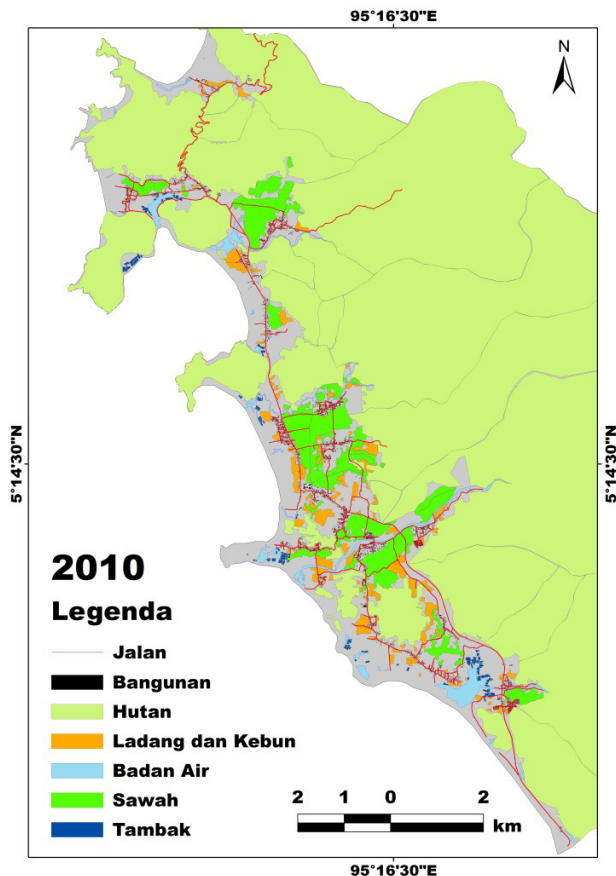


Gambar 4. Tutupan lahan di Kecamatan Lhoong pada tahun 2005 (berdasarkan interpretasi dari Google Earth).
sedimentasi dan erosi yang berat [20].

Berbagai intervensi dilakukan untuk memulihkan kehancuran pasca gempa dan tsunami 2004 di Kecamatan Lhoong. Setelah masa tanggap darurat berakhir pada 26 Maret 2005, pemerintah membentuk Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Aceh-Nias yang memiliki masa kerja lebih kurang 4 tahun sebagai penanggung jawab dan pelaksana proses pemulihan pasca bencana. Pada kurun waktu tersebut pemulihan besar-besaran, pembangunan sektor fisik dan pemulihan lahan dilakukan. Hasil pemulihan dari masa rehabilitasi dan rekonstruksi tersebut terekam pada



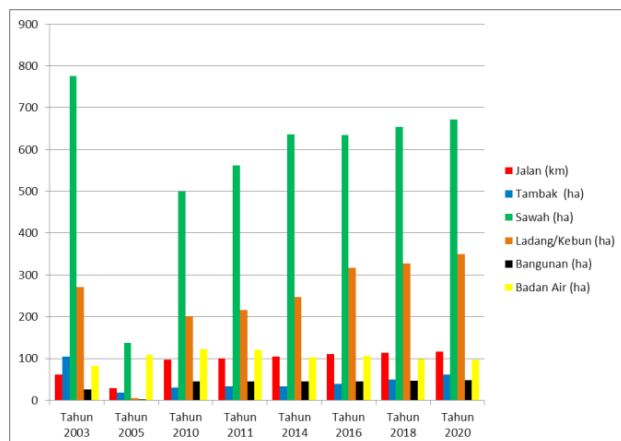
Gambar 5. Grafik perubahan luas keseluruhan wilayah Kecamatan Lhoong berdasarkan penghitungan luas pada Google Earth.



Gambar 6. Tutupan lahan di Kecamatan Lhoong pada tahun 2010 berdasarkan interpretasi dari Google Earth.

citra satelit *Google Earth* tahun 2010 (Gambar 6).

Gambar 7 memperlihatkan bahwa pada tahun 2010 seluruh lahan telah mengalami proses pemulihan. Untuk jalan sendiri terukur sudah mencapai 97,65 km, dan ini berarti telah pulih hampir tiga kali lipat dari sesaat setelah tsunami dan 54% lebih baik dari kondisi sebelum tsunami. Untuk lahan tambak persentase penambahan dari sesaat setelah tsunami terjadi 68%, terukur luas lahan tambak sudah mencapai 30,24 ha, namun kondisi ini masih jauh dari keadaan sebelum tsunami, dimana butuh 70%



Gambar 7. Grafik perubahan luas keseluruhan wilayah Kecamatan Lhoong berdasarkan penghitungan luas pada Google Earth.

pemulihan lagi untuk mampu mencapai kondisi seperti sebelum tsunami. Pemulihan di lima tahun awal tsunami juga dilakukan pada lahan sawah, yang pada tahun 2010 telah mencapai luas 499,47 ha, walau kondisi ini masih kurang 36% lagi untuk mencapai kondisi sebelum tsunami tetapi luas lahan ini sudah hampir tiga kali lipat lebih baik dari kondisi sesaat setelah tsunami.

Lahan ladang dan kebun juga tak luput dari proses pemulihan, terpantau di tahun 2010 lahan ladang dan kebun bertambah dan terukur mencapai luas 200,80 ha. Bangunan seperti perumahan, perkantoran, rumah ibadah, sekolah dan bangunan lainnya terlihat menjadi fokus utama pada proses pemulihan lima tahun awal tsunami, terukur luas lahan terbangun mencapai 44,42 ha, dan kondisi ini berarti sudah mencapai 70% lebih baik dari sebelum tsunami. Dari tahun 2010 ke tahun 2020 laju pemulihan setiap kelas lahan tampak bervariasi, namun rata-rata mengalami pola kenaikan. Grafik pada Gambar 7 memperlihatkan laju pemulihan Kecamatan Lhoong, setelah 2010 pengamatan dilakukan setiap dua tahun sekali hingga tahun 2020. Untuk kelas lahan jalan, peningkatan tidak terlalu signifikan pada 10 tahun terakhir. Tampak hanya 18% jalan baru bertambah hingga tahun 2020, dengan pola kenaikan antara 1% hingga 5% per dua tahun. Di tahun 2020 jalan telah hadir sebanyak 115,7 km, dan ini berarti jalan sudah 86% lebih baik kondisinya dari pada sebelum tsunami. Untuk kelas lahan tambak pada 10 tahun terakhir juga terus mengalami peningkatan, dari tahun 2010 ke 2011 tambak bertambah 11%. Dari 2011 ke 2014 tidak terjadi penambahan jumlah tambak, dari 2014 ke 2016 penambahan terjadi 17%, dari 2016 ke 2018 penambahan cukup baik, yaitu bertambah 25% sedangkan dari tahun 2018 ketahun 2020, lahan tambak bertambah 24 %. Lahan tambak yang terukur ditahun 2020 adalah 61,61 ha. Dibandingkan tahun 2003 kondisi tambak tahun 2020 masih jauh belum bisa menyamai kondisi sebelum tsunami.

Progres pemulihan lahan sawah pada sepuluh tahun terakhir juga mengalami peningkatan. Setelah dipulihkan hingga mencapai 499,47 ha pada tahun 2010, lahan sawah perlahan mengalami peningkatan ditahun-tahun selanjutnya. Dari tahun 2010 ke tahun 2011 lahan sawah meningkat 13%, dari tahun 2013 ke tahun 2014 lahan sawah juga meningkat 13%, sehingga lahan sawah yang terukur di tahun 2014 mencapai 636,64 ha. Namun, setelah 2014 lahan sawah tidak mengalami peningkatan yang berarti. Dari tahun 2014 ke 2016 tidak terjadi peningkatan sama sekali, bahkan lahan sawah berkurang sekitar 2 ha. Dari tahun 2016 ke tahun 2020 peningkatan lahan sawah hanya terjadi sekitar 6%. Lahan sawah yang terukur pada citra satelit tahun 2020 adalah 671,14 ha. Kondisi ini masih belum mampu menyamai luas lahan sawah tahun 2003. Terlihat dari citra satelit banyak lahan sawah di pesisir Jantang dan Birek tidak dipulihkan.

Untuk lahan produktif lainnya yaitu ladang dan kebun juga mengalami laju kenaikan pada sepuluh tahun terakhir. Kondisi luas lahan ladang dan kebun mengalami peningkatan yang cukup baik, dimana sampai tahun 2020

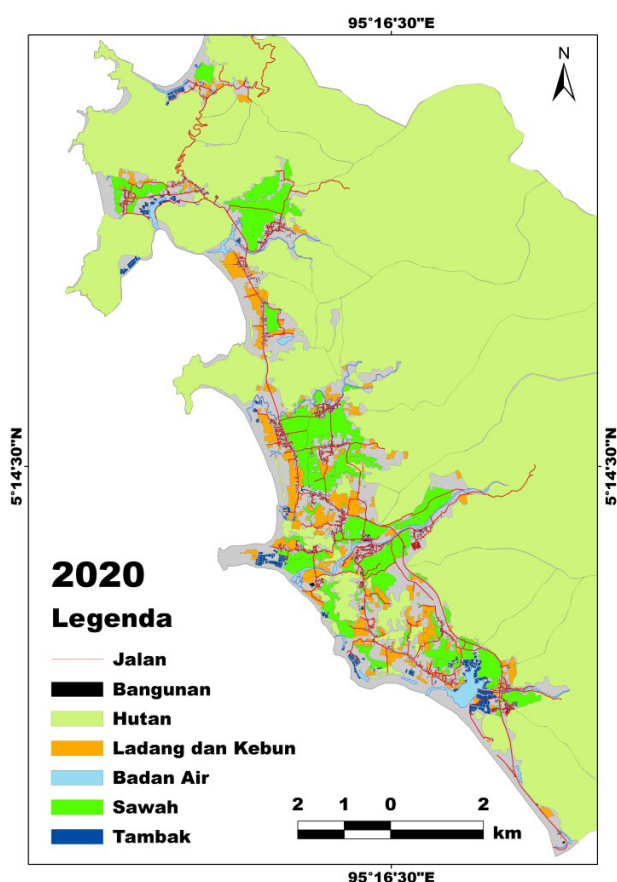
Tabel 1. Luas lahan tahun 2020 dan perbandingan dengan tahun 2003, 2005 dan 2010

Kelas lahan	Luas Tahun 2020	Persentase dari 2003	Persentase dari 2005	Persentase dari 2010
Jalan	115,7 km	86%	75%	16%
Bangunan	48,01 ha	45%	90%	8%
Sawah	671,14 ha	-14%	80%	26%
Ladang dan kebun	348,95 ha	29%	97%	42%
Tambak	61,61 ha	-41%	71%	51%

luas kebun sudah mencapai 348,95 ha, dan ini berarti sudah melampaui luas ladang dan kebun pada sebelum tsunami. Persentase kenaikan cukup variatif, ada yang naik hingga 28% seperti ditahun 2014 ke tahun 2016, dan ada yang hanya naik 3%. Kelas lahan selanjutnya yang diamati adalah lahan terbangun yaitu, bangunan rumah, kantor, mesjid dan bangunan-bangunan lainnya.

Terukur setelah tahun 2010 laju perubahan lahan bangunan terlihat meningkat lambat. Total peningkatan pada 10 tahun terakhir adalah kurang dari 10%. Sedangkan kelas lahan badan air mengalami perubahan yang fluktuatif dari tahun ketahun, hal ini dipengaruhi faktor alami atau penambahan jumlah tambak yang menggunakan lahan badan air.

Data luas lahan tahun 2020 dan perbandingannya



Gambar 8. Tutupan lahan di Kecamatan Lhoong pada tahun 2020 berdasarkan interpretasi dari Google Earth.

dengan tahun-tahun penting tertentu di sajikan dalam Tabel 1. Pengamatan pada tahun 2020 dilakukan untuk melihat pencapaian setelah 15 tahun pasca tsunami. Dari peta tutupan lahan 2020 (Gambar 8) memperlihatkan pesisir Lhoong yang tahun 2004 hancur dihantam tsunami, kini sudah kembali didominasi oleh lahan produktif seperti sebelum tsunami. Dari kenampakan citra satelit pula menggambarkan bahwa pembukaan lahan produktif pasca tsunami sebagian besar tetap dilakukan di wilayah pesisir yang pada dasarnya adalah wilayah rawan tsunami.

IV. KESIMPULAN

Progres pemulihan lahan adalah satu kajian penting dalam pemantauan pemulihan jangka panjang pasca terdampak bencana. Pemantauan lahan produktif berkaitan langsung dengan kemampuan masyarakat untuk kembali bangkit pasca bencana. Dahulu proses pemulihan lahan masih sulit dipantau karena ketersediaan data citra yang sulit didapatkan. Dengan perkembangan teknologi dan ketersediaan data dan *software* yang *open access* membuat peneliti dapat dengan mudah melakukan pemantauan progres pemulihan dengan metode yang mudah dan tingkat akurasi yang cukup baik, karena didukung resolusi citra yang mumpuni. Penelitian ini membuktikan bahwa tsunami telah mempengaruhi perubahan tutupan lahan wilayah pesisir. Dua kelas lahan produktif sawah dan tambak belum mampu pulih seperti sebelum tsunami. bahkan setelah 15 tahun angka pemulihan tambak dan sawah masih jauh dibandingkan sebelum tsunami, sedangkan kelas lahan ladang dan kebun, jalan dan bangunan telah pulih lebih baik dari sebelum tsunami. Penelitian ini juga memperlihatkan setiap kelas lahan mengalami peningkatan, dengan angka laju peningkatan yang bervariasi. Penelitian ini dapat menjadi data awal untuk penelitian lebih lanjut terkait kondisi penghidupan dan kesiapsiagaan masyarakat yang kembali bermukim di wilayah yang pernah terlanda tsunami seperti Kecamatan Lhoong. Metode penilaian perubahan lahan dapat dikembangkan untuk pemantauan wilayah terdampak bencana yang lebih luas dengan menggunakan metode analisis citra otomatis seperti *supervised classification*. Salah satu program geografis besutan Google yang bisa dimanfaatkan adalah *Google Earth Engine*. *Google Earth Engine* telah menghimpun ketersediaan data citra satelit *time series* dari berbagai penyedia citra yang lebih lengkap. Program informasi geografis ini juga memiliki fitur analisis citra yang lengkap dengan proses analisis langsung secara *online*.

REFERENSI

- [1] J. C. Borrero, C. E. Synolakis, and H. Fritz, "Northern Sumatra field survey after the December 2004 great Sumatra earthquake and Indian Ocean tsunami," *Earthq. Spectra*, vol. 22, no. SUPPL. 3, pp. 312–320, 2006.
- [2] L. J. Moore, P. Ruggiero, and J. H. List, "Comparing mean high water and high water line shorelines: Should prosy-datum offsets

- be incorporated into shoreline change analysis?," *J. Coast. Res.*, vol. 22, no. 4, pp. 894–905, 2006.
- [3] Tursina, A. Meutia, Syamsidik, dan E. Meilianda, "Numerical simulation of the morphological change impact of the 2004 Indian Ocean Tsunami in Peukan Bada, Aceh Besar," in *Symposium Nasional Mitigasi Bencana Tsunami 2015*, 2015, no. December, pp. 54.
- [4] W. Elysa, A. Fahmi, Z. Evalina, and A. Myna, "The effect of morphology of post-tsunami coastal physiography on sustainability system of relocation settlement. Case study: Gampong Saney, Lhoong sub-district, Aceh Besar regency," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 452, no. 1, 2020.
- [5] N. Suahasil and B. P. Resosudarmo, *Aceh-Nias reconstruction and rehabilitation: Progress and challenges at the end of 2006*, ADBI Discu. Tokyo: Asian Development Bank Institute., 2007.
- [6] K. Mangkusubroto, "Analisis dinamika kolaborasi antara Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Aceh dan Nias (BRR) dengan Lembaga Donor Pasca Tsunami 2004 menggunakan Drama Theory," *J. Manaj. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 42–63, 2012,
- [7] I. C. Sihombing, "Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap sosial ekonomi masyarakat di kota Semarang," *Irene J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 287, 2008.
- [8] E. P. Joakim and S. K. Wismer, "Livelihood recovery after disaster," *Dev. Pract.*, vol. 25, no. 3, pp. 401–418, 2015.
- [9] D. King, Y. Gurtner, A. Firdaus, S. Harwood, A. Cottrell, "Land use planning for disaster risk reduction and climate change adaptation operationalizing policy and legislation at local levels," *Int. J. Disaster Resil. Built Environ.*, vol. 6, no. 1, pp. 102–116, 2015.
- [10] Syamsidik, M. Fahmi, E. Fatimah, and A. Fitrayansyah, "Coastal land use changes around the Ulee Lheue Bay of Aceh during the 10-year 2004 Indian Ocean tsunami recovery process," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 29, pp. 24–36, 2018,
- [11] M. D. Nowo, "Aplikasi teknologi penginderaan jauh dan uji validasinya untuk deteksi penyebaran lahan sawah dan penggunaan/penutupan lahan," *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf. 2008 (SNATI 2008)*, vol. 2008, no. Snati, 2008, pp. 47–56.
- [12] H. K. Gibbs, S. Brown, J. O. Niles, and J. A. Foley, "Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality," *Environ. Res. Lett.*, vol. 2, no. 4, 2007.
- [13] A. Bey, A. Sanchez-P. Diaz, D. Maniatis, G. Marchi., "Collect earth: Land use and land cover assessment through augmented visual interpretation," *Remote Sens.*, vol. 8, no. 10, pp. 1–24, 2016.
- [14] K. Lillesand. T.M., *Remote Sensing and Image Interpretation*. Third Edition. United States of America.: John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- [15] N. E. Rozanda, I. Marzuki, and I. Permana, "Pemanfaatan Google Earth Imagery untuk segmentasi lahan hijau," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.* 4, no. 2008, 2012, pp. 119–125.
- [16] Y. Okuyama, "Economics of natural disasters: A critical review," *Res. Pap.*, vol. 12, pp. 20–22, 2003.
- [17] T. A. Fitri dan R. Ferdiansyah, "Aplikasi pemetaan penderita gizi buruk di Kota Pekanbaru menggunakan quantum GIS," *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 8, no. 2, pp. 125–136, 2017.
- [18] BPS, "Kabupaten Aceh Besar Dalam Angka," 2006. <https://acehbesarkab.bps.go.id/> (diakses pada tanggal, 12 Januari 2021)
- [19] M. Al'ala, Samsidik, M. Fahmi, and T. Mudi, "Spatial track record of recovery process in coastal area after the 2004 Indian Ocean Tsunami around Lhoong of Aceh Besar," in *Symposium Nasional Mitigasi Bencana Tsunami 2015*, 2015, no. December 2015, pp. 86.
- [20] R. Paris, P. Wassmer, J. Sartohadi, F. Lavigne, *et al.*, "Tsunamis as geomorphic crises: Lessons from the December 26, 2004 tsunami in Lhok Nga, West Banda Aceh (Sumatra, Indonesia)," *Geomorphology*, vol. 104, no. 1–2, pp. 59–72, 2009.