

ANALISIS PERUBAHAN TOPOGRAFI GUNUNG ANAK KRAKATAU PASCA ERUPSI TANGGAL 22 DESEMBER 2018 MENGGUNAKAN DATA FOTO UDARA DAN DEMNAS

I Wayan Indra Saputra¹, Armijon², Romi Fadly³

Universitas Lampung: Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
 Tlp. (0724) 70494/Fax. (0721) 704947
 Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT – UNILA
wayanindra07.wis@gmail.com

(Diterima 17 Februari 2020 , Disetujui 21 Oktober 2021)

Abstrak

Erupsi yang terjadi pada Gunung Anak Krakatau (GAK) sejak bulan Agustus hingga bulan Desember tahun 2018, membuat bagian puncak GAK tersebut longsor ke laut yang menyebabkan perubahan fisik dan berkurangnya jumlah volume GAK. Analisis perubahan topografi Gunung Anak Krakatau perlu dilakukan guna mendapatkan informasi dan perubahan kondisi sebelum dan setelah mengalami erupsi. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan data DEM Foto Udara terhadap DEMNAS. Perhitungan perubahan jumlah volume GAK menggunakan metode perhitungan kontur dari data kontur DEM NAS dan DEM Foto Udara. Ketinggian puncak Gunung Anak Krakatau mengalami penurunan dari 260.136 meter menjadi 158.635 meter. Luasnya berubah dari 328.87 ha menjadi 315.876 ha. Terdapat lubang kawah menghadap kearah Barat Daya yang terendam air laut dengan diameter 385 meter seluas 12.64 ha. Sebelum terjadi erupsi, total volume Gunung Anak Krakatau $\pm 164,871,247.779782 \text{ m}^3$ (berdasarkan DEMNAS), setelah erupsi total volume menjadi $126,647,397.3282 \text{ m}^3$ (Berdasarkan DEM foto udara).

Kata kunci :DEMNAS, Gunung Anak Krakatau, perubahan bentuk fisik, volume, foto udara

memicu terjadinya longsor pada tubuh gunungapi tersebut pada tanggal 22 Desember

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Gunung Anak Krakatau (GAK) merupakan gunungapi aktif dari 129 gunungapi di Indonesia. Letak Gunung Anak Krakatau berada di Selat Sunda termasuk kedalam wilayah Lampung Selatan pada posisi geografis $105^{\circ} 25' 27''$ BT dan $6^{\circ} 06' 06''$ LS yang berada di bawah laut dengan kedalaman 180 meter di bawah permukaan laut (Stehn, 1929; Sinkim dan Fiske, 1983). Terciptanya Gunung Anak Krakatau terjadi pada tanggal 29 Desember 1927 sampai 5 Januari 1928, pada tahun 2006 gunung api tersebut sudah mengalami sekurang-kurang 80 kali letusan atau setiap tahun mengalami erupsi eksplosif atau efusif.

Erupsi yang terjadi sejak bulan Agustus 2018 pada Gunung Anak Krakatau (GAK) tersebut

2018. Menurut Plt. Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Antonius Ratdomopurbo (2018) menyatakan erupsi yang terjadi pada Gunung Anak Krakatau bertipe *Strombolian*. Erupsi tipe ini mengeluarkan pijar api, erupsi yang terus menerus membuat tubuh Gunung Anak Krakatau mengalami tremor dan longsor kelaut sehingga menimbulkan dampak tsunami kecil yang terjadi pada wilayah Barat Daya.

Menurut Armijon (2019) berdasarkan data citra satelit sentinel-1, menginformasikan adanya longsor di lereng Gunung Anak Krakatau. Sisi barat dan barat daya menjadi

lokasi dengan perubahan terbesar, diperkirakan sejumlah besar material gunung masuk ke laut akibat tremor yang terjadi saat erupsi berlangsung.

Aktivitas erupsi pada Gunung Anak Krakatau (GAK) sampai saat ini masih sering terjadi meskipun dalam radius kecil, erupsi yang dihasilkan sampai sejauh ini hanya menimbulkan uap gas belerang dan belum didapati lontaran material batuan yang ditimbulkan oleh erupsi tersebut. Keadaan kawah yang terendam oleh air kemungkinan akan menimbulkan pola erupsi baru dan arah wilayah yang berdampak akan berbeda. Pemetaan perubahan topografi gunungapi yang terletak di tengah lautan dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan teknologi foto udara pesawat tanpa awak (UAV) menggunakan UAV bertujuan agar saat melakukan pemotretan terhindar dari penampakan awan dan mendapatkan hasil perekaman yang memiliki resolusi tinggi.

Menurut Tahar et al.,(2011) *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) telah dilengkapi sistem pengendali terbang melalui gelombang radio, navigasi presisi (*Ground Positioning System*) atau GPS dan elektronik kontrol penerbangan, serta peralatan kamera resolusi tinggi. Hasil data dari teknologi UAV dapat dikerjakan dalam kurun waktu yang cepat, dan aman, serta hasil pemotretan UAV memiliki kualitas gambar yang lebih tajam Haala et al., (2011). *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) memiliki keunggulan pada kemampuan manuver yang tinggi, mengacu pada kemampuannya untuk mempertahankan posisi (*hover*) dan mengubah arah terbang di sekeliling pusat rotasi (Ramadhani 2015).

Pemanfaatan dengan teknologi UAV ini Menghasilkan data *Orthophoto* dan *Digital Elevasi Model* (DEM), yang selanjutnya akan dibandingkan dengan data DEMNAS dengan tujuan untuk melakukan analisis perubahan topografi sebelum dan setelah terjadi erupsi pada tanggal 22 Desember 2018. Maka dari itu dengan tersedianya data perubahan topografi terbaru gunung anak Krakatau pasca erupsi pada tanggal 22 Desember 2018, diharapkan dapat menjadi data dasar sebagai pedoman untuk kajian lanjutan kepada instansi yang

membutuhkan dalam pengamatan aktivitas erupsi pada Gunung Anak Krakatau.

I.2 Rumusan Masalah

Gunung Anak Krakatau (GAK) mengalami erupsi pada 22 Desember 2018, erupsi tersebut mengakibatkan perubahan fisik, dan volume pada tubuh Gunung Anak Krakatau, dampak dari erupsi menghilangkan kehidupan ekosistem Gunung Anak Krakatau serta menghancurkan pantai di sekitarnya. Berubahnya bentuk fisik dan volume pada Gunung Anak Krakatau menciptakan pola aktivitas erupsi baru pada gunungapi tersebut hingga saat ini, sehingga diperlukannya sebuah pemetaan ulang perubahan topografi untuk mengkaji informasi baru pasca erupsi tanggal 22 Desember 2018.

Adapun pertanyaan dari kajian ini adalah Berapa ketinggian dan perubahan volume serta perubahan fisik Gunung Anak Krakatau pasca erupsi ?.

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu melakukan pengamatan data perubahan topografi serta menghitung perbandingan volume Gunung Anak Krakatau pasca erupsi 22 Desember 2018 sampai September 2019 menggunakan Data Foto Udara dengan memanfaatkan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah;

1. Mendapatkan data topografi terbaru Gunung Anak Krakatau (GAK) pasca erupsi pada tahun 2018,
2. Mendapatkan data perubahan fisik Gunung Anak Krakatau (GAK) pasca erupsi pada tahun 2018,
3. Mendapatkan data jumlah volume Gunung Anak Krakatau (GAK) pasca erupsi pada tahun 2018.

I.4 Batasan Masalah

Mengingat terjadinya erupsi dari Gunung Anak Krakatau (GAK) yang berdampak akibat gelombang tinggi yang telah terjadi pada 22 Desember 2018, maka dari itu pada penelitian ini adanya batasan-batasan masalah yang jelas mengenai cara alternative untuk mendapatkan data perubahan bentuk

Gunung Anak Krakatau (GAK) tersebut. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian menggunakan 2 jenis data yakni Data DEM Nasional sebelum terjadi longsor dan Data Foto UAV setelah terjadi longsor,
2. Perhitungan volume menggunakan metode perhitungan garis kontur
3. Teknologi pemetaan menggunakan teknologi foto udara.

I.5 Hipotesis

Gunung Anak Krakatau mengalami erupsi sejak bulan agustus 2018 dan pada 22 desember 2018 gunungapi tersebut mengalami erupsi yang mengakibatkan sebagian tubuh gunung coplas/runtuh kelaut. Berdasarkan data citra satelit sentinel-1 memberikan informasi sebagian tubuh Gunung Anak Krakatau longsor dominan kearah barat daya dan selatan sehingga menimbulkan terjadinya gelombang tinggi atau tsunami pada wilayah Lampung dan Banten.

Longsornya sebagian tubuh Gunung Anak Krakatau membuat puncak tertinggi menurun dan memiliki lorong kawah yang terendam oleh air, dengan kondisi yang saat ini memukungkan akan menimbulkan pola erupsi baru dan arah wilayah yang berdampak akan berbeda. Setelah mengalami erupsi pada tanggal 22 desember 2018 Gunung Anak Krakatau mengalami perubahan fisik, maka dapat diambil hipotesis bahwa : Gunung Anak Krakatau saat ini mengalami perubahan topografi yang mana gunungapi tersebut mengalami perubahan ketinggian, perubahan bentuk dan perubahan volume pasca erupsi pada tanggal 22 desember 2018.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Erupsi Gunung Anak Krakatau

Erupsi Gunung Anak Anak terjadi mulai pada bulan Juni 2018 dan tercatat letusan pada tahun 2018 merupakan letusan paling lama yang terjadi, berdasarkan pengamatan Kepala Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Erupsi yang terjadi pada Gunung Anak Krakatau (GAK) bertipe letusan *Strombolian* yaitu mengeluarkan lava yang cair tipis, tekanan gas

yang sedang, material padat, gas, serta cairan. Aktivitas letusan tersebut sudah berlangsung sampai 4 bulan dari bulan Juni, dibandingkan dengan Tahun sebelumnya pada 2017 hanya terjadi 2 hari letusan. BMKG menyebutkan Erupsi yang terjadi pada Tahun 2018 terjadi secara terus menerus tetapi tidak adanya peningkatan intensitas yang signifikan.

Gunung Anak Krakatau mengalami perubahan topografi, dimana pada tubuh gunung sebanyak 64 hektar wilayah selatan dan barat daya mengalami koplas atau longsor dan bencana tersebut memicu utama terjadinya tsunami dan merusak belahan daerah Kabupaten Serang, Pandenglang, Lampung Selatan, Pesawaran dan Tanggamus, pada malam 22 Desember 2018. BMKG menambahkan runtuhnya dinding Gunung Anak Krakatau (GAK) terjadi terus menerus dikarena terjadinya tremor atau guncangan yang terus menerus hingga menyisakan setengah tubuh Gunungapi tersebut. Dalam catatan PVMBG ketinggian Gunung Anak Krakatau yang semula 338 meter setelah mengalami kolpas atau longsor pada tanggal 22 Desember 2018 hanya memiliki ketinggian 110 meter.

Selain berkurangnya ketinggian Gunung Anak Krakatau juga mengalami kehilangan volume yang di perkirakan 150 sampai 180 juta meter kubik dan tinggal menyisakan 40 sampai 70 juta meter kubik, hal ini diamat oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). Berkurang jumlah volume pada Gunungapi tersebut diperkirakan karena adanya proses rayapan gunungapi disertai laju erupsi yang tinggi pada 24 sampai 27 Desember 2018.

Hasil pengamatan dan analisis data visual maupun instrumental hingga tanggal 25 Maret 2019, tingkat aktivitas Gunung Anak Krakatau (GAK) cenderung menurun hal ini yang membuat Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menurunkan status Gunung Anak Krakatau dari Level III (Siaga) menjadi Level II (Waspada) dengan radius aman menjadi 2 kilometer (Km) dari sebelumnya 5 Km

II.2 Foto Udara

Menurut Wolf (1974) foto udara adalah peta foto yang didapat dari kamera udara melalui pemotretan lewat udara pada daerah tertentu dengan aturan fotogrametris tertentu. Sebagai gambaran pada foto dikenal ada 3 (tiga) jenis yaitu foto tegak, foto miring dan foto miring sekali. Yang dimaksud dengan foto tegak adalah foto yang pada saat pengambilan objeknya sumbu kamera udara sejajar dengan arah gravitasi, sedangkan yang disebut dengan foto miring sekali apabila pada foto tersebut horison terlihat. Untuk foto miring, batasannya adalah antara kedua jenis foto tersebut.

Secara umum foto yang digunakan untuk peta adalah foto tegak Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan, dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu obyek serta keadaan di sekitarnya melalui suatu proses pencatatan, pengukuran, dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan).



Gambar 1 Pemotretan Menggunakan Foto Udara
(Sumber : Aeroeosurvey.com)

Pengaruh angin yang mendorong badan pesawat menyebabkan penyimpangan pemotretan dari rencana jalur terbang membuat variasi posisi dan bisa menimbulkan gap. Geometri foto udara pada dasarnya tidak akan selalu berada pada kondisi yang ideal (tegak sempurna), hal tersebut dapat diakibatkan beberapa factor :

1. Pergerakan wahana, adanya variasi tinggi terbang dan pergerakan rotasi dari pesawat menyebabkan variasi bentuk objek
2. Pergeseran relief, variasi tinggi permukaan tanah menyebabkan bentuk radial dari objek-objek yang tinggi ekstrim seperti gedung tinggi, tiang listrik, dsb
3. Foto udara miring, sumbu optik kamera membentuk sudut terhadap arah gaya berat (tidak boleh lebih dari 3°)

4. Overlap dan Sidelap, besaran overlap 80% dan 70% untuk sidelap, *Overlap* adalah proses tumpang tindih foto, meliputi areal yang sama dalam satu jalur terbang, sedangkan *sidelap* merupakan proses tumpang tindih antara foto-foto yang berdekatan dalam jalur penerbangan paralel (Philipson dan Philpot, 2012) sehingga menyebabkan paralaks pada foto
5. Crab & Drift, pengaruh angin yang mendorong badan pesawat menyebabkan penyimpangan pemotretan dari rencana jalur terbang

II.3 Koreksi Geometrik

Menurut Mather (1987) dalam Ambodo dan Jatmiko (2012), koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi. Masing-masing sebagai berikut.

- a. Koreksi geometrik sistematis melakukan koreksi geometri dengan menggunakan informasi karakteristik sensor yaitu orientasi internal (*internal orientation*) berisi informasi panjang fokus sistem optiknya dan koordinat titik utama (*primary point*) dalam bidang citra (image space) sedangkan distorsi lensa dan difraksi atmosfer dianggap kecil pada sensor indera satelit, serta orientasi eksternal (*external orientation*) berisi koordinat titik utama pada bidang bumi (*ground space*) serta tiga sudut relatif antara bidang citra dan bidang bumi.
- b. Koreksi geometrik presisi pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kendali / kontrol tanah *Ground Kontrol Point (GCP)*. GCP dimaksud adalah titik yang diketahui koordinatnya secara tepat dan dapat terlihat pada citra indera satelit seperti perempatan jalan dan lain-lain.

II.4 Peta Topografi

Peta topografi adalah peta pada skala besar dan menengah yang menggabungkan

berbagai macam informasi. Cakupan dasar (seri peta terbesar suatu negara) didasarkan pada pengukuran yang dilakukan di lapangan dan/atau dari foto udara.

II.4.1 Ciri Peta Topografi

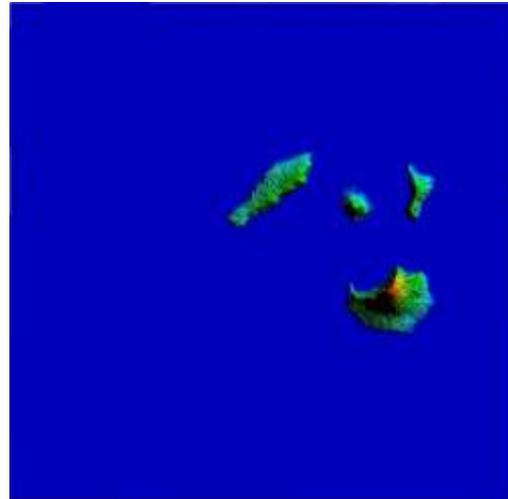
Peta Topografi sebagai bentuk ringkasan lanskap dan menunjukkan fitur fisik (alami dan buatan manusia) yang penting di suatu daerah. Sehingga dalam proyeksi peta ini memiliki karakteristik yang khas, yakni;

1. Peta topografi menunjukkan ketinggian menggunakan garis kontur, yaitu garis yang menggabungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama.
2. Peta topografi memiliki penekanan pada menunjukkan pemukiman manusia (jalan, kota, bangunan, dan lain-lain), tetapi dapat mencakup beberapa informasi tematik seperti vegetasi atau batas-batas taman nasional.
3. Peta topografi biasanya diproduksi oleh agen pemerintah, ini sering merupakan agen pemetaan spesialis dan mungkin memiliki tujuan sipil atau pertahanan. Di Indonesia, badan yang bertanggungjawab sebagai penyedia peta adalah Badan Informasi Geospasial (BIG)
4. Peta topografi memiliki standar yang didefinisikan dengan baik (disebut Spesifikasi) yang dipatuhi secara ketat, hal ini bervariasi antara lembaga pemetaan dan skala peta.
5. Peta topografi memiliki sistem referensi lokasi yang sangat baik, termasuk garis lintang dan bujur, tetapi mungkin juga memiliki garis kisi/garis bantu.
6. Peta topografi sering memiliki informasi tambahan seperti panah yang menunjuk ke arah Utara Magnetik dan Utara Sesungguhnya.

II.5 DEMNAS

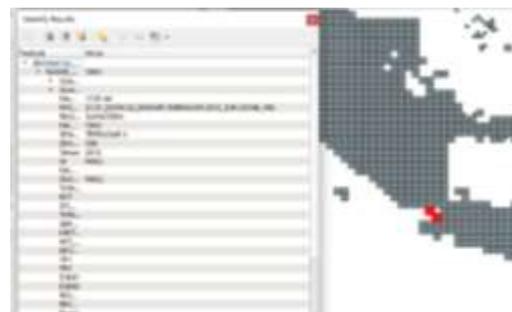
DEM Nasional atau disebut DEMNAS merupakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) yang mana dibangun dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR

(resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11.25m), dengan menambahkan data masspoint hasil stereo-plotting.



Gambar2 Resolusi Spasial DEMNAS
(Sumber : <http://tides.big.go.id/DEMNAS/#Info>)

Data DEM Nasional untuk kepulauan Krakatau di bentuk pada tahun 2012 berdasarkan informasi yang diberikan dari “*text json*”, yang kemudian text tersebut di input kedalam software, sehingga tahun pembuatan data DEMNAS kepulauan Krakatau dapat di ketahui.



Gambar3 Informasi Tahun Pembuatan Data DEMNAS di Kepulauan Krakatau

II.6 Teori Perhitungan Pada Volume

Perhitungan pada volume tanah merupakan suatu proses perhitungan yang memerlukan ketelitian karena elevasi permukaan tanah berbeda di tiap permukaan. Menurut Duffy (2017) terdapat beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan volume tanah seperti perhitungan volume metode kontur. Volume dihitung dengan merata-ratakan area elevasi kontur

yang berdekatan dan mengalikan rata-rata dengan perbedaan elevasi orientasi area yang horizontal. Metode Area Kontur dihitung sebagai berikut:

$$\text{Volume} = H \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

A1 = Luas area kontur ke 1

A2 = Luas area kontur ke 2

H = Beda elevasi (untuk kontur dengan interval kontur yang sama)

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Alat dan Bahan

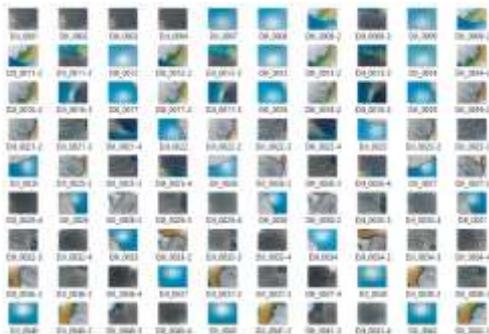
Alat harus dipersiapkan lebih awal untuk memulai penelitian tersebut, alat dan bahan penelitian harus memadai dan memenuhi syarat, adapun alat dan bahan penelitian yang diperlukan diantaranya :

1. Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan berupa seperangkat komputer dan penyimpanan data *external (hard disk)*.
2. Perangkat lunak (*software*):
3. Wahana Drone Phantom 4
4. *GPS Geodetic*

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder diantaranya:

1. Pengumpulan Data Primer
 - a. Data Foto Udara

Data foto udara merupakan hasil potret obek Gunung Anak Krakatau (GAK) yang dihasilkan oleh wahana DJI Phantom 4.



Gambar4 Data Foto Udara

2. Pengumpulan Data Sekunder

Data yang digunakan yaitu Data DEM Nasional Gunung Anak Krakatau Sebelum Terjadi Erupsi pada 22 Desember 2018.



Gambar5 DEMNAS

(Sumber : <http://tides.big.go.id/DEMNAS/#Info>)

3. Data titik GCP

Merupakan hasil data koordinat yang dihasilkan melalui pengukuran menggunakan GPS Geodetik.

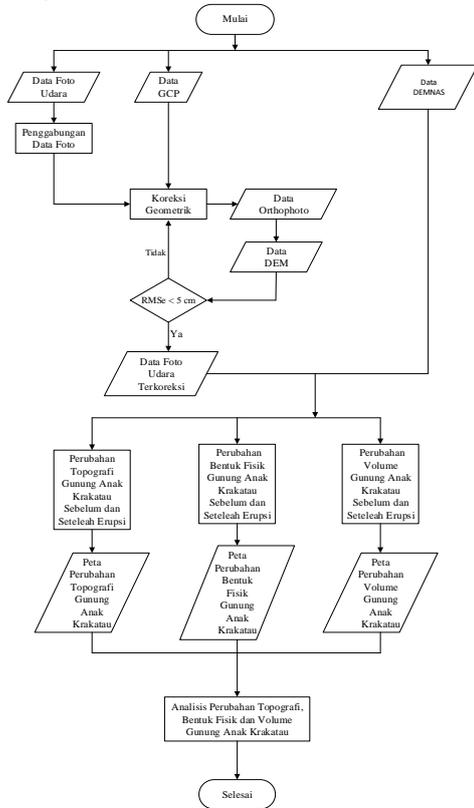
Pemasangan titik GCP sebanyak 4 titik dipasang menyebar mendekati bibir pantai



Gambar6 Posisi Titik GCP

III.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini, sebagai berikut ;

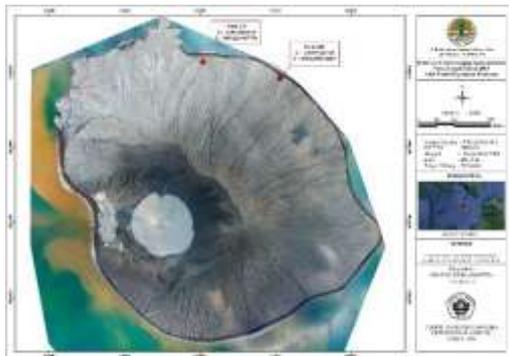


Gambar7 Diagram Alir Pengolahan Data

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Orthophoto

Hasil proses *orthophoto* digunakan sebagai data dasar untuk kajian penelitian ini, adanya data *orthophoto* diperoleh dari hasil gabungan antar foto-foto yang dihasilkan oleh UAV kemudian di tampilkan sehingga menjadi satu gambar utuh dan memiliki referensi system koordinat yang sesuai dengan ketentuan pada penelitian ini,

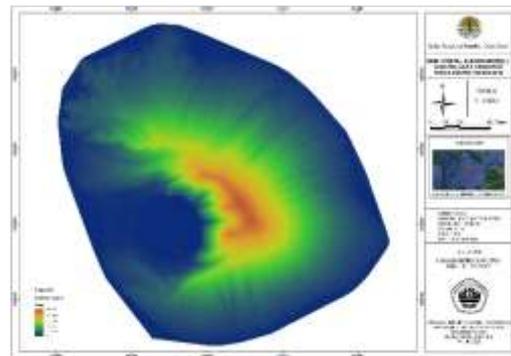


Gambar8 Hasil Proses *Orthophoto*

Pada gambar 8, menginformasikan bahwa hasil pengolahan *orthophoto* memiliki skala 1 : 8.000, ketelitian RMSe 0.006 m, area yang terpetakan seluas 428,64 ha dengan koordinat system UTM Zona 48 s dan Datum WGS 84.

IV.2 Digital Elevasi Model (DEM)

Merupakan data elevasi (ketinggian) yang dihasilkan melalui data DEM hasil foto udara dapat dilihat 27, merupakan Gunung Anak Krakatau (GAK) setelah mengalami erupsi pada tanggal 22 desember 2018, saat ini memiliki ketinggian 158.653 meter dari permukaan laut. Sedangkan untuk elevasi DEM Nasional yang disediakan oleh tides.big.go.id menunjukkan kondisi Gunung Anak Krakatau (GAK) pada Tahun 2012 memiliki elevasi 260.136 meter dari permukaan laut.



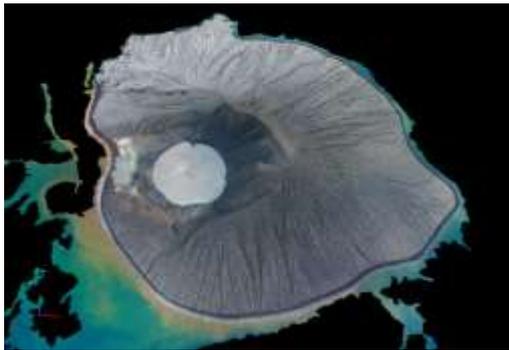
Gambar9 Data DEM Foto Udara Gunung Anak Krakatau 2019

Pada gambar 9, menginformasikan ketelitian pixel pada DEM Gunung Anak Krakatau 16,8 cm/pixel, dengan tingkat elevasi terendah 0 dan titik tertinggi pada puncak GAK 158,635 m.

IV.3 Perubahan Bentuk Fisik Gunung Anak Krakatau

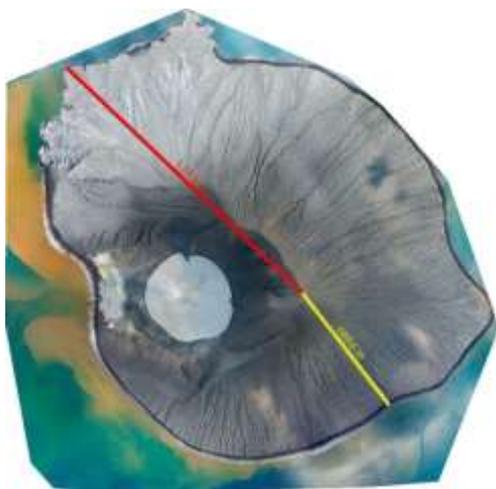
Kondisi Gunung Anak Krakatau sebelum erupsi memiliki kerucut pada kawahnya dan masih banyak ditumbuhi pepohonan serta makhluk hidup lainnya, dibandingkan setelah mengalami erupsi pada 22 Desember 2018. Bentuk fisik gunungapi tersebut nampak berubah, semua lahan vegetasi dan kehidupan makhluk hidup lenyap diakibatkan tertimbun material muntahan erupsi dan terbakar akibat gas belerang dari kawah.

Gunung Anak Krakatau saat ini memiliki lubang kawah yang terbuka dan terendah air dengan diameter 385 meter dan luas 12.64 ha. Jarak terjauh untuk menuju ke kawah Gunung Anak Krakatau yakni 1.236 km dari bibir pantai dengan medan menanjak hingga ke puncak GAK, dan jarak terdekat menuju kawah GAK yakni 229 meter dari bibir pantai, berdasarkan informasi gambar 19.



Gambar10 Perubahan Bentuk Fisik GAK

Berubahnya bentuk fisik Gunung Anak Krakatau membuat perubahan jarak menuju puncak ketinggian gunungapi tersebut, untuk menuju puncak ketinggian jarak terdekat yaitu 680.8 meter dari bibir pantai arah selatan, dan jarak terjauh menuju puncak yaitu sejauh 1.550 km dari bibir pantai arah barat laut



Gambar11 Jarak Terdekat dan Terjauh Menuju Puncak GAK



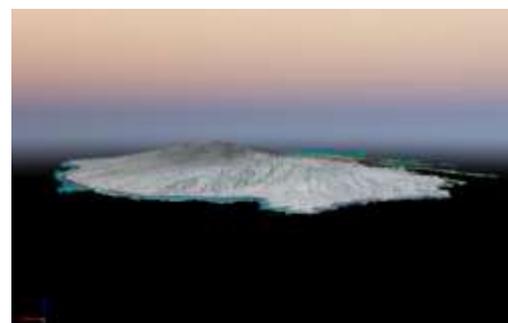
Gambar12 Penampakan Ketinggian Puncak Gunung Anak Krakatau dari arah Utara

Pada gambar 12, menunjukkan keadaan GAK dari arah utara, dan dapat lihat pada sisi barat daya nampak terlihat posisi kawah GAK, dengan posisi puncak tertinggi tepat berada di posisi tengah, dan untuk area yang landai terlihat pada sisi arah timur.



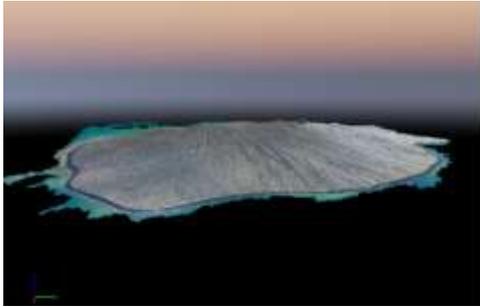
Gambar13 Penampakan Ketinggian Puncak Gunung Anak Krakatau dari arah Timur

Pada gambar 13, menunjukkan keadaan GAK dari arah timur, dan dapat lihat pada sisi tenggara nampak terlihat posisi kawah GAK, dan terlihat lebih jelas kondisi kawah GAK yang terendam air, dengan posisi puncak tepat berada di belakang kawah, dan untuk area yang landai terlihat pada sisi sebelah barat.



Gambar14 Penampakan Ketinggian Puncak Gunung Anak Krakatau dari arah Selatan

Pada gambar 14, menunjukkan keadaan GAK dari arah selatan, dengan posisi puncak tertinggi tepat berada di posisi dominan kearah barat, dari arah ini menjadi jalur pendakian karena area sebelah selatan dominan lebih landau.

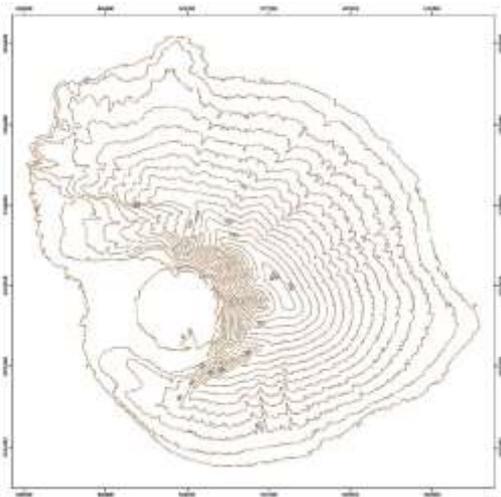


Gambar15 Penampakan Ketinggian Puncak Gunung Anak Krakatau dari arah Barat

Pada gambar 15, menunjukkan keadaan GAK dari arah barat, dengan posisi puncak tertinggi tepat berada di posisi tengah, dari arah barat nampak terlihat posisi kawah GAK berada di balik puncak GAK.

IV.1 Perhitungan Perubahan Volume Gunung Anak Krakatau Pasca Erupsi

Perhitungan volume GAK dilakukan dengan perhitungan metode kontur area yang bertujuan untuk mendapatkan informasi sisa volume tanah saat ini setelah mengalami erupsi pada tanggal 22 Desember 2018, dengan cara melakukan perbandingan Data Foto Udara terhadap Data DEMNAS.



Gambar16 Data Kontur GAK Pasca Erupsi

Untuk menghitung perubahan volume GAK pasca erupsi dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan luas area yang ada pada tiap – tiap garis kontur, sehingga data dapat dilihat pada tabel berikut ;

Tabel 1 Perhitungan Volume GAK Terhadap Luas Area 0 m + 2 m

Perhitungan 1	$H * \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$
Luas area kontur elevasi 0 m + 2 m	$2 * \left(\frac{2983175.556 + 2820427.012}{2} \right)$
Volume	5803602.568 m³

Tabel 2 Perhitungan Volume GAK Terhadap Luas Area 2 m + 4 m

Perhitungan 2	$H * \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$
Luas area kontur elevasi 2 m + 4 m	$2 * \left(\frac{2820427.012 + 2717786.279}{2} \right)$
Volume	5538213.291 m³

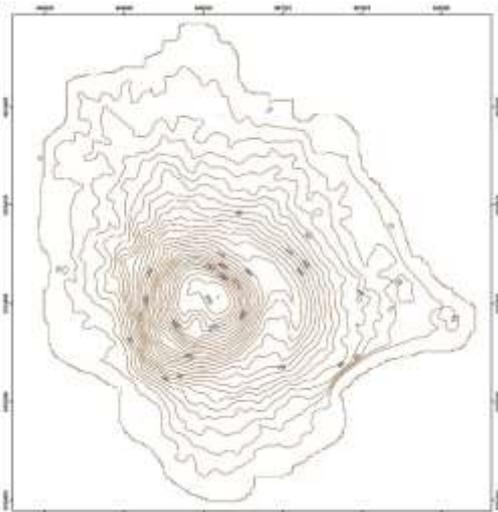
Tabel 3 Perhitungan Volume GAK Terhadap Luas Area 4 m + 6 m

Perhitungan 3	$H * \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$
Luas area kontur elevasi 4 m + 6 m	$2 * \left(\frac{2717786.279 + 2631322.345}{2} \right)$
Volume	5349108.624 m³

Dengan menjumlahkan nilai volume pada perhitungan 1, 2, 3 ...n

$$5803602.568 \text{ m}^3 + 5538213.291 \text{ m}^3 + 5349108.624 \text{ m}^3 + \dots n = \text{total volume GAK.}$$

Maka nilai total volume Gunung Anak Krakatau pasca erupsi tanggal 22 desember 2018 dengan perhitungan volume metode kontur elevasi 0 m + 2 m sampai 156 m + 158 m sebanyak 126,647,397.3282 m³



Gambar17 Data Kontur DEMNAS

Tabel 4 Perhitungan Volume DEMNAS Terhadap Luas Area 0 m + 2 m

Perhitungan 1	$H * \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$
Luas area kontur elevasi 0 m + 2 m	$2 * \left(\frac{3288700 + 2908048.893}{2} \right)$
Volume	6196748.893 m³

Tabel 5 Perhitungan Volume DEMNAS Terhadap Luas Area 2 m + 4 m

Perhitungan 2	$H * \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$
Luas area kontur elevasi 2 m + 4 m	$2 * \left(\frac{2908048.893 + 2820103.985}{2} \right)$
Volume	5728152.878 m³

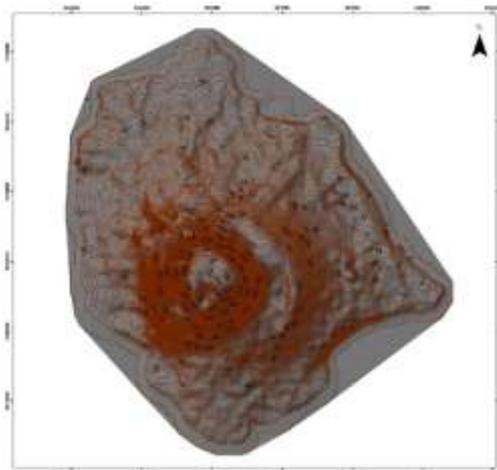
Tabel 6 Perhitungan Volume DEMNAS Terhadap Luas Area 4 m + 6 m

Perhitungan 3	$H * \left(\frac{A1 + A2}{2} \right)$
Luas area kontur elevasi 4 m + 6 m	$2 * \left(\frac{2820103.985 + 2734214.227}{2} \right)$
Volume	5554318.212 m³

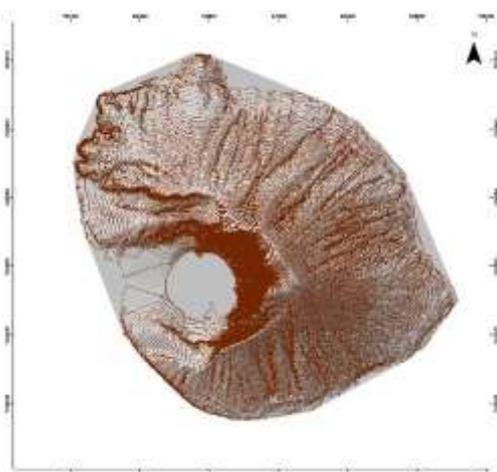
Dengan menjumlahkan nilai volume pada perhitungan 1, 2, 3 ...n
 $6196748.893 \text{ m}^3 + 5728152.878 \text{ m}^3 + 5554318.212 \text{ m}^3 + \dots n = \text{total volume GAK.}$
Maka nilai total volume Gunung Anak Krakatau sebelum erupsimenggunakan data DEMNAS dengan perhitungan volume metode kontur elevasi 0 m + 2 m sampai 258 m + 260 m sebanyak 164,871,247.779782 m³

IV.5 Perubahan Topografi Gunung Anak Krakatau

Gunung Anak Krakatau yang mengalami erupsi pada tanggal 22 desember 2018 mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk fisik pada tubuh gunung, diantaranya perubahan pada kawah gunungapi ini, semula sebelum mengalami erupsi. Kondisi pada saat sebelum erupsi penampakan Gunung Anak Krakatau berdasarkan bentuk topografi yang dihasilkan oleh garis kontur memiliki bundaran kecil pada bagian puncak kawah GAK dengan nilai elevasi 260.136 m dengan interval 2 m, dan terlihat garis kontur memiliki kerapatan pada bagian puncak dominan kearah barat daya. Sedangkan dari bibir pantai garis kontur nampak renggang doniman dari arah timur.



Gambar18 Bentuk Topografi DEMNAS



Gambar 19 Bentuk Topografi GAK Pasca Erupsi

Dibandingkan dengan kondisi saat ini Gunung Anak Krakatau yang mengalami

erupsi dari peta topografi ini memberikan informasi puncak tertinggi Gunung Anak Krakatau mencapai 158.635 meter dari permukaan laut. Berdasarkan garis kontur terlihat rapat pada bagian puncak menuju kawah menandakan medan menuju kawah nampak curam, dan dari arah barat daya menuju kawah garis kontur sangat renggang menandakan kondisi medan sangat landai hal ini memudahkan obak air laut menggenangi lubang kawah GAK. Sedangkan bagian tubuh gunung di selimuti pasir dan batuan menyerupai aliran lahar

V. Simpulan dan Saran

V.1 Simpulan

1. Erupsi Gunung Anak Krakatau yang terjadi pada 22 desember 2018 merupakan bencana alam yang menimbulkan dampak tsunami pada wilayah Lampung dan Banten. Erupsi yang terjadi pada Gunung Anak Krakatau membuat pantai dan terumbu karang sekitar gunungapi rusak, dan semua pepohonan serta makhluk hidup lainnya musnah.
2. Berdasarkan pengamatan data DEM Nasional dan Data Foto Udara, ketinggian sebelum mengalami erupsi Gunung Anak Krakatau memiliki ketinggian 260.163 meter dari permukaan laut, sedangkan hasil pengukuran dan pengamatan data foto udara, gunungapi tersebut hanya memiliki ketinggian 158.635 meter dari permukaan laut dan memiliki lubang kawah dengan diameter 385 meter dan luas 12.64 ha. sehingga membentuk pola erupsi baru.
3. Selain mengalami perubahan ketinggian, erupsi Gunung Anak Krakatau menyebabkan kehilangan jumlah volume tanah yang longsor ke laut, dari perbandingan data DEM Nasional dan Data Foto Udara, nilai volume gunungapi sebelum erupsi mencapai 164,871,247.779782 m³ dimana hasil ini berdasarkan data DEM Nasional yang dibuat pada Tahun 2012,

sedangkan saat ini Gunung Anak Krakatau hanya memiliki total volume tanah sebanyak 126,647,397.3282 m³

V.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini diantaranya ;

1. Data yang digunakan sebagai data pembanding kondisi fisik dan perubahan volume Gunung Anak Krakatau sebelum dan sesudah erupsi menggunakan data DEM Nasional tahun 2012 dan Data Foto Udara. Pada peneliti selanjutnya disarankan menggunakan data pembanding dengan selisih waktu yang perbedaannya tidak terlalu jauh dalam pengamatan hasil terkait dengan cepatnya perubahan pada Gunung Anak Krakatau
2. Gunung Anak Krakatau sampai saat ini masih mengalami erupsi, dampak dari erupsi membuat bentuk fisik dan volume gunungapi tersebut berubah dalam setiap tahunnya (perubahan yang cepat), maka dari itu sangat diperlukan pengamatan erupsi secara time series guna untuk mendapatkan data GAK yang Up to date
3. Untuk mendapatkan data perubahan volume Gunung Anak Krakatau ada baiknya menggunakan data topografi darat dan laut, sehingga perubahan volume secara keseluruhan pada tubuh Gunung Anak Krakatau dapat teridentifikasi lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih saya ucapkan untuk semua pihak yang telah mendukung dan memberi motivasi untuk saya, sehingga penulisan penelitian ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

- Ambodo A.P, dan R.H. Jatmiko., 2012. Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Identifikasi sebaran Batubara Permukaan di Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Jurnal Bumi Indonesia, (1),2.<http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/72/70>. Diakses 27 November 2013.

- Armijon, dkk. 2019. Kajian Pembaharuan Model Rendaman Tsunami Pesisir Teluk Lampung Akibat Pengaruh Perubahan Morfologi Gunung Anak Krakatau. FIT ISI 2019 dan ASEANFLAG 72nd COUNCIL MEETING.
- Badan Geologi. 2014. Data Dasar Gunung Anak Krakatau. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung. *Artikel Online*
<https://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasargunungapi/509-g-krakatau>. Diakses pada tanggal 16 September 2017 pukul 20.38 WIB.
- Badan Geologi. 2018. Tinggi Anak Krakatau Berkurang, Badan Geologi: Potensi Tsunami Kecil. *Artikel Online*
<https://news.detik.com/berita/4363427/tinggi-anak-krakatau-berkurang-badan-geologi-potensi-tsunami-kecil>. Diakses pada Sabtu, 29 Desember 2018 pukul 11.55 WIB.
- Basofi. 2013. Jenis-jenis dan Fungsi Peta. Surabaya: Pens <http://ariv.lecturer.pens.ac.id/G.I.S/01Teori/M04.%20Jenis%20&%20Fungsi%20Peta.pdf>. Diakses: 18 Maret 2015.
- BMKG. 2018. Anak Krakatau Sebelum dan Sesudah Tsunami. *Artike Onine*
<https://today.line.me/id/pc/article/Anak+Krakatau+Sebelum+dan+Sesudah+Tsunami-6zZNMv>. Diakses pada 25/12/2018 pukul 07.56 WIB diperbarui pada 25/12/2018 pukul 10.50 WIB.
- Cahyanto, DR. 2016. *Perbandingan Volume Tampungan Embung Sidodadi Dengan Metode Kontur Dan Citra Satelit Aster*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Duffy, Daniel P. 2017. *Measuring Earthwork Volumes*. Santa Barbara USA : Forester Media Inc.
- Fajriyanto, A. Armijon. dan Rahmadi, E. (2012). Potensi Bahaya Gempa Dan Analisis Regangan Di Selat Sunda Berbasis Gps (Global Positioning System). *Rekayasa, Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 16 (3). pp. 141-150. ISSN 0852-7733.
- Haala, N., Cramer, M., Weimer, F. & Trittler, M. (2012). Performance Test on UAV-Based Photogrammetric Data Collection. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Volume XXXVIII-1/C22. ISPRS Zurich 2011 Workshop, 14-16 September 2011, Zurich, Switzerland.
- Niendyawati, Artanto. 2014. *Pemanfaatan Pesawat Udara Nir-Awak (Puna) Sebagai Metode Alternatif Pengumpulan Data Geospasial Pulau-Pulau Kecil Terluar*. Bogor (ID) : Badan Informasi Geospasial.
- PVMBG. 2019. Status Gunung Anak Krakatau Diturunkan Menjadi Level II Waspada. *Artike Online*
<https://www.suara.com/partner/content/bantennews/2019/03/25/204417/status-gunung-anak-krakatau-diturunkan-menjadi-level-ii-waspada>. Diakses pada Senin, 25 Maret 2019 pukul 20.44 WIB.
- Ramadhani, dkk. 2015. Pemetaan Pulau Kecil Dengan Pendekatan Berbasis Objek Menggunakan Data Unmanned Aerial Vehicle (Uav). Depok : Fakultas FMIPA Universitas Indonesia.
- Sulistiana T, Andri DP, dan Davin A. 2019. *Analisis Akurasi Vertikal Digital Elevation Model Nasional (Demnas)*. Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkugan Pantai Badan Informasi Geospasial (BIG).
- Suroso, Indreswari. (2016). *Peran Drone/Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Buatan STTKD Dalam Dunia Penerbangan*. Program Studi Teknik Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan.
- Sutawidjaja, S. 2006. *Pertumbuhan Gunung Api Anak Krakatau setelah letusan katastrofi s 1883* ,*Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 3 September 2006: 143-153.
- Tahar, K. N., Ahmad, A., & Akib, W. A. A. W. M. (2011). UAV-based stereo vision for photogrammetric survey in aerial terrain mapping. *Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, 2011 IEEE International Conference on (pp. 443447). IEEE.

Wolf, P., R. 1983. *Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T., Zuharnen, Edisi kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

<http://www.tides.big.go.id/DEMNAS>.