

# **PENENTUAN INDEKS KERENTANAN AIRTANAH PESISIR JAWA DI WILAYAH SELAT SUNDA DENGAN MENGUNAKAN METODE GALDIT**

## ***ASSESSMENT OF GROUNDWATER VULNERABILITY IN THE COASTAL REGION OF JAWA ISLAND ALONG SUNDA STRAIT USING GALDIT METHODS***

**Rachmat Fajar Lubis<sup>1</sup>, Ananta Purwoarminta<sup>1</sup>, Hendra Bakti<sup>1</sup>, Gunardi W  
Kusumah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135

<sup>2</sup>Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Jl. Padang-Painan Km.16, Padang, Indonesia  
25611

**ABSTRAK** Kerentanan airtanah pesisir merupakan salah satu isu yang sangat penting dalam perkembangan pembangunan saat ini. Antisipasi dan upaya mengurangi dampak negatif kualitas airtanah wilayah pesisir akibat faktor antropogenik dan perubahan iklim, memerlukan upaya penentuan indikasi daerah yang memiliki kerentanan tinggi. Upaya pembobotan diperlukan berdasarkan faktor-faktor yang paling penting dalam memahami kerentanan airtanah wilayah pesisir. Metode GALDIT merupakan salah satu sistem peringkat numerik untuk menilainya. Tiga komponen penting dari sistem ini adalah kriteria bobot, rentang data dan peringkatnya. Fokus dari penelitian ini adalah pada penerapan dan metode GALDIT untuk mengakses kerentanan airtanah pesisir di wilayah Pulau Jawa sepanjang Selat Sunda. Kesimpulannya, metode ini perlu diintegrasikan dengan faktor kerentanan lokal dan

dibandingkan dengan metode lainnya agar dapat diaplikasikan dengan lebih akurat.

**Kata kunci:** Kerentanan airtanah pesisir, GALDIT, Selat Sunda.

**ABSTRACT** Groundwater coastal vulnerability is one of the most important issues in the human development today. Anticipation to mitigate negative impacts of coastal groundwater quality due to climate change impacts and anthropogenic activities is required to indicate the zonation with high vulnerability index. The GALDIT method is a one of numerical rating system for assessing the susceptibility of groundwater coastal vulnerability. Three important parts of this system were weighting criteria, range of data and ratings. The focus of this research is to applied GALDIT method to access groundwater coastal vulnerability in Jawa Island along the Sunda Strait. In conclusion, this method needs to be integrated with local vulnerability factors and compared with other methods to be applied more accurately.

**Keywords:** coastal groundwater vulnerability, GALDIT, Sunda Strait.

---

Naskah masuk : 10 November 2017  
Naskah direvisi : 27 Februari 2018  
Naskah diterima : 25 Mei 2018

---

Rachmat Fajar Lubis  
Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI  
Jl. Sangkuriang Bandung 40135  
Email : rachmat.fajar.lubis@lipi.go.id

## **PENDAHULUAN**

Pengembangan wilayah pesisir dan perubahan iklim di Indonesia akan memberikan tekanan kepada kondisi airtanah di wilayah tersebut. Airtanah di daerah pesisir menjadi sangat sensitif akibat ancaman perubahan alami secara global

(perubahan iklim) ataupun antropogenik (Recinos et al., 2015). Akumulasi dari salah satu ataupun kedua tekanan tersebut akan mengakibatkan airtanah di daerah pesisir menjadi rentan terhadap peningkatan nilai salinitas yang diakibatkan oleh intrusi air laut, pencucian garam purba dan penyebab lainnya. Kerentanan airtanah terhadap perubahan nilai salinitasnya ini didefinisikan sebagai kepekaan (sensitifitas) kualitas air tanah terhadap dampak pemompaan air tanah yang berlebih, kenaikan permukaan laut atau keduanya di sepanjang pesisir pantai, yang ditentukan juga oleh karakteristik akuifer tersebut.

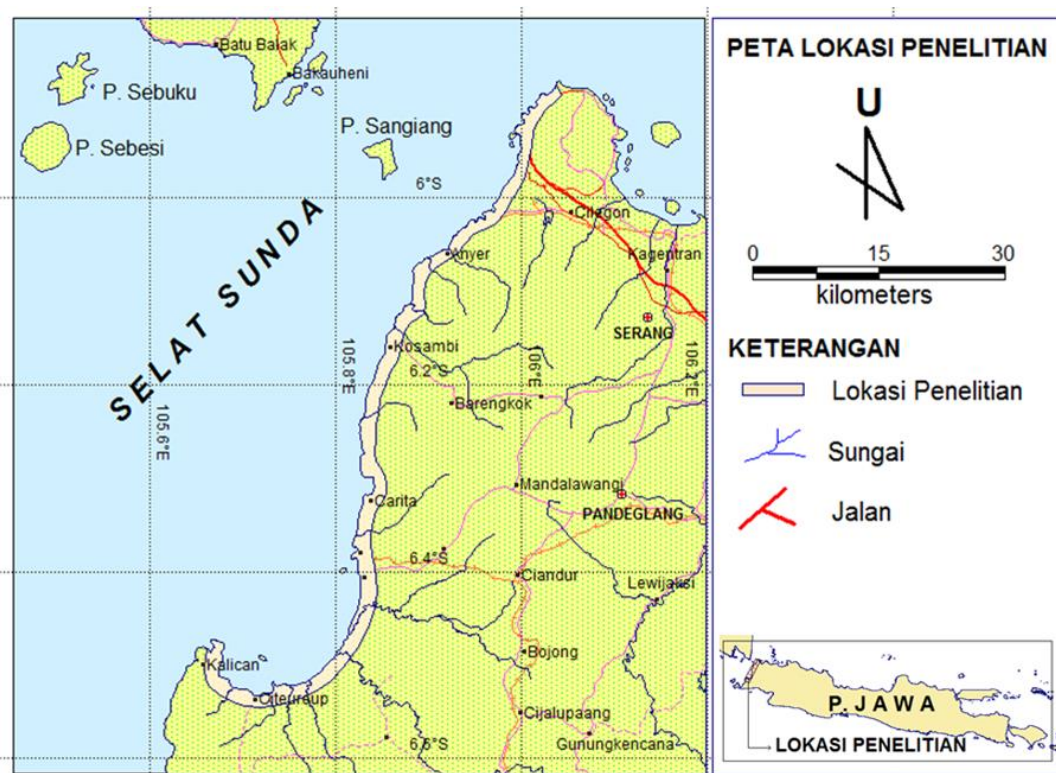
Penilaian kerentanan airtanah di pesisir Indonesia dapat dilakukan dengan menggunakan metode pembobotan kerentanan airtanah. Sejumlah metode telah digunakan untuk menilai intrinsik kerentanan akuifer. Metode-metode ini adalah DRASTIC (Aller et al., 1987), GOD (Foster, 1987), AVI (Van Stempooort et al., 1993), Indeks Suseptibilitas/SI (Frances, 2001) dan SINTACS (Civita & De Maio, 2004) yang didesain untuk menilai sistem akuifer dengan lingkungan pengendapan sedimen klastik. Sistem pembobotan dan peringkat lainnya yang khusus menilai kerentanan terhadap gangguan air laut pesisir akuifer adalah dengan menggunakan metode

indeks kerentanan GALDIT ((Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005). Peta indeks kerentanan GALDIT dapat menunjukkan besaran kerentanan daerah akuifer di sepanjang garis pantai yang kemungkinan besar akan terpengaruh dengan perubahan nilai salinitas akibat aktifitas antropogenik dan perubahan iklim serta memberikan rekomendasi untuk upaya perlindungannya (Chachadi & Ferreira, 2005; Dekkaki et al., 2018; Ferreira et al., 2005; Honnanagoudar & Venkat Reddy, 2014; Lappas et al., 2016; Tasnim & Tahsin, 2016).

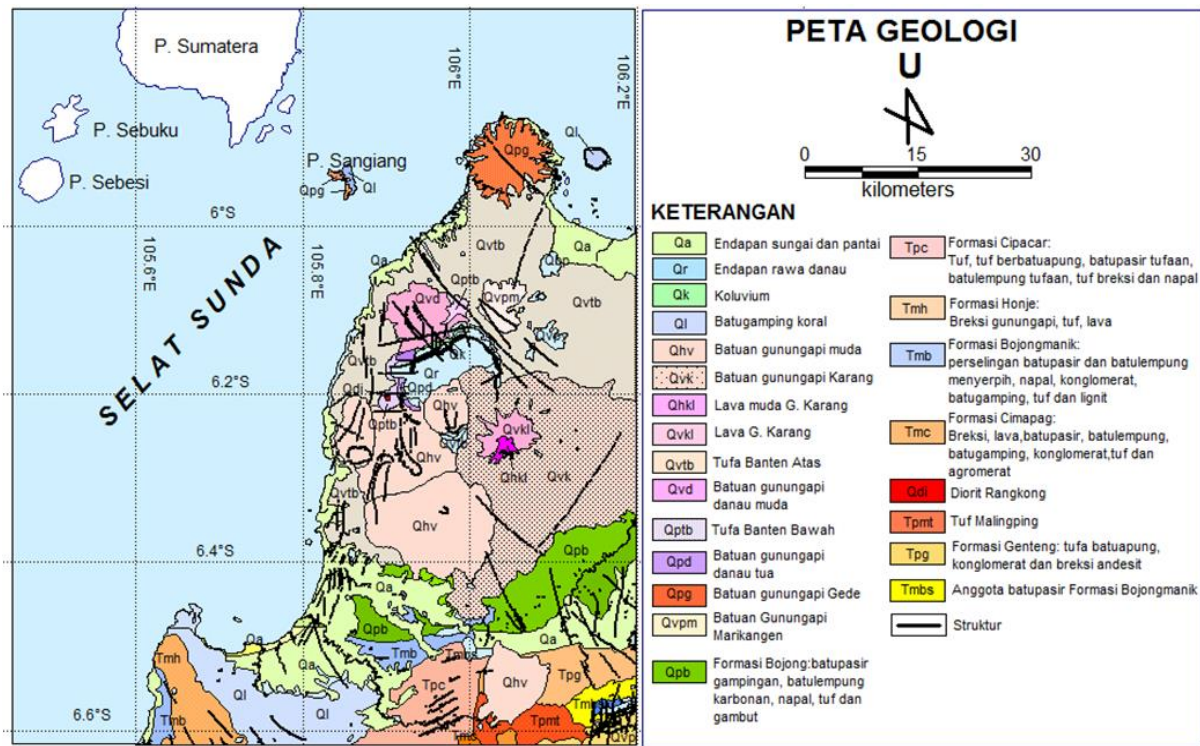
Metode GALDIT inilah yang dikaji dengan kondisi lokal Indonesia, khususnya sepanjang Selat Sunda dengan menganalisa pula beberapa parameter tambahannya, seperti parameter bencana. Pemilihan lokasi ini dikarenakan selain memiliki data yang cukup lengkap, wilayah ini merupakan wilayah rawan bencana khususnya letusan gunung api dan Tsunami.

### LOKASI DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan sepanjang pesisir Jawa yang terletak di Selat Sunda dengan koordinat geografis 105°40'0"-106°10'0" BT dan 6°0'4"0"-6°30'0"LS (Gambar 1). Pemilihan lokasi



Gambar 1. Lokasi Penelitian sepanjang pesisir Jawa yang terletak di Selat Sunda.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Pesisir Jawa sepanjang Selat Sunda (Rusmana et al., 1991).

ini dilakukan karena kondisi geologi di Selat Sunda sangat mempengaruhi sifat geologi dan geofisika daratan sepanjang pesisir ini. Pengaruh tersebut tercermin dari:

- Adanya ujung patahan atau Sesar Sumatera (Sesar Semangko) di Sumatera yang memanjang hingga Selat Sunda, yang merupakan jenis sesar geser aktif dengan panjang 1650 km, yang memiliki pergerakan lateral antara 20–25 km dan percepatan horizontal 6 cm/tahun.
- Terdapatnya gunung berapi seperti Gunung Anak Krakatau yang sangat aktif dan merupakan bentukan sejak sekitar tahun 1930an setelah peristiwa letusan Krakatau tahun 1883 yang menghancurkan bagian tengah gunungapi itu sehingga sangat terkenal.

Wilayah ini secara litostratigrafi (Rusmana et al., 1991) tersusun atas Endapan Sungai, Rawa dan Pantai (Qa) serta pada bagian dasarnya terdiri dari batuan Gunungapi Karang pada wilayah pesisir Utara dan Endapan gunungapi muda pada wilayah pesisir Selatan (Gambar.2). Batuan Gunungapi Karang (Qvk) terdiri atas breksi gunungapi, lava, tuf dan lahar tidak terpisahkan. Endapan batuan

gunungapi muda (Qhv) tersusun atas breksi gunungapi, lava, tuf, aliran lahar dan hasil letusan gunungapi lainnya (gunung Aseupan, gunung Parakasak). Setempat dijumpai Endapan Tuf Banten Atas (Qvtb) yang terdiri atas tuf, tuf batuapung dan tuf pasiran (di bagian atas) dan tuf hablur, tuf lapili berbatuapung, tuf kaca dan sisipan tuf lempungan di bagian bawah.

### METODE

Metodologi yang dikembangkan adalah metode pembobotan dengan menilai kerentanan airtanah, metode pembobotan yang digunakan mengacu kepada kebutuhan sistem pembobotan numerik untuk menilai potensi intrusi airtanah di wilayah pesisir (Chachadi & Ferreira, 2005). Faktor pengontrol potensi intrusi airtanah di wilayah pesisir dikelompokkan dalam enam parameter yang disingkat **GALDIT** yang terdiri dari (**G**) tipe akuifer; (**A**) konduktifitas hidraulik akuifer; (**L**) kedalaman muka airtanah di atas permukaan air laut; (**D**) jarak tegak lurus terhadap garis pantai pada daerah yang ditinjau; (**I**) parameter hidrokimia sebagai kunci adanya intrusi air laut pada air tanah; dan (**T**) ketebalan akuifer (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005). Parameter dalam model ini adalah:

Tabel 1. Bobot untuk tipe akuifer.  
(Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Indikator	Variabel indikator	Rating
Asal mula airtanah/ <i>Groundwater occurrence/Aquifer type</i>	Akuifer tertekan/ <i>Confined Aquifer</i>	10
	Akuifer tidak tertekan ( <i>Unconfined Aquifer</i> )	7,5
	Akuifer semi tertekan ( <i>Leaky confined aquifer</i> )	5
	Akuifer melensa ( <i>bounded aquifer</i> )	2,5

(Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Tabel 2. Klas dan bobot untuk konduktivitas hidraulik akuifer.  
(Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Indikator	Variabel indikator		Rating
	Klas	Range (m/hari)	
<i>Hydraulic conductivity (m/day) /</i> Konduktivitas hidraulik (m/hari)	Tinggi	>40	10
	Sedang	10 - 40	7,5
	Rendah	5 - 10	5
	Sangat rendah	<5	2,5

- (G) *Groundwater occurrence /* Asal mula airtanah.

Keterdapatannya airtanah berada pada akuifer yang dapat menampung dan meloloskan airtanah. Terjadinya airtanah tergantung dari macam dan tipe akuifer yang terdiri dari akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer tertekan (*confined aquifer*), akuifer semi tertekan (*leaky confined*) dan akuifer yang bersifat terisolasi/melensa (*bounded aquifer*). Pengkelasan dan bobot dilakukan berdasarkan karakteristik tersebut (Tabel 1).

- (A) *Aquifer hydraulic conductivity /* Konduktivitas hidraulik akuifer.

Konduktivitas akuifer menggambarkan kemampuan material akuifer untuk meloloskan airtanah, dan nilainya berbeda-beda tergantung pada material akuifer yang dilewati. Pengkelasan dan bobot dilakukan berdasarkan rentang nilai (Tabel 2) yang didasarkan pada jenis satuan batuan berdasarkan hasil pengujian skala laboratorium dan lapangan.

- (L) *Depth to groundwater level above sea /* Kedalaman muka airtanah diatas permukaan air laut.

Pembagian dilakukan berdasarkan kedalaman muka airtanah diatas permukaan laut. Nilai ini diperoleh dari ketinggian permukaan dikurangi ketinggian muka airtanah. Ketinggian permukaan diperoleh dari garis kontur dan survei lapangan sedangkan muka airtanah diperoleh dari hasil pengukuran pada sumur-sumur yang ada di sepanjang pesisir (Tabel 3).

- (D) *Distance from the shore /* Jarak terhadap garis pantai.

Jarak terhadap garis pantai yang digunakan adalah jarak garis tegak lurus terhadap garis pantai. Pengukuran dilakukan pada saat pasang maksimum atau bisa juga dikategorikan pada saat pasang maksimum mengikuti kondisi iklim yang berlaku (Tabel 4).

- (I) *Impact of existing status of seawater intrusion /* Dampak Intrusi Air Laut saat ini

Pengaruh intrusi air laut terhadap airtanah pada saat ini, yang dinyatakan dengan menggunakan parameter hidrokimia yang bisa dipakai sebagai parameter indikasi adanya intrusi air laut pada air tanah (Tabel 5). Perbandingan rasio klorida dan bikarbonat  $Cl^- / [HCO_3^{-1} + CO_3^{2-}]$  digunakan sebagai kriteria ini. Ion klorida mendominasi di air

Tabel.3. Klas dan bobot kedalaman muka airtanah diatas permukaan air laut. (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Indikator	Variabel indikator		Rating
	Klas	Range (m)	
<i>Height of groundwater level above sea level</i> Kedalaman muka airtanah diatas permukaan air laut (m)	Tinggi	<1,0	10
	Sedang	1,0 – 1,5	7,5
	Rendah	1,5 – 2,0	5
	Sangat rendah	>2,0	2,5

Tabel.4. Klas dan bobot jarak tegak lurus terhadap garis pantai. (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Indikator	Variabel indikator		Rating
	Klas	Range (m)	
<i>Distance from the shore/ Jarak terhadap pantai</i>	Sangat dekat	<500	10
	Dekat	500 – 750	7,5
	Agak jauh	750 – 1000	5
	Jauh	>1000	2,5

Tabel 5. Bobot rasio  $Cl^-/(HCO_3^- + CO_3^{2-})$ , sebagai parameter kunci adanya intrusi air laut. (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Indikator	Variabel indikator		Rating
	Klas	Range $Cl^-/(HCO_3^- + CO_3^{2-})$ , epm dalam airtanah	
<i>Impact of existing status of seawater intrusion in the area/parameter kunci intrusi air laut</i>	Tinggi	>2,0	10
	Sedang	1,5 – 2,0	7,5
	Rendah	1,0 – 1,5	5
	Sangat rendah	<1,0	2,5

laut namun tersedia dalam air tanah kecil sedangkan bikarbonat tersedia dalam jumlah banyak di air tanah tetapi terjadi dalam jumlah kecil di air laut. Rasio ini dapat digunakan untuk menetapkan nilai parameter GALDIT baku (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005).

Untuk lebih mempertajam digunakan pula rasio kandungan ion klorida itu sendiri (Tabel 6) Perbandingan ini secara pemodelan haruslah saling mendukung (Recinos et al, 2015).

– (T) *Thickness of the aquifer* / Ketebalan akuifer.

Parameter ini menggambarkan ketebalan akuifer atau ketebalan zona jenuh airtanah pada sumur-sumur yang berada di wilayah indeks (Tabel 7). Pengklasifikasian dilakukan dengan menggunakan kategori sangat tipis hingga tebal.

Tahapan selanjutnya adalah menggunakan faktor pengontrol yang berjumlah enam parameter tersebut yang dikelaskan dalam urutan dan bobot.

Tabel 6. Bobot  $Cl^-$  (mg/L) sebagai parameter kunci adanya intrusi air laut. (Eminoglou et al., 2017)

Impact status of existing seawater intrusion $Cl^-$ (mg/L)	
Range $Cl^-$ (mg/L)	Bobot
>500	10
250–500	7,5
100–250	5
<100	2,5

Tabel 7. Klas dan bobot ketebalan akuifer. (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

Indikator	Variabel indikator		Rating
	Klas	Range (m)	
<i>Aquifer thickness</i> /ketebalan akuifer (m)	Tebal	>10	10
	Agak tebal	7,5 – 10	7,5
	Tipis	5 – 7,5	5
	Sangat tipis	<5	2,5

Indek kerentanan merupakan atribut nilai dari masing-masing parameter yang dinyatakan sebagai bobot relatif yang merupakan jumlah masing-masing perkalian GALDIT dibagi dengan jumlah bobot GALDIT (Chachadi & Ferreira, 2005). Indeks ini dapat diekspresikan sebagai persamaan (1).

$$GALDIT-Index = \frac{\sum_{i=1}^6 (W_i) R_i}{\sum_{i=1}^6 W_i} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : R = Rating dan W = weight (bobot)

Nilai minimum dan maksimum indeks GALDIT (IG) bervariasi dari 2,5 sampai 10, yang menyatakan semakin besar nilai indeks kerentanan airtanah maka kerentanan terhadap intrusi air laut akan lebih besar (Tabel 8).

Tabel 8. Klas indeks kerentanan GALDIT. (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005)

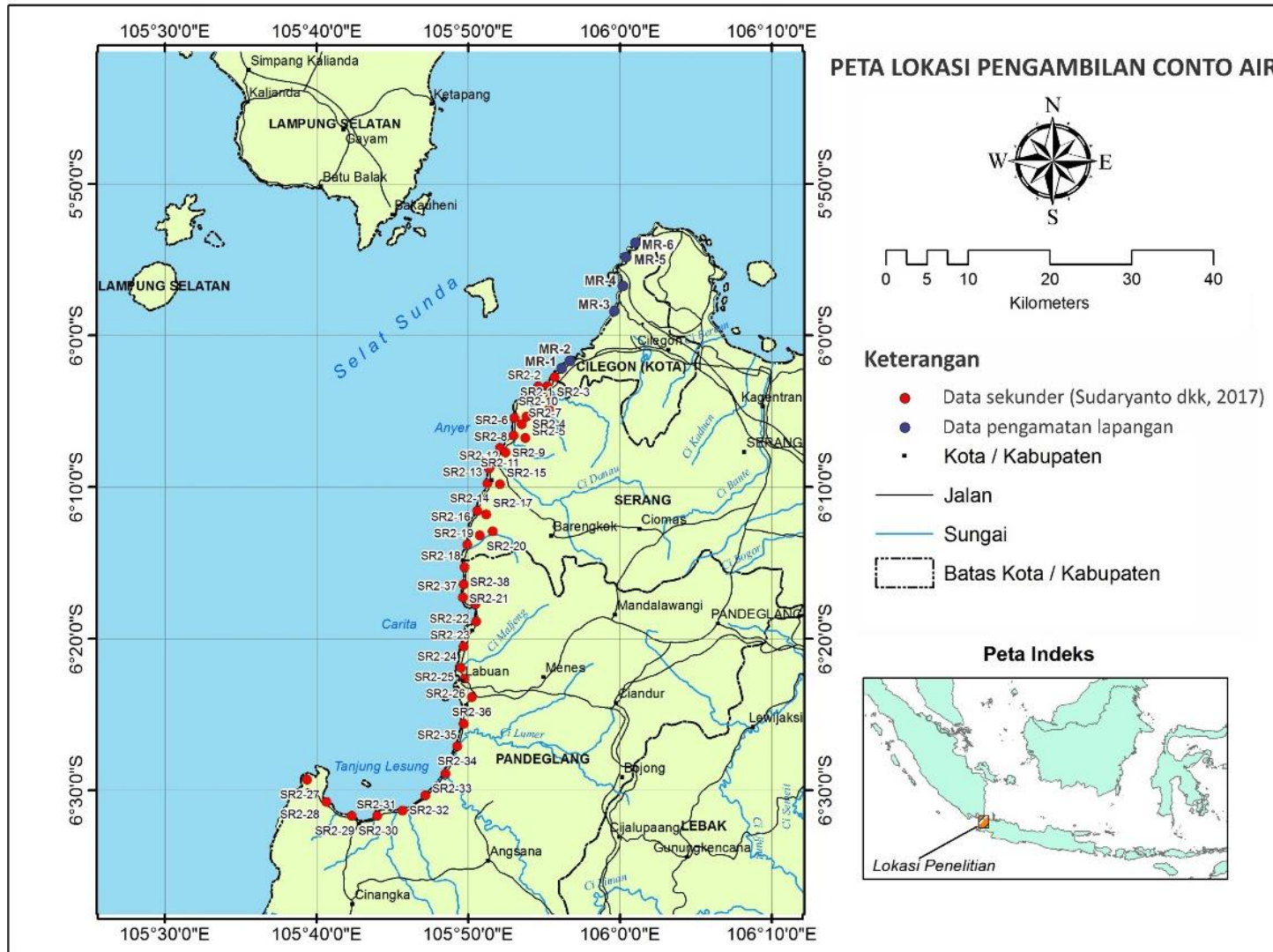
Range Indeks GALDIT	Klas kerentanan
$\geq 7,5$	Kerentanan tinggi
5,0–7,5	Kerentanan sedang

<5,0 Kerentanan rendah

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan indeks dilakukan berdasarkan kompilasi data sekunder dan data lapangan. Data sekunder yang digunakan adalah peta dan publikasi hasil penelitian dari peneliti terdahulu. Data lapangan yang digunakan adalah data citra, data sampel batuan dan data airtanah yang dilakukan pada 38 titik pengamatan berdasarkan data peneliti terdahulu (Sudaryanto et al., 2017) dan 6 titik pengamatan lapangan (Gambar 3).

Hasil analisa dan pembobotan menunjukkan dari 6 (enam) parameter yang digunakan, berdasarkan klasifikasi yang telah ada (Chachadi & Ferreira, 2005; Eminoglou et al., 2017; Ferreira et al., 2005) hanya terdapat 2 (dua) parameter yang memiliki nilai yang bervariasi. Parameter yang memiliki nilai yang bervariasi adalah konduktifitas hidraulik dan jarak tegak lurus terhadap garis pantai yang ditinjau. Nilai konduktifitas hidraulik yang berbeda disebabkan oleh perbedaan nilai pada satuan batuan yang berbeda. Satuan batuan endapan sungai, rawa dan



Gambar 3. Lokasi pengamatan lapangan dan pengambilan sampel airtanah.

Tabel 9. Hasil Pengklasifikasian Metode Galdit pada lokasi penelitian.

No.	Parameter	Keterangan	Rating/ Scoring
1	(G) <i>Groundwater occurrence</i> / Asal mula airtanah	Seluruh wilayah pesisir memiliki tipe airtanah tidak tertekan ( <i>Unconfined</i> )	7,5
2	(A) <i>Aquifer hydraulic conductivity</i> / Konduktivitas hidraulik akuifer	Pembagian dilakukan berdasarkan satuan batuan wilayah pesisir yang terdiri dari <ul style="list-style-type: none"> <li>- Endapan Sungai, Rawa dan Pantai dengan nilai &gt;40m/hari</li> <li>- Batuan Gununggapi Karang dan Endapan batuan gununggapi muda dengan nilai 10-40 m/hari</li> </ul>	10  7,5
3	(L) <i>Depth to groundwater level above sea</i> / Kedalaman muka airtanah diatas permukaan air laut.	Kedalaman muka airtanah berada pada kedalaman > 2 m di atas permukaan laut.	2,5
4	(D) <i>Distance from the shore</i> / Jarak tegak lurus terhadap garis pantai pada daerah yang ditinjau	Semakin mendekati garis pantai, maka nilai kerentanan akan semakin mendekati maksimal.	2,5 - 10
5	(I) <i>Impact of existing status of seawater intrusion</i> / Dampak Intrusi Air Laut saat ini	Hasil perbandingan sampel kimia airtanah pada wilayah penelitian menunjukkan nilai perbandingan <1,0 epm dan kisaran nilai klorida yang <100 mg/l	2,5
6	(T) <i>Thickness of the aquifer</i> / Ketebalan akuifer	Ketebalan akuifer di wilayah penelitian memiliki ketebalan rata-rata < 5 meter.	2,5

pantai memiliki rating 10, sedangkan satuan batuan gununggapi dan endapan batuan gununggapi memiliki nilai 7,5 (Chachadi & Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2005).

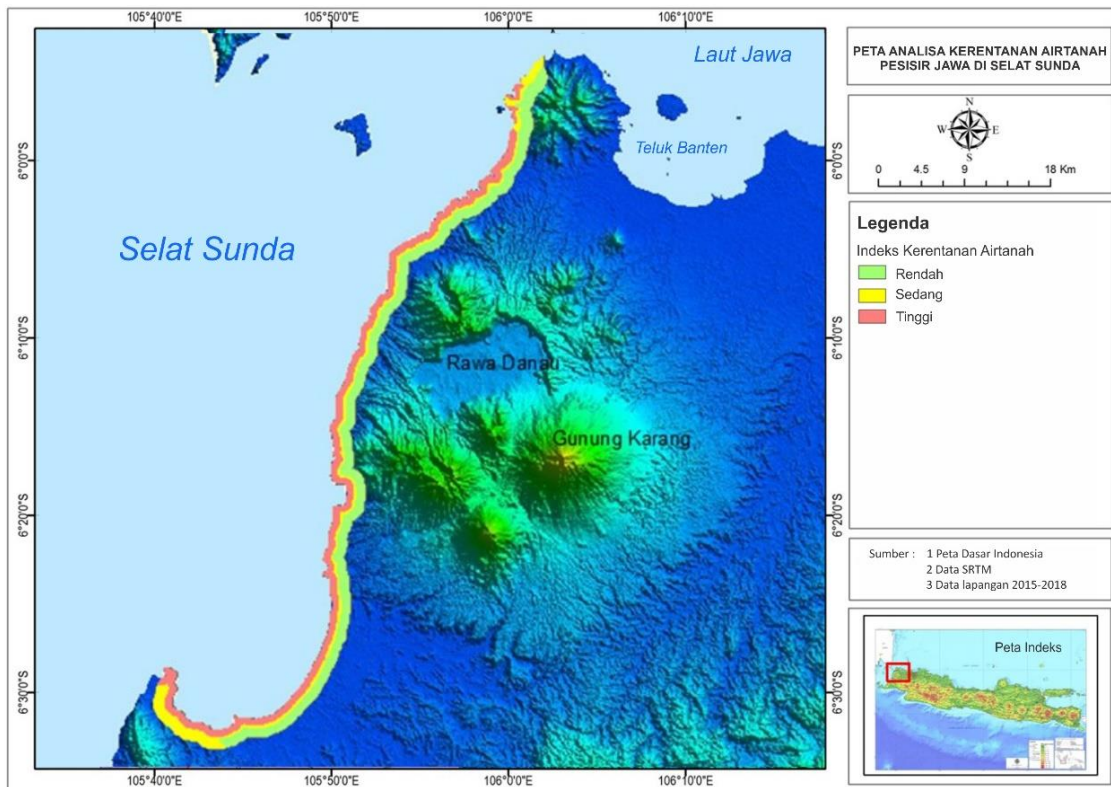
Variasi rating jarak tegak lurus terhadap garis pantai yang ditinjau, disebabkan oleh nilai variabel indikator yang dibagi menjadi 4 berdasarkan jarak terhadap pasang maksimum mengikuti kondisi iklim yang berlaku (Eminoglou et al, 2017). Rating (*Scoring*) yang diperoleh memiliki kisaran nilai 2,5-10. Keempat parameter lainnya hanya memiliki satu nilai rating dikarenakan indikatornya yang bersifat homogen berdasarkan data lapangan (Tabel 9).

Hasil klasifikasi (Tabel 9) menunjukkan bahwa seluruh wilayah pesisir dengan kerentanan

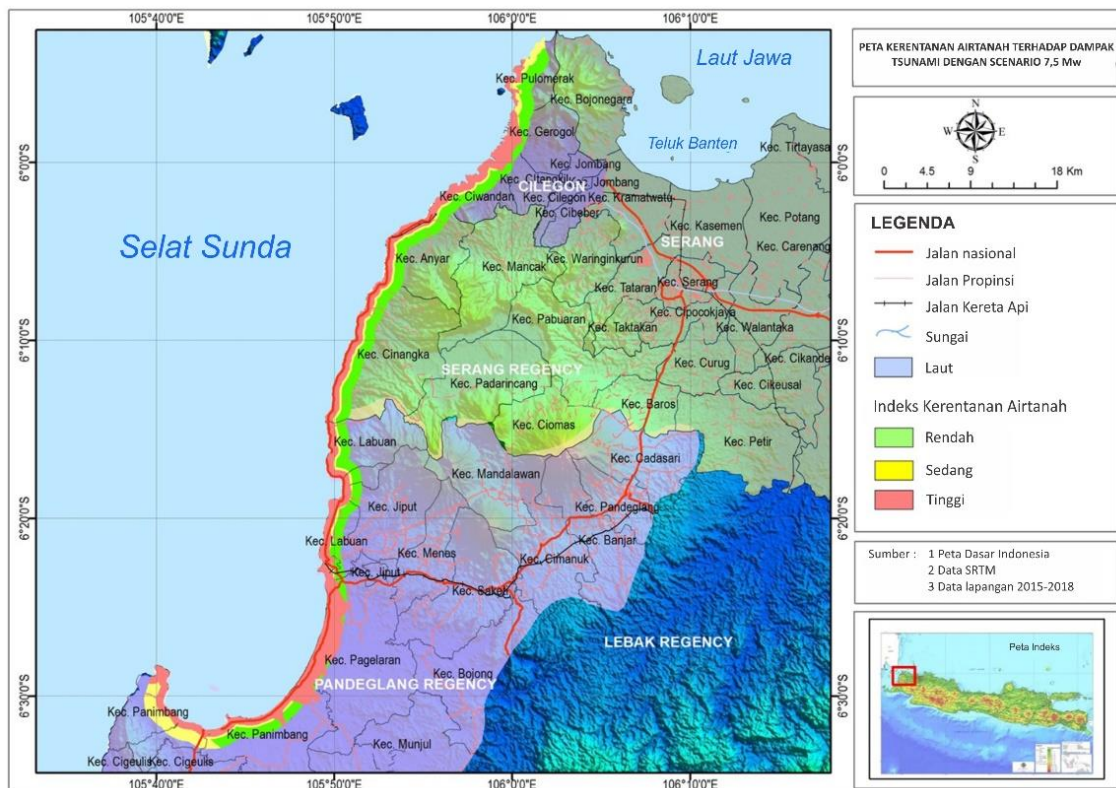
airtanah tinggi memiliki jarak hingga 500 meter dari garis pantai. Daerah kerentanan sedang berada pada jarak 500 meter hingga 2 kilometer. Lebih dari 2 kilometer merupakan zona dengan kerentanan rendah (Gambar 4).

Wilayah dengan kerentanan tinggi ini dapat menjadi semakin luas jika dimasukkan faktor kerentanan lainnya diluar faktor yang ada, misal faktor bencana geologi seperti bencana tsunami. Faktor kerentanan terhadap bencana tsunami di wilayah ini diakibatkan oleh aktifitas gunung api Krakatau dan atau tektonik selat sunda (Harjono et al, 1991). Model perhitungannya dapat didekati dengan penggunaan model skenario kekuatan gempa bawah laut. Hasil pemodelan dengan skenario kekuatan gempa 7,5 dan 8 Mw

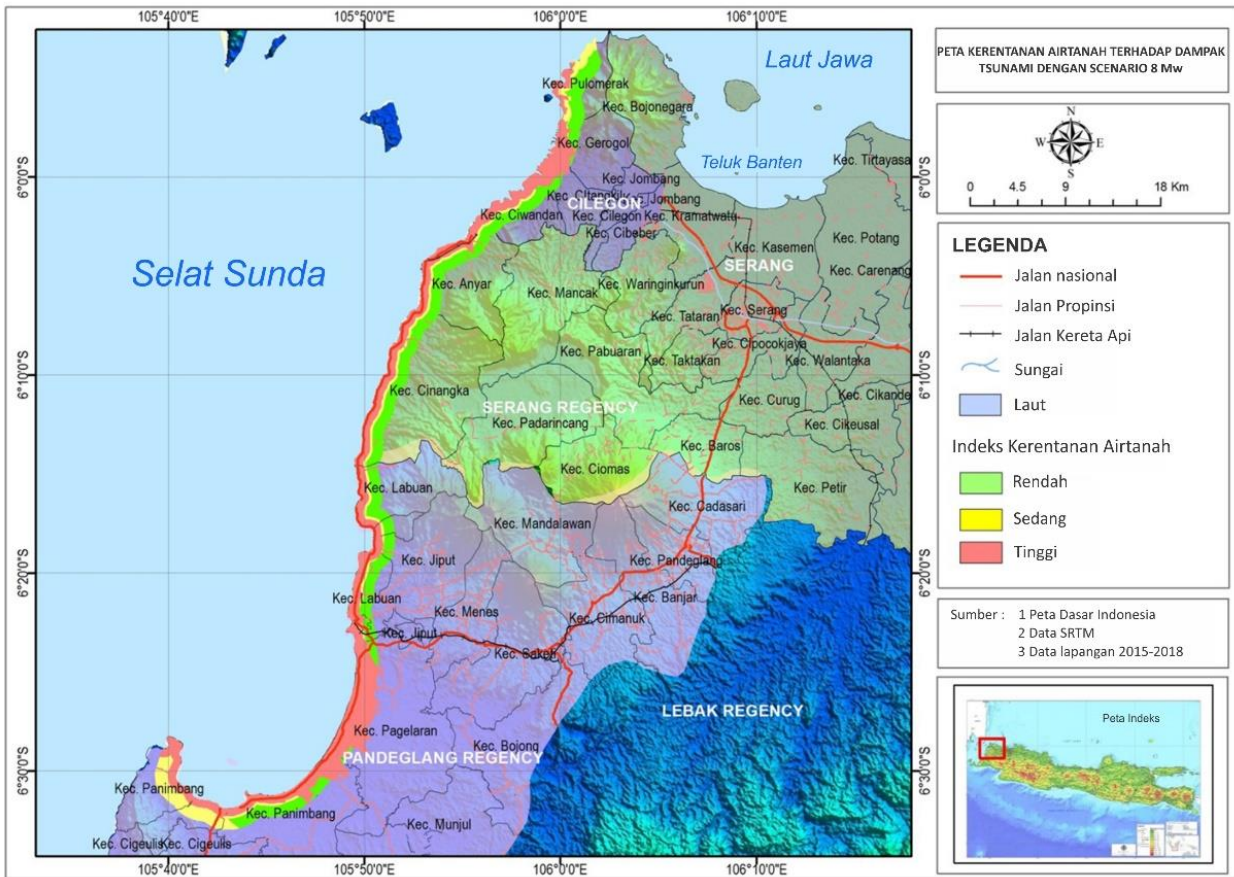




Gambar 4. Indeks Kerentanan Airtanah di wilayah pesisir dengan menggunakan metode GALDIT.



Gambar 5. Indeks kerentanan airtanah dengan metode Galdit dan penambahan scenario potensi tsunami dengan besaran 7,5 dan 8 MW.



Gambar 5. Indeks kerentanan airtanah dengan metode Galdit dan penambahan scenario potensi tsunami dengan besaran 7,5 dan 8 MW.

(Yudhicara, 2008) dapat meningkatkan luasan wilayah rentan menjadi 2 hingga 2,5 km dari garis pantai (Gambar 5).

**KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis sensitifitas, kerentanan akuifer wilayah pesisir menunjukkan bahwa metode GALDIT cukup baik dalam menilai indeks kerentanan airtanah di wilayah pesisir khususnya terhadap potensi kerentanan akibat aktifitas antropogenik seperti pemompaan airtanah yang berlebih dan dampak perubahan iklim. Indeks kerentanan telah direpresentasikan dengan baik yang mengindikasikan wilayah pesisir dengan kerentanan airtanah tinggi memiliki jarak hingga 500 meter dari garis pantai, akan tetapi jarak wilayah rentan yang didapat dalam model ini haruslah dikorelasikan pula dengan faktor lainnya. Faktor lain tersebut adalah kondisi kerentanan lokal wilayah penilaian serta penggunaan indeks kerentanan lainnya seperti metode-metode yang telah dipublikasikan

sebelumnya. Pada kasus di pesisir Jawa sepanjang Selat Sunda ini, wilayah rentan akan menjadi semakin luas jika dimasukkan potensi kerawanan lainnya seperti faktor kerentanan bencana alam.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Materi makalah ini telah dipresentasikan pada acara purna Bakti Prof. Dr. Herry Harjono pada tanggal 24 Agustus 2016 bertempat di Bandung. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Prof. Dr. Hery Harjono, Prof. Dr. Robert Delinom, Ir Priyo Hartanto, Ir. Sudaryanto MT, Drs. Dadan Suherman, Dr. Muhammad Maruf Mukti dan Wahyu Purwoko Amd atas diskusi dan penyediaan data pendukung. Ucapan terima kasih kami berikan pula kepada para penelaah dan seluruh redaksi Jurnal Reset Geologi dan Pertambangan atas bantuannya sehingga tulisan ini dapat dipublikasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aller, L., Lehr, J. H., Petty, R., and Bennett, T., 1987. *DRASTIC* A Standardized System to Evaluate Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. U.S. Environmental Protection Agency EPA/600/2-87-035, 622 p.
- Chachadi, A. G., Ferreira, J. P. L., 2005. Assessing aquifer vulnerability to sea-water intrusion using GALDIT method: Part 2 – GALDIT Indicators Description. Proc. 4th Fourth Inter Celt. Colloq. Hydrol. Manag. Water Resour. 1–12.
- Civita, M., De Maio, M., 2004. Assessing and mapping groundwater vulnerability to contamination: The Italian “combined” approach. *Geofis. Int.* 43, 513–532. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.21003>
- Dekkaki, H. C., Ali, M. Ben, Taleb, A. A., Myzy, H., Zerrouk, M.H., Mesmoudi, A., 2018. Evaluation of intrinsic vulnerability against seawater intrusion using the GALDIT approach . A pplication to the R ’ mel aquifer ( North West of Morocco ). *J. Mater. Environ. Sci.* 9, 107–112.
- Eminoglou, G., Gkiougkis, I., Kallioras, A., Pliakas, F., 2017. Updated groundwater vulnerability evaluation at a coastal aquifer system in NE Greece. *Eur. Water* 57, 423–428.
- Ferreira, J. P. L., Chachadi, A. G., Catarina, Diamantino, Henriques, M. J., 2005. Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using GALDIT method: Part 1- Application to the Portuguese Aquifer of Monte Gordo. *Fourth Inter Colloq. Hydrol.* 1–12. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Harjono, H., Diament, M., Dubois, J., Larue, M., Zen, M. T., 1991. Seismicity of the Sunda Strait: Evidence for crustal extension and volcanological implications. *Tectonics* 10, 17–30. <https://doi.org/10.1029/90TC00285>
- Honnaganoudar, S. S., Venkat Reddy, D., 2014. Analysis of Vulnerability Assessment in the Coastal Dakshina Kannada District, Mulki to Talapady Area, Karnataka. ISSN || *Int. J. Comput. Eng. Res.* 04, 2250–3005.
- Lappas, I., Kallioras, A., Pliakas, F., Th, R., 2016. Groundwater Vulnerability Assessment To Seawater Intrusion Through Gis – Based Galdit Method . Case Study : Atalanti Coastal Aquifer , Central Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece* L, 798–807. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.11786>
- Sudaryanto, M, Nailly W, Maria. R., 2017. Hidrogeokimia Air Tanah Tidak Tertekan di Pesisir Barat Kabupaten Serang dan Pandeglang, Provinsi Banten. *J. Ris. Geol. dan Pertamb.* 27, 189–199. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.466>
- Tasnim, Z., Tahsin, S., 2016. Application of the Method of Galdit for Groundwater Vulnerability Assessment : A Case of South Florida. *Asian J. Appl. Sci. Eng.* 5, 27–40.
- Yudhicara, K., B., 2008. Tsunamigenik di Selat Sunda : Kajian terhadap katalog Tsunami Soloviev. *Indones. J. Geosci.* 3, 241–251.