

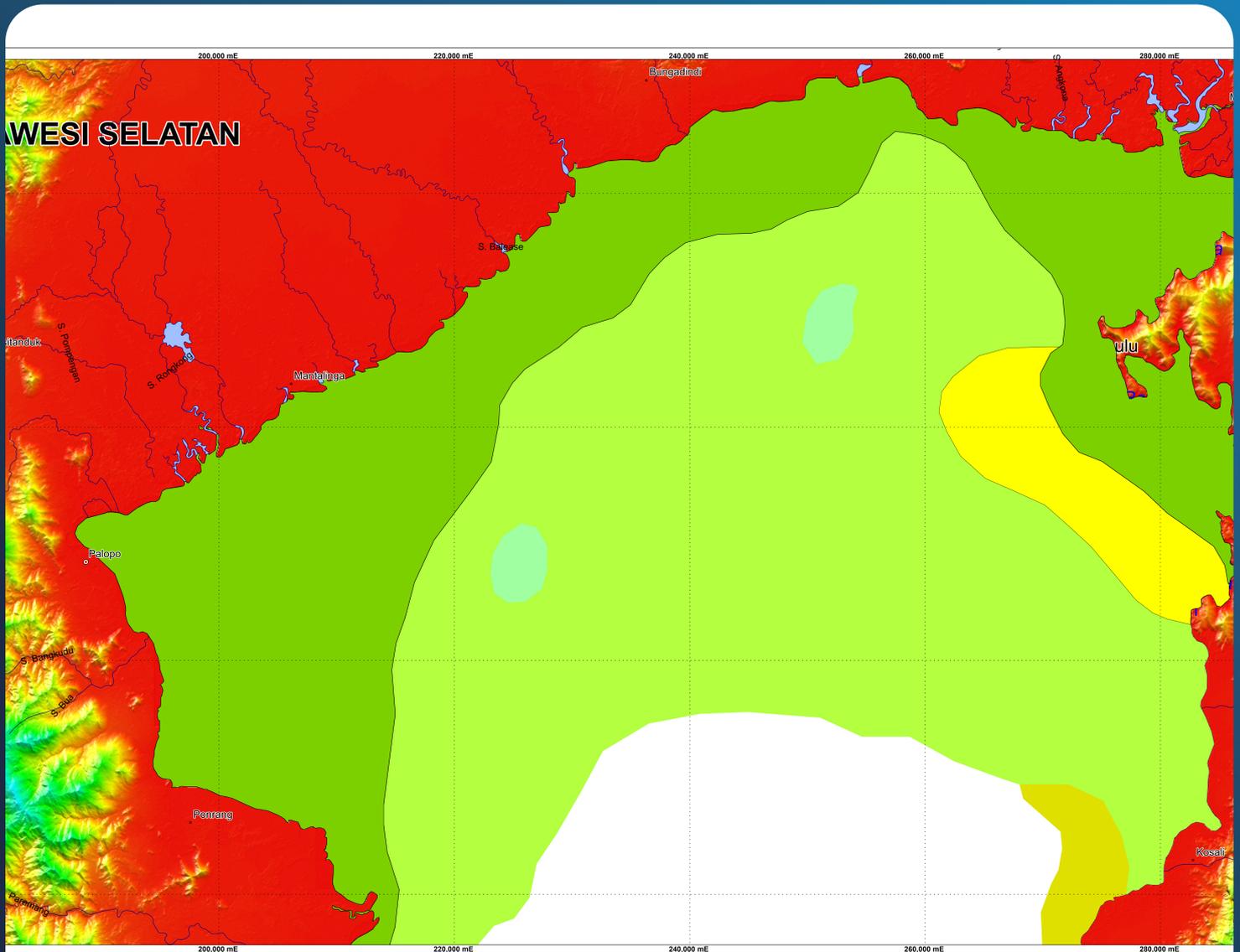


# JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

## MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Volume 21, No. 2, November 2023

ISSN : 1693- 4415



PETA SEBARAN SEDIMEN BAGIAN UTARA PERAIRAN TELUK BONE

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
BADAN GEOLOGI  
BALAI BESAR SURVEI DAN PEMETAAN GEOLOGI KELAUTAN

JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

VOL. 21

NO. 2

HAL. 54 - 99

BANDUNG  
JUN. 2023

ISSN  
1693-4415

ISSN 1693-4415



9 771693 441579

Terakreditasi sebagai Majalah  
Ilmiah berdasarkan Keputusan  
Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kemenristekdikti No. 200/M/KPT/2020  
Tanggal 23 Desember 2020



# JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

## MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Vol. 21, No. 2, November 2023

ISSN : 1693-4415

Penanggungjawab : Kepala Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

### Dewan Redaksi

Ketua : Ir. Deny Setiady, M.T.

Wakil Ketua : Ir. Imelda Rosalia Silalahi

Anggota : Ir. Purnomo Rahardjo, M.T.  
Nineu Yuyu Geurhaneu, S.Si., M.T.  
Subarsyah, S.Si., M.T.  
Ir. Immaculata Christiana, M.T.  
Ir. Nur Adi Kristanto, M.T.  
Yani Permanawati, S.T., M.Si.  
Fauzi Budi Prasetyo, S.T., M.T.  
FX. Harkins H. Prabowo, S.T., M.T.  
Ali Albab, S.T.  
Agus Setyanto, S.T., M.Eng.  
Irwan Hidayat Suherman, S.Si.  
Eko Saputro, S.T., M.T.  
Imam Setiadi, S.Si., M.T.

Mitra Bestari : Dr. Ir. Susilohadi - BRIN  
Prof. Dr. Haryadi Permana, DEA. - BRIN  
Dr. Ir. Noor Cahyo Dwi Aryanto, M.T. - BRIN  
Drs. Lukman Arifin, M.Si. - BRIN  
Dr. Basuki Rahmad - UPN "Veteran" Yogyakarta

### Sekretariat Redaksi

Ketua : Edi Suhanto, S.Si., M.T.

Wakil Ketua : Bakti Nata Kusumah, S.Si.

Anggota : Drs. Judy Muliawan Eddy  
Ramawarist Ramzani, S.H.  
Nanang Suryana  
Dwinanda Pratya Annisa Murni, S.Pd.  
M. Nieko Destama, S.I.Pus.

Desain Grafis : Dery Rochiman, A.Md.

Diterbitkan secara teratur 2 kali dalam setahun (Juni dan November)  
Oleh : Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

### ALAMAT REDAKSI

Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan  
Jalan Dr. Junjuran 236, Bandung-40174, Indonesia  
Telepon : 022-6032020, 6032201, Ext 268, Fax : 022- 6017887  
http://www.mgi.esdm.go.id e-mail : [ejournal.p3gl@gmail.com](mailto:ejournal.p3gl@gmail.com)

## **PENGANTAR REDAKSI**

Pembaca yang budiman,

Jurnal Geologi Kelautan merupakan media publikasi antar para pakar di bidang kebumihantaraan yang secara spesifik tentang geologi kelautan. Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL) Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral menjawab tantangan untuk tetap menjaga mutu dan akuntabilitas dalam proses penerbitannya sebagai Majalah Ilmiah Terakreditasi Nasional.

Terbitnya edisi Jurnal Geologi Kelautan Volume 21 No. 2 tahun 2023 ini adalah berkat kerja sama dan ketekunan penulis, redaktur, editor, dan mitra bestari yang mendapat dukungan moral dan material dari pihak terkait terutama manajemen dari BBSPGL, Badan Geologi. Makalah-makalah yang diterbitkan pada edisi ini menggunakan OJS (Open Journal System) melalui tahap penilaian substansi oleh para editor dan mitra bestari yang relevan, yaitu: Analisis Geokimia Sedimen Dasar Laut Perairan Teluk Bone Bagian Utara, Sulawesi; Klasifikasi Morfologi Dasar Laut Perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa; Karbon Organik Total Pada Air Pori Di Sedimen Pulau Payung, Sumatera Selatan; Interpretasi Geologi berdasarkan Hasil Pemodelan 2d Dan 3d Bawah Permukaan Cekungan biliton berdasarkan Analisis Data Gayaberat; Dan Gas Biogenik Di Teluk Lada Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten ( Menggunakan Metode Seismik Pantul Dangkal).

Besar harapan kami penyajian makalah-makalah di bidang geologi kelautan pada Jurnal Geologi Kelautan ini bermanfaat bagi para pembaca. Kami mengucapkan terima kasih pada semua pihak semoga kerja sama yang telah terjalin selama ini dapat terus ditingkatkan, sehingga Jurnal Geologi Kelautan dapat makin berkualitas sebagai media para pakar bidang geologi kelautan.

Bandung, November 2023

Dewan Redaksi



# JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

## MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Vol. 21, No. 2, November 2023

ISSN : 1693-4415

### DAFTAR ISI

- ANALISIS GEOKIMIA SEDIMEN DASAR LAUT PERAIRAN TELUK BONE BAGIAN UTARA, SULAWESI*  
**Eko Saputro, Arif Ali, Yuli Yulianah**-----54-65  
DOI: <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.21.2.2023.821>
- KLASIFIKASI MORFOLOGI DASAR LAUT PERAIRAN PULAU KEMUJAN, KEPULAUAN KARIMUNJAWA*  
**Arip Rahman dan Amran Ronny Syam** -----66-73  
DOI: <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.21.2.2023.825>
- KARBON ORGANIK TOTAL PADA AIR PORI DI SEDIMEN PULAU PAYUNG, SUMATERA SELATAN*  
**Tengku Zia Ulqodry, Fransiskus De Karo, Wike Ayu Eka Putri, Riris Aryawati, Tri Ayu Novitasari, Judistira Siddik** -----74-79  
DOI: <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.21.2.2023.795>
- INTERPRETASI GEOLOGIBERDASARKAN HASIL PEMODELAN 2D DAN 3D BAWAH PERMUKAAN CEKUNGANBILITONBERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT*  
**Mu'amar Hafiz, Imam Setiadi, Purwaditya Nugraha**.....80-93  
DOI: <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.21.2.2023.826>
- GAS BIOGENIK DI TELUK LADA KABUPATEN PANDEGLANG PROVINSI BANTEN (MENGUNAKAN METODE SEISMIK PANTUL DANGKAL)*  
**Lukman Arifin, Susilohadi, Deny Setiadi, Edy Mirnanda** -----94-99  
DOI: <http://dx.doi.org/10.32693/jgk.21.2.2023.856>

# ANALISIS GEOKIMIA SEDIMEN DASAR LAUT PERAIRAN TELUK BONE BAGIAN UTARA, SULAWESI

## *GEOCHEMICAL ANALYSIS OF MARINE SEDIMENT IN NORTHERN PART OF BONE BAY WATERS, SULAWESI*

Eko Saputro<sup>1\*</sup>, Arif Ali<sup>1</sup>, Yuli Yulianah<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Bandung 40174

\*eko\_geo97@yahoo.com

Diterima : 14-03-2023 , Disetujui : 20-07-2023

### ABSTRAK

Analisis geokimia sedimen dasar laut perairan Teluk Bone bagian utara dilakukan untuk mengetahui rona awal sebaran dan kandungan geokimia pada sedimen dasar laut perairan ini. Analisis granulometri yang dilakukan pada sedimen dasar laut menunjukkan dominasi lanau dan lanau pasiran. Hasil analisis geokimia unsur utama menunjukkan bahwa SiO<sub>2</sub> (38,13%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14,25%) dan CaO (11,80%) merupakan senyawa utama yang paling tinggi kandungannya. Secara umum, prosentase sebaran senyawa utama tersebut semakin berkurang seiring bertambahnya kedalaman batimetri, serta penyebarannya sangat dipengaruhi oleh banyak-sedikitnya sedimen fraksi halus. Unsur logam tertinggi pada perairan Teluk Bone ini yaitu Fe, Pb dan Zn dengan komposisi rata-rata ketiganya bernilai 46.134,35 ppm, 90 ppm dan 80,13 ppm. Pada umumnya sebaran kandungan unsur logam berasal dari daerah dekat darat, dan berkurang kandungannya seiring bertambahnya kedalaman batimetri. Diagram hubungan antara unsur logam dengan ukuran rata-rata butir sedimen menunjukkan bahwa semakin halus nilai ukuran butir maka semakin tinggi kandungan unsur logam di dalamnya.

**Kata kunci:** Analisis geokimia, unsur utama, unsur logam, granulometri, Teluk Bone

### ABSTRACT

*Geochemical analysis of seabed sediments in the northern part of the Bone Bay waters was carried out to determine the initial baseline and geochemical content of the seabed sediments in this area. Granulometric analysis carried out on seafloor sediments showed the predominance of silt and sandy silt. Major element analysis shows that SiO<sub>2</sub> (38.13%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14.25%) and CaO (11.80%) are the main compounds with the highest content. In general, the distribution of these main compounds decreases with increasing bathymetric depth, and their distribution is strongly influenced by the amount of fine fraction sediments. The highest metal elements in the waters of the Bone Bay are Fe, Pb, and Zn with an average composition of the three of them having values of 46,134.35 ppm, 90 ppm and 80.13 ppm. In general, the distribution of metal content comes from areas near the land, and the content decreases with increasing bathymetric depth. The diagram of the relationship between metal elements and the average grain size of the sediment shows that the finer the grain size, the higher the metal element content.*

**Keyword:** Geochemical analysis, major elements, metal elements, granulometry, Bone Bay

## PENDAHULUAN

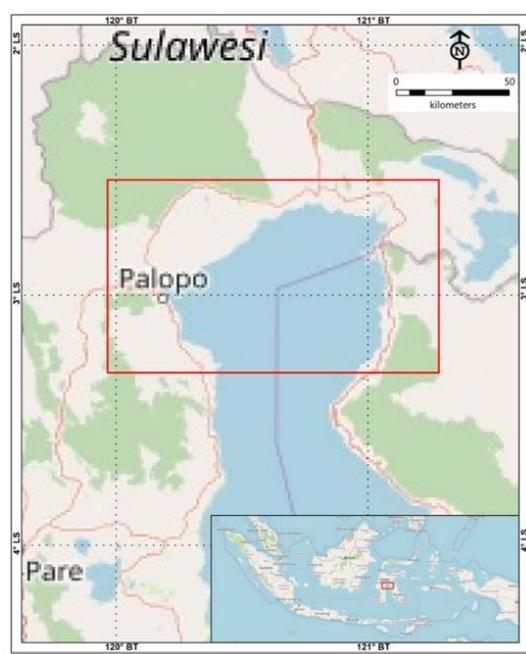
Penelitian geologi dan geofisika di perairan Teluk Bone telah dilakukan oleh Puslitbang Geologi Kelautan pada tahun 2010. Metode penelitian yang digunakan salah satunya adalah pengambilan sampel sedimen dasar laut. Sebanyak 42 sampel sedimen dasar laut diambil dari bagian utara, timur dan barat dari perairan Teluk Bone. Sebanyak 35 sampel sedimen diambil menggunakan alat sampling jatuh bebas dan 7 sampel sedimen menggunakan alat sampling comot (*grab sampler*). Pemilihan lokasi titik sampling dilakukan sesuai capaian peralatan sampling yang mempunyai keterbatasan, yakni tidak bisa lebih dari 200 m sehingga pada bagian tengah Teluk Bone tidak terdapat sampel sedimen dasar laut.

Secara geografis daerah penelitian termasuk ke dalam wilayah perairan Teluk Bone dengan batas koordinat 2°00'00" Lintang Selatan – 4°00'00" Lintang Selatan dan 120°00'00" Bujur Timur – 121°30'00" Bujur Timur (Gambar 1). Geologi regional daerah penelitian termasuk kedalam Peta Geologi Lembar Malili (Simandjuntak dkk., 1991). Berdasarkan himpunan batuan, struktur dan biostratigrafi, Lembar Malili termasuk Mendala Geologi Sulawesi Timur dan Mendala Geologi Sulawesi Barat, dengan batas Sesar Palu Koro yang membujur hampir utara-selatan. Mendala Geologi Sulawesi Timur dapat dibagi menjadi dua lajur (*belt*) yaitu lajur batuan malihan dan lajur ofiolit Sulawesi Timur yang terdiri dari batuan ultramafik dan batuan sedimen pelagis Mesozoikum. Mendala Geologi Sulawesi Barat tersusun dari sedimen berumur Kenozoikum, sekuen vulkanik yang menimpa sedimen berumur pra-Kenozoikum, sedimen laut, batuan metamorf, dan batuan beku ultrabasa.

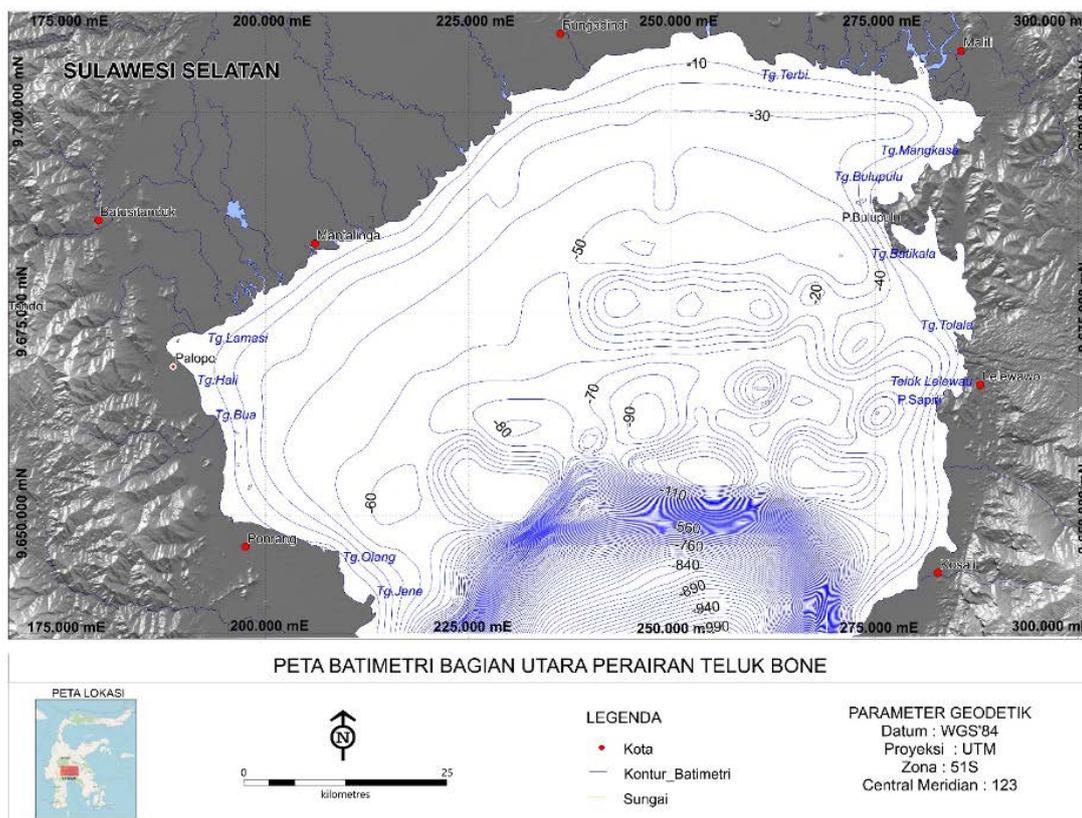
Partikel atau zat yang masuk ke dalam laut akan berakhir sebagai sedimen, dimana keberadaannya tidak

terlepas dari proses biologi dan kimia yang juga dipengaruhi oleh faktor fisika sehingga terjadi proses sedimentasi di lautan. Sedimentasi adalah proses pengendapan komponen sedimen daratan atau terakumulasinya partikel atau komponen sedimen dalam suatu tempat yang biasanya berbentuk cekungan yang mengalami beberapa proses terlebih dahulu. Pipkin (1977) menyatakan bahwa sedimen tersusun oleh pecahan, mineral, atau material organik yang ditransforkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk didalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia. Gross (1990) mendefinisikan sedimen laut sebagai akumulasi dari mineral-mineral dan pecahan-pecahan batuan yang bercampur dengan hancuran cangkang dan tulang dari organisme laut serta beberapa partikel lain yang terbentuk lewat proses kimia yang terjadi di laut. Menurut Rollison (1993) terdapat empat jenis data geokimia yang biasa digunakan untuk merekonstruksi sejarah pembentukan batuan yaitu data unsur utama, unsur jejak, isotop radiogenik dan *stable* isotop. Data geokimia unsur utama dan unsur logam merupakan data yang digunakan dalam tulisan ini.

Komposisi sedimen permukaan dasar laut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor baik kondisi geologi, morfologi, iklim, maupun proses geologi yang bekerja. Proses yang paling berpengaruh terhadap sedimentasi di daerah pantai dan perairan dangkal adalah pasokan sedimen dari sungai, gelombang, pasang-surut, arus sejajar pantai, arus tegak lurus pantai, dan sebagainya (Komar, 1998 dalam Zuraida dkk., 2017). Sungai besar yang bermuara ke Teluk Bone adalah Sungai Cenrana. Sungai Cenrana merupakan pemasok sedimen yang cukup tinggi karena beberapa sungai besar dan kecil bermuara ke sungai ini (Rahardiawan dan Arifin, 2013).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian perairan Teluk Bone



Gambar 2. Peta pola kedalaman bagian utara perairan Teluk Bone (modifikasi dari Sutisna, dkk, 2010)

Kedalaman dasar laut di daerah ini sangat bervariasi dari kedalaman 10 m sampai 2.000 m. Kedalaman yang dangkal berada di sepanjang pantai dari barat, utara dan timur daerah penyelidikan yang mempunyai luas kedalaman mulai dari 50 m sampai 200 m. Di daerah utara Teluk Bone merupakan daerah yang mempunyai luas kedalaman laut dangkal paling besar dengan morfologi relatif datar. Kedalaman laut semakin dalam mengarah ke arah selatan dan tenggara, yaitu dari kedalaman 200 m sampai 2.000 m (Gambar 2) (Sutisna dkk., 2010).

Maksud dan tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui rona awal sebaran dan kandungan geokimia sedimen dasar laut di perairan Teluk Bone berdasarkan analisis besar butir dan analisis geokimia sehingga diketahui pola sebaran dan kaitannya dengan tekstur sedimen yang berkembang.

## METODE

Sebanyak 42 sampel sedimen dasar laut diambil pada kedalaman mulai dari 10 m sampai 200 m, dan hanya 31 sampel sedimen yang dilakukan analisis besar butir untuk kepentingan penelitian ini (Gambar 3). Analisis besar butir yang dilakukan adalah dengan memisahkan berat asal (rata-rata) 100 g, berat cangkang dan berat kumulatif. Pemisahan butir dilakukan mulai dari fraksi  $-2,0 \phi$  hingga  $4,0 \phi$  sedangkan untuk fraksi lainnya dihitung mulai  $4,0 \phi$  hingga  $8,0 \phi$ , kemudian data tersebut diolah menggunakan *software* KUMMOD-

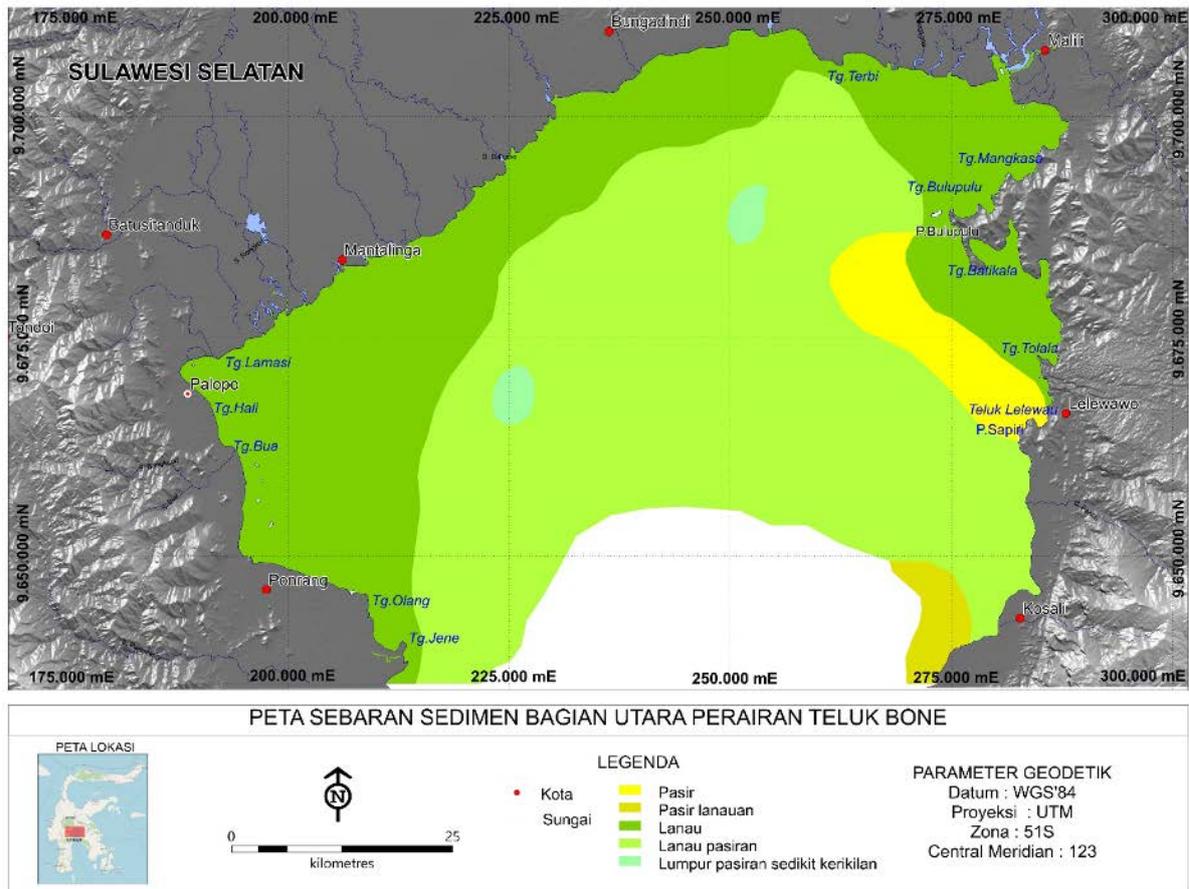
SEL untuk mendapatkan beberapa parameter, antara lain nilai  $X(\phi)$ , sortasi, skewness, kurtosis serta komposisi tekstur sedimennya. Kemudian dilakukan klasifikasi sedimen berdasarkan pada klasifikasi Folk (1980) untuk mendapatkan gambaran pola sebaran sedimen permukaan yang terjadi di daerah penelitian. Analisis geokimia dilakukan terhadap sampel sedimen berupa analisis unsur dalam bentuk senyawa oksida maupun senyawa sulfida dari unsur-unsur utama (*Major Elements*), dan analisis unsur-unsur mineral logam (*Metal Element*) menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Sebanyak 25 sampel sedimen terpilih berdasarkan pada pola sebaran sedimen dasar laut dilakukan analisis kimia unsur utama (*Major Element*), dan 24 sampel sedimen dilakukan analisis kimia logam dasar (*Base Metal*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Besar Butir

Hasil dari analisis besar butir terhadap 31 sampel sedimen dasar laut (Tabel 1) dihubungkan dengan pola batimetri yang berkembang di bagian utara perairan Teluk Bone, terlihat bahwa terdapat 5 tipe sedimen dasar laut yang berkembang yaitu lanau (Z), lanau pasiran (sZ), lumpur pasiran sedikit kerikilan ((g)sM), pasir lanauan (zS), pasir (S), dapat terlihat pada Gambar 4.





Gambar 4. Peta sebaran sedimen dasar laut di bagian utara perairan Teluk Bone

### Geokimia Unsur Utama

Geokimia unsur utama dicirikan oleh  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{S}$ , dan  $\text{Cl}$ . Berdasarkan hasil analisis geokimia yang telah dilakukan terhadap 25 sampel sedimen dasar laut yang diambil dari daerah penelitian (Tabel 2), menunjukkan bahwa kandungan  $\text{SiO}_2$  berada dalam rentang 26,96% - 53,04% dengan kandungan rata-rata sebesar 38,13%. Sebaran senyawa  $\text{SiO}_2$  dengan kandungan sedang berada di bagian barat-baratdaya, sedangkan ke arah timur-timurlaut semakin mengecil, namun dibagian tengah terdapat kandungan tinggi kemungkinan berasal dari batuan yang berada di area tersebut. Kemudian senyawa lainnya diantaranya kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan nilai berkisar 7,36% - 19,39% dan kandungan rata-ratanya sebesar 14,25%. Sebarannya mulai dari arah utara-baratlaut-barat semakin ke arah tenggara semakin mengecil. Senyawa  $\text{CaO}$  memiliki kandungan terbesar ketiga dengan nilai kisaran 3,13% - 23,52% dengan kandungan rata-rata sebesar 11,80%. Sebaran senyawa  $\text{CaO}$  berupa area-area yang berada di bagian tenggara dan tengah daerah penelitian, semakin ke arah darat semakin mengecil, hal ini menjelaskan bahwa senyawa  $\text{CaO}$  berasal dari material batuan terumbu yang berasal dari pulau-pulau kecil di sekitar perairan Teluk Bone. Senyawa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  merupakan senyawa dengan kandungan

terbesar keempat yaitu berada dalam rentang 2,94% - 8,13%, dengan kandungan rata-rata sebesar 5,30%. Kandungan tertingginya berada di baratdaya dan timur laut, semakin ke tengah daerah penelitian semakin rendah. Kandungan senyawa  $\text{MgO}$  memiliki kisaran 3,02% - 6,57% dengan kandungan rata-rata sebesar 4,15%. Sebaran dengan kandungan tertinggi berada dibagian timurlaut, semakin ke arah tengah semakin mengecil. Sedangkan kandungan senyawa  $\text{Na}_2\text{O}$  berada dalam rentang 1,89% - 7,24% dengan kandungan rata-rata sebesar 2,71%. Sebaran kandungan tertinggi berada di arah utara dan barat semakin ke tengah semakin rendah, akan tetapi dibagian tengah terdapat kandungan senyawa  $\text{Na}_2\text{O}$  paling rendah dan di lokasi yang sama terdapat kandungan  $\text{SiO}_2$  dengan nilai tinggi, hal ini semakin membuktikan bahwa di area tersebut terdapat batuan plutonik berupa batuan ultrabasa (ultramafik). Ahmad (2006) dalam Arif dkk (2020) menyatakan bahwa batuan ultramafik adalah batuan yang kaya akan mineral-mineral mafik dengan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang rendah yakni <45% dan kaya  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  dengan  $\text{Na}$  yang rendah, batuan beku ultramafik hanya dapat terbentuk secara plutonik. Ketika batuan tersingkap ke permukaan secara gradual maka akan mengalami dekomposisi. Unsur utama  $\text{Cl}$  dengan kandungan rata-rata sebesar 2,09% hanya muncul sebagian kecil dengan kandungan tinggi di bagian

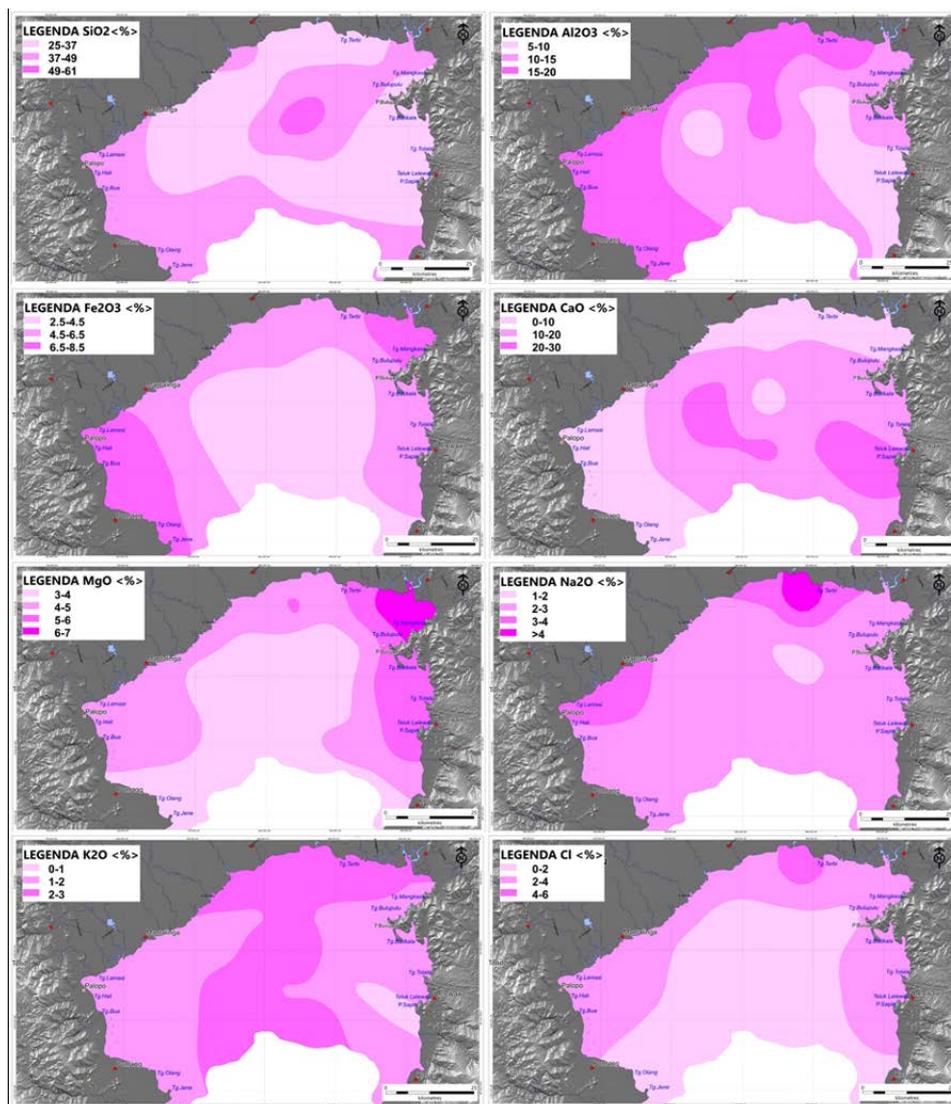
Tabel 2. Karakteristik dan kandungan unsur pada sedimen dasar laut di Bagian Utara Perairan Teluk Bone

No	108	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	122	123	124	125	126	127	128	131	132	133	134	135	138	
Analisis Besar Butir																										
Mean (φ)	3,6	5,7	5,4	5,8	5,8	5,9	5,8	5,3	4,8	3,5	4,1	5,7	4,9	4,3	5,5	5,4	4,0	4,7	4,4	4,8	4,8	4,8	5,5	5,6	5,4	4,6
Sortasi (F)	2,1	1,1	1,8	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,8	2,0	1,8	1,2	2,1	1,9	1,2	1,1	2,0	1,9	1,7	2,0	2,0	2,0	1,0	1,3	0,9	1,6
Skewness	0,3	0,5	-0,9	0,4	0,3	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	0,3	-0,4	0,1	-0,2	-0,5	0,1	-0,2	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	-0,3	-0,3
Kurtosis	2,3	2,6	3,9	2,3	2,3	2,8	2,6	3,3	2,2	2,2	2,6	2,9	2,1	1,9	3,9	4,4	1,7	2,3	2,1	1,8	1,8	3,7	2,7	3,7	2,6	2,6
Kerikil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Persen Butir																										
Pasir	53,9	0,3	11,1	0,3	0,9	2,7	2,7	9,7	26,4	46,6	41,8	2,1	27,1	41,4	4,2	3,3	47,5	26,5	40,0	40,0	40,0	40,0	1,9	6,1	1,2	27,6
Lempung	43,5	96,5	86,0	96,6	96,1	95,7	92,9	88,7	71,7	52,4	58,0	93,6	70,7	56,7	93,4	96,6	51,9	70,4	59,8	59,0	59,0	96,3	91,9	98,8	71,4	
Klasifikasi (Folk, 1980)																										
Pasir lanauan	2,6	3,3	2,8	3,1	2,9	1,7	4,4	1,6	1,9	0,3	0,1	4,3	2,3	1,9	2,3	0,1	0,4	3,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,8	2,1	0,0	1,0
Unsur Utama (wt%)																										
SiO <sub>2</sub>	46,51	40,21	31,62	38,28	36,17	34,87	38,70	35,17	31,19	49,05	39,68	26,96	53,04	34,80	36,28	36,44	34,40	32,32	32,07	34,55	42,48	38,01	40,04	46,33	44,15	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,66	19,07	15,22	13,31	17,19	17,09	18,48	14,27	12,88	10,63	9,17	11,06	18,04	7,36	16,83	17,21	11,75	10,74	7,91	12,45	13,26	17,11	17,40	19,39	17,66	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,01	7,22	5,55	8,13	6,19	6,15	6,28	4,98	4,21	2,99	4,39	5,39	4,16	2,94	5,77	6,60	3,90	3,98	4,17	4,38	3,74	6,58	7,11	6,87	6,80	
CaO	15,05	3,24	6,98	4,65	6,37	7,24	5,59	12,65	19,29	15,41	17,30	16,51	4,13	23,52	8,66	7,05	19,39	20,94	22,30	18,27	14,98	8,47	6,63	3,13	7,22	
MgO	3,37	4,01	4,44	6,57	5,67	5,07	4,29	4,38	3,66	3,04	4,35	5,78	3,02	3,11	4,22	4,60	3,75	3,69	4,10	4,11	3,36	4,28	4,11	3,46	3,43	
Na <sub>2</sub> O	2,18	3,14	7,24	2,76	2,90	2,97	2,90	2,85	2,30	1,89	2,14	2,77	2,34	1,93	3,24	3,07	2,35	2,38	2,25	2,32	2,54	2,10	2,57	2,27	2,28	
K <sub>2</sub> O	1,85	1,80	2,48	1,99	2,75	2,25	2,41	1,94	1,88	2,05	1,20	1,56	3,02	1,79	1,96	1,58	2,18	1,93	0,98	2,13	2,92	1,45	1,30	1,47	1,26	
TiO <sub>2</sub>	0,463	0,762	0,487	0,498	0,480	0,521	0,593	0,515	0,457	0,377	0,345	0,351	0,593	0,254	0,624	0,692	0,406	0,367	0,303	0,444	0,461	0,702	0,760	0,766	0,755	
MnO	0,071	0,187	0,127	0,146	0,222	0,163	0,111	0,128	0,092	0,108	0,174	0,177	0,069	0,105	0,147	0,162	0,082	0,112	0,168	0,122	0,071	0,107	0,169	0,090	0,106	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,154	0,178	0,162	0,134	0,168	0,247	0,198	0,264	0,201	0,191	0,196	0,249	0,082	0,203	0,247	0,213	0,198	0,262	0,234	0,227	0,186	0,197	0,174	0,130	0,155	
S	0,174	0,573	0,595	1,260	0,657	0,560	0,179	0,404	0,406	0,274	0,267	0,459	0,910	0,251	0,644	0,544	0,244	0,222	0,267	0,282	0,270	0,422	0,508	0,290	0,209	
Cl	0,90	2,52	5,43	2,49	2,83	3,00	2,54	2,45	1,37	1,37	1,63	2,77	1,38	1,40	2,75	2,77	1,40	1,63	1,79	1,37	1,18	1,85	2,17	1,72	1,47	
Unsur Logam (ppm)																										
Cu	5,80	17,90	12,30	12,10	12,90	11,60	16,10	12,20	8,90	9,00	12,00	18,10	10,70	9,50	17,10	22,90	11,00	11,50	11,30	11,10	9,40	27,10	28,60	-	29,30	
Pb	36,40	70,70	70,70	48,20	86,80	71,80	76,10	56,80	66,40	714,60	50,40	115,70	52,50	61,10	75,00	62,10	66,40	64,30	52,50	60,00	58,90	56,80	48,20	-	41,80	
Zn	50,70	117,30	103,90	98,60	111,10	109,10	106,10	80,10	64,90	43,10	55,50	86,90	68,40	40,90	94,20	105,40	57,80	59,50	55,50	63,40	62,00	101,50	95,00	-	92,30	
Ag	6,40	5,70	5,90	5,60	6,10	6,60	5,60	5,10	4,40	1,20	1,00	1,00	0,60	0,70	0,70	0,50	0,50	1,10	1,80	1,80	4,00	2,90	12,90	-	4,70	
Fe	28103	59783	54248	69435	54765	49388	54833	44708	36855	24818	35798	40343	36382	24210	56655	68738	32828	36428	36585	40253	28688	75330	59738	-	58320	

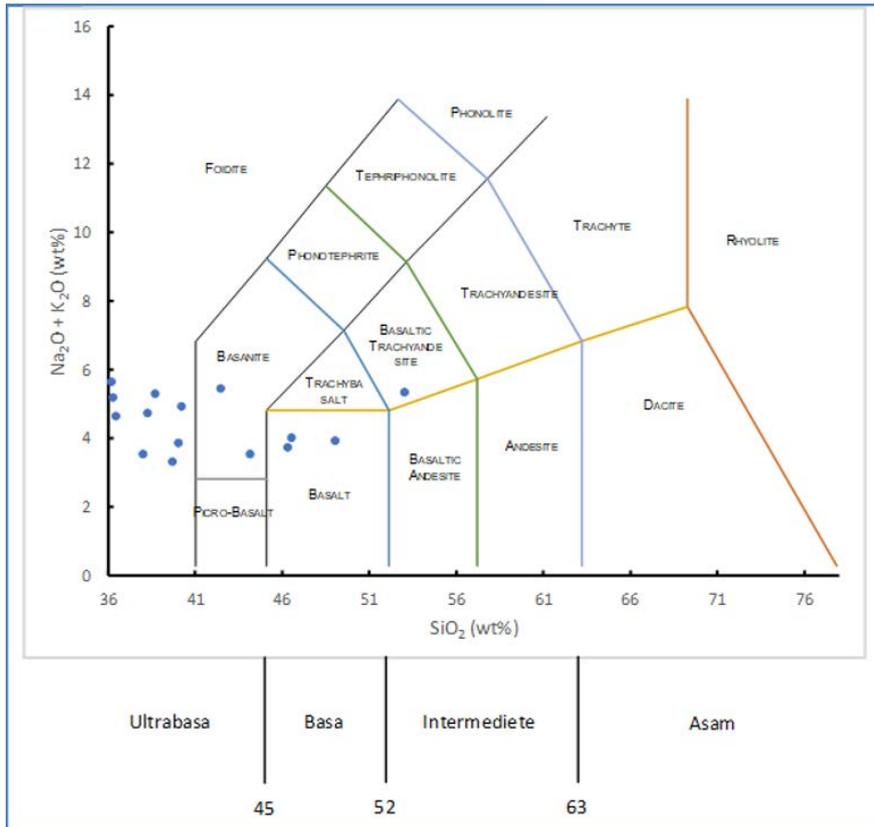
utara, semakin rendah ke seluruh daerah penelitian. Senyawa  $K_2O$  memiliki kandungan rata-rata sebesar 1,93%. Sebaran tertingginya mulai dari bagian utara ke tengah daerah penelitian kemudian ke selatan berangsur-angsur berkurang ke arah barat dan timur (Gambar 5). Sedangkan senyawa dan unsur lainnya ( $TiO_2$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$ , S) karena memiliki kandungan <1% penyebaran tidak penulis bahas. Untuk mengetahui gambaran umum batuan induk sedimen permukaan dasar laut yang diendapkan di daerah penyelidikan, maka dilakukan pendekatan  $SiO_2$  dengan  $Na_2O$  dan  $K_2O$ . Hasil peletakan titik presentase ketiga senyawa tersebut pada suatu sistem koordinat menurut Le Maitre dr (1989), terlihat bahwa sedimen dasar laut di daerah penyelidikan menunjukkan asal batuan yang cukup bervariasi mulai dari rombakan batuan beku ultrabasa sampai batuan beku menengah, namun pada umumnya didominasi oleh batuan beku ultrabasa, hanya sebagian kecil batuan beku basa dan batuan beku menengah (Gambar 6). Secara regional terlihat bahwa hampir seluruh bagian daerah penyelidikan didominasi oleh batuan beku tipe ultrabasa, sebagian kecil

di daerah timur daerah penyelidikan terdapat batuan beku basa dan batuan beku menengah.

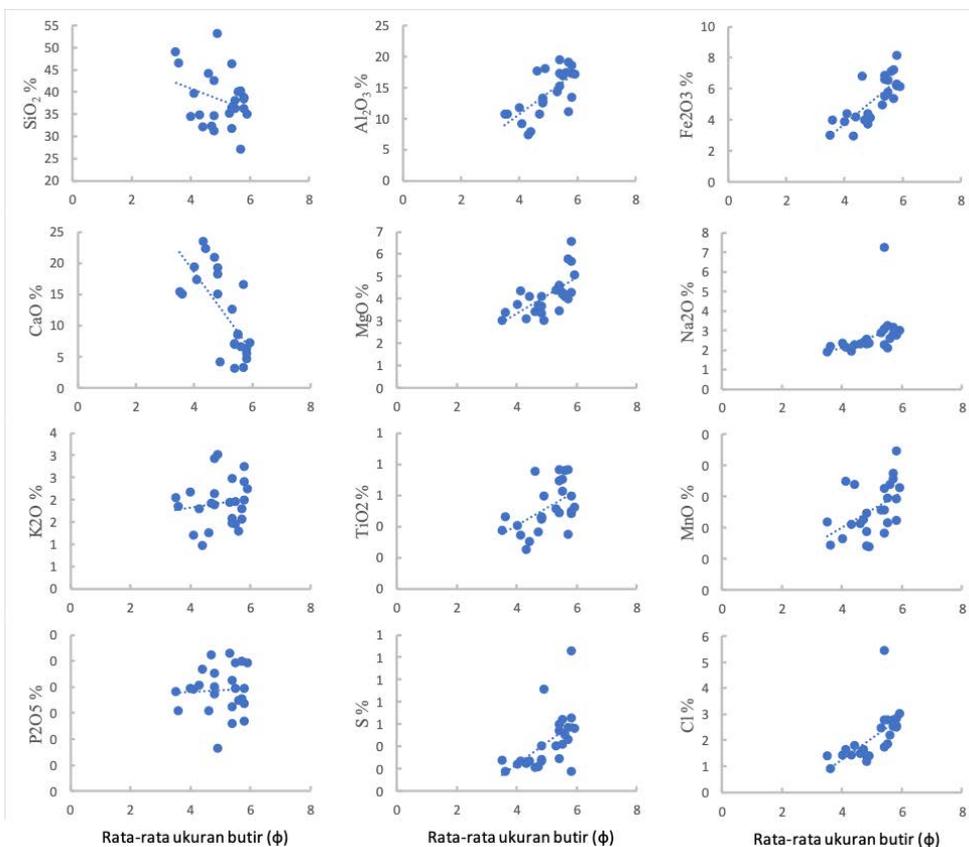
Terlihat pada Tabel 2, kandungan senyawa dan unsur utama di bagian utara Perairan Teluk Bone diperkirakan hadir sebagai material asal darat yang berukuran lanau dan lanau pasiran. Kandungan geokimia dalam sedimen biasanya menunjukkan suatu perubahan yang sejalan dengan perubahan ukuran butir. Diagram hubungan antara senyawa/unsur utama dengan ukuran rata-rata butir sedimen dasar laut di bagian utara Perairan Teluk Bone ditunjukkan pada Gambar 7. Dapat dilihat bahwa ukuran rata-rata butir pada sedimen dasar laut di bagian utara Perairan Teluk Bone mempunyai nilai antara  $3,5 - 5,9 \Phi$  yang sebagian besar terdiri dari pasir sangat halus sampai lanau halus dan variasi spasial dari ukuran rata-rata butir sedimen dasar laut relatif kecil. Persentase kandungan lanau yang tinggi biasanya menghasilkan konsentrasi unsur/senyawa utama yang tinggi. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil analisis geokimia yaitu hampir sebagian besar senyawa dan unsur utama  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$ , S, Cl secara



Gambar 5. Distribusi spasial senyawa dan unsur utama pada sedimen dasar laut di bagian utara perairan Teluk Bone



Gambar 6. Diagram senyawa  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  pada sedimen dasar laut di perairan Teluk Bone, menurut Le Maitre d (1989)



Gambar 7. Diagram unsur utama vs rata-rata ukuran butir ( $\phi$ ) sedimen dasar laut di bagian utara Perairan Teluk Bone

berangsur-angsur meningkat sejalan dengan semakin halusnya ukuran butir, kecuali untuk senyawa SiO<sub>2</sub> dan CaO secara berangsur-angsur meningkat dengan semakin kasar ukuran butir hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh ukuran mineral silika dan kandungan cangkang yang terdapat didalam sedimen dasar laut.

### Geokimia Unsur Logam

Hasil analisis geokimia yang telah dilakukan terhadap 24 sampel sedimen dasar laut dapat dilihat pada Tabel 2. Unsur-unsur logam yang diteliti (Cu, Pb, Zn, Ag dan Fe) dalam sedimen dasar laut di bagian utara perairan Teluk Bone dibandingkan dengan sedimen dasar laut dari beberapa tempat di Indonesia dan rata-rata batuan kerak bumi (Tabel 3). Sebagian besar nilai unsur logam yang diperoleh dalam penelitian ini hampir serupa dengan komposisi rata-rata batuan kerak bumi. Perbedaan dalam konsentrasi unsur logam dalam sedimen dasar laut kemungkinan terkait dengan variasi batuan sumber baik secara tekstur dan litologi serta pengaruh antropogenik di daerah sekitarnya.

lokasi di bagian timur-timur laut mempunyai kandungan yang lebih tinggi (Gambar 8). Kandungan unsur logam Pb di daerah penelitian jauh lebih tinggi dibandingkan dengan dengan komposisi sedimen dasar laut Cekungan Tomini, Teluk Jakarta dan Teluk Ambon (Tabel 3). Seng (Zn) merupakan unsur logam terbesar ketiga setelah Fe dan Pb, dengan nilai berada dalam rentang 40,9 ppm – 117,3 ppm dan nilai rata-rata sebesar 80,13 ppm. Sebaran unsur logam Zn dengan kandungan tertinggi berada di bagian utara dan barat, semakin ke arah selatan dengan kedalaman yang lebih dalam kandungannya semakin kecil (Gambar 8). Kandungan unsur logam Zn sebagian besar sebanding dengan komposisi rata-rata batuan kerak bumi (52 – 71 ppm), sedimen dasar laut di Teluk Jakarta, Teluk Ambon dan Cekungan Tomini (Tabel 3). Kandungan unsur logam Zn pada sedimen dasar laut yang berada di dekat daerah berpenduduk mempunyai kandungan yang relatif tinggi kemungkinan besar berkaitan dengan keragaman input antropogenik seperti pembuangan limbah industri dan domestik. Sedangkan untuk unsur logam Tembaga (Cu) dan Perak (Ag) memiliki

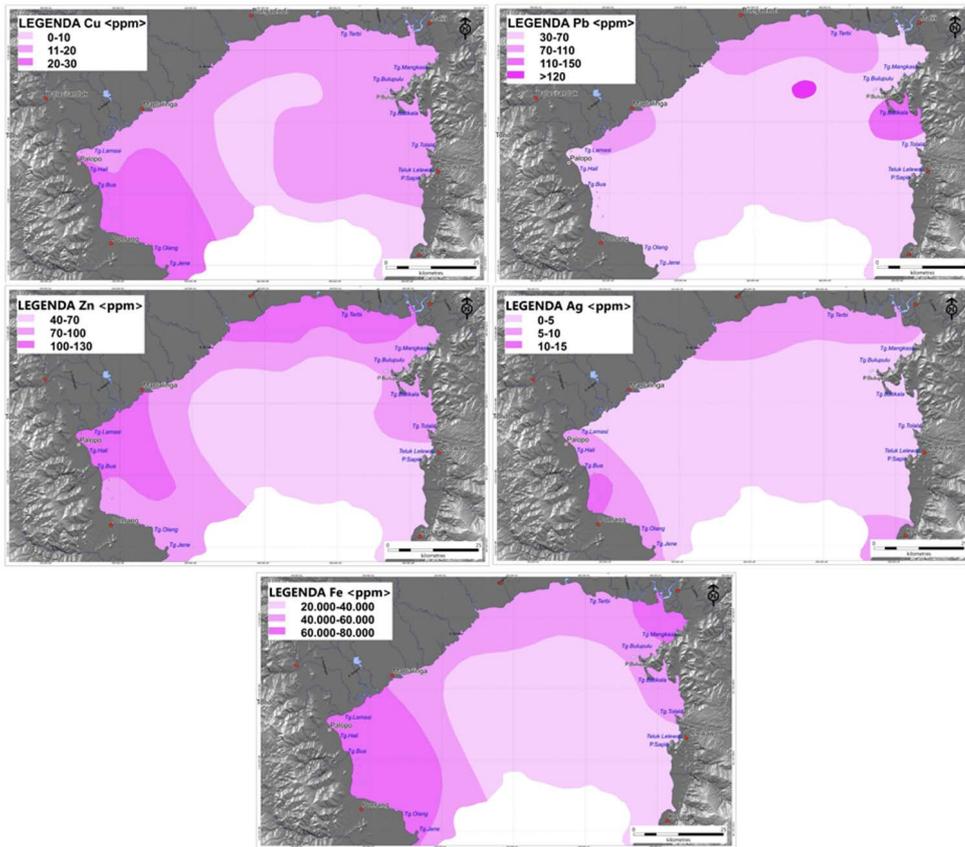
Tabel 3. Perbandingan konsentrasi unsur logam yang diperoleh pada sedimen dasar laut dengan yang ditemukan di beberapa tempat di Indonesia dan beberapa rata-rata batuan kerak

	Fe(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Ag(ppm)
Teluk Bone	24210 - 75330	8,90 - 29,3	40,9 - 117,3	41,8 - 714,6	0,5 - 12,9
1. Teluk Jakarta	50282 - 65093	13,5 - 35,4	69,7 - 244	10,1 - 27,7	
2. Cekungan Tomini	11100 - 15500	85 - 95	100	101 - 130	20 - 4020
3. Teluk Ambon	27598 - 51716	13,7 - 44,8	51,3 - 163	14,4 to 24,5	-
4. Batuan Ultrabasa	50000 - 76000	46 - 62	-	-	-
5. Batuan Basa	15000 - 85000	39 - 87	-	-	-
6. Kerak Bumi (rata-rata)	35000	600	71	-	-
7. Kerak Bumi (rata-rata)	30900	527	52	-	-
8. Kerak Bumi (rata-rata)	50000	950	70	-	-

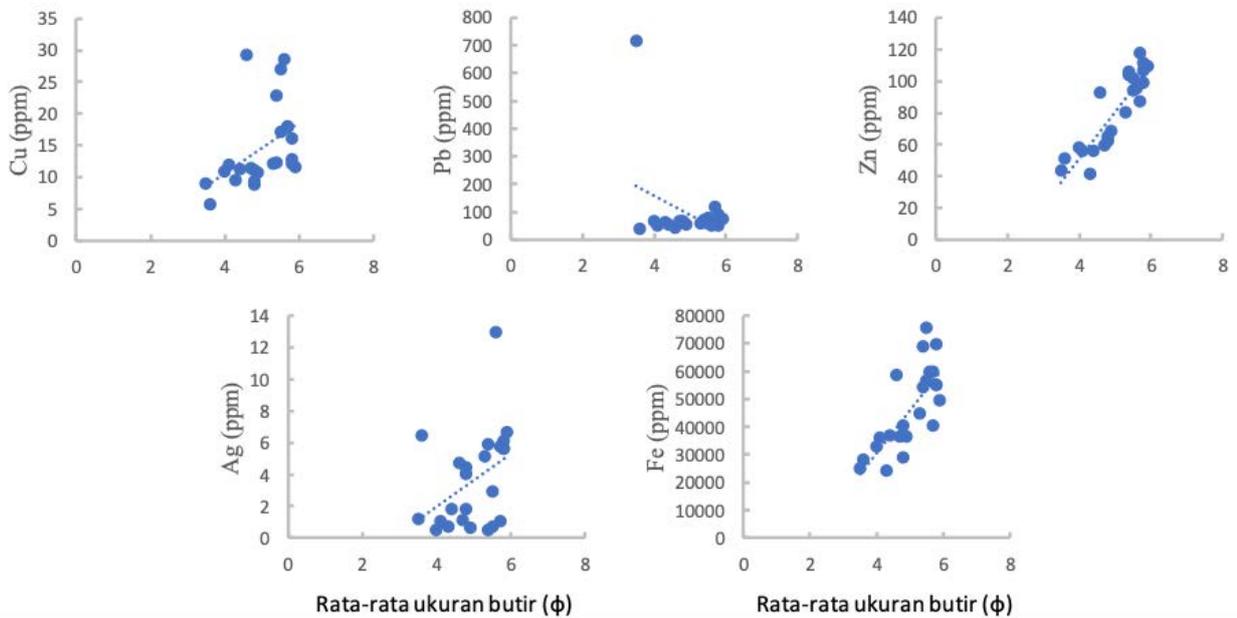
1. (Suyarso dan Lestari, 2012) 2. (Kusnida dan Kristanto, 2012), 3. (Manullang dr, 2017), 4 dan 5 (Aslaner, 1973, dalam Tunc, 2008), 6. (Taylor dan McLennan, 1985,1995), 7. (Tunc, 2008), 8. (Mason dan Moore, 1982)

Kandungan unsur logam Fe memiliki kadar tertinggi dengan kisaran 24.210 ppm – 75.330 ppm dan nilai rata-rata sebesar 46.134,35 ppm. Sebaran unsur logam Fe dengan kadar tertinggi berada di bagian barat-baratdaya dan timurlaut ke arah tengah serta ke selatan semakin kecil (Gambar 8). Kandungan unsur logam Besi (Fe) sebagian besar sebanding dengan komposisi rata-rata batuan kerak bumi (35.000 – 50.000 ppm), batuan ultrabasa, batuan basa dan sedimen dasar laut di Teluk Jakarta dan Teluk Ambon (Tabel 3). Namun, kandungannya jauh lebih tinggi ketika dibandingkan dengan sedimen dasar di Cekungan Tomini (Tabel 3). Tampaknya kandungan Fe dari sedimen dasar laut di bagian utara perairan Teluk Bone sebagian besar berasal dari darat jika dibandingkan dengan rata-rata komposisi batuan ultrabasa dan batuan basa. Kandungan unsur terbesar kedua adalah logam Timbal (Pb) dengan kisaran sebesar 41,8 ppm – 714,6 ppm dengan nilai rata-rata 90 ppm. Sebaran kandungan unsur logam Pb pada umumnya semakin ke arah selatan semakin kecil namun dibeberapa

kandungan <30 ppm. Distribusi spasial dari unsur-unsur logam tersebut ditunjukkan pada Gambar 8. Dapat dilihat dari gambar tersebut bahwa sebaran kandungan unsur logam Cu semakin kearah barat-baratlaut semakin tinggi, sedangkan di area tengah ke arah selatan-tenggara semakin kecil. Kandungan unsur logam Cu jauh lebih kecil dibandingkan dengan komposisi rata-rata batuan kerak bumi (527 – 950 ppm) dan sedimen dasar laut Cekungan Tomini, namun sedikit lebih kecil dari batuan ultrabasa, batuan basa dan sedimen dasar laut di Teluk Jakarta dan Teluk Ambon (Tabel 3). Kemungkinan komposisi batuananya tidak membawa unsur Cu, walaupun terdapat Cu dalam komposisinya, kandungan tersebut relatif kecil jika dibandingkan dengan rata-rata komposisi batuan ultrabasa dan batuan basa. Unsur logam Ag dengan kadar tinggi dan sedang muncul dibagian utara, barat dan sedikit di bagian tenggara, semakin ke tengah perairan nilainya semakin kecil.



Gambar 8. Distribusi spasial unsur logam pada sedimen dasar laut di Bagian Utara Perairan Teluk Bone



Gambar 9. Diagram unsur logam (polimetalik) vs rata-rata ukuran butir ( $\phi$ ) sedimen dasar laut di Bagian Utara Perairan Teluk Bone

Kandungan unsur kimia (logam) dalam sedimen biasanya menunjukkan suatu perubahan yang sejalan dengan perubahan ukuran butir. Diagram hubungan antara unsur logam dengan ukuran rata-rata butir sedimen dasar laut di bagian utara Perairan Teluk Bone terlihat pada Gambar 9. Secara umum sedimen dengan ukuran halus termasuk komposisi lanau yang tinggi mengandung kadar logam berat yang lebih besar, karena butiran sedimen yang halus mempunyai kemampuan yang baik dalam mengikat logam. Hal tersebut sesuai dengan kandungan unsur logam Fe, Zn, Cu dan Ag dalam sedimen yang diteliti secara berangsur-angsur meningkat sejalan dengan semakin halusnya ukuran butir, kecuali untuk unsur logam Pb secara berangsur-angsur menurun dengan semakin halusnya ukuran butir.

## KESIMPULAN

1. Terdapat 5 tipe sedimen dasar laut yang berkembang didominasi oleh lanau dan lanau pasiran yang penyebarannya hampir diseluruh daerah penyelidikan dengan kedalaman 50 sampai 200 m, ukuran rata-rata butir mempunyai nilai antara 3,5 – 5,9 F dan variasi spasial dari ukuran rata-rata butir sedimen dasar laut relatif kecil.
2. Hasil analisis geokimia senyawa utama memperlihatkan tiga senyawa dengan kandungan tertinggi yaitu nilai SiO<sub>2</sub> dengan kandungan rata-rata 38,13% (26,96% - 53,04%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rata-rata 14,25% (7,36% - 19,39%), dan CaO kandungan rata-rata 11,80% (3,13% - 23,52%). Pada umumnya sebaran kandungan senyawa dan unsur utama berasal dari daerah dekat darat. Semakin dalam kedalaman sampel, nilai senyawa/unsur utama semakin berkurang kecuali sebaran unsur CaO berupa area-area yang berada di bagian tengah dan ke arah darat semakin mengecil. Hal ini menjelaskan bahwa unsur CaO berasal dari material batuan terumbu yang berasal dari pulau-pulau kecil di sekitar perairan Teluk Bone. Begitu juga dengan senyawa SiO<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>O, di bagian tengah kandungan SiO<sub>2</sub> tinggi sedangkan Na<sub>2</sub>O rendah, hal ini semakin memberikan bukti bahwa di area tersebut ada batuan plutonik berupa batuan ultrabasa (ultramafik).
3. Pendekatan senyawa SiO<sub>2</sub> dengan Na<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O dari hasil peletakan titik presentase ketiga senyawa tersebut pada suatu sistem koordinat terlihat bahwa sedimen dasar laut di daerah penyelidikan menunjukkan asal batuan yang cukup bervariasi mulai dari rombakan batuan beku ultrabasa sampai batuan beku menengah, namun pada umumnya didominasi oleh batuan beku ultra basa, hanya sebagian kecil batuan beku basa dan batuan beku menengah. Hal ini sesuai dengan regional geologinya yang hampir seluruh bagian daerah penyelidikan didominasi oleh batuan beku tipe ultrabasa, sebagian kecil di daerah timur daerah penyelidikan terdapat batuan beku basa dan batuan beku menengah.
4. Diagram hubungan antara senyawa dan unsur utama dengan ukuran rata-rata butir sedimen umumnya menunjukkan senyawa dan unsur utama sangat dipengaruhi oleh sedimen fraksi halus. Semakin halus ukurannya semakin tinggi kandungannya, kecuali untuk senyawa SiO<sub>2</sub> dan CaO secara berangsur-angsur meningkat dengan semakin kasar ukuran butir. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh ukuran mineral silika dan kandungan cangkang yang terdapat didalam sedimen dasar laut.
5. Terdapat tiga unsur logam tertinggi yaitu Fe, Pb dan Zn dengan kandungan rata-rata 46.134,35 ppm, 90 ppm dan 80,13 ppm. Pada umumnya sebaran kandungan unsur logam berasal dari daerah dekat darat, semakin dalam kedalaman sampel, kandungannya semakin berkurang. Hasil kesebandingan menunjukkan kandungan Fe dari sedimen dasar laut di bagian utara perairan Teluk Bone sebagian besar berasal dari darat jika dibandingkan dengan rata-rata komposisi batuan ultrabasa dan batuan basa. Kandungan unsur logam Zn pada sedimen dasar laut yang berada di dekat daerah berpenduduk mempunyai kandungan yang relatif tinggi kemungkinan besar berkaitan dengan keragaman input antropogenik seperti pembuangan limbah industri dan domestik.
6. Diagram hubungan antara unsur logam dengan ukuran rata-rata butir sedimen umumnya menunjukkan unsur logam sangat dipengaruhi oleh sedimen fraksi halus. Semakin halus ukurannya semakin tinggi kandungannya, kecuali untuk unsur logam Pb secara berangsur-angsur menurun dengan semakin halusnya ukuran butir.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk mempublikasikan bagian dari hasil penelitian geologi dan geofisika di Teluk Bone Sulawesi Selatan. Tidak lupa ucapan terima kasih ini kami sampaikan kepada Kepala Tim Bapak Novi Sutisna (Almarhum) dan rekan-rekan anggota tim yang telah memberikan masukan dan kritik pada tulisan ini.

## DAFTAR ACUAN

- Folk, R.L. (1980). Petrology of sedimentary rocks. *Hemphill publishing Co*, Austin, Texas.
- Gross, M. G. (1990). Oceanography: A View of Earth. *Prentice Hall, Inc*. Englewood Cliff, New Jersey.
- Kusnida, D., dan Kristanto, N. A. (2012). Mineralogi Inti Sedimen Permukaan Dasar Laut Grt-05-03 Dari Cekungan Tomini - Sulawesi Tengah. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 10(2), 81–86.

- Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B., Le Bas M.J., Bonin B., Bateman P., Bellieni G., Dudek A., Efremova S., Keller J., Lameyre J., Sabine P.A., Schmid R., Sorensen H., Woolley A.R. (1989). *IGNEOUS ROCKS A: Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press. p.237.
- Manullang, C. Y., Lestari., Tapilatu, Y., & Arifin, Z., 2017. Assessment Of Fe, Cu, Zn, Pb, Cd & amp; Hg In Ambon Bay Surface Sediments. *Marine Research in Indonesia*, 42(2), 83–92.
- Pipkin, B.W. (1977). *Laboratory Exercise in Oceanography*. San Fransisco, *W.H. Freeman and Company*.
- Rahardiawan, R., dan Arifin, L. (2013). Struktur Geologi Teluk Bone - Sulawesi Selatan. *Jurnal Geologi Kelautan*, 11(3), 141–148.
- Tunc, S.C. (2008). *Geology, and geochemistry of recent sediments from the Northeastern Mediterranean basin*, M.S. - Master of Science. *Middle East Technical University*, 2008.
- Simandjuntak, T.O, dkk. (1991). Peta Geologi Lembar Malili, Sulawesi skala 1:250.000. *Puslitbang Geologi Kelautan*, Bandung.
- Sutisna, N., Riza, R., Eko, S., Adi Citrawan, S., Tommy, N., dan Arif, A. (2010). Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan Lembar Peta 2112, 2113 Perairan Teluk Bone, Sulawesi Selatan. *Puslitbang Geologi Kelautan, Laporan Intern*, Tidak dipublikasi.
- Suyarso dan Lestari. (2012). Metals Contaminat in The Sediments at Jakarta Bay and The Prediction for The Incoming Twenty Years. *Oceanologi di Indonesia*, 38(3), 353-368.
- Taylor, S.R. dan McLennan, S.M. (1985). The Continental Crust; Its composition and evolution; an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. *Blackwell, Oxford*. 312.
- Taylor, S.R. dan McLennan, S.M. (1995). The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics* 33, 241-265.
- Zuraida, R., Gerhaneu, N. Y., dan Sulistyawan, I. H. (2017). Karakteristik Sedimen Pantai Dan Dasar Laut Di Teluk Papela, Kabupaten Rote, Provinsi NTT. *Jurnal Geologi Kelautan*, 15(2), 81–94.

# KLASIFIKASI MORFOLOGI DASAR LAUT PERAIRAN PULAU KEMUJAN, KEPULAUAN KARIMUNJAWA

## *CLASSIFICATION OF MORPHOLOGY STRUCTURE OF BOTTOM WATERS IN KEMUJAN ISLAND, KARIMUNJAWA*

Arip Rahman<sup>1\*</sup> dan Amran Ronny Syam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Perairan Darat-BRIN, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Pakansari, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor 16911

\*alphagrt79@gmail.com

Diterima : 10-05-2023 , Disetujui : 20-07-2023

### ABSTRAK

Pengetahuan morfologi dasar laut berkaitan dengan bidang oseanografi, biologi, geologi kelautan, kerusakan habitat dan sumberdaya laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan morfologi dasar laut perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data batimetri dan citra Sentinel-2A yang diproses menggunakan perangkat lunak *Benthic Terrain Modeler* yang terintegrasi pada perangkat lunak ArcGIS. Hasil klasifikasi terdiri dari tujuh kelas morfologi dasar laut, yaitu: *crest*, *valley bottom*, *flat*, *rough*, *valley flank*, *break shelf* dan *depression*. *Rough*, relief positif dengan sudut curam 0,21° sampai 0,81°, dengan luas 429,36 ha (65,56%) merupakan kelas dengan area paling luas di lokasi penelitian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa morfologi dasar perairan Pulau Kemujan cukup landai dan cenderung datar.

**Kata kunci:** Klasifikasi morfologi dasar laut, batimetri, *benthic terrain modeller*, Karimunjawa

### ABSTRACT

*Seafloor morphology plays a crucial role in the fields of oceanography, biology, marine geology, marine habitats, and marine resources. A research study was conducted to classify the seabed morphology in the waters surrounding Kemujan Island, Karimunjawa. Based on bathymetry and Sentinel-2a satellite imagery processed using Benthic Terrain Modeler software combined with ArcGIS software, a classification was established. The outcome of the classification resulted in seven seafloor morphology classes: crest, valley bottom, flat, rough, valley flank, break shelf, and depression. The rough morphology was found to be the most extensive area in the study site, with a steep angle of 0.21° to 0.81° and covering 429.36 ha, or 65.56% of the whole study area. This condition shows that the morphology of the bottom waters on Kemujan Island is quite gentle and tends to be flat.*

**Keyword:** Classification of seafloor; bathymetry, *benthic terrain modeler*; Karimunjawa

## PENDAHULUAN

Morfologi dasar laut merupakan struktur dasar laut yang dapat mempengaruhi berbagai proses didalamnya (Zawada dr., 2010). Struktur dasar laut menggambarkan fitur morfologi dasar laut, yang dapat ditentukan menggunakan analisis statistik spasial yang terintegrasi dalam beberapa perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) (Goes dr., 2019). Pada lingkungan laut, ekosistem terumbu karang merupakan salah satu gambaran morfologi dasar laut yang kompleks (Zawada dr., 2010). Kompleksitas morfologi dasar laut merupakan heterogenitas dan tingkat ketidakteraturan struktur elemen yang merupakan susunan kontur morfologi suatu lokasi (Taniguchi dr., 2003). Pemetaan morfologi dasar laut berkaitan dengan bidang oseanografi, biologi, geologi kelautan, kerusakan habitat dan sumberdaya laut (Smith dr., 2017). Dalam bidang oseanografi, arus dan gelombang berdasarkan karakteristik fisik dipengaruhi oleh bentuk dasar laut. Pada bidang biologi, struktur kompleksitas dasar laut terutama pada terumbu karang, memperlihatkan pengaruh positif terhadap beberapa pengukuran biodiversitas (Knudby & LeDrew, 2007)

Kajian klasifikasi morfologi dasar laut secara umum banyak menggunakan analisis dan interpretasi data batimetri (Lundblad dr., 2006) disamping data survei secara visual (video transek, foto bawah air, sampel substrat) untuk membuat suatu kesimpulan secara kualitatif dan kuantitatif. *Benthic Terrain Modeler 3.0* (BTM) merupakan perangkat lunak yang terintegrasi pada ArcGIS 10.5 yang menggabungkan parameter bentuk permukaan, seperti kemiringan (*slope*) dan *Bathymetric Position Index* (BPI) untuk mengklasifikasikan dasar laut berdasarkan kelas bentuk dasar laut secara terbimbing (*supervised classification*) (Lundblad dr., 2006). Sistem Informasi Geografis (SIG) yang merupakan sistem informasi pengelolaan data spasial dapat mengintegrasikan data abiotik untuk klasifikasi beberapa fitur dasar perairan (Golding dr., 2004).

Penelitian terdahulu (Roff & Taylor, 2000) terkait klasifikasi morfologi dasar laut diantaranya, klasifikasi bentang dasar laut yang dipetakan berdasarkan ketersediaan data abiotik seperti data batimetri, kemiringan dasar laut (*slope*), *bed stress*, dan substrat dasar perairan di Kanada. Hasil klasifikasi digunakan untuk mengidentifikasi habitat laut yang sesuai dan khas untuk mendukung berbagai komunitas dan memberikan kerangka acuan ekologi untuk perencanaan konservasi laut. Klasifikasi morfologi dasar perairan dengan menggunakan data akustik dan citra satelit IKONOS pada kedalaman kurang dari 30 m dilakukan di perairan American Samoa (Lundblad dr., 2006). Klasifikasi morfologi perairan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan data batimetri dan citra satelit. Penelitian terdahulu telah banyak dilakukan, diantaranya: Subarno dr. (2016) berhasil mengklasifikasikan morfologi dasar perairan kedalam 13 kelas dengan menggunakan data batimetri dan citra satelit WorldView-2 di sekitar perairan

Pulau Harapan, Kepulauan Seribu, sedangkan Setiawan dr. (2022) mengklasifikasi morfologi dasar perairan dengan menggunakan data batimetri dan citra satelit Sentinel-2A dilakukan di daerah atol Kaledupa Wakatobi yang menghasilkan 13 kelas morfologi dasar perairan.

Perairan Kemujan merupakan bagian dari perairan Kepulauan Karimunjawa yang berada di bagian utara. Bagian barat perairan Pulau Kemujan terdapat daerah perairan dangkal yang berupa paparan benua. Penulis pada penelitian ini mencoba untuk membangun skema klasifikasi morfologi dasar laut di sekitar paparan benua Pulau Kemujan dengan menggunakan data batimetri dan citra satelit Sentinel-2A. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan gambaran terkait kondisi morfologi dasar laut sebagai informasi untuk pengelolaan daerah perairan dangkal Pulau Kemujan.

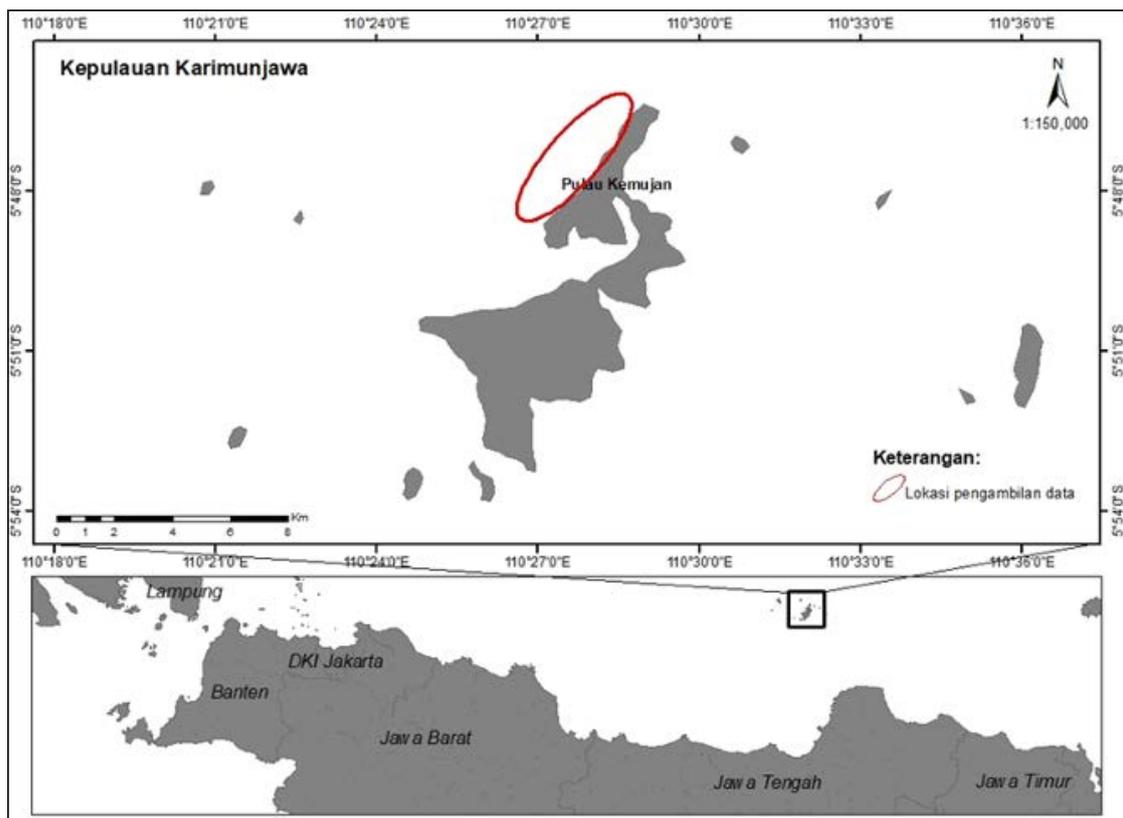
## METODE

Penelitian dilakukan di Perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa dengan posisi geografis 5°45' LS – 5°50' LS dan 110°20' BT – 110°30' BT (Gambar 1). Data yang digunakan adalah data batimetri dan citra satelit Sentinel-2A dari hasil analisis penelitian sebelumnya (Rahman dr., 2020). Rahman dr. (2020) menggunakan data batimetri hasil pemeruman untuk melakukan transformasi data batimetri dari citra Sentinel-2A dengan menggunakan algoritma SVR (*Super Vector Regression*).

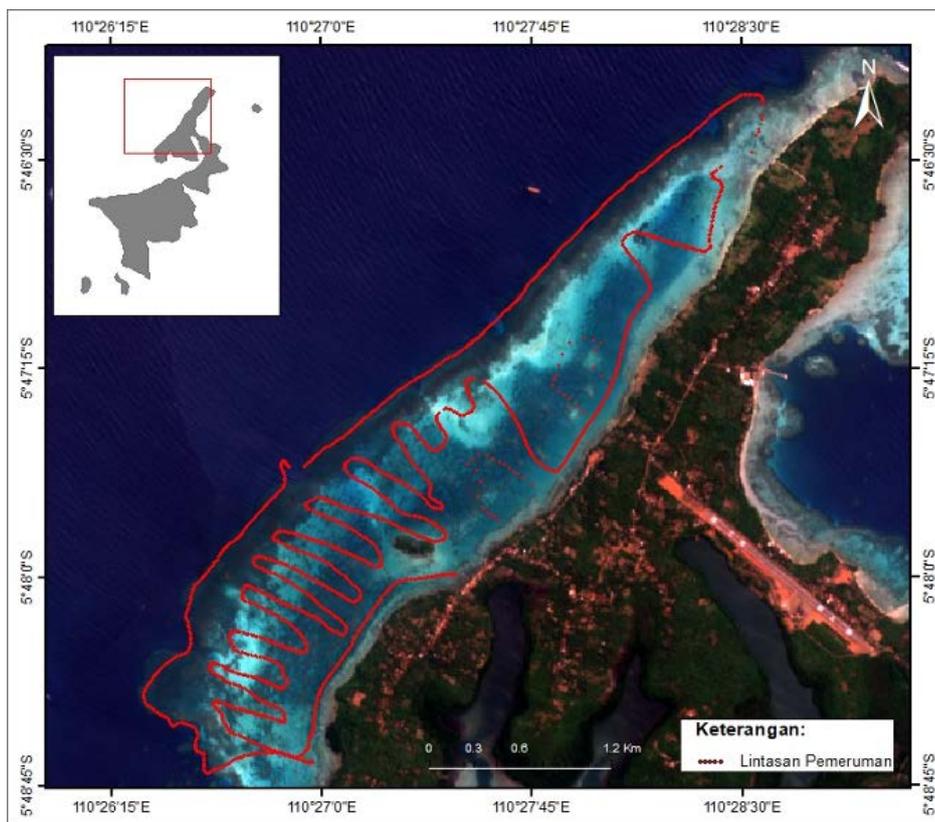
Proses pemeruman dilakukan dengan menggunakan *echo-sounder single beam*, GPS Map 527xs. *Echo-sounder* dipasang pada kapal yang bergerak melalui lintasan yang sudah dibuat (Gambar 2). Hasil pemeruman berupa data posisi geografis (XY) dan data kedalaman (Z) yang diolah dengan menggunakan perangkat lunak Excel dan ArcGIS 10.8. Selanjutnya data batimetri hasil transformasi tersebut digunakan sebagai input pada proses analisis klasifikasi morfologi dasar laut di lokasi penelitian.

Proses analisis klasifikasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Benthic Terrain Modeler* (BTM) dengan algoritma klasifikasi geomorfologi dasar laut yang dikembangkan oleh NOAA *Coastal Service Centre* yang terintegrasi dengan ArcGIS (Agus, 2012). Secara umum proses analisis *tool* BTM mencakup perhitungan *Bathymetric Position Index* (BPI), *slope*, membangun kamus klasifikasi dan klasifikasi struktur dasar perairan (Gambar 3).

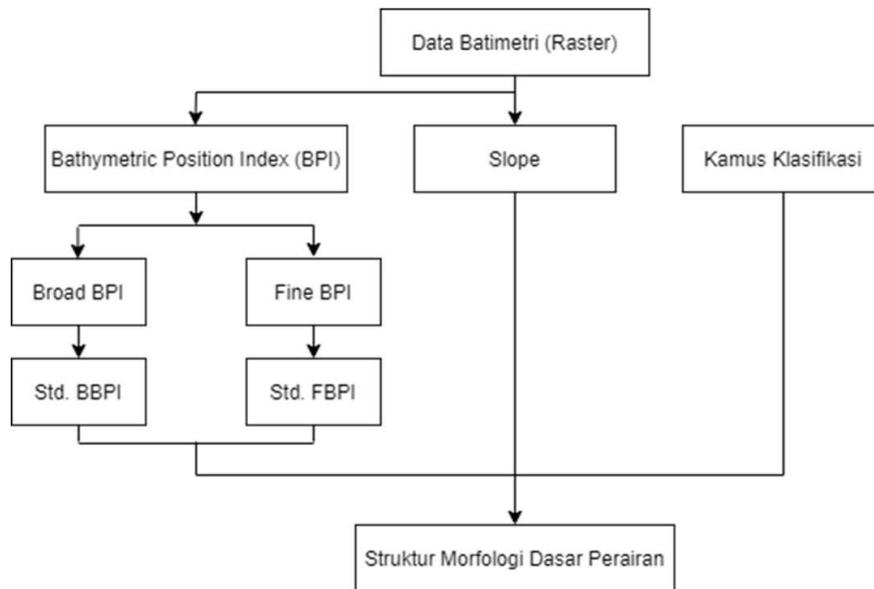
Berdasarkan cakupan area yang digunakan, perhitungan BPI dibagi kedalam *Fine BPI*, *Broad BPI* dan hasil standarisasi *Fine* dan *Board BPI*. *Fine BPI* merupakan perhitungan BPI dengan cakupan spasial yang sempit, sedangkan *Broad BPI* memiliki cakupan spasial yang lebih lebar. Area yang memiliki nilai kedalaman lebih dalam dari area disekitarnya disebut negatif, sedangkan kedalaman yang lebih dangkal disebut positif (Gambar 4)



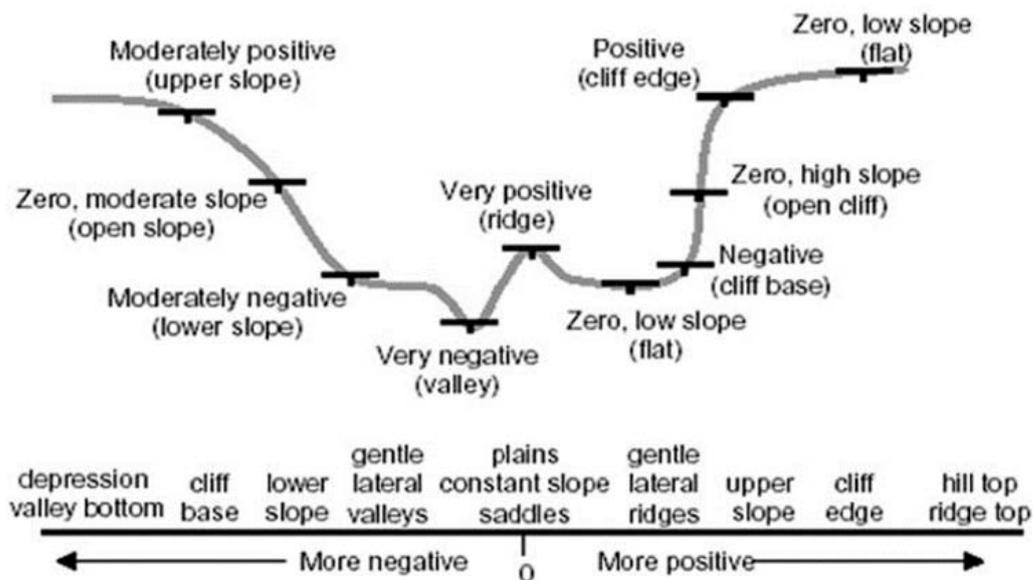
Gambar 1. Lokasi penelitian perairan sebelah barat Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa



Gambar 2. Lintasan kapal pemeruman di lokasi penelitian (Rahman drr., 2020)



Gambar 3. Proses analisis morfologi dasar laut



Gambar 3. Ilustrasi BPI dari data batimetri (Heydorn, 2008)

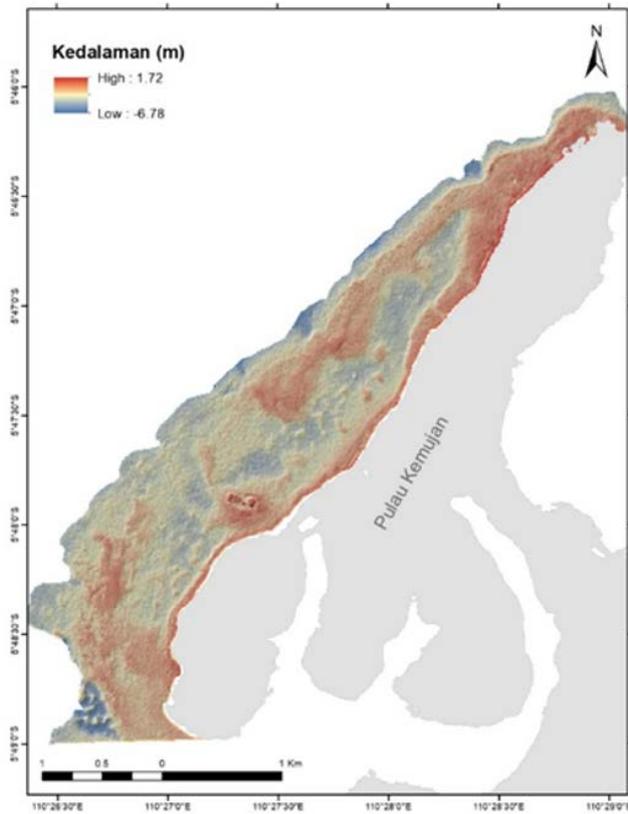
## HASIL

Hasil analisis BTM yang terintegrasi dalam perangkat lunak ArcGIS berupa peta batimetri (Gambar 5), peta kemiringan/slope (Gambar 6), dan peta *Bathymetric Position Index/BPI* (Gambar 7).

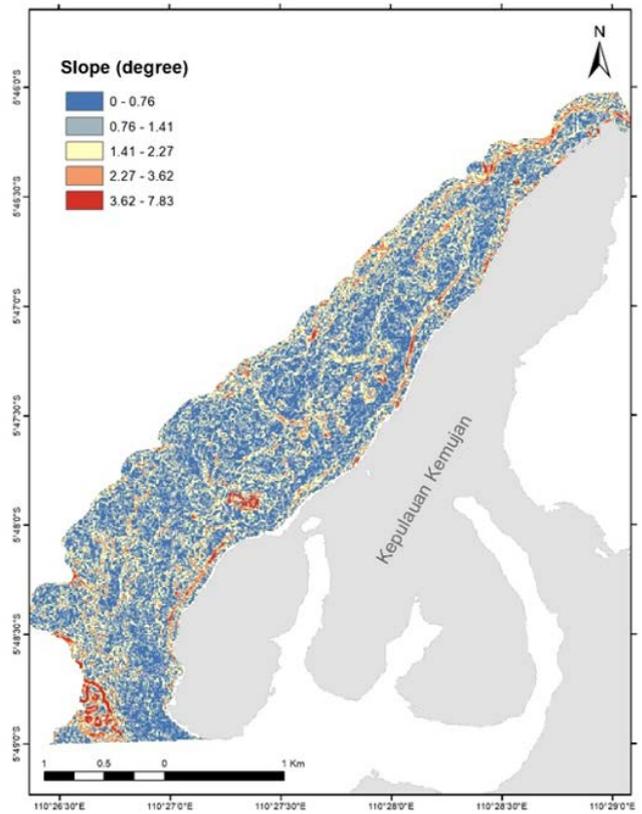
Berdasarkan peta batimetri, proses selanjutnya menghasilkan peta kemiringan (*slope*) yang merupakan turunan pertama dari data batimetri (Gambar 6). Gambaran peta kemiringan di lokasi penelitian didominasi area dengan kontur datar (*flat*) dengan derajat kemiringan  $<1^\circ$ . Sementara area dengan kemiringan  $>3^\circ$  posisinya tersebar.

*Bathymetric Position Index (BPI)* merupakan turunan kedua hasil analisis data batimetri. Peta BPI dibagi menjadi dua yaitu *Fine* dan *Board* BPI sesuai dengan skala yang digunakan (Gambar 7). *Fine* BPI menggunakan faktor skala 25 dan *broad* BPI menggunakan skala 100, dengan resolusi spasial 10 m. Kisaran skala merupakan hasil beberapa kali percobaan (*try and error*) yang dianggap dapat menggambarkan beberapa fitur morfologi dasar laut yang terdeteksi di lokasi penelitian.

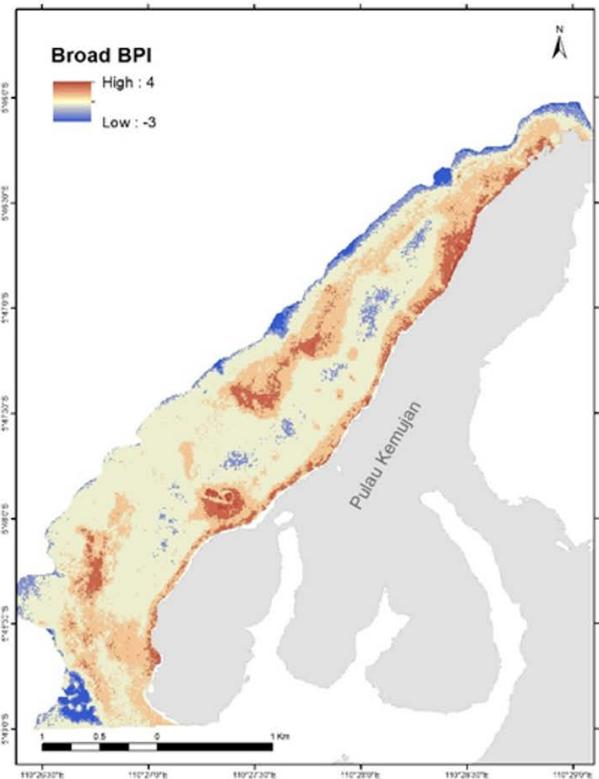
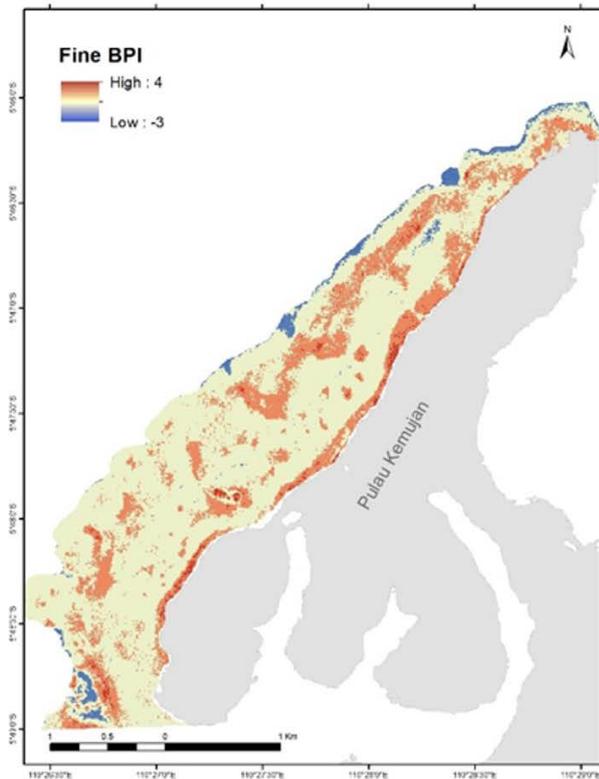
Hasil klasifikasi morfologi dasar laut di sekitar perairan Pulau Kemujan berdasarkan kamus klasifikasi hasil modifikasi (de Oliveira dr., 2020), antara lain:



Gambar 5. Peta batimetri perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa



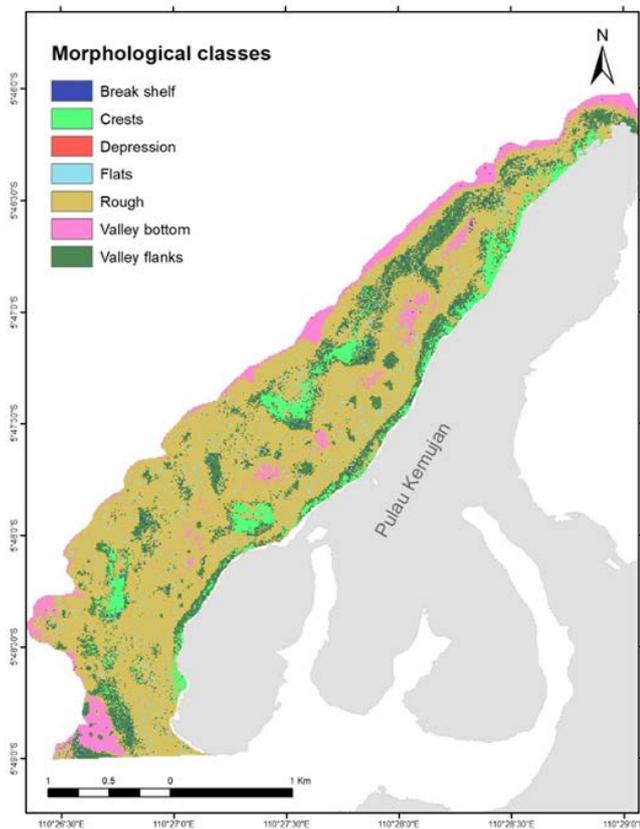
Gambar 6. Peta kemiringan di perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa



Gambar 7. Peta Bathymetric Position Index (Fine BPI dan Broad BPI)

- *Break shelf*, kelas yang paling dalam dengan sudut kemiringan antara  $3,5^{\circ}$  dan  $13^{\circ}$
- *Crest*, tidak memiliki nilai kelerengan. *Crest* merupakan puncak-puncak tonjolan yang posisinya lebih tinggi dari daerah sekitarnya sehingga relief positif.
- *Depression*, relief negatif yang terdapat dari bagian dalam sampai bagian luar paparan dengan sudut kemiringan  $0,21^{\circ}$  dan  $1,8^{\circ}$
- *Flats*, dataran yang rata dengan sudut kemiringan lebih rendah  $0,2^{\circ}$
- *Rough*, relief positif dengan sudut curam  $0,21^{\circ}$  sampai  $0,81^{\circ}$
- *Valley bottom*, relief negatif dengan kemiringan rendah yang terjadi pada lembah
- *Valley flanks*, kemiringan yang curam ( $0,3^{\circ}$  sampai  $3,4^{\circ}$ ) membentuk sisi lembah atau saluran.

Peta hasil klasifikasi morfologi dasar laut di Pulau Kemujan disajikan pada Gambar 8, sedangkan persentase luasan fitur morfologi dasar disajikan pada Tabel 1. Kelas morfologi relief positif dengan sudut  $0,21^{\circ}$  sampai  $0,81^{\circ}$  (*rough*), mendominasi struktur morfologi dasar perairan. Kondisi tersebut secara umum menggambarkan dasar laut perairan disekitar Pulau Kemujan cenderung datar dan landai.



Gambar 8. Peta klasifikasi morfologi dasar laut Pulau Kemujan

Tabel 1. Luasan fitur struktur morfologi dasar perairan

Kelas Morfologi	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
<i>Crest</i>	44,99	6,87
<i>Valley Bottom</i>	51,93	7,93
<i>Flats</i>	14,51	2,22
<i>Rough</i>	429,36	65,56
<i>Valley Flanks</i>	107,13	16,36
<i>Break Shelf</i>	6,53	1,00
<i>Depression</i>	0,42	0,06

## PEMBAHASAN

Batimetri merupakan ilmu yang dapat digunakan untuk menggambarkan morfologi dasar laut (Jagalingam drr., 2015). Fungsi analisis spasial GIS memungkinkan untuk melakukan ekstraksi beberapa produk turunan dari data batimetri, seperti kemiringan (*slope*), posisi batimetri (BPI) dan kekasaran dasar laut (*rugosity*) (Heydorn, 2008). Perairan Pulau Kemujan berdasarkan peta batimetri (Gambar 5) merupakan daerah paparan benua sebagai perairan dangkal dengan kedalaman maksimum sekitar 6 m. Gambaran pada peta batimetri memperlihatkan adanya daerah yang lebih dalam di bagian tengah yang dibatasi dengan daerah yang lebih dangkal disekitarnya. Hasil pengamatan dilapangan, daerah yang dalam berupa hamparan pasir dan pecahan karang, sedangkan daerah yang dangkal merupakan terumbu karang.

Peta kemiringan (Gambar 6) menunjukkan derajat kemiringan dasar perairan di lokasi penelitian berkisar antara  $0-7,83^{\circ}$ . Dasar perairan Pulau Kemujan menunjukkan cenderung datar (*flat*) dengan kemiringan yang konstan mendekati nol. Dibandingkan dengan hasil penelitian Subarno drr. (2016) di Pulau Harapan Kepulauan Seribu dan Setiawan drr. (2022) di daerah atol Kaledupa Wakatobi yang memiliki derajat kemiringan berturut-turut  $0-75,6^{\circ}$  dan  $5-45^{\circ}$ , dasar laut Pulau Kemujan cenderung landai. Kemiringan dasar perairan tersebut dapat terbentuk oleh batuan, karang masif atau jenis terumbu karang lainnya.

*Bathymetric Position Index* (BPI) menggambarkan elevasi setiap titik dasar laut yang dijadikan acuan terhadap titik-titik disekitarnya (Agus, 2012). BPI bisa bernilai positif dan bisa bernilai negatif. Nilai positif menggambarkan suatu titik lebih tinggi dari titik sekitarnya, sedangkan nilai negatif menggambarkan suatu titik lebih rendah dari titik disekitarnya. BPI dapat menggambarkan kondisi permukaan dasar laut seperti adanya cekungan (*depression*), daerah yang datar (*flat*) dan puncak (*crests*) didasar perairan. Skema klasifikasi yang dibuat pada penelitian ini berdasarkan hasil modifikasi kajian yang dilakukan oleh (de Oliveira drr., 2020) pada habitat bentik disepanjang paparan benua (Tabel 2).

Tabel 2. Skema klasifikasi struktur BPI

Class	Zone	BroadBPI	BroadBPI	FineBPI	FineBPI	Slope_	Slope_
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
1	<i>Crests</i>	100		100			
2	<i>Valley bottom</i>		-100			0.1	
3	<i>Flats</i>	-100	100	-100	100		0.25
4	<i>Rough</i>	-100	100	-100	100	0.25	
5	<i>Valley flanks</i>	-100		-100		0.3	
6	<i>Break shelf</i>		100				
7	<i>Depression</i>	-100		-100			

Tabel 1 diatas menyajikan hasil klasifikasi morfologi dasar laut dengan luasan area dan presentase di perairan Pulau Kemujan. Kelas morfologi yang mendominasi adalah *rough* dengan luas area 429,36 Ha. Gambaran kelas morfologi hasil klasifikasi disajikan pada Gambar 8. Berdasarkan pengamatan lapangan, kelas morfologi *crest* yang berada di sekitar tepian pantai dan area bagian tengah merupakan gugusan terumbu karang. Sementara kelas morfologi *rough* yang mendominasi dasar laut terdiri dari hamparan pasir dan pecahan karang. Terpetakannya struktur morfologi dasar perairan Pulau Kemujan menjadi suatu informasi penting terkait kondisi dasar perairan Pulau Kemujan sebagai dasar rencana pengelolannya.

Berdasarkan hasil klasifikasi morfologi dasar laut, kondisi dasar perairan Pulau Kemujan cukup kompleks. Secara umum kompleksitas dasar perairan dipengaruhi oleh terangkatnya gugusan terumbu karang akibat proses tektonik, topografi bawah air, arah angin, pergantian musim, dinamika air laut, dan karakteristik substrat yang terkait dengan pertumbuhan terumbu karang (Shen dr, 2018). Berdasarkan hasil survey lapangan, kondisi dasar perairan Pulau Kemujan rentan mengalami perubahan baik karena faktor alam (gelombang dan arus yang kuat pada musim tertentu) maupun faktor kelalaian manusia, dimana terdapat kapal besar yang berlabuh disekitar perairan Pulau Kemujan yang berpotensi merusak terumbu karang.

## KESIMPULAN

Pemilihan faktor skala 25 untuk *fine* BPI dan 100 untuk *broad* BPI dengan resolusi spasial 10 m dianggap dapat menggambarkan kondisi morfologi dasar laut Pulau Kemujan. Hasil skema klasifikasi diperoleh tujuh kelas morfologi dasar laut yaitu: *crest*, *valley bottom*, *flat*, *rough*, *valley flank*, *break shelf* dan *depression*. Kelas morfologi *rough* mendominasi struktur morfologi dasar perairan Pulau Kemujan dengan luas 429,36 Ha (65,56%). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya dasar perairan di lokasi penelitian cenderung landai dan datar.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan klasifikasi dengan faktor skala yang berbeda dengan resolusi spasial yang tinggi untuk mendapatkan hasil

klasifikasi morfologi dasar perairan yang lebih mendekati kondisi yang sebenarnya.

## DAFTAR ACUAN

- Agus, S. B. (2012). *Kajian konektivitas habitat ikan terumbu ontogeni menggunakan pemodelan geospasial di perairan Kepulauan Seribu*. Institut Pertanian Bogor.
- de Oliveira, N., Bastos, A. C., da Silva Quaresma, V., & Vieira, F. V. (2020). The use of Benthic Terrain Modeler (BTM) in the characterization of continental shelf habitats. *Geo-Marine Letters*. <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00642-y>
- Goes, E. R., Brown, C. J., & Araújo, T. C. (2019). Geomorphological classification of the benthic structures on a tropical continental shelf. *Frontiers in Marine Science*, 6(FEB), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00047>
- Golding, N., Vincent, M., & Connor, D. W. (2004). The Irish Sea Pilot: Report on the development of a Marine Landscape classification for the Irish Sea. *Joint Nature Conservation Committee Report No 346*, (346), 30. Retrieved from [www.jncc.gov.uk/irishseapilot](http://www.jncc.gov.uk/irishseapilot)
- Heydorn, M. (2008). An ArcGIS seabed characterization toolbox developed for investigating benthic habitats. *Marine Geodesy*, 31(4), 318–358. <https://doi.org/10.1080/01490410802466819>
- Jagalingam, P., Akshaya, B. J., & Hegde, A. V. (2015). Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery. *Procedia Engineering*, 116(Apac), 560–566. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.326>
- Knudby, A., & LeDrew, E. (2007). Measuring structural complexity on coral reefs. In *Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences 26th Symposium* (pp. 181–188). <https://doi.org/10.1080/13556207.2006.10784979>
- Lundblad, E. R., Wright, D. J., Miller, J., Larkin, E. M., Rinehart, R., Naar, D. F., ... Battista, T. (2006). A benthic terrain classification scheme for American Samoa. *Marine Geodesy*, 29(2), 89–111. <https://doi.org/10.1080/01490410600738021>

- Rahman, A., Siregar, V. P., & Panjaitan, J. (2020). Estimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data citra satelit multispektral Sentinel-2A. *Jurnal Segara*, Vol. 16 No. 151–162. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/segara.v16i3.8562>
- Roff, J. C., & Taylor, M. E. (2000). National frameworks for marine conservation - A hierarchical geophysical approach. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10(3), 209–223. [https://doi.org/10.1002/1099-0755\(200005/06\)10:3<209::AID-AQC408>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1099-0755(200005/06)10:3<209::AID-AQC408>3.0.CO;2-J)
- Setiawan, A., Siregar, V. P., Susilo, S. B., Mardiasuti, A., & Agus, S. B. (2022). Geomorphological classification of benthic structures of Kaledupa Atoll Wakatobi National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(7), 3784–3792. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230755>
- Shen, J. W., Johnson, M. E., Fu, F., Wang, Y., & Jin, Y. (2018). Seasonal wind patterns influence the configuration and geomorphology of insular reef systems: Yongxing Island, Xisha Islands, China. *Geological Journal*, 53(2), 754–766. <https://doi.org/10.1002/gj.2925>
- Smith, W. H. F., Marks, K. M., & Schmitt, T. (2017). Airline flight paths over the unmapped ocean. *Eos (United States)*, 98(5), 12–14. <https://doi.org/10.1029/2017eo069127>
- Taniguchi, H., Nakano, S., & Tokeshi, M. (2003). Influences of habitat complexity on the diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. *Freshwater Biology*, 48(4), 718–728. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01047.x>
- Zawada, D. G., Piniak, G. A., & Hearn, C. J. (2010). Topographic complexity and roughness of a tropical benthic seascape. *Geophysical Research Letters*, 37(14), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2010GL043789>

# KARBON ORGANIK TOTAL PADA AIR PORI DI SEDIMEN PULAU PAYUNG, SUMATERA SELATAN

## *TOTAL ORGANIC CARBON IN PORE WATER OF SEDIMEN IN PAYUNG ISLAND, SOUTH SUMATERA*

Tengku Zia Ulqodry<sup>1\*</sup>, Fransiskus De Karo<sup>1</sup>, Wike Ayu Eka Putri<sup>1</sup>, Riris Aryawati<sup>1</sup>, Tri Ayu Novitasari<sup>1</sup>, Judistira Siddik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya, Indralaya

<sup>2</sup> Fakultas Biologi, Universitas Nasional, Jakarta

\*zia\_uul@unsri.ac.id

Diterima : 30-11-2022 , Disetujui : 30-11-2023

### ABSTRAK

Air pori sedimen merupakan air laut yang terjebak dalam sedimen dan merupakan salah satu komponen penting bagi kehidupan biota laut khususnya mikroorganisme. Kandungan karbon organik dalam air pori berperan dalam menyumbang kesuburan dan mempengaruhi kualitas perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan karbon organik total pada air pori, tekstur sedimen, dan hubungan parameter perairan (suhu, salinitas, pH, dan kandungan oksigen terlarut) terhadap kandungan karbon organik pada air pori di sedimen Pulau Payung. Berdasarkan 5 (lima) sampel air pori yang diambil dengan menggunakan *pore water profiler*, selanjutnya kandungan karbon organik total dalam air pori dianalisis dengan menggunakan metode titrasi permanganometri. Analisis hubungan parameter perairan dengan karbon organik pada air pori dengan menggunakan Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon organik total dalam air pori sedimen Pulau Payung berkisar antara 15,8 - 142,2 mg/L dengan nilai tertinggi pada stasiun 5 dan terendah pada stasiun 2 dengan nilai rata-rata 72,68 mg/L. Perairan Pulau Payung memiliki jenis substrat lempung pada seluruh stasiun pengamatan.

**Kata kunci:** Air pori, variabel komponen perairan, tekstur sedimen, organik karbon total, Pulau Payung, Muara Sungai Musi

### ABSTRACT

*Pore water is seawater trapped in sediments that contribute on marine life especially microorganism. The content of total organic carbon (TOC) in pore waters contributed to fertility and water quality. This study aims to determine the TOC content in pore water, sediment texture, and the relationship of water parameters (temperature, salinity, pH and DO) with TOC of pore water in sediment of Payung Island. The pore water profiler was used to collect 5 (five) pore water samples, then the TOC of pore water samples were analyzed by using permanganometric titration method. Principal Component Analysis was used to determine the relationship between water parameters and TOC in pore water. The results showed that TOC in the sediment pore water of Payung Island ranged from 15.8 - 142.2 mg/L with the highest value at station 5 and the lowest at station 2 with an average value of 72.68 mg/L. The Payung Island had clay substrate types at all stations.*

**Keyword:** Pore water, water parameters, sediment texture, total organic carbon, Payung Island, Musi Estuary

## PENDAHULUAN

Pulau Payung terletak di Muara Sungai Musi yang merupakan sungai terpanjang di Sumatera Selatan serta merupakan daerah pertemuan dengan massa air laut dari Selat Bangka. Keberadaan Pulau Payung yang berada di daerah transisi mengakibatkan adanya dinamika dari kondisi perairan dan sedimen termasuk air pori di dalamnya. Air pori di dalam sedimen ini dikenal juga sebagai air jebakan dalam sedimen.

Air pori sedimen merupakan kumpulan senyawa organik yang heterogen, kurang lebih hingga berukuran makromolekul yang relatif besar (Burdige dan Komada, 2015). Ketersediaan air tanah dalam bumi tersimpan dalam dua zona, yaitu terdapat di zona tidak jenuh (*non-saturated zone*) dan zona jenuh (*saturated zone*). Air pori berada pada zona tak jenuh (Mutianto, 2016) yang kondisinya dapat berubah-berubah sesuai dengan dinamika pasang surut.

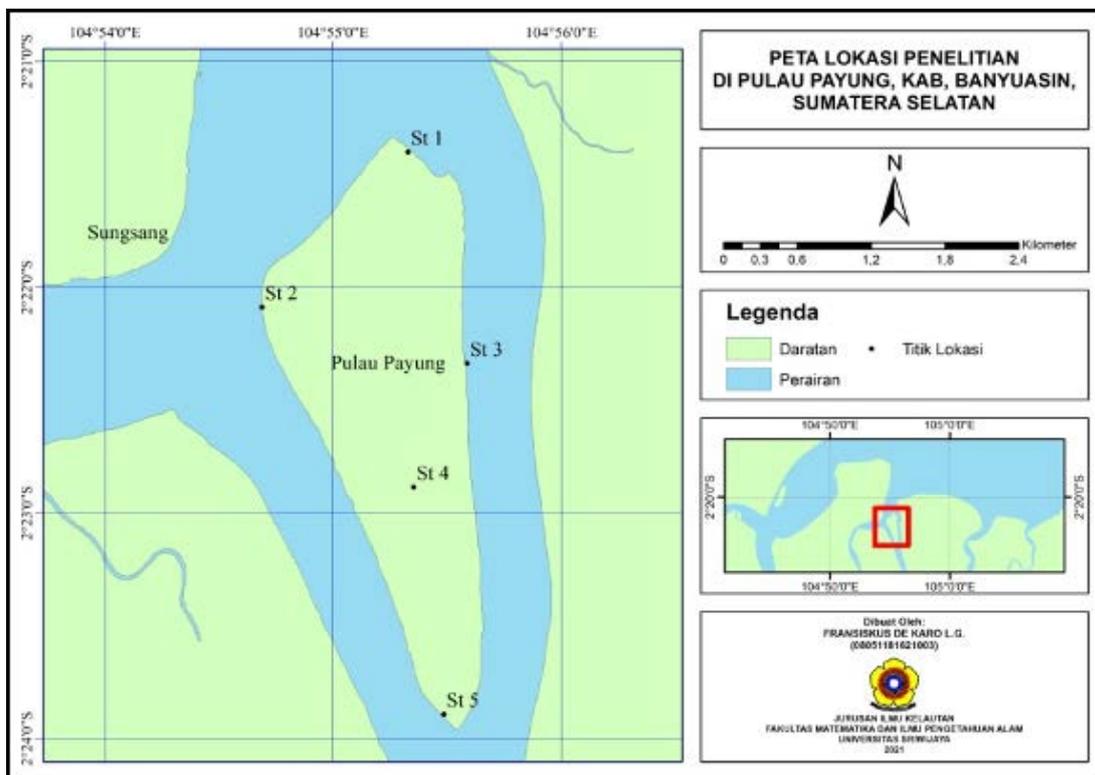
Substrat yang berbeda ukurannya cenderung memiliki kandungan bahan organik yang berbeda. Bahan organik di perairan berfungsi sebagai salah satu indikator

mengindikasikan terjadinya peningkatan kesuburan perairan. Dampak buruk dari peningkatan unsur hara yang berlebihan akan mengganggu keseimbangan ekosistem di perairan (Hutasoit dkk., 2014).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji tentang kandungan karbon organik di dalam air laut (Emara, 1998; Dai dkk., 2009; Shekhar dkk., 2019) dan sedimen pantai (Lazar dkk., 2012; Ong et al, 2016; Barus dkk., 2020). Meskipun begitu, penelitian yang mengkaji tentang kandungan karbon organik di dalam air pori masih sangat terbatas (Burnett dkk., 2003; Torres dkk., 2013) serta belum pernah dilakukan di Pulau Payung.

Pulau Payung secara administrasi masuk dalam wilayah Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan dan secara posisi kartografi menempati koordinat 104° 54' 41,35" BT - 104° 55' 35,28" BT dan 2° 21' 24,11" LS - 2° 23' 53,50" LS (Gambar 1).

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis kandungan karbon organik total pada air pori dan tekstur sedimen serta mengkaji hubungan parameter perairan terhadap kandungan karbon organik total pada air pori di sedimen Pulau Payung.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pulau Payung, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan

kualitas perairan dan juga bermanfaat sebagai pendukung kehidupan organisme di perairan (Marwan dkk., 2015). Karbon organik merupakan salah satu komponen penting bagi kehidupan biota laut. Karbon organik yang terurai di perairan dapat menyumbang kesuburan dan kualitas perairan (Barus dkk., 2020). Bahan organik dapat menyebabkan terjadinya peningkatan unsur-unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh ekosistem di dalam air. Peningkatan kandungan karbon organik dapat

## METODE

Pengambilan sampel air pori dilakukan di lima titik stasiun penelitian (Gambar 1). Sampel air pori diperoleh dari hasil penanaman alat *pore water sampler* (Gambar 2) selama tiga hari dari tanggal 12 sampai dengan 15 Januari 2021. Sampel air pori yang tertampung di dalam alat lalu diambil dengan menggunakan alat penghisap pada saat kondisi surut. Kandungan bahan organik total dalam air pori dianalisis menggunakan titrasi permanganometri.

Analisis di laboratorium mengacu pada SNI 06-6989.22 tahun 2004.



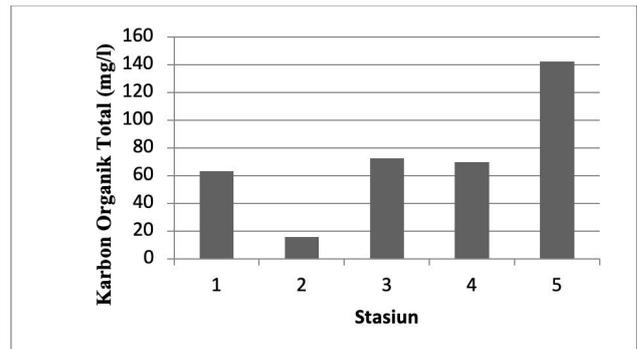
Gambar 2. Alat *pore water sampler* dan proses pengambilan sampel setelah 3 hari penanaman (De Karo, 2021)

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan alat *pipe grab*. Pengambilan sampel sedimen dilakukan hingga pipa terisi penuh, dikerjakan setelah pengambilan sampel air pori agar sampel air pori tersebut tidak terganggu dan tercampur oleh sedimen. Sampel yang didapat dimasukkan ke dalam wadah plastik dan diberi label. Sampel sedimen yang didapat dari lapangan dianalisis tekstur sedimennya menggunakan saringan bertingkat (*sieving shaker*) kemudian ditimbang berdasarkan ukuran diameter butiran sedimen. Penentuan ukuran butir sedimen berdasarkan Skala Wentworth. Selanjutnya data komposisi sedimen berdasarkan ukuran butir diolah menggunakan segitiga Shepard.

Tabel 1. Kondisi parameter air pada air pori dan perairan Pulau Payung.

St.	Parameter lingkungan							
	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Salinitas (‰)		pH		DO (mg/L)	
	Air pori	Perairan	Air pori	Perairan	Air pori	Perairan	Air pori	Perairan
1	28,2	27,7	0	2	5,84	6,92	3,1	4,7
2	27,3	27,1	0	2	6,76	6,69	1,9	3,2
3	27,6	27,0	0	2	5,82	6,84	3,8	4,0
4	29,9	26,1	2	5	6,04	6,79	4,2	3,9
5	27,4	26,4	0	2	5,78	5,63	3,2	2,6
Rerata	28,08	26,86	0,4	2,6	6,05	6,57	3,24	3,68

Pengukuran parameter perairan meliputi suhu, salinitas, pH dan kandungan oksigen terlarut. Parameter perairan diukur dengan menggunakan thermometer digital, refractometer, pH meter dan DO meter. Hubungan antara parameter perairan dengan kandungan karbon organik pada air pori pada stasiun pengamatan ditelaah dengan menggunakan Analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*).



Gambar 3. Kandungan karbon organik total pada air pori di Pulau Payung.

## HASIL

Hasil analisis kandungan Karbon Organik Total (KOT) *pore water* di Pulau Payung mengacu pada riset De Karo (2021). Kandungan karbon organik pada *pore water* di Pulau Payung memiliki kisaran 15,8 mg/L – 142,2 mg/L dengan nilai terendah pada stasiun 2 dan nilai tertinggi di stasiun 5 dengan rata-rata 72,68 mg/L. Konsentrasi karbon organik total pada tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 3.

Pulau Payung memiliki substrat yang sangat kecil, dimana didominasi oleh jenis lempung pada seluruh stasiun pengamatan (Tabel 1). Stasiun yang memiliki persentase substrat lempung terbesar pada stasiun 4 (93,58%) dan persentase lempung terkecil pada stasiun 2 (85,4%).

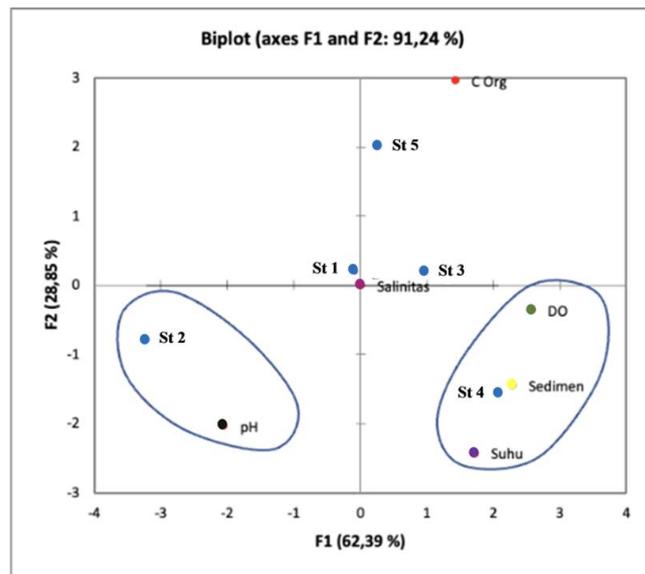
Tabel 1. Jenis Substrat Sedimen di Pulau Payung.

St	Persentase Fraksi Sedimen				Jenis Substrat
	Kerikil	Pasir	Lumpur	Lempung	
1	0,00	4,73	7,29	87,98	Lempung
2	0,00	11,79	2,81	85,4	Lempung
3	0,00	1,57	6,22	92,21	Lempung
4	0,00	1,48	4,94	93,58	Lempung
5	0,00	3,47	9,06	87,47	Lempung

Hasil pengukuran parameter lingkungan pada air pori dan perairan sekitar disajikan pada Tabel 2. Suhu pada air pori memiliki kisaran 27,3 – 29,9  $^{\circ}\text{C}$  dan pada perairan sekitarnya memiliki kisaran antara 26,1 – 27,6  $^{\circ}\text{C}$ . Nilai salinitas yang didapat 0

%o pada hampir semua stasiun, terkecuali pada stasiun 4. Lebih lanjut, nilai pH pada air pori sedimen lebih rendah dari nilai pH perairan sekitar. Hasil pengukuran menunjukkan nilai DO pada air pori di stasiun 1, 2 dan 3 yang cenderung lebih rendah daripada perairan sekitar.

Pola keterkaitan parameter lingkungan pada kandungan karbon organik total dalam air pori di setiap stasiun pengamatan melalui analisis komponen utama



Gambar 4. Analisis keterkaitan parameter lingkungan dan kandungan bahan organik total di setiap stasiun stasiun pengamatan

(Principal Component Analysis) disajikan pada Gambar 4. Hasil analisis PCA menginformasikan bahwa kandungan Karbon organik total dalam air pori Pulau Payung cenderung tidak memiliki keterkaitan dengan kondisi perairan di sekitarnya.

## PEMBAHASAN

Kandungan karbon organik pada *pore water* di Pulau Payung memiliki kisaran yang bervariasi antar stasiun pengamatan (Gamabr 3). Adanya variasi ini diduga berkaitan dengan kondisi biofisik perairan. Seperti halnya pada air laut dan sedimen, kandungan karbon organik dalam air pori diduga dipengaruhi oleh kondisi substrat serta keberadaan mikroorganisme pengurai yang ada di dalamnya. Menurut Barus dkk. (2019), sedimen yang halus umumnya memiliki presentase bahan organik lebih tinggi daripada sedimen yang kasar. Sebaliknya, pada sedimen yang kasar cenderung memiliki kandungan bahan organik yang rendah karena partikel yang lebih halus tidak mengendap. Lingkungan Pulau Payung yang tenang diduga memungkinkan pengendapan lumpur yang diikuti akumulasi bahan organik ke dasar perairan. Tingginya kandungan organik pada sedimen diduga akan mempengaruhi kandungan karbon organik total pada air pori, demikian juga sebaliknya.

Stasiun yang memiliki persentase substrat lempung terbesar pada stasiun 4 dan terkecil pada stasiun 2 (Tabel 1). Tingginya susbstrat lempung di stasiun 4 yang berada di tengah-tengah pulau diduga berkaitan dengan lemahnya kuantan yang mentranspor sedimen pada stasiun ini dibanding stasiun-stasiun lain yang berada di pinggir Pulau Payung. Hal ini sesuai dengan Rifardi (2012), yang menyatakan bahwa distribusi ukuran dalam endapan sedimen dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya perbedaan ukuran dalam material induk, dan proses yang terjadi dalam endapan sedimen tersebut

seperti kemampuan aliran. Jika dalam suatu endapan sedimen didominasi oleh ukuran butir sedimen kasar, maka hal ini mengindikasikan kekuatan aliran mentranspor sedimen tersebut besar, sebaliknya ukuran butiran halus menggambarkan lemahnya kekuatan atau energi yang mentranspor sedimen.

Lebih lanjut, rendahnya fraksi sedimen halus pada stasiun 2 diduga berkontribusi terhadap rendahnya kandungan karbon organik total pada air pori di stasiun 2 (Gambar 3). Tekstur sedimen diduga dapat mempengaruhi jumlah kandungan organik yang mengendap. Semakin halus tekstur dari sedimen perairan semakin banyak pengendapan bahan organik. Sedimen yang memiliki tekstur halus biasanya berada pada perairan yang relatif tenang seperti hilir dan estuari, sedangkan untuk tekstur sedimen kasar biasanya berada pada daerah yang memiliki kondisi arus dinamis seperti daerah yang mengarah ke laut lepas (Sanusi dan Putranto, 2009).

Kandungan Karbon organik total dalam air pori Pulau Payung cenderung tidak memiliki keterkaitan dengan kondisi perairan di sekitarnya. Meskipun begitu, dalam hal karakteristik stasiun pengamatan, stasiun 2 dicirikan oleh nilai pH, sedangkan stasiun 4 lebih dipengaruhi oleh suhu, DO dan ukuran butir sedimen. Stasiun 1 dan 3 dekat dengan kelompok stasiun 4 yang dipengaruhi suhu, DO dan sedimen, tetapi pada kuadran yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun 1 dan 3 memiliki kemiripan ciri dengan stasiun 4, tetapi masih dapat dibedakan dengan stasiun 4. Gambar 4 juga menunjukkan bahwa variabel penciri stasiun pengamatan lebih kepada kondisi pH, DO, suhu dan ukuran butir sedimen, dibandingkan salinitas dan kandungan karbon organik.

Suhu pada air pori cenderung lebih tinggi dibandingkan suhu perairan sekitarnya (Tabel 2), di mana suhu air pori di stasiun 4 jauh lebih tinggi daripada suhu di perairan lainnya. Letak stasiun 4 yang berada di tengah

pulau diduga sangat dipengaruhi oleh suhu daratan dibandingkan stasiun lainnya. Waktu pengukuran yang hanya dilakukan pada siang hari semakin memperkuat naiknya suhu air pori pada stasiun 4 yang berada di tengah Pulau Payung. Suhu air pori diduga juga dipengaruhi oleh kapasitas panas daratan dan waktu pengukuran suhu. Menurut Hasanudin (1997), daratan dengan kapasitas panas yang kecil, kemampuan dalam menerima dan menyimpan panas relatif terbatas, sehingga lebih cepat panas dibandingkan lautan.

Nilai salinitas di Pulau Payung hampir di semua stasiun bernilai 0 ‰, terkecuali pada stasiun 4. Lokasi stasiun 4 yang berada di tengah pulau diduga hanya mendapat masukan pada saat air pasang saja yang identik dengan air bersalinitas atau mengandung kadar garam. Dalam kaitan dengan pH, menunjukkan nilai pH pada air pori sedimen lebih rendah dari nilai pH perairan sekitar. Menurut Arizuna dkk. (2014), nilai pH dipengaruhi oleh faktor fisik sedimen, berkaitan dengan konsentrasi bahan-bahan organik yang ada di sedimen. Perubahan nilai pH dalam sedimen mempengaruhi sebaran mempengaruhi sebaran mikroorganisme yang metabolismenya tergantung pada sebaran faktor-faktor kimia tersebut.

Hasil pengukuran menunjukkan nilai DO pada air pori di stasiun 1, 2 dan 3 yang cenderung lebih rendah daripada perairan sekitar. Hal tersebut diduga diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme di air pori. Hal ini didukung oleh sumber masukan bahan organik kompleks yang masuk, salah satunya dari serasah mangrove yang banyak di Pulau Payung. Menurut Setiabudi (2007), fungsi air adalah sebagai media untuk tumbuh bagi mikroorganisme. Konsentrasi air jebakan sedimen yang tinggi menguntungkan perkembangan bakteri, terutama bakteri yang hidupnya melekat pada partikel.

## KESIMPULAN

Stasiun pengamatan dengan substrat lebih kasar cenderung memiliki kandungan karbon organik total lebih rendah di dalam air porinya. Kandungan Karbon organik total dalam air pori Pulau Payung cenderung tidak memiliki keterkaitan dengan kondisi perairan di sekitarnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia, Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia, serta Universitas Sriwijaya atas dukungan dana penelitian yang telah diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh anggota tim riset Pulau Payung atas kerja kerasnya serta kepada pengurus Koperasi Nelayan Bina Usaha Mandiri Desa Sungsang II atas kerjasama yang sangat baik.

## DAFTAR ACUAN

- Arizuna M., Suprpto D, Muskanonfolo MR. 2014. Kandungan nitrat dan fosfat dalam air pori sedimen di Sungai dan Muara Sungai Wedung Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. Vol. 3(1) : 7 -16.
- Barus BS, Aryawati R, Putri WAE, Nurjuliasti E, Diansyah G, Sitorus E. 2019. Hubungan N-Total dan C-Organik sedimen dengan makrozoobentos di perairan Pulau Payung, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis*. Vol. 22(2) : 147 - 156.
- Barus BS, Munthe RY, Bernardo M. 2020. Kandungan karbon organik total dan fosfat pada sedimen di perairan Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 397 -408. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.28211>
- Burdige DJ, Komada T. 2015. *Sediment pore waters. "Biogeochemistry of marine dissolved organic matter"*. Academic Press. United States of America.
- Burnett WC, Bokuniewicz H, Huettel M, Moore WS, Taniguchi M. 2003. Groundwater and pore water inputs to the coastal zone. *Biogeochemistry*. Vol. 66(1): 3-33.
- Dai, M., & Meng, F., Tang, T., Kao, S., Lin, J.R., Chen, J.H., Huang, J., Tian, J.W., Gan, J., Yang, S. 2009. Excess total organic carbon in the intermediate water of the South China Sea and its export to the North Pacific. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 10. DOI: 10.1029/2009gc002752.
- De Karo, F. 2021. Analisis Karbon Organik Total pada Air Pori (*Pore Water*) di Sedimen Pulau Payung, Sumatera Selatan. Universitas Sriwijaya. Tidak dipublikasikan.
- Emara, H.I. 1998. Total organic carbon content in the waters of the Arabian Gulf. *Environment International*, 24 (1-2), 97-103. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(97\)00125-6](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00125-6)
- Hasanudin M. 1997. Pengaruh laut terhadap iklim. *Jurnal Oseana*. Vol. 22(2) : 15-22.
- Hutasoit SR, Yulina S, Yusuf M. 2014. Distribusi kandungan karbon organik total (KOT) dan fosfat di perairan Sayung, Kabupaten Demak. *Jurnal Oseanografi*. Vol. 3(1) : 74 - 80.
- Lazar, L., Gomoiu, M.T., Boicenco, L., Vasiliu, D. 2012. Total Organic Carbon (TOC) of the surface layer sediments covering the seafloor of the Romanian Black Sea coast. *Geo-Eco-Marina*, 12, 121-132. DOI: 10.5281/zenodo.56875
- Ong, M.C., Fok, F.M., Yong, J.C. 2016. Determination of Total Organic Carbon Concentration in Surficial Sediments of Sungai Pinang, Penang, Malaysia. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20 (6),

1318 – 1328. DOI: <http://dx.doi.org/10.17576/mjas-2016-2006-10>

- Marwan AH, Widyorini N, Nitisupardjo M. 2015. Hubungan total bakteri dengan kandungan bahan organik total di Muara Sungai Babon, Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares*. Vol. 4(3) : 170 - 179.
- Mutianto H. 2016. Studi konservasi air untuk pemanfaatan air tanah yang berkelanjutan pada recharge area lereng gunung api Merapi Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Jurnal Geografi Gea*. Vol. 8(2) : 1 - 15.
- Rifardi. 2012. *Ekologi sedimen laut modern*. Unri Press. Pekanbaru.
- Sanusi, H.S., dan S. Putranto. 2009. *Kimia laut & pencemaran. Proses fisika kimia dan interaksinya dengan lingkungan*. Bogor. Departemen Ilmu dan teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Setiabudi GI. 2007. Karakteristik fisik-kimia sedimen di Teluk Kaping Bali: hubungannya dengan komposisi dan kelimpahan bakteri [tesis]. Bogor : Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Shekhar, S., Kumaresan, S., Chakraborty, S., Sundaramanickam, A., Balachandar, K. 2019. Total organic carbon profile in water and sediment in coral reef ecosystem of Agatti Island, Lakshadweep Sea. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48 (06), 936-942.
- Torres NT, Hauser PC, Furrer G, Brandl H, Müller B. 2013. Sediment porewater extraction and analysis combining filter tube samplers and capillary electrophoresis. *Environmental Science: Processes & Impacts*. Vol. 15(4) : 715-720.

# INTERPRETASI GEOLOGI BERDASARKAN HASIL PEMODELAN 2D DAN 3D BAWAH PERMUKAAN CEKUNGAN BILITON BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYA BERAT

## *GEOLOGICAL INTERPRETATION OF SURFACE 2D AND 3D MODELING RESULTS BILITON BASIN BASED ON ANALYSIS OF GRAVITY DATA*

Mu'amar Hafiz<sup>1\*</sup>, Imam Setiadi<sup>2</sup>, Purwaditya Nugraha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, 35365.

<sup>2</sup> Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jl. Dr Djunjungan, No. 236, Bandung.

\*muamarh3@gmail.com

Diterima : 16-05-2023 , Disetujui : 30-11-2023

### ABSTRAK

Cekungan Biliton merupakan satu dari 128 cekungan sedimen di Indonesia yang diklasifikasikan sebagai cekungan prospek hidrokarbon, namun belum banyak pemahaman serta publikasi mengenai cekungan ini. Metode gayaberat digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui konfigurasi batuan dasar, mendelineasi subcekungan sedimen, dan mengetahui kondisi geologi bawah permukaan menggunakan *Lowpass filter* serta pemodelan 2D *forward modeling* dan 3D inversi. Hasil pemisahan anomali menunjukkan anomali regional memiliki rentang anomali 16.9 – 34.4 mGal dan anomali residual memiliki rentang anomali dari -5.8 – 4.7 mGal. Berdasarkan hasil analisis anomali residual dan *enhancement anomaly* dengan menggunakan filter *Tilt Derivative* (TDR), daerah penelitian memiliki enam subcekungan dengan pola tinggian yang berarah timur laut – barat daya. Hasil pemodelan 2,5D *forward modeling* dan 3D *inverse modeling* menunjukkan daerah penelitian terdiri atas tujuh lapisan, lapisan pertama adalah lapisan termuda yang merupakan Formasi Cisubuh ( $\rho = 2$  gr/cc), Formasi Parang ( $\rho = 2,1$  gr/cc), Formasi Baturaja ( $\rho = 2,2$  gr/cc), Formasi Talang Akar ( $\rho = 2,3$  gr/cc), Formasi Banuwati ( $\rho = 2,4$  gr/cc), Formasi Jatibarang ( $\rho = 2,5$  gr/cc), dan lapisan *basement* ( $\rho = 2,67$  gr/cc).

**Kata kunci:** gayaberat, *Lowpass filter*, *Tilt Derivative* (TDR), pemodelan ke depan, pemodelan inversi

### ABSTRACT

*The Biliton Basin is one of 128 sedimentary basins in Indonesia which is classified as a hydrocarbon prospecting basin, but there is not much understanding and publication about this basin. The gravity method was used in this study to determine bedrock configuration, delineate sedimentary sub-basins, and determine subsurface geological conditions using a Lowpass filter as well as 2D forward modeling and 3D inversion. The results of the separation of the anomalies show that regional anomalies have an anomaly range of 16.9 – 34.4 mGal and residual anomalies have an anomaly range of -5.8 – 4.7 mGal. Based on the results of residual anomaly analysis and enhancement anomaly using Tilt Derivative (TDR) filters, the study area has six sub-basins with elevation patterns trending northeast - southwest. The results of 2.5D forward modeling and 3D inverse modeling show that the study area consists of seven layers, the first layer is the oldest layer which is the basement layer ( $\rho = 2.67$  gr/cc), Jatibarang Formation ( $\rho = 2.5$  gr/cc), Banuwati Formation ( $\rho = 2.4$  gr/cc), Talang Akar Formation ( $\rho = 2.3$  gr/cc), Baturaja Formation ( $\rho = 2.2$  gr/cc). Parang Formation ( $\rho = 2.1$  gr/cc), Cisibuh Formation ( $\rho = 2$  gr/cc).*

**Keyword:** gravity, *Lowpass filter*, *Tilt Derivative* (TDR), forward modeling, inverse modeling

## PENDAHULUAN

Indonesia berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Proses konvergensi antar lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya cekungan sedimen. Cekungan sedimen merupakan depresi yang berperan sebagai tempat akumulasi endapan sedimen (Boogs, 2006). Berdasarkan data Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2022), Indonesia memiliki 128 cekungan sedimen dengan 42% (54 cekungan) telah dieksplorasi yang diklasifikasikan menjadi cekungan berproduksi, cekungan prospek, dan cekungan dengan penemuan. Cekungan Biliton merupakan salah satu cekungan dengan indikasi sistem perminyakan yang potensial dan termasuk dalam cekungan prospek hidrokarbon.

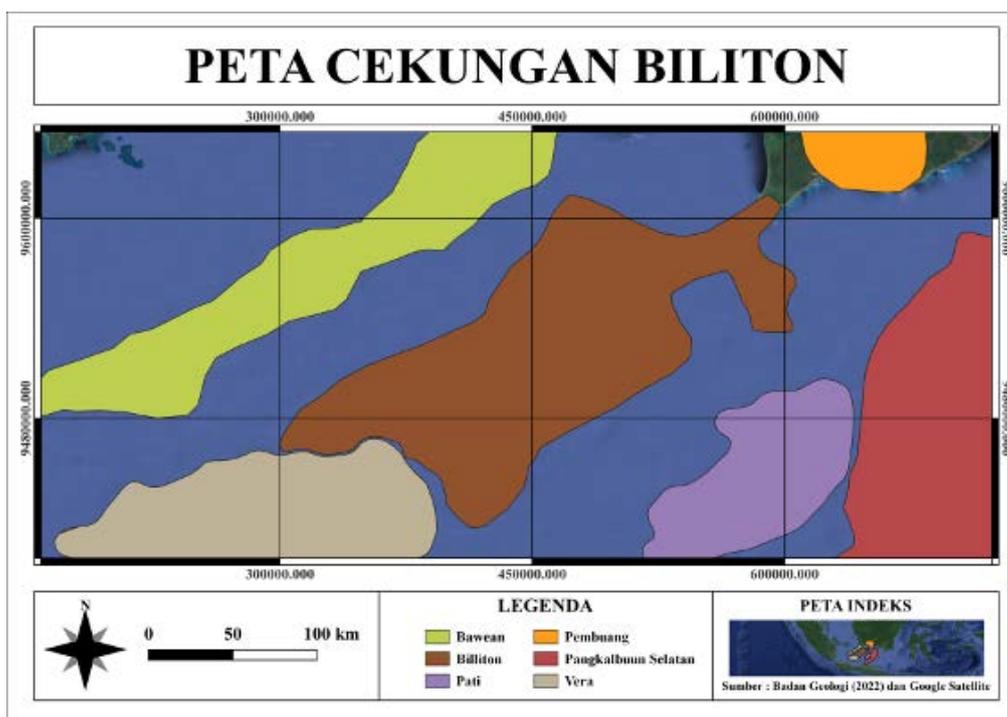
Secara geografis, Cekungan Biliton terletak 118.2° – 111.2° BT dan 3.5° – 5° LS. Cekungan Biliton merupakan salah satu cekungan Tersier yang terletak pada batas sebelah tenggara Kraton Sunda yang terbentuk selama periode utama ekstensional Eosen – Oligosen dan *sag* pada zaman Miosen (Atkinson dkk., 2004). Cekungan Biliton diklasifikasikan sebagai cekungan prospek, namun belum banyak studi mengenai delineasi subcekungan dan interpretasi geologi bawah permukaan Cekungan Biliton. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai Cekungan Biliton. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan dalam tahap eksplorasi untuk mengidentifikasi pola subcekungan maupun litologi adalah metode gayaberat.

Metode gayaberat dapat digunakan dalam survei pendahuluan dengan area penelitian yang cukup besar atau bersifat regional. Metode gayaberat digunakan dalam

penelitian kali ini untuk mengidentifikasi subcekungan sedimen dengan memanfaatkan sifat heterogen komponen penyusun bawah permukaan. Kondisi tersebut menyebabkan variasi densitas secara lateral atau yang biasa disebut dengan anomali gayaberat (Sarkowi, 2014). Pada umumnya, nilai anomali gayaberat di daerah cekungan akan bernilai negatif karena memiliki densitas yang relatif lebih kecil dari 2,67 gr/cc (densitas rata-rata kerak bumi). Hal tersebut disebabkan oleh proses konvergensi yang berasosiasi dengan peluruhan batuan induk dan terbentuknya batuan sedimen klastik (Setyanta & Setiadi, 2009).

Dalam proses analisis metode gayaberat digunakan beberapa teknik, salah satunya adalah analisis spektral. Analisis spektral dapat diaplikasikan untuk memperoleh lebar *window* atau nilai *cutoff* optimum yang digunakan dalam pemisahan anomali *Bouguer* serta estimasi kedalaman yang membatasi batuan sedimen dengan batuan dasar (*basement*) (Karunianto dkk., 2017).

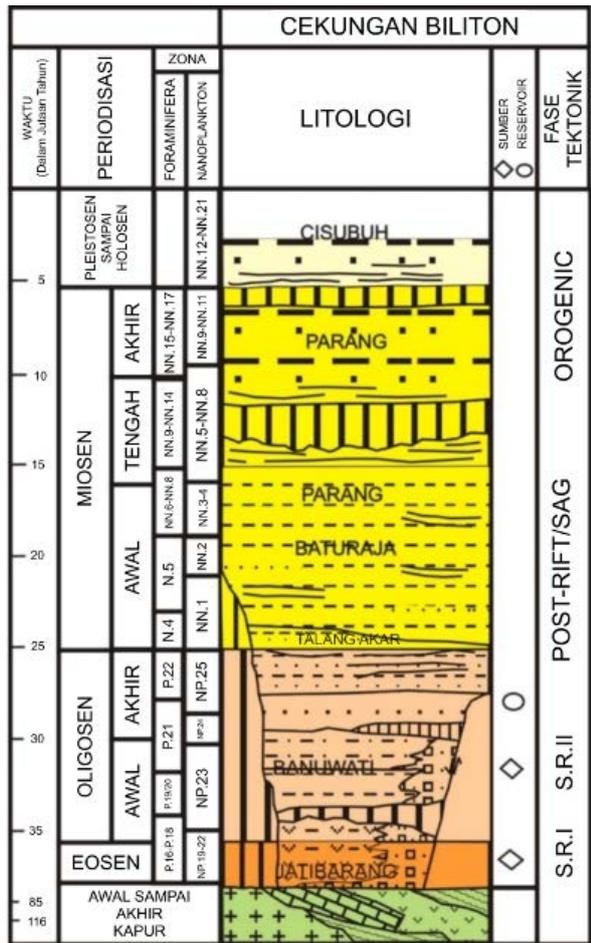
Pada penelitian kali ini, akan digunakan *Lowpass filter* untuk memisahkan anomali regional dan residual. Selain itu, dilakukan anomali *enhancement* dengan filter *Tilt Derivative* (TDR) untuk mempertegas daerah kontras anomali pada daerah penelitian, sehingga dapat dilakukan delineasi subcekungan pada Cekungan Biliton. Interpretasi kondisi bawah permukaan akan dilakukan menggunakan *2,5D forward modeling* dan *3D inverse modeling*. Dari hasil penelitian ini diharapkan mampu memisahkan anomali regional dan residual, mengetahui pola subcekungan, dan memodelkan bawah permukaan dengan harapan mampu memberikan informasi dan publikasi mengenai kondisi subcekungan dan interpretasi kondisi geologi Cekungan Biliton.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian (Dimodifikasi dari Badan Geologi, 2022)

## Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi Cekungan Biliton memiliki komposisi



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Biliton (Dimodifikasi dari Atkinson dkk., 2004)

berupa batuan dasar yang disusun oleh batuan beku dan metamorf Kapur atau lebih tua (Cater, 1981). Stratigrafi pada masa Pra-Miosen meliputi Formasi Jatibarang (*Syn-Rift I*) dan Formasi Banuwati (*Syn-Rift II*). Stratigrafi *Post-Miosen* dibagi menjadi Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Parang, dan Formasi Cisubuh. Berikut merupakan stratigrafi umum dari Cekungan Biliton (Gambar 2).

Suksesi Pra-Miosen di Cekungan Biliton dapat dibagi menjadi Formasi Jatibarang (*Syn-Rift I*) dan Formasi Banuwati (*Syn-Rift II*). Formasi Jatibarang merupakan suksesi kontinental berumur Paleosen/Eosen terdiri dari sedimen klastik lakustrin, vulkanik ekstrusi (lava dan tufa), dan volkanoklastik terendapkan pada *graben* yang terisolasi selama fase *Syn-Rift I*.

Formasi Banuwati (*Syn-Rift II*) mengandung suksesi tebal berlapis, konglomerat, dan serpih terendapkan di atas batuan dasar. Formasi ini ekuivalen dengan Formasi Banuwati di Cekungan Sunda dan Asri, formasi ini berada di bawah Formasi Talang Akar. Formasi Banuwati di Cekungan Biliton mengandung suksesi berlapis batupasir, lanau, dan batulempung berbintik.

Suksesi Pasca-Miosen di area Biliton dapat dibagi menjadi empat unit, yaitu Formasi Talang Akar, Formasi

Baturaja, Formasi Parang, dan Formasi Cisubuh. Formasi Talang Akar mengandung batupasir, serpih, batulanau, dan batubara yang diendapkan tidak selaras dengan Formasi Banuwati. Formasi ini ekuivalen dengan Formasi Talang Akar Cekungan Sunda dan Asri dan Formasi Talang Akar Atas Cekungan Arjuna. Volume hidrokarbon terakumulasi di formasi ini di sepanjang sekitar Cekungan Sunda, Asri, dan Arjuna.

Formasi Baturaja di Cekungan Biliton didominasi oleh serpih dengan lapisan batugamping, dolomit, dan batubara. Data mikropaleontologi membuktikan umur Miosen dan menunjukkan endapan lingkungan litoral – sublitoral.

Formasi Parang pada Cekungan Biliton didominasi serpih karbonatan berwarna hijau-kecoklatan dengan sedikit batugamping, dolomit, batubara, dan batupasir berbutir halus. Formasi Parang Cekungan Biliton ekuivalen dengan Formasi Gumai Cekungan Asri dan Sunda yang disebut sebagai *Main/Massive* Formasi Parigi. Formasi Parang menunjukkan perkembangan karbonat yang lebih sedikit dikarenakan kehadiran suplai sedimen klastik.

Formasi Cisubuh di Cekungan Biliton mengandung suksesi *unconsolidated* yang terdiri dari pasir, lanau, dan lignit. Data mikropaleontologi menunjukkan kisaran umur yang lebih luas yaitu Miosen Atas – Resen pada lingkungan pengendapan sublitoral. Kontak antara Formasi Cisubuh dengan formasi di atasnya berupa ketidakselarasan bersudut.

## METODE

Data yang digunakan adalah data satelit *Topex* di daerah Cekungan Biliton. Menurut koordinat geografis, daerah penelitian terletak diantara 9450000-9560000 mT dan 388000-510000 mU pada sistem koordinat UTM zona 49S dengan ukuran 13.420 km<sup>2</sup> yang terdiri atas 530 titik pengukuran dengan spasi antar titik 1,3 km. Data gayaberat akan dianalisis menggunakan analisis spektral, *enhancement anomaly*, pemodelan 2,5D *forward modeling*, dan 3D *inverse modeling*.

Analisis spektral merupakan proses estimasi lebar *window* untuk pemisahan anomali regional dan residual serta untuk mengestimasi kedalaman dari anomali gayaberat. Analisis spektral akan dilakukan dalam domain frekuensi, maka dari itu digunakan transformasi *fourier* untuk mengkonversi data dari domain spasial menjadi domain frekuensi (Karunianto dkk., 2017). Dalam prosesnya, analisis spektral akan memanfaatkan hubungan antara  $\ln A$  (amplitudo) dengan  $K$  (bilangan gelombang). Setelah itu, dilakukan analisis nilai *cutoff* atau nilai yang memisahkan antara zona residual dan regional, sehingga proses pemisahan anomali dan estimasi kedalaman dapat dilakukan.

Anomali *enhancement* dilakukan untuk mempertegas batas-batas anomali. Pada penelitian kali ini, digunakan filter *Tilt Derivative* (TDR) untuk merepresentasikan batas subcekungan pada Cekungan Biliton. *Tilt Derivative* (TDR) mampu mempertegas batas

anomali untuk identifikasi target yang diinginkan (Putri dkk., 2019). Filter TDR merupakan *highpass filter*, sehingga filter ini akan menghasilkan anomali yang berasosiasi dengan kedalaman dangkal.

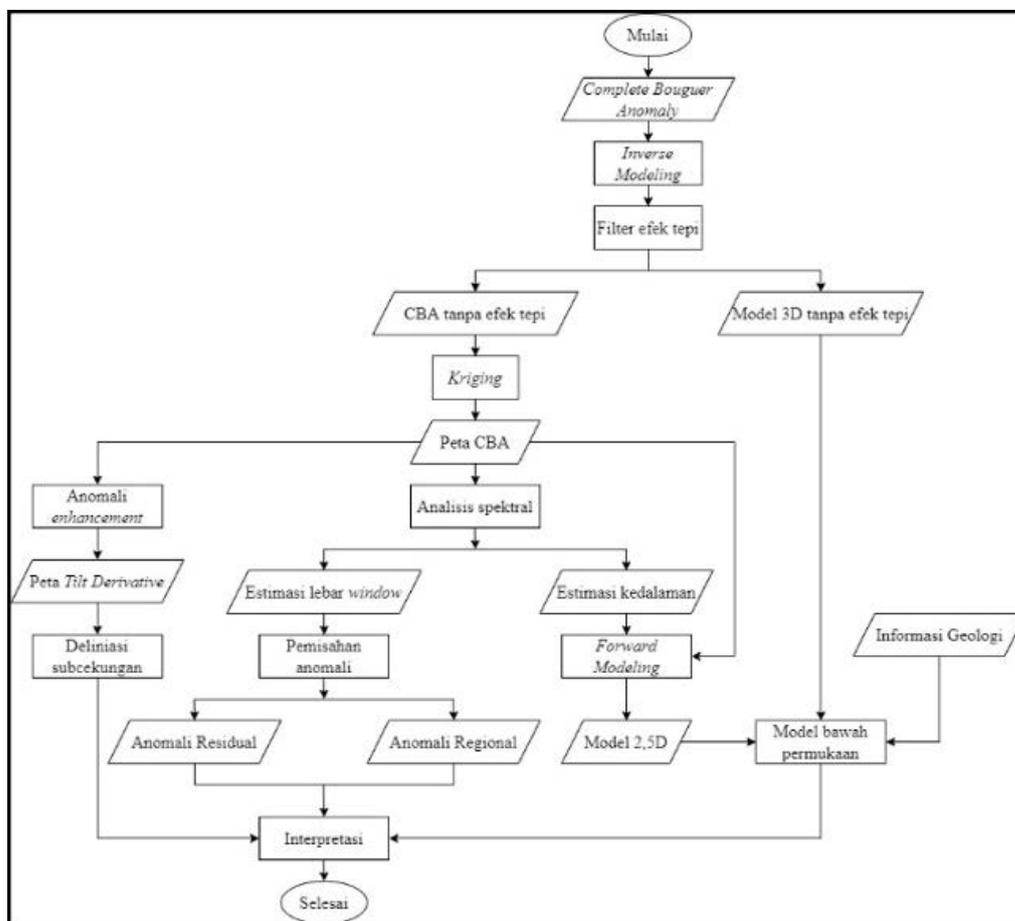
Selanjutnya, pada penelitian ini dilakukan pemodelan untuk memperoleh model bawah permukaan. Pemodelan dalam geofisika dapat dikatakan mewakili kondisi bawah permukaan apabila diperoleh respon model

Metodologi penelitian selengkapnya dapat dilihat pada diagram penelitian seperti ditampilkan pada Gambar 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Complete Bouguer Anomaly

Peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) mengandung informasi mengenai persebaran anomali

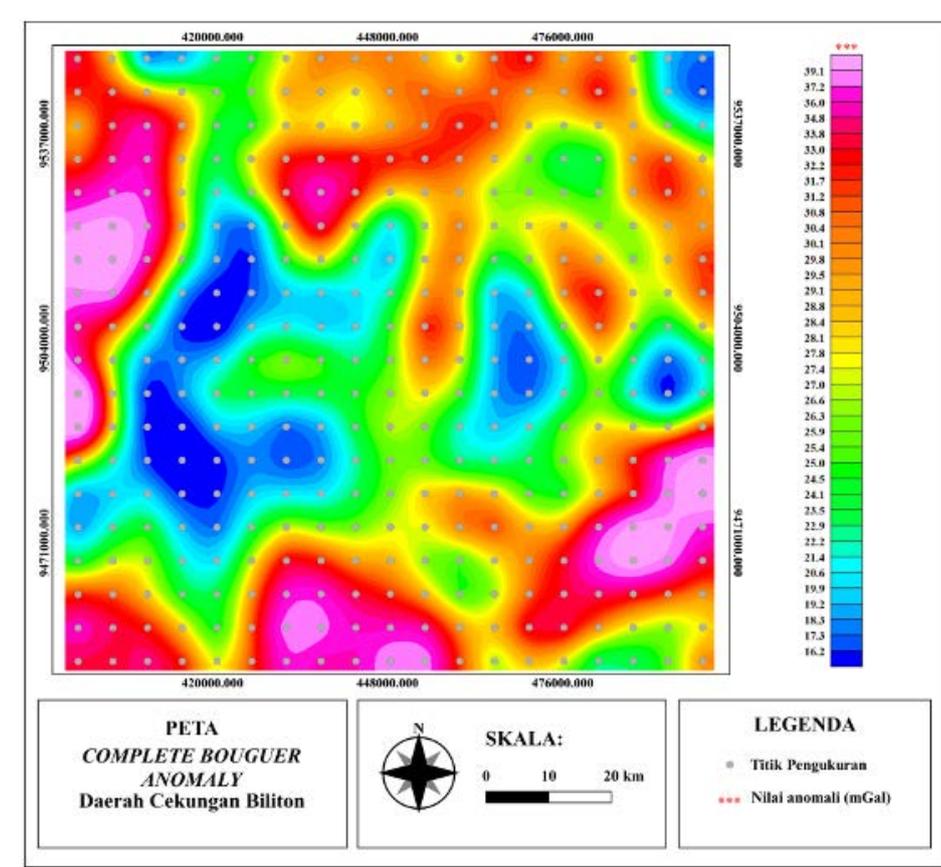


Gambar 3. Diagram alir penelitian Cekungan Biliton

yang sesuai antara data teoritis dan data observasi. Pada *forward modeling*, penyesuaian antara data teoritis dan data observasi dilakukan secara *trial and error* dengan cara mengubah harga parameter model secara manual hingga memperoleh respon model yang cocok dengan data observasi (Grandis, 2009). Sementara itu, penyesuaian antara data teoritis dan data observasi pada *inverse modeling* dilakukan dengan operasi matematis.

Pada penelitian kali ini, dilakukan *forward modeling* yang didasarkan pada metode poligon Talwani, dimana akan dibuat model yang mendekati benda anomali dengan poligon pada koordinat kartesian dan parameter model dihitung berdasarkan komponen vertikal dan horizontal (Talwani dkk., 1959). Selain itu, pada penelitian ini digunakan inversi *Occam* untuk memodelkan kondisi bawah permukaan dalam 3D dan *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk menghindari terbentuknya matriks singular dalam proses inversi.

gayaberat pada daerah pengukuran seperti pada Gambar 4. Berdasarkan hasil yang diperoleh, daerah penelitian memiliki rentang anomali mulai dari 16,2 – 37,2 mGal yang digambarkan dengan warna biru tua hingga merah muda. Persebaran anomali *Bouguer* memperlihatkan bahwa daerah pengukuran sebagian besar memiliki nilai anomali tinggi dengan arah timur laut – barat daya. Daerah tersebut memiliki rentang anomali 27,4 – 37,2 mGal yang direpresentasikan dengan warna kuning hingga merah muda. Kondisi ini mengindikasikan daerah tersebut tersusun dari batuan dengan nilai densitas yang tinggi. Daerah dengan anomali rendah ditandai dengan warna hijau – biru tua dengan nilai 16,2 – 27,4 mGal. Daerah dengan anomali rendah sebagian besar terdapat pada bagian tengah daerah pengukuran yang mengindikasikan daerah tersebut tersusun dari batuan dengan nilai densitas rendah yang berasosiasi dengan lingkungan pengendapan sedimen.



Gambar 4. Peta Complete Bouguer Anomaly (CBA)

### Analisis Spektral

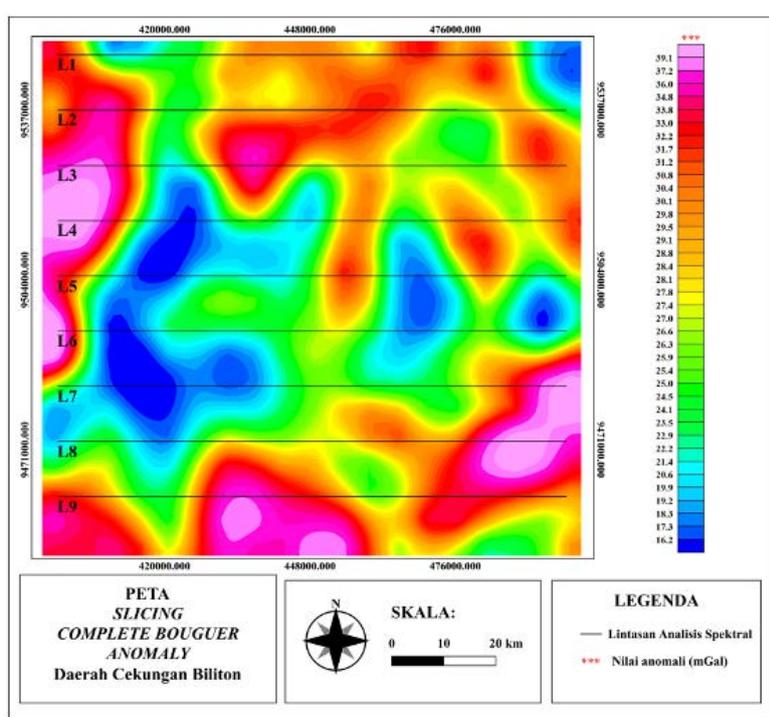
Peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) merupakan superposisi atau gabungan dari anomali regional, residual, dan *noise*. Pemisahan anomali perlu dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai target berdasarkan kedalamannya dengan analisis spektral. Dilakukan *slicing* pada peta CBA yang masih dalam domain waktu untuk memperoleh nilai jarak dan anomali *Bouguer* pada jarak tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis spektral pada 9 lintasan hasil *slicing* dengan arah lintasan barat – timur seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Proses transformasi *fourier* dilakukan pada data hasil *slicing* untuk mendapatkan nilai  $\ln A$  (amplitudo) dan  $k$  (bilangan gelombang) yang akan ditampilkan dalam sebuah grafik dengan sumbu  $x$  berupa  $k$  (bilangan gelombang) dan sumbu  $y$  berupa  $\ln A$  (amplitudo). Selanjutnya, dilakukan analisis untuk memisahkan zona regional, residual, dan *noise* dengan memperhatikan kemenerusan serta tingkat kecuraman pada grafik yang telah ditampilkan. Batas antara zona regional dan residual akan digunakan untuk menentukan lebar *window* yang akan digunakan pada proses pemisahan anomali. Estimasi kedalaman diperoleh dengan memanfaatkan hubungan linier antara  $\ln A$  (amplitudo) dan  $k$  (bilangan gelombang) di mana nilai kedalaman diperoleh dari gradien pada persamaan garis lurus antara  $\ln A$  (amplitudo) dan  $k$  (bilangan gelombang) seperti pada Gambar 6.

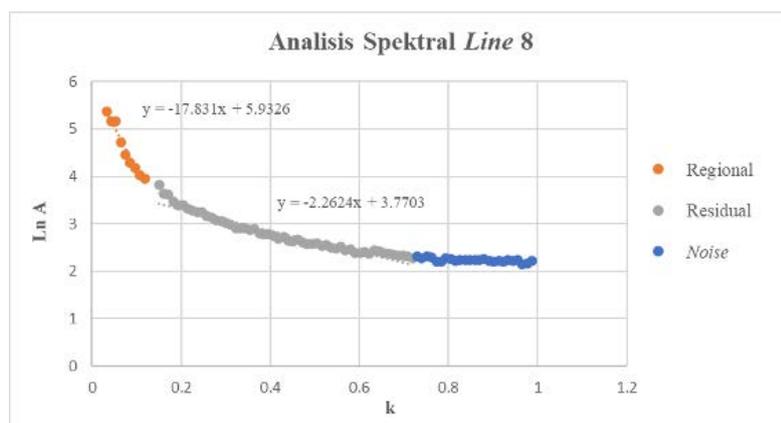
Setelah analisis spektral dilakukan pada semua lintasan, akan diperoleh estimasi kedalaman zona regional dan zona residual serta nilai *cutoff* dan *window* hasil perata-rataan setiap lintasan seperti yang ada pada Tabel 1. Hasil analisis spektral pada lintasan ke-8 (Gambar 6) menunjukkan nilai kedalaman zona regional adalah 17,831 km dan kedalaman zona residual adalah 2,2624km. Batas antara zona regional dan residual yang digunakan sebagai nilai *cutoff* adalah sebesar 0,150290598. Pemisahan anomali dilakukan dengan menggunakan *Lowpass filter* dengan *input* peta *Complete Bouguer Anomaly* dan lebar *window* optimum hasil analisis spektral. Nilai lebar *window* optimum yang diperoleh dari proses analisis spektral adalah 14.

### Anomali Regional

Anomali regional diperoleh dari hasil pemisahan anomali menggunakan *Lowpass filter*. *Lowpass filter* akan meloloskan sinyal dengan frekuensi rendah dan menyaring sinyal dengan frekuensi tinggi. Dengan demikian, diperoleh hasil proses *filtering* berupa peta anomali regional yang berasosiasi dengan respon dari objek bawah permukaan yang relatif dalam. Berdasarkan hasil yang diperoleh (Gambar 7), didapatkan pola persebaran anomali rendah relatif berada pada tengah daerah pengukuran yang ditunjukkan dengan warna biru tua – hijau dengan nilai 16,9 – 27,4 mGal dan anomali tinggi relatif berada pada batas daerah penelitian dengan



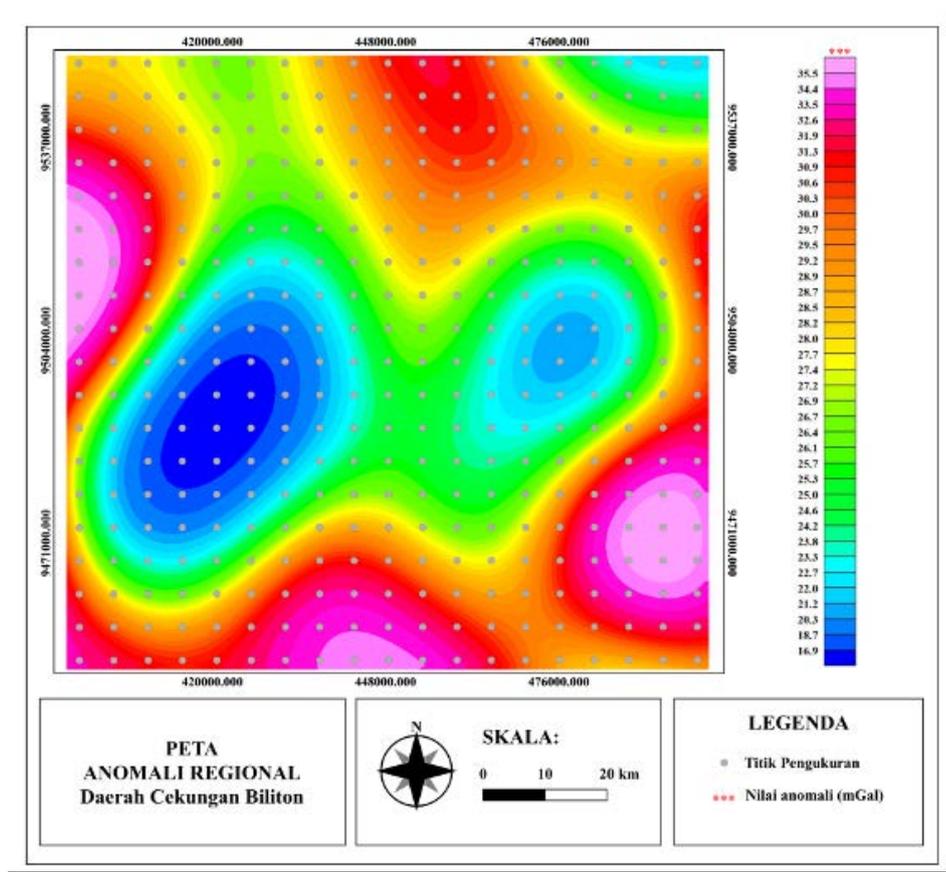
Gambar 5. Peta Slicing Complete Bouguer Anomaly (CBA) untuk analisis spektral



Gambar 6. Grafik analisis spektral pada line ke-8

Tabel 1. Batas bilangan gelombang antara zona regional dan residual ( $kc$ ), lebar  $window$  ( $n$ ), serta estimasi kedalaman zona regional dan residual

Lintasan	$kc$	$n$	Regional (km)	Residual (km)
1	0,128163265	16,334	16,997	2,21
2	0,14952381	14	16,697	2,2203
3	0,160204082	13,067	17,483	2,1872
4	0,14952381	14	16,939	2,1613
5	0,160204082	13,067	17,077	2,154
6	0,160204082	13,067	17,077	2,154
7	0,128163265	16,34	17,883	2,1363
8	0,150290598	13,92	17,831	2,2624
9	0,160204082	13,067	17,828	2,0362
<b>Rata-Rata</b>	<b>0,149609008</b>	<b>14,09</b>	<b>17,312</b>	<b>2,169</b>



Gambar 7. Peta Anomali Regional

nilai anomali 27,4 – 34,4 mGal yang ditunjukkan dengan warna kuning – merah muda.

**Anomali Residual**

Hasil pemisahan anomali dengan *Lowpass filter* akan menghasilkan anomali regional dan nilai *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali residual. Oleh karena itu, dilakukan pengurangan antaragrid *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) dengan *grid* anomali regional yang menghasilkan *grid* anomali residual (Gambar 8). Anomali residual dapat menggambarkan anomali dengan frekuensi tinggi yang berasosiasi dengan respon dari objek bawah permukaan yang relatif dangkal. Pada peta anomali residual, didapatkan hasil berupa daerah pengukuran memiliki pola persebaran anomali rendah ke tinggi yang berkisar dari -5,8– 4,7 mGal. Daerah dengan anomali rendah direpresentasikan oleh warna biru tua – hijau dengan rentang anomali antara -5,8– 0,0 mGal, sedangkan daerah dengan anomali tinggi direpresentasikan oleh warna kuning – merah muda dengan rentang anomali 0,0 – 4,7 mGal.

Berdasarkan interpretasi yang dilakukan pada peta anomali regional dan anomali residual, bagian tengah daerah penelitian memiliki anomali rendah pada kedalaman dangkal (residual) yang menerus hingga kedalaman regional. Berdasarkan hal tersebut, maka bagian tengah pada daerah penelitian diindikasikan sebagai daerah pengendapan sedimen dan untuk mempertegas daerah anomali akan digunakan metode

*enhancement anomaly* menggunakan filter *Tilt Derivative* (TDR).

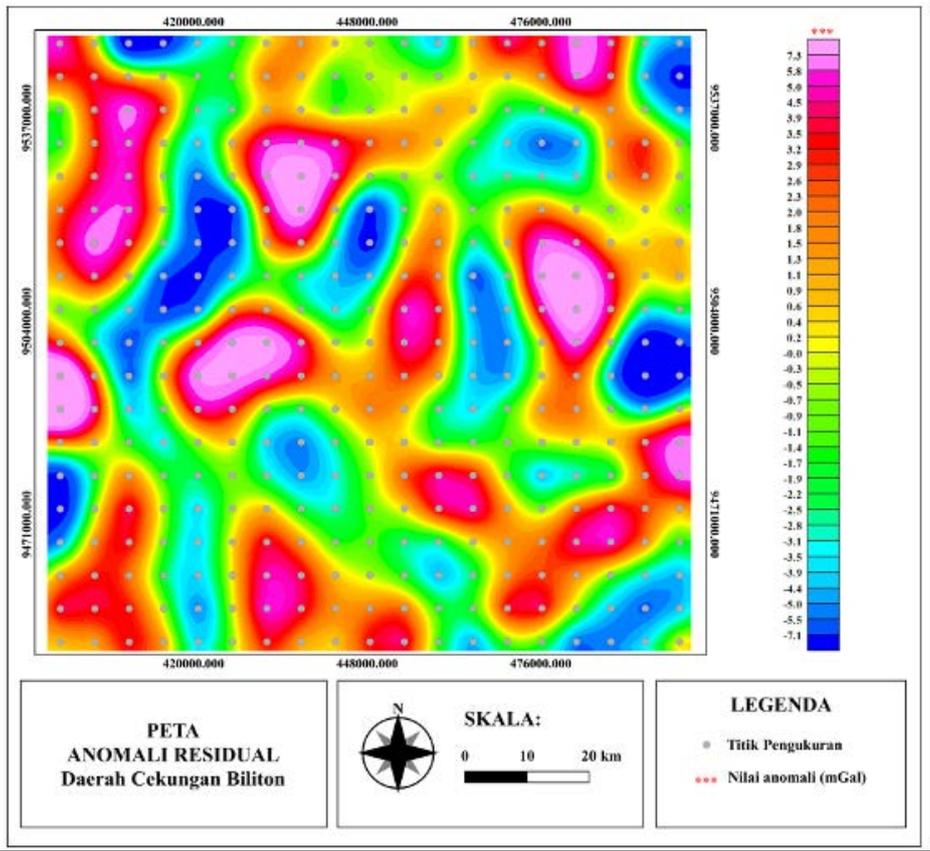
**Tilt Derivative (TDR)**

Filter *Tilt Derivative* (TDR) akan diterapkan pada peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) untuk mempertegas batas subcekungan dengan memanfaatkan kontras densitas batuan. Nilai *Tilt Derivative* (TDR) bernilai nol untuk tepi yang diasumsikan sebagai kontras patahan, kemiringan, dan densitas batuan. Berdasarkan Gambar 9, sebaran nilai *tilt derivative* berkisar antara -1,3 – 1,3rad dan hasil tersebut menunjukkan anomali *enhancement* dengan filter TDR mampu mempertegas batas-batas subcekungan pada Cekungan Biliton.

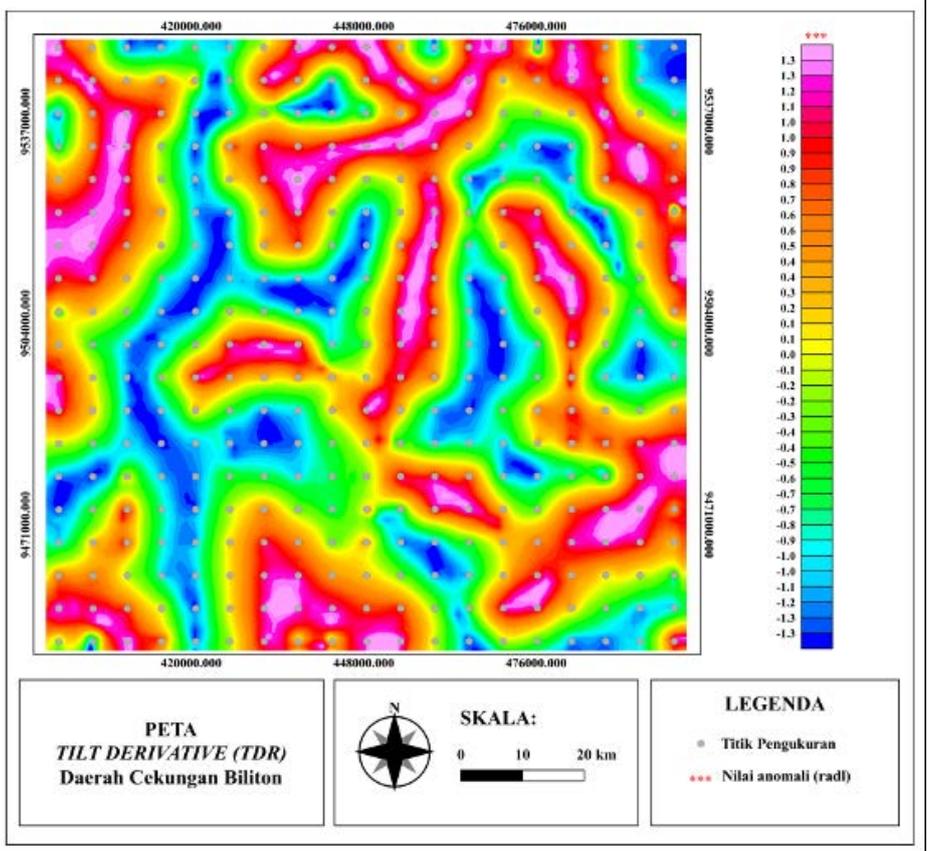
**Pendugaan Batas Subcekungan**

Analisis pendugaan batas subcekungan pada Cekungan Biliton dilakukan dengan analisis peta *Tilt Derivative* (TDR). Peta TDR mengindikasikan subcekungan dengan daerah anomali rendah yang direpresentasikan dengan warna biru tua – hijau dan batas subcekungan direpresentasikan dengan daerah kontras anomali (anomali nol) yang digambarkan dengan warna kuning.

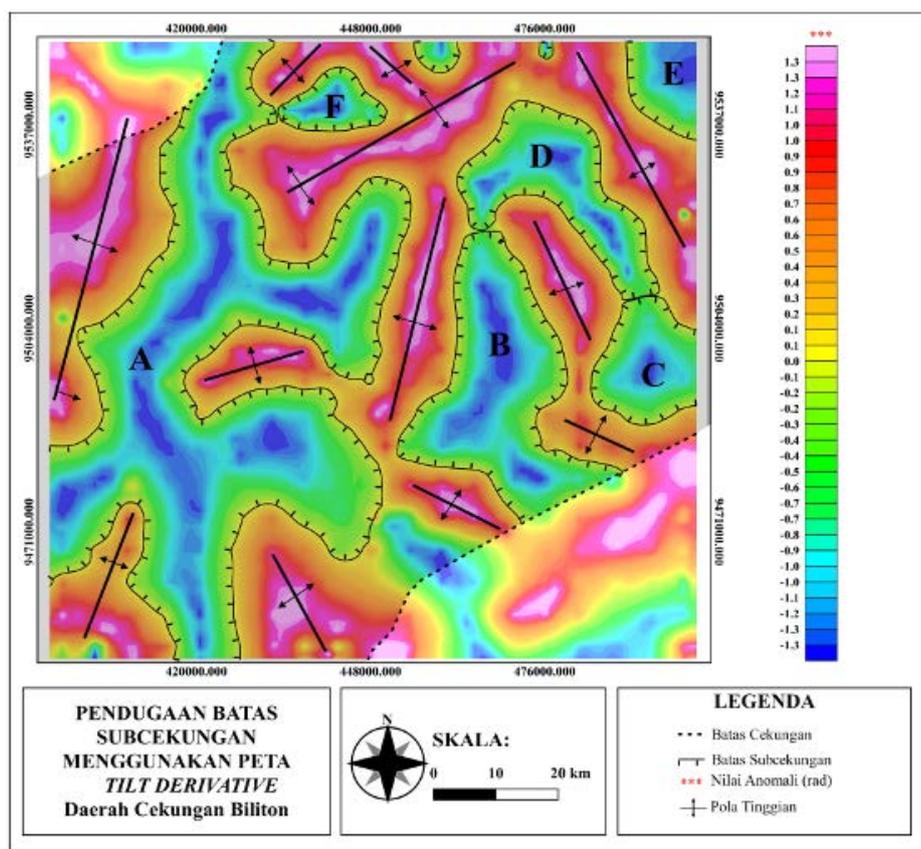
Berdasarkan hasil yang diperoleh, daerah penelitian memiliki enam subcekungan yang tersebar di daerah penelitian (Gambar10). Subcekungan yang berada di daerah penelitian relatif berarah utara – selatan yang dibentuk oleh pola tinggian yang relatif berarah timur laut – barat daya. Arah tinggian pada Cekungan Biliton dipengaruhi oleh arah sesar meratus. Sesar meratus



Gambar 8. Peta Anomali Residual



Gambar 9. Peta Tilt Derivative (TDR)



Gambar 10. Pendugaan batas subcekungan dengan analisis peta TDR

memberikan pengaruh dalam pembentukan cekungan di *Northwest Java Basin* (NJB) yang terlihat dari beberapa cekungan (Cekungan Vera dan Biliton) yang searah dengan tinggian Karimunjawa berarah timur laut – barat daya yang menerus hingga Pegunungan Meratus. Selain pola meratus, *Northwest Java Basin* (NJB) memiliki pola struktur utama berarah utara – selatan (arah sunda) dan timur – barat (arah jawa) (Hamilton, 1979).

### Forward Modeling

*Forward modeling* dilakukan pada daerah yang terindikasi sebagai subcekungan. Pada penelitian kali ini, pemodelan difokuskan pada daerah subcekungan A sebagai subcekungan paling besar di Cekungan Biliton. *Forward modeling* dilakukan pada dua buah lintasan, yaitu lintasan A-A' berarah barat laut – tenggara dengan panjang lintasan 95 km dan lintasan B-B' berarah timur laut – barat daya dengan panjang lintasan 80 km. Setelah dilakukan pemodelan dan interpretasi diketahui bahwa Lintasan A-A' dan B-B' tersusun dari tujuh lapisan seperti pada Tabel 2.

Lintasan A-A' dibuat tegak lurus terhadap arah Subcekungan A. Model geologi bawah permukaan Lintasan A-A' (Gambar 11) menunjukkan terdapat struktur berupa *graben* yang membatasi Subcekungan A. Struktur *graben* pada Subcekungan A

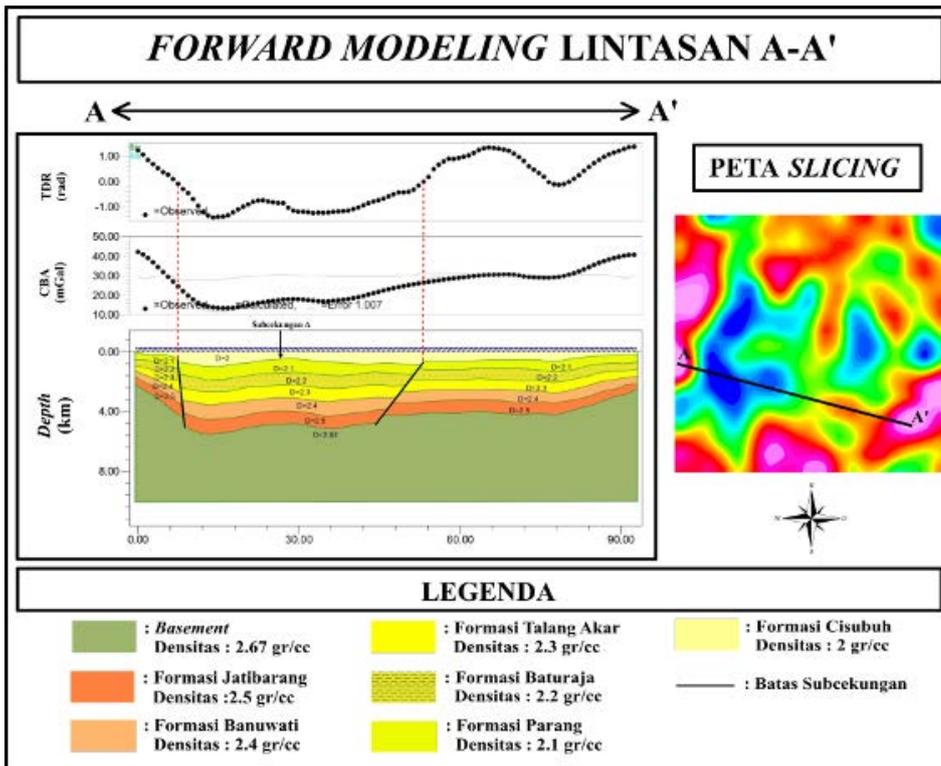
teridentifikasi dari respon anomali nol pada anomali TDR. Berdasarkan sistem petroleum pada Cekungan Biliton, Formasi Talang Akar pada lintasan A-A' yang terdiri dari batupasir, serpih, batulanau, dan batubara akan berperan sebagai reservoir.

Lintasan B-B' berarah timur laut – barat daya dibuat memotong Subcekungan A. *Forward modeling* pada lintasan B-B' menghasilkan model geologi bawah permukaan seperti yang ada pada Gambar 12. Pada lintasan B-B' diperoleh struktur berupa *graben* yang membatasi Subcekungan A. Hal tersebut diidentifikasi melalui nilai anomali nol pada anomali TDR. Selain itu, pada lintasan B-B' terdapat tinggian yang membatasi daerah Subcekungan A yang diidentifikasi berdasarkan

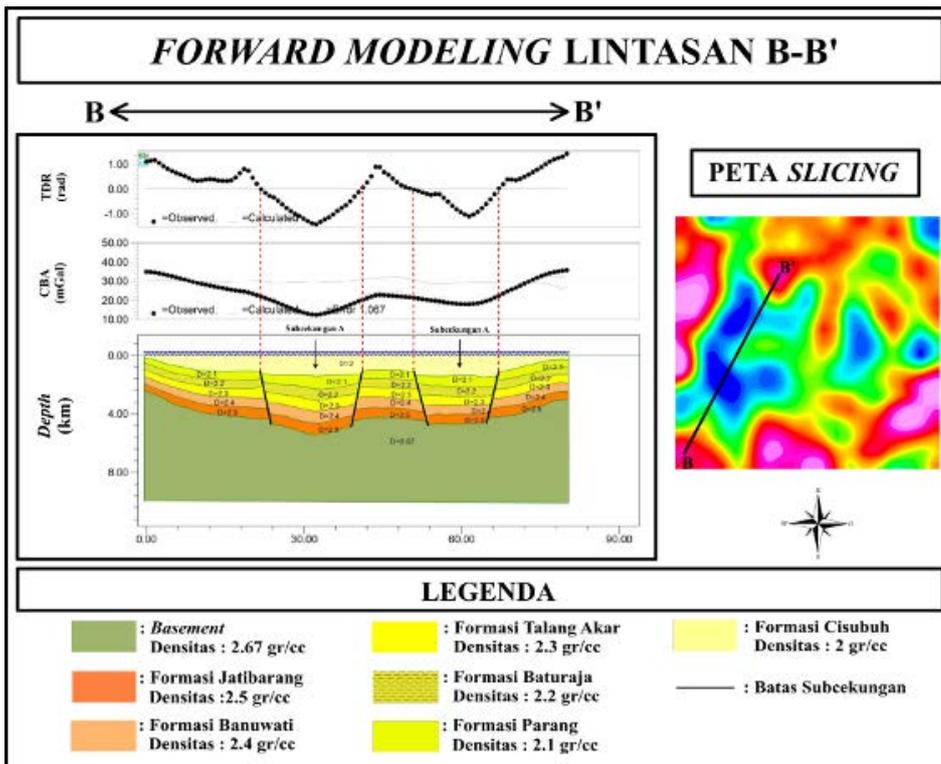
Lapisan pada lintasan A-A' dan B-B' berturut-turut dari lapisan termuda hingga tertua

Tabel 2.

No	Lapisan	Umur	Nilai Densitas (gr/cc)
1	Formasi Cisubuh	Pleistosen	2
2	Formasi Parang	Miosen	2,1
3	Formasi Baturaja	Miosen	2,2
4	Formasi Talang Akar	Miosen	2,3
5	Formasi Banuwati	Oligosen	2,4
6	Formasi Jatibarang	Oligosen	2,5
7	<i>Basement</i>	Pra-Tersier	2,67



Gambar 11. Model bawah permukaan hasil *forward modeling* pada lintasan A-A'

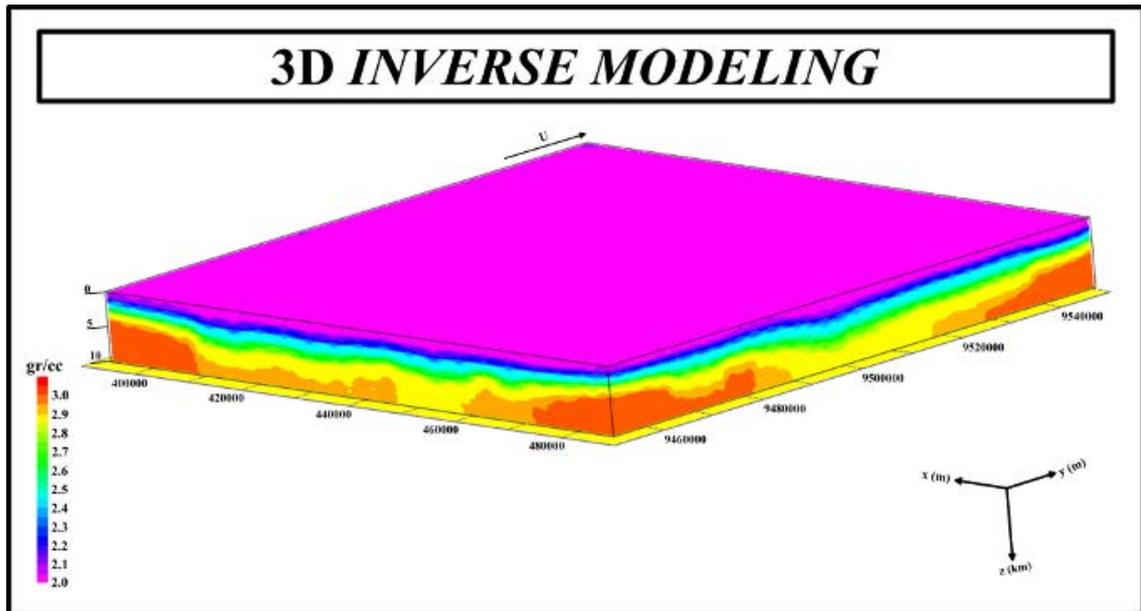


Gambar 12. Model bawah permukaan hasil *forward modeling* pada lintasan B-B'

analisis anomali TDR. Berdasarkan sistem petroleum pada Cekungan Biliton, Formasi Talang Akar pada lintasan B-B' yang terdiri dari batupasir, serpih, batulanau, dan batubara akan berperan sebagai reservoir.

#### Inverse Modeling

*Inverse modeling* dilakukan untuk mendapatkan persebaran densitas bawah permukaan dengan inputan berupa data *Complete Bouguer Anomaly*. Persebaran densitas bawah permukaan tersebut akan divisualisasikan, sehingga menghasilkan persebaran densitas bawah permukaan seperti Gambar 13. Berdasarkan hasil inversi



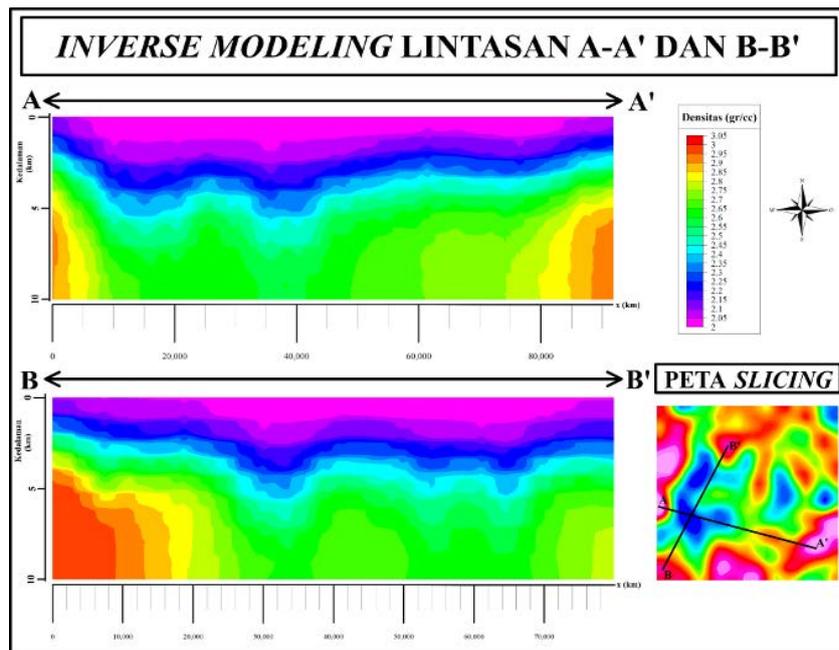
Gambar 13. Model 3D bawah permukaan hasil *inverse modeling*

yang diperoleh, daerah penelitian memiliki rentang nilai densitas 2.0 – 3,05 gr/cc dengan kedalaman sebesar 10 km. Rentang tersebut dapat diklasifikasikan menjadi lapisan sedimen dan lapisan *basement*. Lapisan sedimen pada daerah penelitian memiliki rentang nilai densitas 2 – 2,5 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna ungu sampai hijau. Lapisan *basement* pada daerah penelitian memiliki rentang nilai densitas 2,5 – 3,05 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna hijau sampai merah.

Pada pemodelan 3D dilakukan *slicing* untuk memperoleh model 2D bawah permukaan. Proses *slicing* yang dilakukan berada pada lintasan yang sama dengan *forward modeling*. Gambar 14 merupakan model 2D bawah permukaan pada lintasan A-A' dan lintasan B-B'. Persebaran densitas model 2D lintasan A-A' dan B-B'

berada pada rentang 2 – 3,05 gr/cc. Berdasarkan rentang tersebut, persebaran densitas lapisan sedimen pada lintasan A-A' dan B-B' berada pada rentang 2 – 2,5 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna ungu sampai hijau. Selanjutnya, persebaran densitas lapisan *basement* pada lintasan A-A' dan B-B' berada pada rentang 2,5 – 3,05 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna hijau sampai merah. Dalam proses analisis lanjutan, akan dilakukan perbandingan model 2D bawah permukaan hasil *inverse modeling* dengan model bawah permukaan hasil *forward modeling*.

Setelah diperoleh model bawah permukaan hasil *forward modeling* dan *inverse modeling*, dilakukan analisis perbandingan antara kedua model tersebut pada lintasan yang sama. Analisis dilakukan untuk melihat

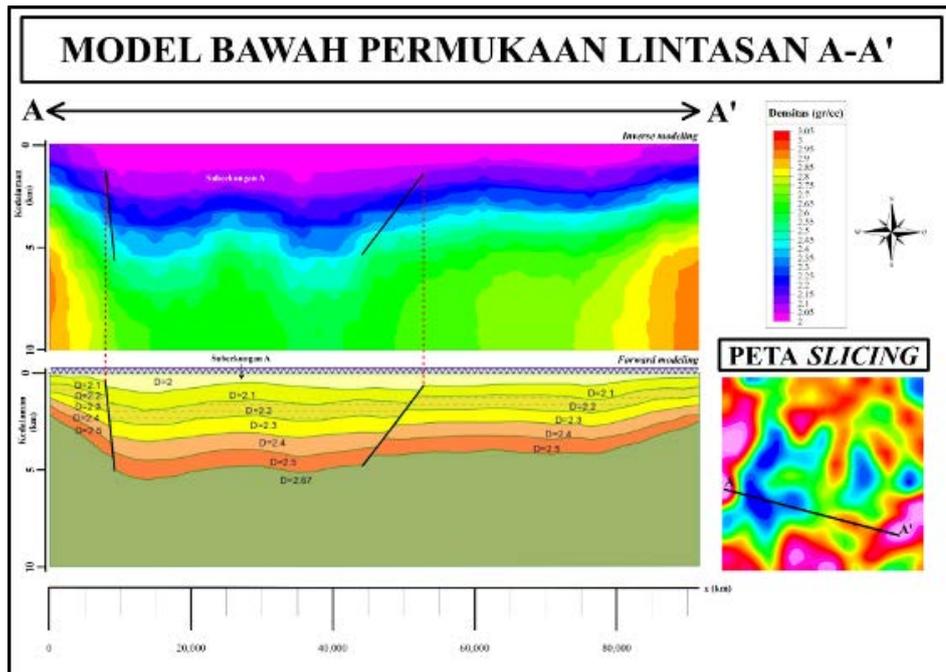


Gambar 14. Model 2D bawah permukaan hasil *inverse modeling*

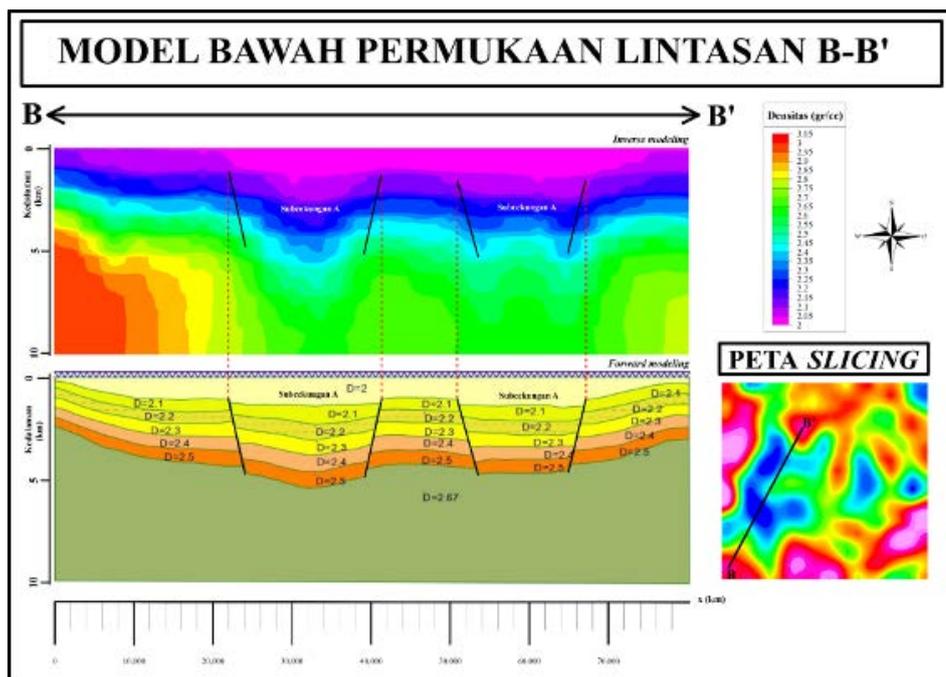
perbedaan ketebalan lapisan sedimen yang dihasilkan pada *forward modeling* dan *inverse modeling*. Perbandingan hasil *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan A-A' dapat dilihat pada Gambar 15. Berdasarkan hasil yang diperoleh, lintasan A-A' pada *forward modeling* memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,52 km dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 3,9 km. Hasil *inverse modeling* menunjukkan lintasan A-A' memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,83 km dan ketebalan sedimen rata-rata 4,1 km. Hal tersebut

menunjukkan pada lintasan A-A' diperoleh perbedaan ketebalan sedimen maksimum sebesar 0,31 dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 0,2 km.

Gambar 16 merupakan perbandingan hasil *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan B-B'. Berdasarkan hasil yang diperoleh, lintasan B-B' pada *forward modeling* memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,47 km dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 4,1km. Hasil *inverse modeling* menunjukkan lintasan B-B' memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,9 km dengan



Gambar 15. Perbandingan model bawah permukaan *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan A-A'



Gambar 16. Perbandingan model bawah permukaan *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan B-B'

Tabel 3. Perbandingan ketebalan sedimen antara *forward modeling* dan *inverse modeling*

Line	Subcekungan	Ketebalan maksimum (km)		Selisih ketebalan (km)	ketebalan rata-rata (km)		Selisih ketebalan (km)
		Forward	Inverse		Forward	Inverse	
A-A'	A	5,52	5,83	0,31	3,9	4,1	0,2
B-B'	A	5,47	5,9	0,43	4,1	4,3	0,2

ketebalan sedimen rata-rata 3,9km. Hal tersebut menunjukkan pada lintasan A-A' diperoleh perbedaan ketebalan sedimen maksimum sebesar 0,43 km dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 0,2km.

Berdasarkan hasil analisis kedalaman yang dilakukan, model bawah permukaan *forward modeling* dan *inverse modeling* secara umum memiliki pola dan ketebalan sedimen yang sama. Model bawah permukaan hasil *inverse modeling* secara umum memiliki ketebalan maksimum yang lebih dibanding dengan *forward modeling*. Berikut adalah tabel perbandingan antara ketebalan *forward modeling* dan *inverse modeling*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemisahan anomali regional dan anomali residual menggunakan *Lowpassfilter* menunjukkan persebaran anomali dari daerah penelitian. Pada anomali regional, didapatkan pola persebaran anomali berada pada rentang 16,9 – 34,4 mGal. Kemudian, pada peta anomali residual diperoleh rentang anomali daerah penelitian berkisar antara -5,8 – 4,7 mGal. Hasil analisis dan identifikasi pola subcekungan pada Cekungan Biliton dengan analisis peta *Tilt Derivative* (TDR) menunjukkan bahwa daerah penelitian terdiri atas tujuh subcekungan. Selanjutnya, berdasarkan model bawah permukaan hasil 2,5D *forward modeling* dan 3D *inverse modeling* diperoleh bahwa lintasan A-A' dan B-B' tersusun dari tujuh lapisan, lapisan pertama merupakan lapisan termuda yang merupakan Formasi Cisubuh berumur Pleistosen ( $\rho = 2 \text{ gr/cc}$ ), lapisan kedua merupakan Formasi Parang berumur Miosen ( $\rho = 2,1 \text{ gr/cc}$ ), lapisan ketiga merupakan Formasi Baturaja berumur Miosen ( $\rho = 2,2 \text{ gr/cc}$ ), lapisan keempat merupakan Formasi Talang Akar berumur Miosen ( $\rho = 2,3 \text{ gr/cc}$ ) yang berperan sebagai reservoir, lapisan kelima merupakan Formasi Banuwati berumur Oligosen ( $\rho = 2,4 \text{ gr/cc}$ ), lapisan keenam merupakan Formasi Jatibarang berumur Oligosen ( $\rho = 2,5 \text{ gr/cc}$ ), dan lapisan ketujuh merupakan lapisan tertua berupa lapisan *basement* berumur kapur ( $\rho = 2,67 \text{ gr/cc}$ ).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL), dan semua pihak yang telah membantu mulai dari

menyediakan data, pengolahan data, serta dalam penyusunan penulisan, sehingga dapat terselesaikannya karya ilmiah ini.

## DAFTAR ACUAN

- Atkinson, C., Renolds, M., Clarke, A., & Sampurno, S. 2004. *Why Look In Deepwater When Elephants Prefer The Shallow? The Biliton Basin Revisited*. IPA-AAPG Deepwater and Frontier Symposium.
- Boogs, J. S. 2006. *Principle of Sedimentology and Stratigraphy fourth edition*. Pearson Education, inc.
- Cater, M. C. 1981. *Stratigraphy Of The Offshore Area South of Kalimantan, Indonesia*. 10th Annual Convention Proceeding.
- Geologi, B. 2022. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia*.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Hamilton, W. 1979. *Tectonics of The Indonesian Region*. U.S. Geological Survey Professional Paper.
- Karunianto, A. J., Haryanto, D., Hikmatullah, F., & Laesanpura, A. 2017. *Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter Gaussian Daerah Mamuju Sulawesi Barat*. Eksplorium, 38(2), 89. <https://doi.org/10.17146/eksplorium.2017.38.2.3921>
- Putri, D. R., Nanda, M., Rizal, S., Idroes, R., & Ismail, N. 2019. *Interpretation of Gravity Satellite Data to Delineate Structural Features Connected to Geothermal Resources at Bur Ni Geureudong Geothermal Field*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 364(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/364/1/012003>
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Graha Ilmu.
- Setyanta, B., & Setiadi, I. 2009. *Pola Struktur Dan Geodinamika Cekungan Bula, Berdasarkan Anomali Gaya Berat*. Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral, 20(1), 41–55. <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/161>
- Talwani, M., Worzel, J. L., & Landisman, M. 1959. *Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional*

*Bodies with Application to the Mendocino  
Submarine Fracture Zone.* Journal of Geophysical

Research, 64, 49–59. [http://dx.doi.org/10.1029/  
JZ064i001p00049](http://dx.doi.org/10.1029/JZ064i001p00049)

# **GAS BIOGENIK DI TELUK LADA KABUPATEN PANDEGLANG PROVINSI BANTEN ( MENGGUNAKAN METODE SEISMIK PANTUL DANGKAL)**

## ***BIOGENIC GAS IN LADA BAY, PANDEGLANG DISTRICT, BANTEN PROVINCE (USING SHALLOW SEISMIC REFLECTION METHOD)***

**Lukman Arifin<sup>1\*</sup>, Susilohadi<sup>1</sup>, Deny Setiadi<sup>2</sup>, Edy Mirnanda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Pusat Riset Sumber Daya Geologi (PRSDG) Badan Riset dan Inovasi Nasional

<sup>2</sup> Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

\*lukm014@brin.go.id

Diterima : 02-10-2023 , Disetujui : 30-11-2023

### **ABSTRAK**

Penelitian keberadaan gas biogenik di Teluk Lada Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten dilakukan dengan metode seismik pantul dangkal saluran tunggal resolusi tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi gas biogenik. Stratigrafi seismik diinterpretasikan menjadi satuan Tersier yaitu sub-satuan A1 dan A2, satuan Kuartar yaitu sub-satuan B1 dan B2. Berdasarkan hasil interpretasi data seismik, gas biogenik terdapat pada sub-satuan B2 yaitu satuan batuan sedimen berumur Pleistosen Akhir hingga Holosen. Struktur yang berkembang adalah lipatan dan sesar normal yang kemungkinan merupakan representasi kondisi tarikan (*tensional regime*) di Selat Sunda.

**Kata kunci:** gas biogenik, stratigrafi seismik, sesar, Teluk Lada Banten

### **ABSTRACT**

*Research on the presence of biogenic gas in Lada Bay, Pandeglang Regency, Banten Province was carried out using the high-resolution single-channel shallow reflection seismic method. The aim of the research is to determine the potential of biogenic gas. Seismic stratigraphy is interpreted into Tertiary units, namely sub-units A1 and A2, Quaternary units, namely sub-units B1 and B2. Based on the results of seismic data interpretation, biogenic gas is found in sub-unit B2, namely sedimentary rock units aged from the Late Pleistocene to the Holocene. The structures that develop are folds and normal faults which possibly represent the tensional regime in the Sunda Strait.*

**Keyword:** biogenic gas, seismic stratigraphy, fault, Banten Lada Bay

Kontributor penulis: Kontributor utama adalah Lukman Arifin, penulis lainnya sebagai kontributor anggota

## PENDAHULUAN

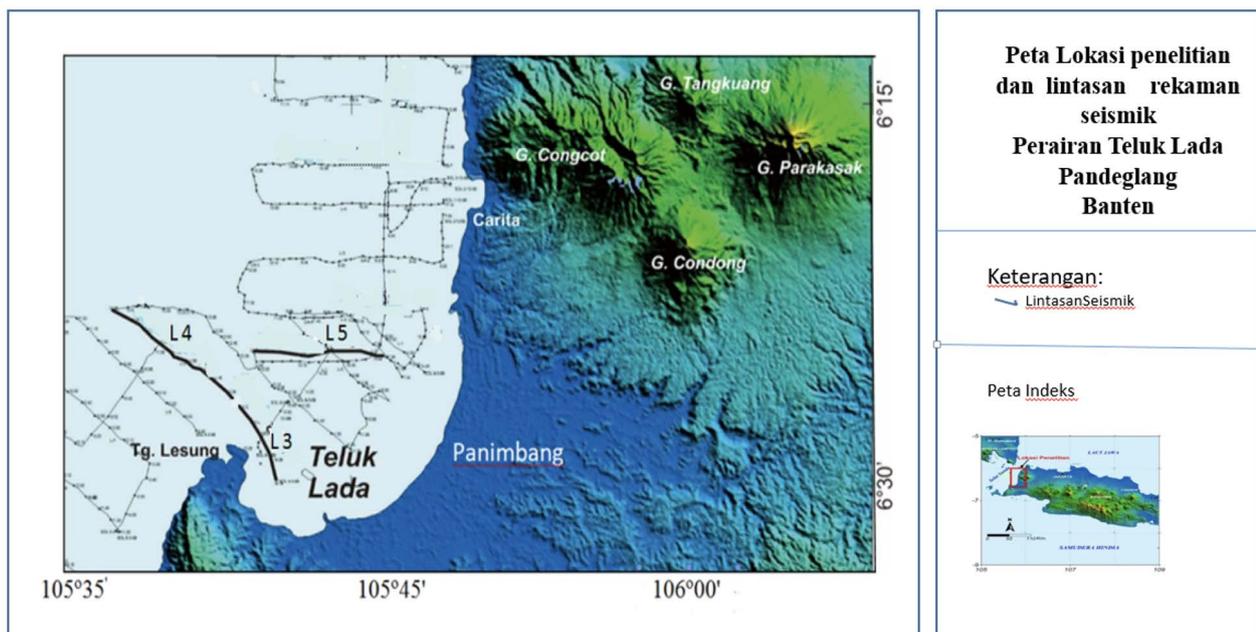
Penelitian keberadaan gas biogenik dilakukan di Teluk Lada Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten. Lokasi penelitian berada pada koordinat 105°40'00" – 106°00'00" BT dan 6°00'00" – 6°35'00" LS (Gambar 1). Daerah penelitian juga merupakan perairan Carita yang dibatasi di sebelah timur oleh Gunung Tangkuang, Gunung Congcot, Gunung Parakasak, dan Gunung Condong. Perairan Carita dibatasi di barat laut oleh kompleks gunung api Krakatau (tidak tampak di peta) yang terdiri dari Gunung Anak Krakatau, Gunung Rakata, Gunung Panjang, Gunung Sertung. Teluk Lada dikitari oleh Tanjung Lesung di bagian selatan Carita.

Penelitian dengan metode seismik pantul dangkal saluran tunggal telah dilakukan di daerah ini oleh tim Penelitian Pantai Puslitbang Geologi Kelautan (PPGL) pada Tahun 1989. Adapun tujuannya adalah untuk memetakan kondisi geologi di wilayah pantai dan lepas pantai. Hasil dari interpretasi rekaman seismik yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ada indikasi keterdapatan gas dalam sedimen. Indikasi adanya gas dalam sedimen tersebut cukup menarik untuk melakukan penelitian. Keterdapatan gas dalam sedimen diketahui dari konfigurasi refleksi penampang seismik pantul dangkal resolusi tinggi. Ciri keberadaan gas dalam sedimen dari suatu rekaman seismik pantul dangkal resolusi tinggi dapat ditandai dengan adanya reflektor opak (*opaque*), yaitu berbintik hitam dan lapisan sedimen dibawahnya tidak terekam (Sangree and Widmier 1979; Ringis 1987; Posamentier and Allen 1993; Vail dan Mitchum 1977). Diyakini gas yang terperangkap dalam sedimen di daerah penelitian adalah gas biogenik. Umumnya energi gelombang seismik sebagian besar terserap pada sedimen yang mengandung gas sehingga lapisan dibawahnya tidak terekam atau kosong. Keberadaan gas biogenik dalam

sedimen mengakibatkan terjadinya atenuasi gelombang seismik. Penelitian gas biogenik di perairan dangkal telah banyak dilakukan tetapi hingga saat ini baru sebatas mengidentifikasi keberadaannya. Penelitian selanjutnya untuk mengeksplorasi gas biogenik tersebut hingga dapat dimanfaatkan belum ada yang signifikan. Oleh karena itu diperlukan adanya usaha untuk mengeksplorasi gas tersebut sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir yang sangat membutuhkan energi.

Gas biogenik adalah hasil dekomposisi bahan-bahan organik dari mikroorganisme yang bersifat an-aerobik pada temperatur rendah (Rice dan Claypool, 1981). Mikroorganisme yang bersifat anaerobik mengubah komposisi sedimen organik menjadi sebagian besar mengandung gas metana (Arifin, 2010). Gas biogenik sudah dikenal dan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Di China gas biogenik ditemukan secara luas di muara sungai Yang Tse dan secara luas dimanfaatkan oleh masyarakat setempat (Qilun, 1995). Di Indonesia khususnya di Banjarnegara Jawa Tengah gas ini diutilisasi dan dialirkan melalui pipa-pipa ke rumah rumah penduduk untuk keperluan memasak dan listrik (Nuraulia, 2021). Di daerah pesisir Topang Riau, gas biogenik ditemukan secara tidak langsung pada sumur-sumur penduduk ataupun dari lubang bor dangkal. Gas tersebut merembes melalui pori-pori atau rekahan tanah.

Gas biogenik mempunyai tekanan yang relatif rendah yaitu sekitar 2-3 Kg/m<sup>2</sup>. Gas biogenik dapat terbentuk di rawa-rawa, tambak, muara muara sungai, di pesisir pantai yang keberadaannya bersifat setempat. Gas biogenik ini terperangkap pada sedimen dangkal dengan temperatur yang rendah. Pada makalah ini ditafsirkan keberadaan gas biogenik tersebut dan kemudian dipetakan pelamparannya sehingga dapat dihitung berapa perkiraan luasnya. Diharapkan keberadaan gas biogenik di perairan



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Lintasan Rekaman Seismik (Peta dimodifikasi dari Susilohadi, 2018)

Carita hingga Teluk Lada melampar hingga darat atau pesisir.

### GEOLOGI REGIONAL

Daerah penelitian termasuk kawasan Ujung Kulon dan merupakan perairan bagian selatan Selat Sunda. Selat Sunda memanjang dari utara-selatan dan memisahkan bagian selatan Pulau Sumatra dan bagian barat Pulau Jawa. Menurut (Hamilton, 1979; Huchon & Le Pichon, 1984; Malod dkk., 1995). Selat Sunda berada pada zona transisi antara tumbukan lempeng yang hampir tegak lurus Jawa di selatan dan tumbukan yang miring di barat Sumatera. Terbentuknya *pull apart basin* yang memanjang dari Teluk Semangko hingga selatan Ujung Kulon disebabkan perkembangan sesar Sumatra bergeser posisi (*step over*) ke selatan Ujung Kulon, hingga memungkinkan tumbuhnya Graben Semangko yang sampai saat masih aktif (Lelgemann dkk., 2000; Susilohadi dkk., 2005).

Struktur geologi yang berkembang disekitar Teluk Lada tidak lepas dari perkembangan struktur geologi Teluk Semangko hingga Ujung Kulon. Struktur geologi yang berkembang di darat antara Panimbang hingga Anyer pada umumnya berupa sesar normal (Santosa, 1991). Sesar-sesar berarah barat-laut-tenggara, seperti Meramang, kemungkinan merupakan bagian dari sesar regional yang ekstensinya ke arah Selat Sunda bagian utara. Beberapa segmen dari Sesar Meramang kemungkinan masih aktif. Sesar normal lain mempunyai arah barat-timur atau baratdaya-timur laut yang kemungkinan berhubungan dengan penurunan lokal (Susilohadi, 2009).

### METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode seismik pantul dangkal saluran tunggal resolusi tinggi.

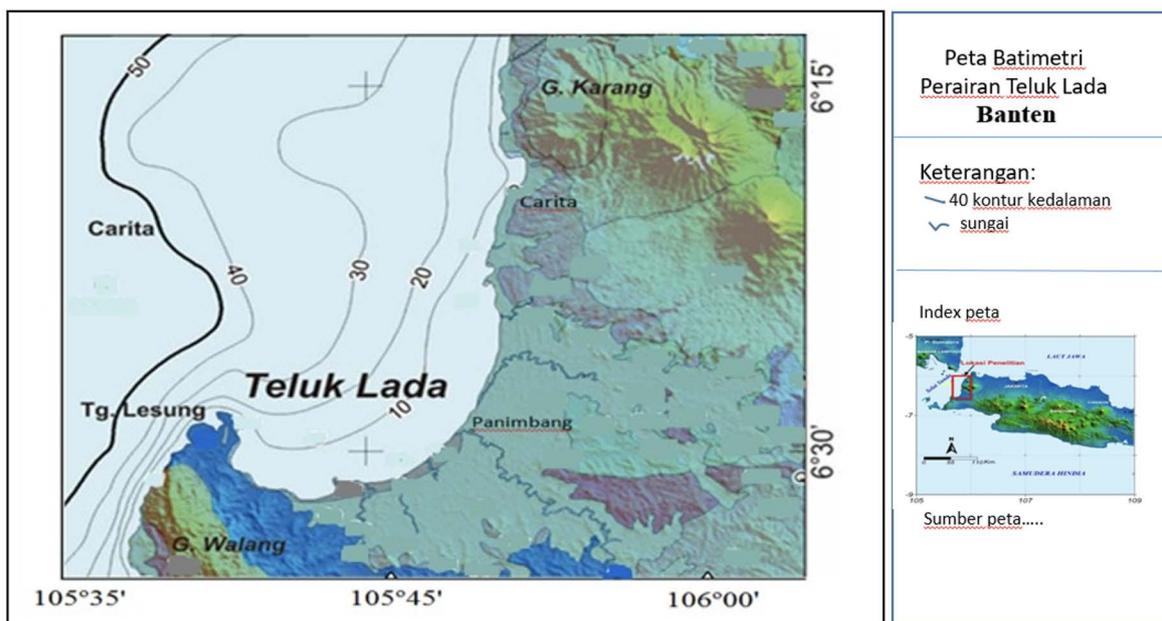
Sumber energi atau ledakan yang digunakan adalah *sparker* dengan luaran energi 400 *Joule*. Picu ledakan diatur setiap 1 detik, dengan sapuan perekaman 0,5 detik. Untuk mendapatkan hasil rekaman analog seismik yang lebih baik maka *signal* yang diterima ditapis dengan menggunakan *Khronhite filter* dikombinasikan dengan penguat *signal Time Varied Gain (TVG)*. Penentuan posisi saat pengambilan data lapangan menggunakan peralatan kombinasi radio Navigasi (*Motorola MiniRanger III*) dan optik (*theodolit*). Metode lainnya yang digunakan sebagai pendukung untuk mengetahui kedalaman laut adalah pemeruman. Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman laut tersebut dibuat peta kontur kedalaman laut. Pemeruman tersebut dilakukan dengan menggunakan alat *echosounder Raytheon*.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

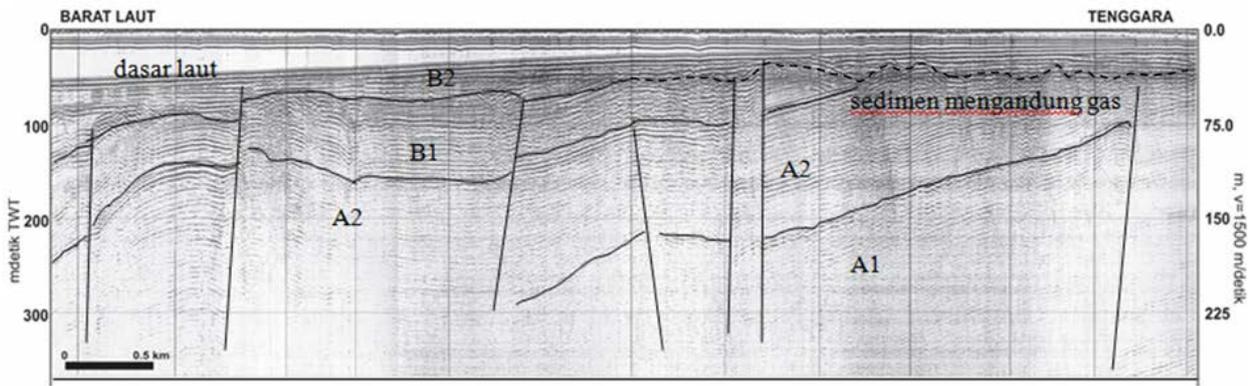
Hasil pengukuran kedalaman laut diketahui bahwa kedalaman Teluk Lada semakin dalam ke arah lepas pantai yaitu antara 0-50 meter. Berdasarkan peta batimetri dengan interval kontur 10 meter kontur (Gambar 2) dapat dilihat bahwa morfologi dasar laut datar dan melandai ke arah lepas pantai. Pola kontur kedalaman laut di teluk umumnya sejajar dengan garis pantai, tetapi di bagian Tanjung Lesung kontur agak lebih rapat dengan perubahan kedalaman cukup curam.

Mencermati morfologi dasar laut dari pola konturnya diperkirakan bahwa sedimen diendapkan dalam kondisi arus laut di lingkungan laut dangkal.

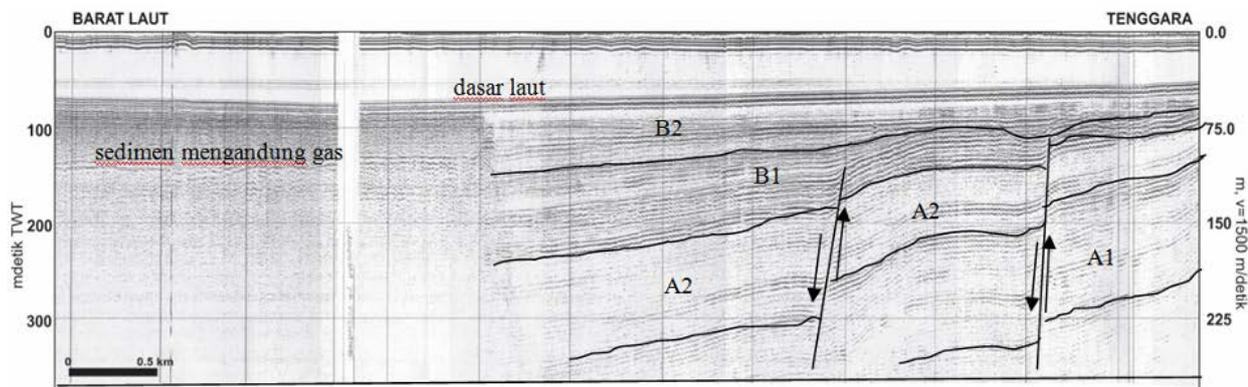
Untuk membahas dan menjelaskan keberadaan gas dalam sedimen dipilih beberapa penampang seismik yang diperkirakan mempunyai konfigurasi pantulan gas dalam sedimen. Konfigurasi pantulan tersebut mempunyai ciri tertentu dimana menurut konsep stratigrafi seismik oleh Ringis (1987) dan Vail dan Mitchum (1977), konfigurasi pantulan *opaque* atau buram disertai lapisan dibawahnya



Gambar 2. Peta Batimetri Daerah Penelitian (indeks Peta Susilohadi, 2018)



Gambar 3. Interpretasi penampang seismik di lintasan L3 dengan arah barat laut-tenggara melintasi ujung utara Tanjung Lesung. Dapat dilihat adanya gas biogenik dalam lapisan sedimen di bagian kanan penampang.



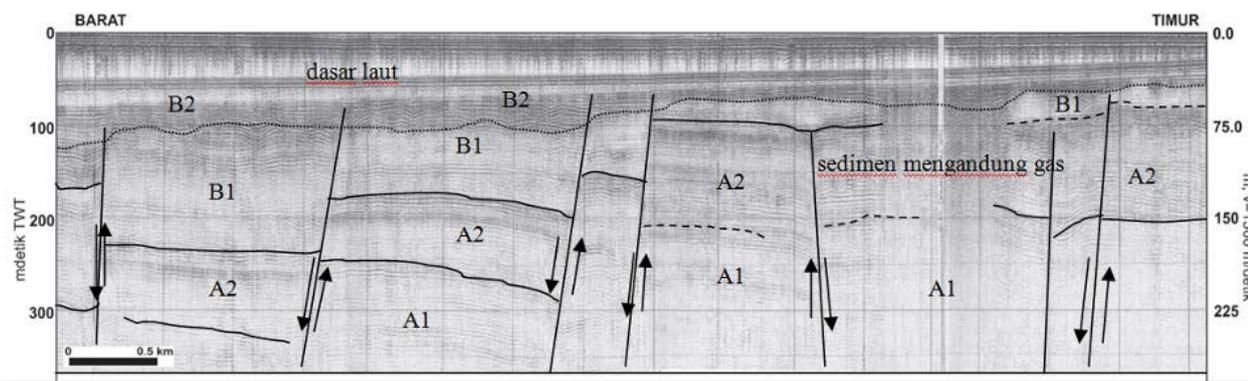
Gambar 4. Interpretasi penampang seismik di lintasan L4 dengan arah barat laut-tenggara perairan utara Tanjung Lesung. Keberadaan gas biogenik sekitar 20-30 meter di bawah permukaan dasar laut, yang terdapat dalam lapisan sedimen di bagian barat laut lintasan.

tidak terdapat pantulan karena energi gelombang seismik terabsorpsi oleh lapisan sedimen yang mengandung gas. Sebagai contoh penampang seismik yang mempunyai konfigurasi pantulan tersebut adalah lintasan seismik L3, L4, dan L5, (Gambar 1).

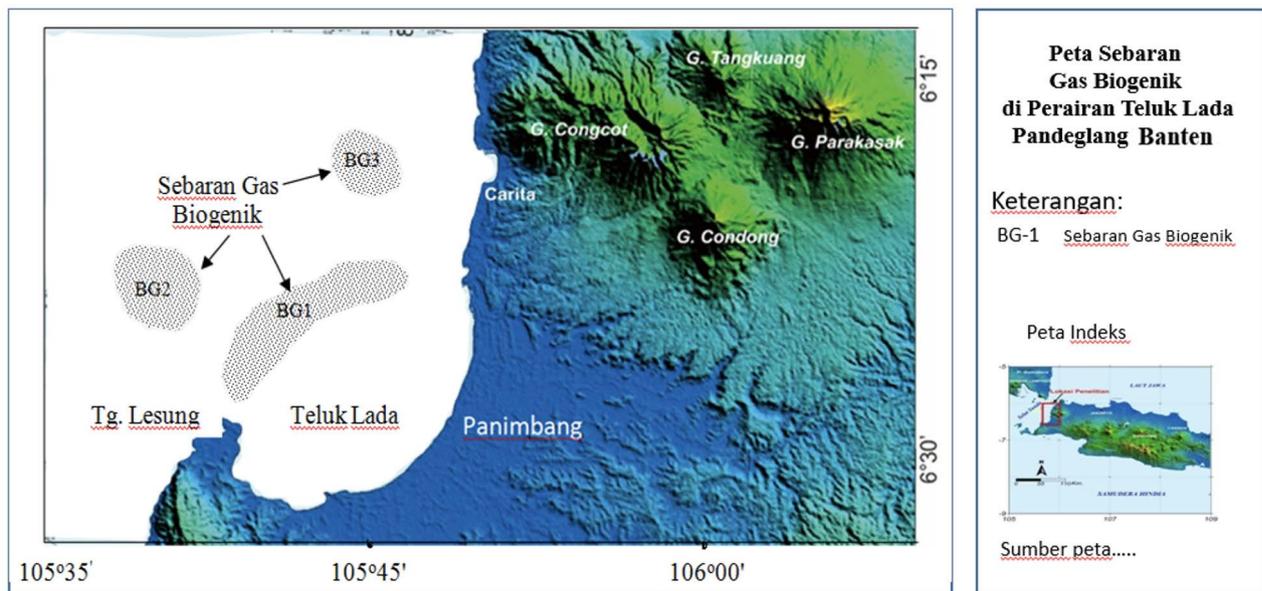
Secara umum interpretasi stratigrafi seismik menunjukkan adanya dua zona Tersier yaitu sub-satuan A1, A2, dan dua satuan Kuarter yaitu sub zona B1, dan B2. Sub-satuan A1 berumur Pliosen Awal dan sub-satuan A2 adalah berumur Pliosen Akhir. Sub-satuan B1 adalah satuan batuan Pleistosen awal dan sub-satuan B2 satuan batuan Pleistosen akhir hingga Holosen. Adapun

terminasi refleksi antara satuan Tersier dan Kuarter adalah ketidak selarasan. Struktur lipatan dan sesar yang berkembang di daerah penelitian dapat dilihat di setiap penampang rekaman seismik. Sesar-sesar yang berkembang adalah sesar normal. Pembentukan struktur lipatan yang kemudian disertai persesaran tersebut terjadi pada akhir Pleistosen (B1). Pengendapan satuan Pleistosen Akhir hingga Holosen (B2) tidak terganggu oleh pembentukan struktur geologi dan menghasilkan *cut and fill deposits* dan *highstand deposit*.

Keberadaan gas biogenik di lintasan L3 (Gambar 3) terperangkap di bawah sub-satuan Pleistosen Akhir B2 di



Gambar 5. Interpretasi penampang seismik di lintasan L5 dengan arah barat-timur dari Teluk Lada, memperlihatkan adanya gas biogenik dalam lapisan sedimen dibagian timur lintasan.



Gambar 6. Peta Sebaran Gas Biogenik (indeks Peta Susilohadi, 2918)

bagian tenggara lintasan seismik, dengan kedalaman laut sekitar 10 meter. Berdasarkan—penampang rekaman seismik lintasan L4 (Gambar 4) diinterpretasikan gas biogenik berada di bagian barat laut lintasan. Pada lintasan L4 gas biogenik berada di sub-satuan B2 dengan kedalaman laut agak lebih dalam, yaitu sekitar 40 meter. Sedangkan pada lintasan L5 (Gambar 5) dapat diamati bahwa keberadaan gas biogenik terdapat di bagian timur lintasan dengan kedalaman laut sekitar 15 meter. Sama dengan rekaman penampang seismik lainnya bahwa gas biogenik di lintasan L5 berada di sub-satuan B2.

Berdasarkan seluruh interpretasi penampang rekaman seismik yang dilakukan, dapat diperkirakan sebaran atau keberadaan gas biogenik di daerah penelitian seperti pada Gambar 6. Sebaran gas biogenik terdapat di tiga lokasi yaitu BG1, BG2, dan BG3. Keberadaan gas biogenik di lokasi BG1 berada agak lebih dekat ke pantai dan lebih luas dibandingkan dengan lokasi lainnya.

## KESIMPULAN

- Stratigrafi seismik diinterpretasikan terdiri atas satuan Tersier dan Kuarter. Satuan Tersier yaitu sub-satuan A1 dan A2 sedangkan satuan Kuarter yaitu sub-satuan B1 dan B2. Sub-satuan A1 merupakan satuan Pliosen Awal dan sub-satuan A2 adalah satuan batuan Pliosen Akhir. Sub-satuan Kuarter B1 adalah satuan batuan Pleistosen Awal sedangkan sub-satuan B2 adalah satuan batuan Pleistosen akhir.
- Perkembangan struktur pelipatan dan sesar-sesar di Teluk Lada diduga karena pengaruh rejim tarikan di Selat Sunda.
- Berdasarkan hasil interpretasi data seismik, gas biogenik terdapat pada sub-satuan B2 yaitu satuan batuan sedimen berumur Pleistosen Akhir hingga Holosen.

- Keterdapatn gas biogenik bersifat setempat-setempat yang tersebar di tiga lokasi. Sebaran gas biogenik di Teluk Lada yang cukup luas terdapat di dekat pantai Panimbang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Kepala Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan atas perkenannya menggunakan data hasil penelitian di daerah teluk Lada dan sekitarnya. Juga kepada teman-teman sejawat yang telah memberikan masukan atas tulisan ini sehingga dapat diselesaikan.

## DAFTAR ACUAN

- Arifin, L., 2010. Distribusi lapisan batuan sedimen yang diduga mengandung gas biogenik dengan metode tahanan jenis di Pantai Saronggi, Sumenep, Madura. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 5 No. 2: p 119-126
- Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian region*. US Geol. Surv. Prof. Pap. 1078, 345 pp.
- Huchon, P. & Le Pichon, X., 1984. *Sunda Strait and central Sumatra fault*. *Geology* 12, 668-672.
- Lelgemann, H., Gutscher, M., Bialas, J., Flueh, E., Weinrebe, W. & Reichert, C., 2000. *Transtensional basins in the western Sunda Strait*. *Geophysical Res. Let.* 27, 3545-3548.
- Malod, J.A, Karta, K., Beslier, M.O. & Zen Jr., M.T., 1995. *From normal to oblique subduction: tectonic relationships between Java and Sumatra*. *J. Southeast Asian Earth Sci.* 12, 85-93.
- Nuraulia, D., 2021. *Warga PegundangBanjarnegaraManfaatkan Gas Rawa*, *Warta Pos Jateng*.

- Posamentier, H.W. and Allen, G.P., 1993. Variability of the Sequence Stratigraphic Model: Effects of Local Basin Factors. *Sedimentary Geology*, v. 86, p. 91-109.
- Qilun, Y., 1995. Preliminary Study of Unstability of East China Sea Floor. Geological Hazards and Environmental Studies of China Offshore Areas. 14th INQUA Congress, Berlin, 1995, Qingdao Ocean University Press, p.27-36.
- Ringis, J., 1986. *Seismic Stratigraphy in Very High Resolution Shallow Seismic Data*, CCOP, Tech. Pub. 17, p. 115-126.
- Rice, D.D., dan Claypool, G.E., 1981. Generation, accumulation, and resource potential of biogenic gas. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 65, h. 5-25.
- Sangree, J.B. and Widmier, J.M., 1977. *Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 9: Seismic Interpretation of Clastic Depositional Facies*. In: Payton, C.A., (ed.). *Seismic Stratigraphy - Application to Hydrocarbon Exploration*, p. 165-184. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26.
- Santosa, S., 1991. *Geological Map of the Anyer Quadrangle, West Java*. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Susilohadi, S., Gaedicke, C. & Ehrhardt, A., 2005. *Neogene structures and sedimentation history along the Sunda forearc basins off southwest Sumatra and southwest Java*. *Marine Geology* 219, 133– 154.
- Susilohadi, 2018. *Atlas Seismik Refleksi Dangkal Selat Sunda Timurlaut & Teluk Lampung*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Bandung (Laporan intern)
- Vail, P.R., Mitchum Jr., R.M., Tod, R.G., Widmier, S., Thomson III, S., Sangree, J.B., Bubb, J.N., Hatlelid, W.G., 1977. *Seismic stratigraphy and global changes of sea level*. In: Payton, C.A., (ed.), *Seismic Stratigraphy-Application to Hydrocarbon Exploration*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 26, p 48-212.

# PANDUAN PENULISAN MAKALAH ILMIAH JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

## PETUNJUK UMUM PENULISAN

Naskah merupakan karya asli mengenai berbagai aspek penelitian atau artikel ulasan balik/tinjauan (*review*) tentang geologi kelautan, baik sains maupun terapan, dan ilmu lain yang terkait. Naskah belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada majalah/jurnal lain yang dinyatakan dalam surat pernyataan penulis dan diketahui oleh pimpinan instansi.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia yang baik dan benar dilengkapi dengan Sari dalam bahasa Indonesia dan *Abstract* dalam bahasa Inggris. Naskah yang isi dan formatnya tidak sesuai dengan pedoman penulisan Jurnal Geologi Kelautan akan ditolak oleh dewan redaksi dan dewan redaksi tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut. **Dewan redaksi tidak menerima naskah dengan penulis tunggal.**

## FORMAT PENULISAN NASKAH

### Umum

Halaman pertama naskah berisi **judul makalah dalam bahasa Indonesia & Inggris**, nama setiap penulis, nama dan alamat institusi masing-masing penulis ( nomor telepon dan atau alamat e-mail), sari dan *abstract*, kata kunci/*keyword* (ditulis di bawah Sari/*Abstract*).

Setiap halaman diberi nomor secara berurutan termasuk halaman gambar dan tabel. Naskah ditulis minimum 1000 kata diketik dengan komputer dalam *MS-Word* dengan huruf *Times New Roman, Font-12*, dua spasi.

Susunan naskah dibuat seperti berikut:

Naskah hendaknya ditulis dalam susunan sebagai berikut: (1) judul, (2) sub judul, (3) penulis dan alamat penulis, (4) sari dalam bahasa Indonesia dan Inggris disertai kata kunci, maksimum 200 kata, (5) pendahuluan, (6) metode, (7) hasil penelitian, (8) pembahasan, (9) kesimpulan dan saran, (10) ucapan terima kasih, (11) daftar acuan, (12) lampiran (jika ada), (13) gambar dan tabel, serta keterangannya.

## FORMAT ACUAN

Acuan disusun menurut abjad. Jika terdapat lebih dari satu acuan yang ditulis oleh orang yang sama, acuan disusun berdasarkan tanggal (yang lebih awal disebut lebih dulu) dan kemudian menurut abjad.

Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

- *Buku:*  
Kearey Philip, Brooks Michael and Hill Ian, 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Sciences Company, Iowa, USA, 3rd ed., 262h.
- *Jurnal*  
Clarke, J.D.A. and Ringis, J., 2000. Late Quaternary Stratigraphy and Sedimentology of the Inner part of Southwest Joseph Bonaparte Gulf. *Australian Journal of Earth Sciences*, 47, h.715-732

- *Prosiding*

Moore, D.E., Goodman H.E., Norman P.D., 1995. Application of 3-D Seismic/Forward Modeling to Water Shutoff and Other Reservoir Management Issues. *Proc. 24<sup>th</sup> Ann. Conv. IPA*, Jakarta, Indonesia.

- *Peta*

Astawa, I.N., Kusnida, D. & Arifin, L., 2003. *Peta Geologi Dasar Laut Perairan Sepanjang*, skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

- *Informasi dari Internet*

Cantrell, C., 2006. Sri Lankan's tsunami drive blossom: *Local man's effort keeps on giving*.  
[Http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri\\_lankans\\_tsunami\\_drive\\_blossoms/](http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankans_tsunami_drive_blossoms/)[26 Jan 2006], Jam Download.

## **PENGIRIMAN**

Penulis diminta mengirimkan naskah melalui *Open Journal System (OJS)* dengan alamat : <http://ejournal.mgi.esdm.go.id/index.php/jgk>, disiapkan dengan program *Microsoft Word*.

Pengiriman naskah harus disertai surat resmi dari penulis penanggungjawab dan dilengkapi dengan alamat kantor, nomor telepon/hp, alamat e-mail. Penulis bertanggung jawab atas isi naskah dan legalitas pengiriman naskah yang bersangkutan.

***CALL FOR PAPER :***

Redaksi menerima makalah ilmiah dari pembaca untuk diterbitkan dalam jurnal ini dengan mengacu kepada persyaratan tersebut di atas.

# SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia  
Nomor: 21/E/KPT/2018, Tanggal 9 Juli 2018  
Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode I Tahun 2018

Nama Jurnal Ilmiah  
**Jurnal Geologi Kelautan**  
E-ISSN: 2527-8851  
Penerbit: Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian ESDM

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

**TERAKREDITASI PERINGKAT 2**

Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun, yaitu  
Volume 14 Nomor 1 Tahun 2016 sampai Volume 18 Nomor 2 Tahun 2020

Jakarta, 9 Juli 2018  
Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan



Dr. Muhammad Dimiyati  
NIP. 195912171984021001





**BALAI BESAR SURVEI DAN PEMETAAN GEOLOGI KELAUTAN  
KANTOR PUSAT :**

**Jl. Dr. Djunjunan No. 236, Bandung - 40174**

**Telp. +62 22 6032020, +62 22 6032201, Fax. +62 22 6017887**

**KANTOR PENDUKUNG :**

**Jl. Kalijaga No. 101, Cirebon - 45113**

**Telp. +62 231 207037, Fax. +62 231 246304**

**<https://www.mgi.esdm.go.id>, email : [ejournal.p3gl@esdm.go.id](mailto:ejournal.p3gl@esdm.go.id); [humasbbspgl@esdm.go.id](mailto:humasbbspgl@esdm.go.id)**

ISSN 1693-4415



Terakreditasi sebagai Majalah  
Ilmiah berdasarkan keputusan  
Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kemenristekdikti No. 200/M/KPT/2020  
Tanggal 23 Desember 2020