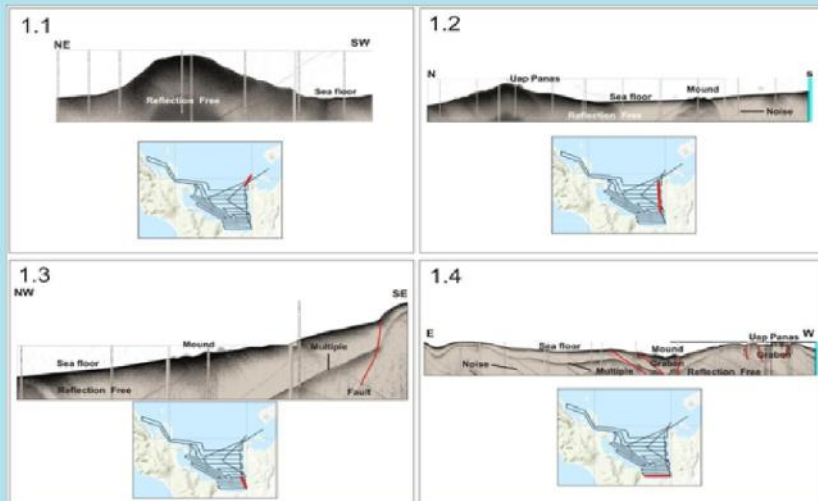


POTENSI RARE EARTH ELEMENTS (REE) DI PERAIRAN INDONESIA: Pemetaan dan Analisis untuk Industri Strategis

Indra Adhitiya Rama Saputra
Filya Rizky Lestari
Imastuti



POTENSI RARE EARTH ELEMENTS
(REE) DI PERAIRAN INDONESIA:
Pemetaan dan Analisis untuk
Industri Strategis

Indra Adhitiya Rama Saputra
Filya Rizky Lestari
Imastuti



POTENSI RARE EARTH ELEMENTS **(REE) DI PERAIRAN INDONESIA:** **Pemetaan dan Analisis untuk** **Industri Strategis**

Penulis:

Indra Adhitiya Rama Saputra
Filya Rizky Lestari
Imastuti

Editor:

Syifa Ismayanti

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : Agustus 2025

Hak Cipta 2025, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org

E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2025 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2025
; 18 x 25cm
ISBN

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit
Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku dengan judul *“Potensi Rare Earth Elements (REE) di Perairan Indonesia: Pemetaan dan Analisis untuk Industri Strategis”* dapat diselesaikan. Buku ini hadir sebagai upaya akademik sekaligus praktis untuk menjawab kebutuhan akan literatur ilmiah yang membahas secara komprehensif mengenai potensi sumber daya *rare earth elements* (REE) di wilayah perairan Indonesia, khususnya melalui pendekatan eksplorasi geomarine.

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi geologi yang sangat besar, termasuk kandungan unsur tanah jarang yang saat ini menjadi komoditas strategis dunia. REE tidak hanya berperan penting dalam pengembangan teknologi tinggi, tetapi juga memiliki nilai strategis bagi kepentingan industri pertahanan dan kemandirian bangsa di masa depan. Oleh karena itu, pengkajian mendalam mengenai keberadaan, persebaran, serta potensi pemanfaatannya perlu dilakukan secara sistematis dengan dukungan metode ilmiah modern.

Buku ini disusun ke dalam beberapa bab. Isinya membahas tentang REE dan kepentingan strategisnya bagi Indonesia, kemudian terkait dengan menyajikan konsep dasar penginderaan jauh, sistem informasi geografis, hingga teori pola tegasan struktur yang mendasari analisis geomarine. Terakhir membahas *rare earth elements*, proses kajian, serta pemetaan potensi REE di perairan

Indonesia dengan menekankan aspek geologi, tektonik, stratigrafi, hingga geokimia.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ilmiah ini pada masa mendatang. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, peneliti, praktisi, maupun pengambil kebijakan yang bergerak dalam bidang geologi, geomarine, maupun industri strategis nasional

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	III
BAB I <i>RARE EARTH ELEMENTS</i> (RRE) DAN KEPENTINGAN STRATEGIS INDONESIA	1
BAB II KONSEP DASAR DAN APLIKASI PENGINDERAAN JAUH	10
BAB III PERAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM PEMETAAN GEOMARINE	14
BAB IV EKSPLORASI SEISMIK <i>GEOMARINE</i>	18
BAB V FASIES SEISMIK, APA DAN BAGAIMANA?	23
BAB VI TEORI POLA TEGASAN STRUKTUR	26
BAB VII <i>RARE EARTH ELEMENT</i> (REE)	28
BAB VIII <i>POTENSI RARE EARTH ELEMENTS</i> (REE) DI PERAIRAN INDONESIA: PEMETAAN DAN ANALISIS UNTUK INDUSTRI STRATEGIS	30
A. Kondisi Geologi	30
B. Kondisi Tektonik	31
C. Kondisi Stratigrafi	34
D. Struktur Geologi Daerah Kajian	34
E. Pemetaan dan Persebaran Sumber Daya <i>Rare Earth Elements</i> (REE) dengan metode eksplorasi <i>geomarine</i>	38
F. Geokimia Data Rare Earth Elements (REE)	40
G. Persebaran Potensi <i>Rare Earth Elements</i> (REE)	65
H. <i>Rare Earth Elements</i> (REE) untuk Industri Pertahanan	72
DAFTAR PUSTAKA	76
GLOSARIUM	80

BAB I

***Rare Earth Elements (RRE)* dan Kepentingan Strategis Indonesia**

Dinamika dalam perkembangan lingkungan strategis dapat mempengaruhi penyelenggaraan sistem pertahanan negara. Pertahanan negara diselenggarakan dengan tujuan untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), dan juga keselamatan bangsa dari berbagai ancaman baik secara internal dan eksternal, serta gangguan yang berpotensi pada keutuhan bangsa dan negara.¹ Dalam penyelenggaraan pertahanan negara memiliki kecenderungan pandangan pada sinergitas pertahanan militer dan pertahanan nirmiliter dalam usaha menghadapi berbagai ancaman (ancaman militer, nonmiliter, dan hibrida). Pertahanan negara ketika menghadapi suatu ancaman militer, memposisikan Tentara Nasional Indonesia (TNI) menjadi Komponen Utama (Komput) yang kemudian dilengkapi dengan Komponen Cadangan (Komcad) dan Komponen Pendukung (Komduk). Sementara itu, menghadapi suatu ancaman nonmiliter, memposisikan Kementerian atau Lembaga selain bidang pertahanan sebagai Unsur Utama, kemudian didukung dengan Unsur Lain Kekuatan Bangsa. Lalu, menghadapi ancaman hibrida, Indonesia mempergunakan pola pertahanan militer, yang didukung pertahanan nirmiliter yang dikonstruksikan pada Komponen Pendukung sesuai dengan hakikat dan peningkatan yang timbul.²

Pertahanan negara mempunyai keterkaitan pada sumber daya pertahanan dalam usaha mengembangkan segenap kapasitas dan potensi pertahanan negara secara sistematis dan terencana. Dalam mengelola sumber daya pertahanan, dapat melalui proses perubahan untuk mengonversikan potensi dari sumber daya dengan sarana dan prasarana nasional sebagai unsur-unsur kekuatan nasional. Unsur-unsur kekuatan tersebut terdiri dari sumber daya pertahanan militer dan sumber daya pertahanan nirmiliter yang dilakukan secara sinergi dalam usaha pertahanan negara. Sumber daya pertahanan memiliki cakupan kekuatan sumber daya, sarana dan prasarana nasional, kuantitas, aspek teknologi, pengelolaan dana dan pendaagunaannya demi kepentingan pembangunan nasional. Hal yang demikian dilakukan dengan adanya sinergi antara kepentingan ketenteraman dengan kepentingan pertahanan negara.³ Pertahanan nasional mengaitkan seluruh warga negara, wilayah negara, kesiapan ilmu pengetahuan dan teknologi, lingkup geopolitik nasional, sumber daya manusia, sumber daya alam, dan industri pertahanan nasional.

Sumber daya alam merupakan bagian dari komponen pendukung yang terdiri dari warga negara atau kapasitas sumber daya manusia, sumber daya alam, sumber daya buatan, sarana dan prasarana nasional yang diadakan dan dikelola untuk tujuan peningkatkan kekuatan dan kemampuan komput dan komcad, secara langsung hingga tidak langsung. Komponen Pendukung dapat diklasifikasikan kedalam bagian-bagian yang terdiri dari sumber daya manusia (garda bangsa, tenaga ahli atau profesi dan warga negara lainnya), sumber daya alam atau

buatan yang dilaksanakan sebagai perbekalan wilayah dan persediaan material strategis, serta sarana dan prasarana nasional yang kemudian diklasifikasikan dalam sarana dan prasarana (matra darat, laut, udara) serta industri nasional yang digunakan untuk kepentingan pertahanan.⁴

Kepentingan pertahanan nasional guna mendukung unsur dalam komponen pendukung, yang didalamnya terdiri dari sumber daya alam cadangan material strategis terkhususnya *Rare Earth Elements* (REE)⁵ dan industri nasional, menjadi signifikan dalam kemandirian industri pertahanan nasional. Sumber daya alam berkaitan dengan pertambangan nasional yang terdiri dari proses kegiatan penyelidikan umum, kegiatan eksplorasi, kajian kelayakan, kegiatan konstruksi, kegiatan penambangan, proses pengolahan dan pemurnian, proses pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang. Eksplorasi merupakan suatu tahapan atau proses kegiatan dalam usaha pertambangan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi secara detail dan akurat mengenai letak, struktur, dimensi, persebaran, kualitas dan sumber daya yang terukur yang berasal dari bahan galian tambang, serta informasi perihal lingkungan hidup dan lingkungan sosial. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam memiliki sinergitas dengan industri pertahanan yang dalam hal ini adalah industri bahan baku.⁶ Industri bahan baku (*tier 4*) merupakan industri yang memproduksi bahan baku, yang kemudian akan digunakan oleh industri alat utama (*tier 1*), industri komponen utama dan atau penunjang (*tier 2*), dan industri komponen dan atau pendukung (*tier 3*).⁷

Indonesia secara tektonik⁸ termasuk pada negara kepulauan yang terbentuk akibat adanya proses tektonik

antara pertemuan tiga lempeng utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng India-Australia dan Lempeng Pasifik, hal demikian menyebabkan dinamisnya aktivitas tektonik berupa gerakan *convergence*, *divergence*, *colliision*, *obduction*, *subduction*,⁹ dan aktivitas tektonik lainnya, yang kemudian diikuti pula dengan proses intrusi magmatik, proses pembentukan batuan piroklastik¹⁰ dan batuan sedimen¹¹ pada terbentuknya *volcano magmatic arc*¹² yang memiliki potensi sumber daya mineral terkhususnya keterdapatan REE yang berasosiasi dengan mineral pembawa REE

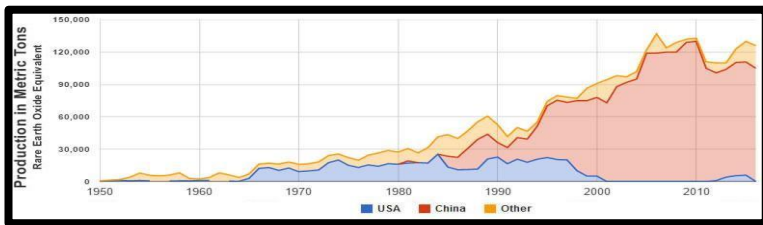
Tabel 1.1 Aplikasi Rare Earth Elements (REE)

No Atom	Simbol	Nama	Pengaplikasian
21	Sc	Scandium	· Baja aluminium scandium ringan untuk komponen pesawat udara, · unsur tambahan pada lampu halide logam dan lampu gas air raksa · dipergunakan sebagai logam pelacak radioaktif pada pemurnian minyak bumi
39	Y	Yttrium	· Yttrium aluminium garnet (YAG) laser, · Yttrium vanadate (YVO4) yang merupakan wadah untuk europium pada televisi fosfor merah, · YBCO konduktor super temperatur tinggi, · yttria-stabilized zirconia (YSZ) dan yttrium iron garnet (YIG) sebagai filter microwave filters, bola lampu ringan yang berenergi efisien, busi, pembungkus gas, dan campuran pada baja
57	La	Lanthanum	· Gelas dengan indeks refraksi tinggi dan tahan alkali, batu api, penyimpanan hidrogen, Elektroda baterai, Lensa kamera, Katalis cairan untuk menutup retakan, Katalis pada pemurnian minyak bumi
58	Ce	Cerium	· Agen oksida kima, bubuk pengasah, memberi warna kuning pada keramik dan gelas, katalis pada oven pembersih mandiri, katalis cairan untuk menutup retakan, katalis pada pemurnian minyak bumi, campuran dengan besi untuk batu api pada korek
59	Pr	Praseodymium	· Magnet permanen, laser, material utama pada pemantik busur karbon, pewarna pada glass dan logam semi transparan, unsur tambahan pada gelas didymium yang digunakan pada kaca pelindung pada proses pengelasan, batu api
60	Nd	Neodymium	· Permanen magnet, laser, pemberi warna ungu pada gelas dan keramik, unsur tambahan pada gelas didymium yang digunakan pada kaca pelindung pada proses pengelasan, kapasitor keramik
61	Pm	Promethium	· Baterai nuklir, cat bercahaya
62	Sm	Samarium	· Permanen magnet, laser, penangkap neutron, penguat microwave dengan emisi radiasi yang disimulasikan
63	Eu	Europium	· Fosfor warna merah dan biru, laser, lampu gas air raksa, lampu berpendar, agen pengurang gema magnetik nukir
64	Gd	Gadolinium	· Gelas dan garnet berindeks refraksi tinggi, laser, tabung sinar x, memori computer, penangkap neutron, agen mengkontraskan hasil gambaran gema magnetic (mri), agen pengurang gema magnetik nukir, baja magnet yang lentur, unsur tambahan baja
65	Tb	Terbium	· Unsur tambahan magnet neodmium, fosfor hijau, baja magnet yang lentur, laser, lampu berpendar
66	Dy	Dysprosium	· Unsur tambahan magnet neodmium, laser, baja magnet yang lentur
67	Ho	Holmium	· Laser, standar kalibrasi panjang gelombang pada alat spectrometer optic, magnet
68	Er	Erbium	· Laser inframerah, baja vanadium, teknologi serat optic
69	Tm	Thulium	· Mesin sinar x gengam, lampu logam halid, laser
70	Yb	Ytterbium	· Laser inframerah, agen reduksi kimia, pistol cahaya, baja tahan karat, pengukur tekanan · Alat kedokteran nuklir
71	Lu	Lutetium	· Gelas berindeks refraksi tinggi, dengan bahan lutetium tantalite untuk penyimpanan fosfor · Pendeteksi alat kedokteran nuklir jenis pet

Sumber: Berita IAGI. Edisi: VII/Februari 2016

REE memiliki peranan penting dalam perkembangan teknologi material, berdasarkan pada tabel 1.1 di atas, penggunaan REE dapat diaplikasikan pada produk-produk teknologi tinggi yang memiliki nilai strategis pada industri elektronik dan industri pertahanan serta menjadi penentu dalam persaingan global. Dalam industri elektronik, penggunaan REE disesuaikan dengan perkembangan teknologi dari berbagai sektor, seperti pengaplikasian dalam penyimpanan dan penghasil energi, unsur campuran untuk baja dalam aplikasi yang spesifik, serta pengaplikasian pada industri kimia seperti alat-alat kedokteran dan laboratorium.¹³ Unsur- unsur yang terkandung pada REE memiliki sifat kimia yang berbeda, sehingga pengaplikasian tiap-tiap unsur ini pada produk-produk teknologi disesuaikan dengan penggunaannya.

REE pada industri pertahanan memiliki peranan yang penting dalam perkembangan teknologi pertahanan, dimana negara-negara yang mendominasi teknologi pertahanan saat ini, memiliki keuntungan dalam memodernisasi teknologi pertahanan secara *state of the art*. Pengaplikasian REE menjadi vital dalam superioritas teknologi pertahanan seperti pengaplikasiannya pada sistem persenjataan strategis, sistem penginderaan terintegrasi seperti *Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance* (C4ISR)



Gambar 1.1 Negara Penyuplai REE Dunia

Sumber: Hobart M. King, RPG

<https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>, diakses pada 3 Agustus 2018

Berdasarkan pada gambar 1.1 di atas, menjelaskan negara penyuplai REE yakni USA, Cina, dan negara lainnya antara tahun 1950 hingga 2017, dimana terdapat peningkatan produksi yang cukup signifikan oleh negara Cina. Kondisi saat ini, terdapat empat negara yang menghasilkan REE di dunia, diantaranya adalah Cina sebesar 97%, India 2,1%, Brazil 0,5%, dan Malaysia 0,3%.¹⁴ Cina menjadi negara produsen utama REE dengan kemampuan yang dapat mendorong perkembangan teknologi industri dan perekonomian negara adidaya tersebut. Pada tahun 2010, Cina membuat kebijakan mengenai REE, yakni dengan melakukan pembatasan ekspor REE. Cina memangkas 70% ekspor REE yang berimbas kepada industri manufaktur olahan REE. Dengan adanya kebijakan ini maka, negara-negara dengan kemampuan industri strategis yang maju seperti Amerika, Jepang, dan Uni Eropa menjadi terhambat.¹⁵ Melalui peran strategis REE dalam persaingan global, tentunya memberikan ancaman tersendiri dalam perkembangan industri modern saat ini karena monopoli yang dilakukan

China membuat harga komoditas REE melonjak secara drastis.

Sebagai negara yang kaya akan sumber daya mineral, Indonesia memiliki potensi REE. Keterdapatan REE di Indonesia diketahui terdapat pada daerah intrusi *granitoid*¹⁶, *alluvial*¹⁷ dan *placer*¹⁸. Beberapa hasil kajian mengenai keberadaan REE ini di Indonesia diketahui terdapat di Karimun, Kuala Kampar, Bangkinang (Riau), Pegunungan Tiga Puluh, Singkep, Bangka, Belitung, Sumatra, Rirang, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Sulawesi, Kepulauan Banggai, Sula, dan Ransiki (Papua).¹⁹ Potensi tersebut dapat menjadi peluang Indonesia yang dapat melakukan kegiatan kajian dan pengembangan industri teknologi jika dapat mengelola dan memanfaatkan secara efektif dan efisien. Meskipun memiliki potensi REE yang cukup besar, kegiatan eksplorasi belum secara efektif dilakukan dan kegiatan eksploitasi serta pengolahan REE belum dilakukan.²⁰ Hal demikian dikarenakan belum adanya kajian khusus yang menggali potensi dan pemanfaatan REE. Kajian yang dilakukan sejauh ini dilakukan masih secara parsial oleh beberapa instansi, sedangkan kajian REE dapat dilakukan secara optimal jika adanya sinergitas *stakeholder*.²¹ Kajian ini akan memberikan gambaran mengenai persebaran REE di Perairan Sabang, Pulau Weh, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, terkhususnya eksplorasi di lingkungan laut dangkal.

Teknologi penginderaan dapat menjadi *core study* untuk pemetaan sumber daya mineral khususnya REE, dengan menggunakan teknologi sonar dalam kegiatan pemetaan eksplorasi REE. Penginderaan atau pemetaan dengan teknologi sonar menggunakan metode eksplorasi

geomarine yang merupakan metode yang meliputi akuisisi data, pengolahan data, interpretasi dan pengambilan sampel batuan dan sedimen dasar laut, digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dari suatu daerah eksplorasi seismik. Teknologi penginderaan sonar dengan metode eksplorasi *geomarine* dilakukan dengan pengambilan atau pengukuran data atau informasi mengenai sifat dari sebuah fenomena, obyek atau benda dengan menggunakan sebuah alat perekam tanpa berhubungan langsung dengan bahan *study*. Kajian ini bersinergitas dengan Pusat Kajian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) yang merupakan salah satu lembaga kajian sumber daya geologi yang melakukan kajian kelautan Indonesia, yang dapat melakukan eksplorasi sumber daya REE terkhususnya kajian di daerah Perairan Sabang Pulau Weh. Kajian ini dapat mengetahui persebaran REE berdasarkan kondisi geologi daerah kajian baik dari aspek tektonik, stratigrafi²², struktur geologi²³, dan aktivitas vulkanisme²⁴, berdasarkan metode eksplorasi *geomarine*

BAB II

Konsep Dasar dan Aplikasi Penginderaan Jauh

Teknologi penginderaan memiliki cakupan dalam bidang pertahanan yang terdiri dari *cyber sensing for defense*, teknologi (radar, sonar, sensor), dan *remote sensing*. Ketiga cakupan tersebut berkaitan dengan perkembangan di era globalisasi dan perkembangan lingkungan strategis baik lingkup nasional, regional, dan internasional. Teknologi penginderaan dapat menjadi *core study* untuk pemetaan sumber daya mineral khususnya REE, dengan menggunakan teknologi sonar dalam kegiatan pemetaan eksplorasi REE. Teknologi penginderaan dilakukan dengan pengambilan atau pengukuran data atau informasi mengenai sifat dari sebuah fenomena, obyek atau benda dengan menggunakan sebuah alat perekam tanpa berhubungan langsung dengan obyek tersebut.

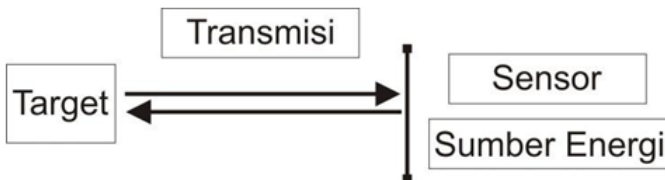
Teknologi penginderaan berkaitan juga dengan penginderaan jauh atau inderaja (*remote sensing*), yang merupakan seni dan ilmu dalam mendapatkan suatu informasi mengenai obyek, area atau wilayah tertentu serta suatu fenomena, melalui analisis terhadap data, yang didapatkan dengan menggunakan suatu alat atau instrumen tanpa adanya kontak secara langsung dengan obyek yang diindera tersebut, area ataupun fenomena yang dianalisis.¹ Alat atau instrumen yang digunakan merupakan alat pengindera atau sensor. Secara umum, sensor tersebut diaplikasikan oleh wahana yang digunakan seperti pesawat

udara, balon udara, satelit, drone, kapal dan jenis wahana lainnya.² Hasil dari perekaman alat yang diaplikasikan oleh wahana tersebut merupakan data penginderaan jauh.

Penginderaan jauh merupakan berbagai macam teknik yang dikembangkan dengan tujuan untuk mendapatkan dan menganalisis suatu informasi mengenai bumi. Informasi yang demikian berbentuk radiasi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan atau direfleksikan dari permukaan bumi.³ Sistem penginderaan jauh memiliki empat komponen utama, yang terdiri dari target yang dikaji, sumber energi, alur transmisi⁴, dan sensor dari suatu wahana. Komponen-komponen dalam sistem ini berkerja secara sistematis dalam pengukuran dan dan pencatatan suatu informasi tentang suatu target eksplorasi, tanpa adanya kontak langsung dengan obyek tersebut. Sumber energi yang memancarkan gelombang elektromagnetik pada suatu obyek menjadi hal yang penting. Energi tersebut, memberikan pengaruh dengan obyek dan juga sebagai media atau sarana dalam meneruskan informasi yang didapatkan mengenai obyek kepada sensor. Sensor merupakan suatu alat atau instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan dan mencatat radiasi gelombang elektromagnetik. Setelah pengumpulan dan pencatatan data tersebut, kemudian akan dikirimkan ke *receiver*⁵ atau stasiun penerima, kemudian akan dilakukan *processing*⁶ menjadi format yang tertentu berupa format citra. Citra ini dapat diinterpretasikan untuk menyajikan informasi mengenai obyek tersebut. Proses dalam melakukan interpretasi data tersebut, berupa penggabungan dua himpunan antara visual dan *automatic* dengan proses

komputerisasi dan bantuan *software* atau perangkat lunak dalam pengolahan citra.⁷

Dari beberapa penjelasan mengenai komponen penginderaan jauh tersebut, dapat dijelaskan secara garis besar jika penginderaan jauh terdiri dari 3 komponen utama yang terdiri dari obyek yang diindera, sensor yang digunakan untuk merekam obyek target eksplorasi, dan gelombang elektromagnetik yang dipantulkan atau direfleksikan oleh permukaan bumi. Pengaruh dari sistematis komponen ini menghasilkan data penginderaan jauh yang kemudian melalui tahapan dalam proses interpretasi, akan mengetahui jenis obyek pada suatu area atau fenomena. Secara umum, penginderaan jauh memiliki peran secara signifikan dalam proses kegiatan *survey* terestrial yang ada di permukaan bumi, berupa inventarisasi dan monitoring sumber daya alam. Kegiatan *survey* tersebut dilakukan untuk membuktikan obyek atau fenomena yang ada di lapangan yang menjadi target eksplorasi, untuk kemudian disesuaikan kembali dengan hasil analisis data



Gambar 2.1 Komponen Dasar Penginderaan Jauh Aktif
Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Sukendra Martha,
Slide Kuliah PASP, Pengenalan Teknologi Penginderaan,
2018

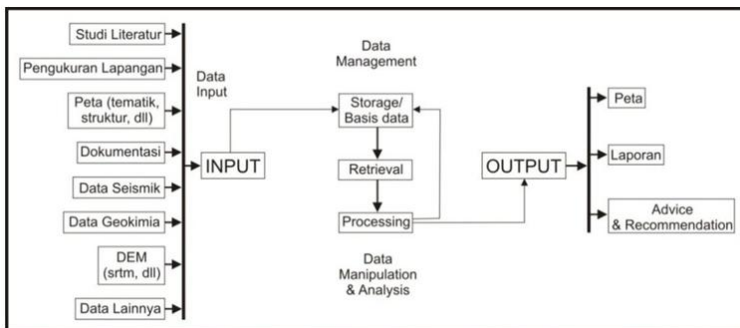
Kajian ini berdasarkan pada gambar 2.1, menggunakan teori konsep dari teknologi penginderaan aktif, terkhususnya dalam pemanfaatan di bidang teknologi

sonar hidroakustik⁸ dalam akuisisi data kajian pemetaan eksplorasi REE. Teknologi sonar hidroakustik dengan instrumen *echousounder*⁹ dengan prinsip kerjanya mengirimkan energi gelombang suara atau *acoustic signal* dari permukaan laut melalui *transmitting transducer*¹⁰ yang memiliki arah vertikal ke permukaan dasar laut. Lalu gelombang suara akan dipantulkan dari permukaan dasar laut dan akan diterima oleh *receiver tranducer* sebagai sensor dalam pemetaan dengan metode eksplorasi *geomarine* ini. Sinyal akustik yang telah diterima oleh sensor kemudian diubah menjadi energi listrik ke *receiver*. Sinyal tersebut akan direkam pada *data recorder* dalam bentuk grafis atau *digital*. Baik dalam akuisisi data di permukaan dan di bawah permukaan bumi ini menggunakan konsep dasar penginderaan yang sama.

BAB III

Peran Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Geomarine

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia sebagai *brainware*, organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi-informasi mengenai daerah-daerah di permukaan bumi.¹¹ SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu yang ada di bumi, kemudian menggabungkan, menganalisa, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG merupakan data spasial yang merupakan suatu data yang berorientasi secara geografis, dengan informasi area target eksplorasi yang memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensi. Sehingga, pengaplikasian SIG dapat memberikan informasi seperti lokasi target eksplorasi, kondisi daerah kajian, kecenderungan, pola dan pemodelan. Kemampuan yang demikian membedakan sistematis SIG dengan sistem informasi lainnya



Gambar 2.2 Ilustrasi Sub-sistem SIG

Sumber: Hasil Olah Peneliti modifikasi Prahasta Eddy, 2018

SIG dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok sub-sistem, berdasarkan pada gambar 2.2, yang terdiri dari *data input*, *data output*, *data management*, dan *data manipulation and analysis*. *Data input* berfungsi dalam proses mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial beserta atribut yang terkait dari berbagai sumber yang relevan. Sub-sistem ini juga yang memiliki peranan penting dalam mengonversikan atau mengubah format-format data aslinya menjadi format yang lain yang disesuaikan, sehingga dapat digunakan oleh perangkat SIG yang berhubungan. *Data output* berfungsi dalam menampilkan atau menyajikan data keluaran yang termasuk mengeksport ke format lain yang disesuaikan, baik secara keseluruhan ataupun juga sebagian basis data dari data spasial, dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* baik itu berupa tabel, grafik, laporan atau *report*, peta, dan sebagainya. *Data management* berfungsi dalam mengorganisasikan data spasial maupun atribut-atribut terkait menjadi suatu sistem basis data tertentu hingga diperbaiki atau *retrieval*, diperbaharui atau *update*, dan mengelola data atau proses edit. *Data Manipulation*

berfungsi dalam menentukan informasi-informasi yang dihasilkan dalam proses SIG. Selain itu, sub-sistem ini melakukan proses manipulasi yakni dengan mengevaluasi dan menggunakan fungsi-fungsi dan operator matematis dan logika, serta pemodelan data dengan tujuan untuk menghasilkan informasi.¹²

SIG digunakan untuk mempermudah dalam proses menghasilkan data-data yang diolah dan telah tersimpan sebagai atribut suatu area atau obyek target eksplorasi. SIG mengolah data-data yang terdiri dari data spasial dan data atribut berbentuk *digital*. Sistem ini menghubungkan data spasial yang berisi informasi lokasi geografis, dengan data non spasial, sehingga dapat membuat suatu peta, yang kemudian menganalisis informasi tersebut sesuai dengan tujuan tertentu. SIG menjadi signifikan dalam proses data spasial, yang mana dalam SIG data kemudian dilakukan pemeliharaan atau *maintenance* dalam bentuk *digital*, sehingga data akan lebih lengkap jika dibandingkan dalam bentuk peta yang dicetak, tabel, dan bentuk konvensional lain, sehingga pekerjaan akan menjadi cepat dan efisien.

Kajian ini menggunakan SIG dalam tahapan kajiannya yang meliputi pada proses *input* dan *output*. Data *input* diperoleh dari data pengukuran di lapangan seperti data navigasi, data seismik dari instrumen radar, data hasil sampel batuan dan sedimen, data batimetri, serta peta tematik seperti geologi regional, struktur regional, stratigrafi regional. Kemudian melakukan tahapan analisis data dan proses manipulasi data dengan melakukan interpretasi terhadap data dan mengolah data tersebut dengan *software* Sistem Informasi Geografis pendukung.

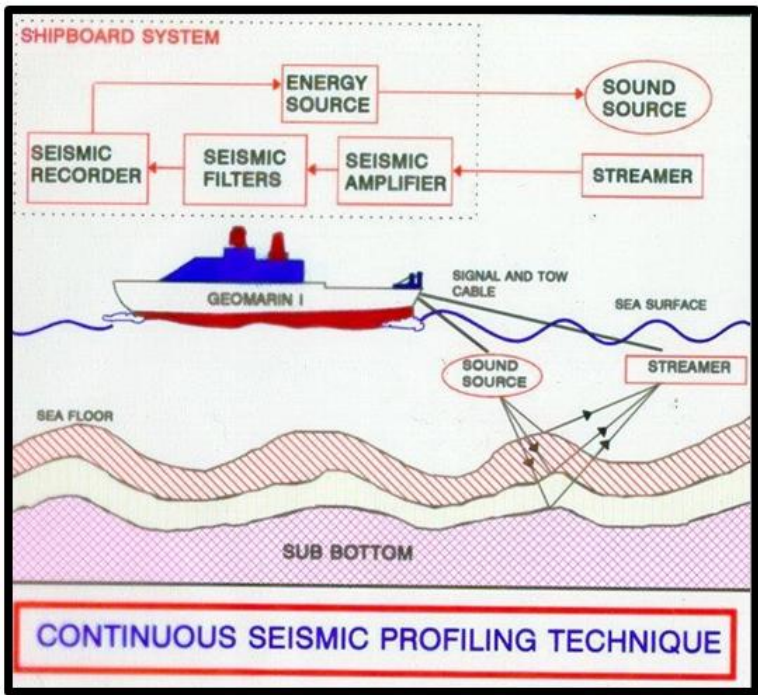
Data *output* yang akan dihasilkan adalah Peta Lintasan Survei Kelautan, Peta Batimetri, Peta persebaran Struktur, dan Peta Persebaran REE di lokasi kajian

BAB IV

Eksplorasi Seismik *Geomarine*

Geologi kelautan terdiri dari lingkup kajian yang terdiri dari keilmuan geofisika¹³, geokimia¹⁴, sedimentologi¹⁵, dan paleontologi¹⁶ yang berada di lingkungan laut, baik itu dasar laut dan daerah pesisir. Geologi kelautan berkaitan juga dengan oseanografi¹⁷ secara fisik dan tektonik. Kajian geologi kelautan menjadi signifikan dalam memberikan bukti tentang bagaimana kondisi pemekaran lempeng samudera dan tektonik lempeng terkhususnya dalam tujuan ekonomi (penambangan mineral dan hidrokarbon).¹⁸

Eksplorasi seismik termasuk ke dalam kegiatan eksplorasi yang menggunakan prinsip penginderaan aktif dengan menggunakan gelombang suara yang disebut gelombang seismik. Gelombang seismik merupakan gelombang yang bersifat elastis, yang kemudian merambat ke dalam obyek bumi. Bumi sebagai perantara gelombang yang terdiri dari beberapa lapisan batuan yang antara satu lapisan dengan lapisan lainnya mempunyai sifat fisis yang berbeda. Perbedaan antara sifat medium ini mengakibatkan sebagian energi gelombang seismik yang merambat kemudian akan dipantulkan atau direfleksikan, serta sebagian energi gelombang seismik lainnya, akan diteruskan ke lapisan batuan di bawahnya.¹⁹



Gambar 2.3 Proses Pengambilan Data Lapangan
Sumber: Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Akuisisi seismik di lapangan, berdasarkan pada gambar 2.3, dilakukan dengan cara membuat gelombang getaran dari suatu sumber getar. Gelombang getaran akan merambat ke segala arah di bawah permukaan bumi sebagai gelombang getar. Gelombang yang datang akan mengenai lapisan-lapisan batuan akan mengalami proses pemantulan, pembiasan, dan penyerapan. Respon yang diterima oleh lapisan batuan pada gelombang yang datang akan berbeda-beda tergantung dari sifat fisik batuan seperti densitas batuan²⁰, porositas batuan²¹, umur batuan,

kepadatan batuan, dan kedalaman batuan. Gelombang yang dipantulkan akan ditangkap oleh *receiver* yang ada di permukaan bumi dan akan diteruskan ke instrumen untuk direkam sebagai *data recorder*. Hasil perekaman akan menghasilkan grafis penampang seismik.

Pengukuran seismik memiliki tujuan untuk memperoleh perekaman yang berkualitas baik. Kualitas perekaman seismik dapat dinilai dari perbandingan sinyal refleksi terhadap sinyal *noise*²² yaitu perbandingan antara banyaknya sinyal refleksi yang direkam, kemudian dibandingkan dengan sinyal *noise* dan keakuratan dari pengukuran waktu tempuh (*travel time*). Eksplorasi seismik refleksi dapat dibagi menjadi dua, yaitu eksplorasi prospek dangkal dan eksplorasi prospek dalam. Eksplorasi seismik dangkal (*shallow seismic reflection*) pada umumnya diaplikasikan untuk eksplorasi batubara dan bahan tambang lainnya. Sedangkan seismik dalam digunakan untuk eksplorasi daerah prospek hidrokarbon (minyak dan gas bumi). Kedua kelompok ini tentu saja menuntut resolusi dan akurasi yang berbeda, begitu pula dengan teknik lapangannya. Eksplorasi REE di lokasi kajian termasuk ke dalam eksplorasi sumber daya mineral yang berada di lingkungan laut yang relatif dangkal, sehingga eksplorasi menggunakan seismik dangkal (*shallow seismic reflection*) untuk mengetahui gambaran mengenai kondisi bawah permukaan di lokasi kajian.

Data seismik yang memiliki kualitas baik ditentukan oleh kesesuaian parameter pengukuran lapangan yang digunakan dengan kondisi di lapangan kajian. Kondisi lapangan adalah kondisi geologi dan kondisi daerah *survey*. Sebagai contohnya, parameter lapangan untuk daerah batu

gamping masif akan berbeda dengan parameter untuk daerah dengan litologi perselingan antara lempung dan pasir. Di samping itu parameter lapangan yang harus disesuaikan adalah target eksplorasi yang ingin dicapai.²³

Proses pengambilan data dengan metode eksplorasi *geomarine* ini terdiri dari 2 macam yaitu pemeruman atau *sounding*²⁴ dan seismik. *Sounding* merupakan proses dan aktivitas untuk memperoleh gambaran bentuk permukaan dasar perairan (*seabed surface*). Proses pemeruman menggunakan instrumen *echosounder* dengan prinsip kerja mengirimkan gelombang suara dari permukaan laut melalui *transmitting transducer* secara vertikal ke dasar laut. Lalu gelombang suara dipantulkan ke permukaan dasar laut dan akan diterima oleh *receiver transducer*. Gelombang suara yang diterima akan diubah menjadi energi listrik ke *receiver*. Sinyal akan diperkuat dan direkam pada instrumen *recorder* dalam bentuk *digital* atau grafis. Akusisi data kedalaman dilakukan secara simultan dengan arah lintasan tegak lurus sejajar garis pantai. Data *sounding* ini memiliki fungsi untuk mendapatkan data kedalaman laut, mengetahui morfologi dasar laut dan lereng dasar laut.

Tabel 2.1. Peralatan Akusisi Data

NO	Peralatan
1	<i>Sparker</i> dengan catu daya 500 Joule, sapuan 0.50 per detik.
2	<i>Hydrofone Bontos</i> 2 x 50 elemen aktif
3	<i>Graphic Recorder</i> EPC 3200
4	<i>Power Supply</i> EG & G 232 A, <i>Band Pass Filter</i> Khron Hite 3700, <i>Triggered Capacitor Bank</i> EG&G 231 A, <i>TVG amplifier</i> TSS 307, dan <i>Sweel Filter</i> TS 305

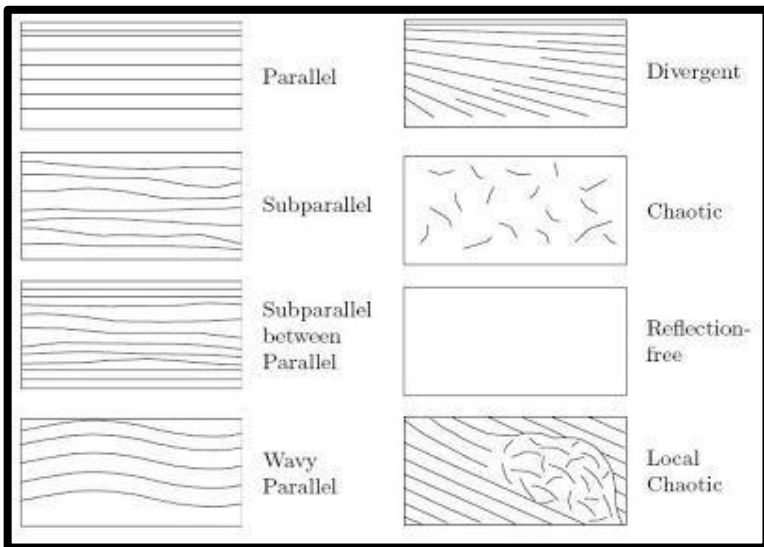
Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Data Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Pada pengambilan data seismik, berdasarkan pada tabel 2.1, menggunakan metode seismik relfeksi dalam kajiannya, terkhususnya menggunakan seismik pantul dangkal dengan prinsip mengirimkan gelombang akustik dari *sparker*²⁵ ke bawah permukaan laut dan *hydrophone*²⁶ menerima kembali sinyal akustik yang dipantulkan setelah melaui lapisan batuan bawah laut. Sinyal yang diterima akan direkam dan tampak secara grafis berupa horison-horison seismik. Data seismik tersebut memiliki informasi mengenai kondisi di bawah permukaan bumi pada lokasi kajian.²⁷

BAB V

Fasies Seismik, Apa dan Bagaimana?

Fasies seismik merupakan analisis yang dilakukan dalam penampang rekaman data seismik mengenai refleksi bentuk eksternal dan tekstur internal. Refleksi bentuk eksternal adalah kenampakan morfologi dari suatu benda di bawah permukaan bumi. Sedangkan tekstur internal mengenai pola pengendapan berdasarkan data seismik. Kenampakan yang dipakai dalam analisis tekstur internal diidentifikasi seperti gambar 2.4 di bawah ini



Gambar 2.4 Tekstur Internal Seismik

Sumber: R.M. Mitchum Jr. and P.R. Vail (1977)