

**PEMETAAN SUMBER DAYA RARE EARTH ELEMENTS (REE)
UNTUK BAHAN BAKU INDUSTRI PERTAHANAN
DENGAN METODE EKSPLORASI GEOMARINE**

**RARE EARTH ELEMENT (REE) MAPPING FOR DEFENSE INDUSTRY RAW
MATERIALS WITH GEOMARINE EXPLORATION METHOD**

Indra Adhitiya Rama Saputra¹, Sovian Aritonang², Masita Dwi Mandini M³

Program Studi Teknologi Penginderaan
adhitiya.indra@yahoo.co.id

Abstrak - Kepentingan pertahanan nasional untuk mendukung unsur dalam komponen pendukung yang di dalamnya terdiri dari Sumber Daya Alam cadangan material strategis terkhususnya *Rare Earth Elements* (REE) dan industri pertahanan nasional, menjadi urgensi dalam kemandirian industri pertahanan nasional. REE memiliki nilai strategis di bidang pertahanan serta menjadi signifikansi pada industri pertahanan nasional. Penggunaan di bidang pertahanan dapat di aplikasikan pada teknologi pertahanan secara *state of the art*. Teknologi penginderaan dapat menjadi *core study* dalam eksplorasi REE dengan menggunakan metode eksplorasi *geomarine*. Permasalahan yang diteliti yaitu eksplorasi REE di Indonesia masih belum secara optimal dilakukan meskipun Indonesia memiliki potensi yang besar. Tujuan penelitian adalah memetakan persebaran REE di Perairan Sabang dengan metode eksplorasi yang baru yang didasarkan pada analisis data seismik dan data analisis sampel. Penelitian menggunakan metode kuantitatif. Analisis data yang digunakan dengan menganalisis fasies seismik. Hasil penelitian menunjukkan persebaran REE di daerah penelitian memiliki asosiasi antara persebaran struktur dengan aktivitas vulkanik berupa fumarola. Asosiasi tersebut dapat menjadi metode eksplorasi baru dalam pemetaan REE.

Kata kunci: *Rare Earth Elements* (REE), industri pertahanan, metode eksplorasi *geomarine*, eksplorasi

Abstract - National defense interests to support elements in the supporting components which consist of Natural Resources, strategic material reserves, especially *Rare Earth Elements* (REE) and the national defense industry, become urgency in the independence of the national defense industry. REE has strategic value in the field of defense and is of significance to the national defense industry. Use in the field of defense can be applied to state of the art defense technology. Sensing technology can be a core study in REE exploration using the *geomarine* exploration method. The problems studied are that REE exploration in Indonesia is still not optimally done even though Indonesia has great potential. The purpose of the study was to map the distribution of REE in Sabang waters with a new exploration method based on seismic data analysis and sample analysis data. The research uses quantitative methods. Data analysis used by analyzing seismic facies. The results showed that the distribution of REE in the study area had an association between the distribution of structures and volcanic activity in the form of fumaroles. This association can be a new exploration method in REE mapping.

Keywords: *Rare Earth Elements* (REE), defense industry, *geomarine* exploration method, exploration

¹ Program Studi Teknologi Penginderaan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

² Program Studi Teknologi Daya Gerak Universitas Pertahanan

³ Program Studi Teknologi Penginderaan

Pendahuluan

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.⁴ 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.⁵

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

⁴ Pasal 1 ayat 1 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002

⁵ Departemen Pertahanan Republik Indonesia, "Buku Putih Pertahanan Indonesia", (Jakarta:

Departemen Pertahanan Republik Indonesia, 2008), hlm 3

prasarana nasional, kuantitas, aspek teknologi, pengelolaan dana dan pendaayagunaannya demi kepentingan pembangunan nasional. Hal yang demikian dilakukan dengan adanya sinergi antara kepentingan ketenteraman dengan kepentingan pertahanan negara.⁶ 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.⁷

Kepentingan pertahanan nasional guna mendukung unsur dalam komponen pendukung, yang didalamnya terdiri dari sumber daya alam cadangan material strategis terkhususnya *Rare Earth Elements* (REE) 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.

⁶ Departemen Pertahanan Republik Indonesia., Op.cit., hlm 57

⁷ Departemen Pertahanan Republik Indonesia., Op.cit., hlm 58

Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam memiliki sinergitas dengan industri pertahanan yang dalam hal ini adalah industri bahan baku.⁸ 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*).⁹

Indonesia secara tektonik 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*, dan aktivitas tektonik lainnya, yang kemudian diikuti pula dengan proses intrusi magmatik, proses pembentukan batuan piroklastik dan batuan sedimen pada terbentuknya *volcano magmatic arc* yang memiliki potensi sumber daya mineral terkhususnya keterdapatn REE yang

berasosiasi dengan mineral pembawa REE.

REE memiliki peranan penting dalam perkembangan teknologi material, 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.¹⁰ 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

⁸ Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan, Pasal 1 ayat 1, mengenai eksplorasi sumber daya mineral.

⁹ UU No. 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan, pasal 14

¹⁰ Punto, Anif. "BGN Mengembalikan Cita-cita Terpendam", Berita IAGI. Edisi: VII/Februari 2016. hlm 32

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)*.

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%.¹¹ 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.¹² 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. Keterdapatannya REE di Indonesia diketahui terdapat pada daerah intrusi *granitoid*, *alluvial* dan *placer*. Beberapa hasil penelitian 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).¹³ Potensi tersebut dapat menjadi peluang Indonesia yang dapat melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan industri teknologi jika dapat mengelola dan memanfaatkan secara efektif dan efisien. Meskipun memiliki potensi REE yang cukup besar, kegiatan eksplorasi

¹² Asnani, C., & Patra, R, "Rare Earth from Monazite - Indian Experience", *Conference of Metallurgist*, Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2013, hlm. 167-172

¹³ Husein H. Bahti, Yayah Mulyasih, Anni Anggraeni, "Extraction and chromatographic studies on rare earth elements (REEs) from their minerals: the prospect of REEs production in Indonesia", *Jurnal*, 25 November 2011, hlm. 14

belum secara efektif dilakukan dan kegiatan eksploitasi serta pengolahan REE belum dilakukan.¹⁴ Hal demikian dikarenakan belum adanya penelitian khusus yang menggali potensi dan pemanfaatan REE. Penelitian yang dilakukan sejauh ini dilakukan masih secara parsial oleh beberapa instansi, sedangkan penelitian REE dapat dilakukan secara optimal jika adanya sinergitas *stakeholder*.¹⁵ Penelitian 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*. Penelitian ini bersinergitas dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) yang merupakan salah satu lembaga penelitian sumber daya geologi yang melakukan penelitian kelautan Indonesia, yang dapat melakukan eksplorasi sumber daya REE terkhususnya penelitian di daerah Perairan Sabang Pulau Weh. Penelitian ini dapat mengetahui persebaran REE berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian baik dari aspek tektonik, stratigrafi, struktur geologi, dan aktivitas vulkanisme, berdasarkan metode eksplorasi *geomarine*.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif

¹⁴ Sabtanto Joko Suprapoto. "Tinjauan tentang Unsur Tanah Jarang", Buletin Sumber Daya Geologi Volume 4 Nomor 1. 2009, hlm. 8

¹⁵ Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Telaah Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang Di Indonesia", 2014, Hlm 5



Gambar 1. Sistem Single Channel

Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Data Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018

variabel terukur. Metode kuantitatif variabel terukur digunakan karena variabel-variabel dalam penelitian ini dapat diamati secara langsung. Variabel-variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah permasalahan utama yang didapatkan dari hasil identifikasi dan verifikasi masalah, yakni pemetaan sumber daya alam dengan metode eksplorasi *geomarine* yang digunakan. Sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini adalah variabel penelitian yang dapat mempengaruhi variabel terikat. Penelitian ini menggunakan peran setiap variabel-variabel yang diteliti dalam tahap *input*, proses, dan *output* yang berdasarkan pada kerangka teoretik.

Metode eksplorasi *geomarine* dalam penelitian ini termasuk kedalam akuisi data seismik laut secara 2D yang bertujuan untuk pemetaan bawah laut dengan menggunakan instrumen atau peralatan sistem single channel. Metode

eksplorasi seismik ini memiliki kelebihan dan kekurangan dalam praktiknya. Kelebihannya diantaranya adalah kemampuannya dalam menghasilkan data citra yang jelas mengenai informasi bawah permukaan seperti kenampakan pola struktur, menghasilkan berbagai macam variasi secara lateral dan kedalaman lapisan bawah permukaan, dan dapat memperlihatkan batas kenampakan secara stratigrafi dan kenampakan pengendapan. Sedangkan, kekurangannya diantaranya adalah dalam proses mereduksi dan tahap processing memakan waktu dan tenaga ahli yang tidak sedikit, jika dibandingkan dengan metode eksplorasi geofisika lainnya termasuk mahal dalam akuisisi data, dan dalam menghasilkan data citra yang baik membutuhkan banyak data dalam kegiatan *survey*. Secara praktik di lapangan, akuisisi data seismik terdiri dari berbagai komponen utama seperti kapal utama, sistem *single channel*, GPS, dan perlengkapan lainnya. Dalam sistem

single channel terdapat beberapa proses mulai dari *input*, proses, dan *output*.

Sistem instrumen data *single channel*, berdasarkan gambar 1, terdiri dari *input* yang terdiri dari sumber energi yang dihasilkan dari instrumen atau alat seperti *air gun* dan *boomer*. Lalu sistem *single channel* dari sistem peralatan *sparker* yang mempunyai komponen elektromagnetik untuk menghasilkan medan magnet. Kemudian, akuisisi data dalam proses sistem *single channel* menghasilkan data rekaman lapangan berupa *recording* yang dalam penelitian ini adalah data seismik. Data seismik penelitian ini termasuk data primer yang merupakan data mentah hasil pengukuran di lapangan. Data seismik ini dapat diamati sehingga termasuk kedalam variabel terukur. Metode pengumpulan data penelitian ini termasuk observasi atau pengamatan non partisipan yang mana pengamat tidak secara langsung mengikuti proses akuisisi data lapangan, tetapi dapat mengetahui kondisi lapangan secara tidak langsung dengan hasil dokumentasi lapangan partisipan dan data kajian daerah penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Daerah Penelitian

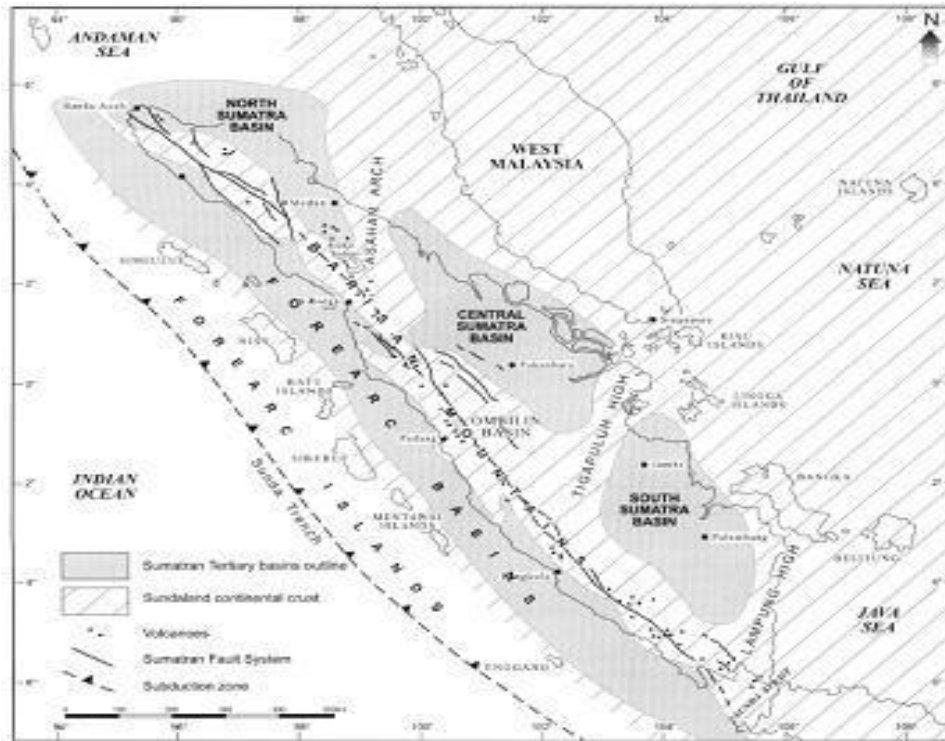
1. Kondisi Geologi

Daerah penelitian berada di Perairan Sabang, Pulau Weh, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam, yang termasuk ke dalam Lembar Peta 0421-54 dengan koordinat 05°00'-06°00' Lintang Utara dan 94°30'-96°00' Bujur Timur. Tepatnya berada di Teluk Sabang yang berada di utara Pulau Weh.

Daerah penelitian termasuk ke dalam pulau dengan aktivitas vulkanik yang masih aktif yang masuk ke dalam kategori gunungapi muda yang terletak di jalur Gunungapi Sunda yang membujur dari Sumatera, Jawa, Bali, hingga Nusa Tenggara (De Neve, 1983). Gunungapi yang berada di barat laut Sumatera terkhususnya daerah penelitian merupakan gunungapi yang memperlihatkan manifestasi kegiatan vulkanik pada masa lampau yang dicirikan dengan adanya fumarola atau gas-gas gunungapi.¹⁶

¹⁶ De Neve, G.A., "Quaternary Volcanism and Other Phenomena Attribute to Volcanicity in the Aceh Region North Sumatra", Proceedings

PIT XII Ikatan Ahli Geologi Indonesia, 1983 hal 67



Gambar 2. Kerangka Tektonik Sumatera
 Sumber: Barber, 2005

2. Kondisi Tektonik

Pulau Weh berdasarkan pada gambar 2, memiliki kondisi tektonik berupa busur kepulauan yang terbentuk oleh kerangka tektonik yang ada pada Pulau Sumatera. Kerangka tektonik tersebut merupakan hasil pertemuan antara Lempeng Benua Eurasia yang bergerak relatif ke arah tenggara dengan Lempeng Samudra Hindia-Australia yang bergerak relatif ke arah utara hingga ke arah timur laut. Implikasi pertemuan antar tumbukan lempeng mengakibatkan adanya proses subduksi yang terletak di pantai barat Sumatera, sehingga membentuk aktivitas vulkanik atau gunungapi yang ada pada Pulau Sumatera dan berkembangnya Sesar Semangko

yang termasuk ke dalam sesar geser manganan.

Lokasi penelitian yang berada di Pulau Weh adalah bagian dari Pegunungan Barisan (*Barisan Mountain Range*), yang merupakan jalur magmatik yang berada di Indonesia. Proses subduksi antara tumbukan Lempeng Benua Eurasia dengan Lempeng Samudra Hindia-Australia yang terjadi pada masa Tersier hingga Resen atau masih terjadi hingga saat ini, dapat diperlihatkan oleh adanya busur magma Pegunungan Bukit Barisan. Proses subduksi yang terbentuk dari waktu ke waktu menghasilkan berkembangnya Sesar Semangko yang memiliki posisi yang sejajar dengan zona subduksi dan berpusat pada Sistem Sesar

Sumatera yang membentang dari Pulau Weh hingga Teluk Semangko.

Proses tektonik terbentuknya zona sesar Sumatera, terjadi pada pengembangan pada kerak bumi di daerah yang secara meluas pada Bukit Barisan, kemudian disertai juga dengan terbentuk zona depresi atau zona peregangan dengan adanya kenampakan morfologi *Graben* Semangko, yang kemudian menerus dari arah timur hingga ke arah utara. Proses ini menyebabkan daratan Pulau Weh mengalami depresi akibat adanya proses tektonik.¹⁷ Struktur geologi di Pulau Weh mempunyai kesamaan pola dengan struktur geologi di Pulau Sumatera. Bentuk dari kenampakan struktur yang berkembang, secara umum dipengaruhi oleh adanya Sistem Sesar Sumatera, yang sebagian besar membentuk segmen-segmen, kemudian disertai dengan adanya aktivitas vulkanik yang berupa kerucut-kerucut gunungapi dengan umur Kuartar di jalur sesar dan gunungapi yang tersebar di daratan Pulau Weh yang terletak di zona sesar. Struktur geologi yang disebabkan akibat gejala tektonik dan vulkanik pada umur Pliosen hingga Pleistosen memiliki ciri-ciri berupa adanya pola kelurusan-kelurusan dari

aktivitas vulkanik berupa kerucut-kerucut gunungapi dan juga depresi vulkanik, kelurusan gawir sesar dan depresi vulkanik.

3. Kondisi Stratigrafi

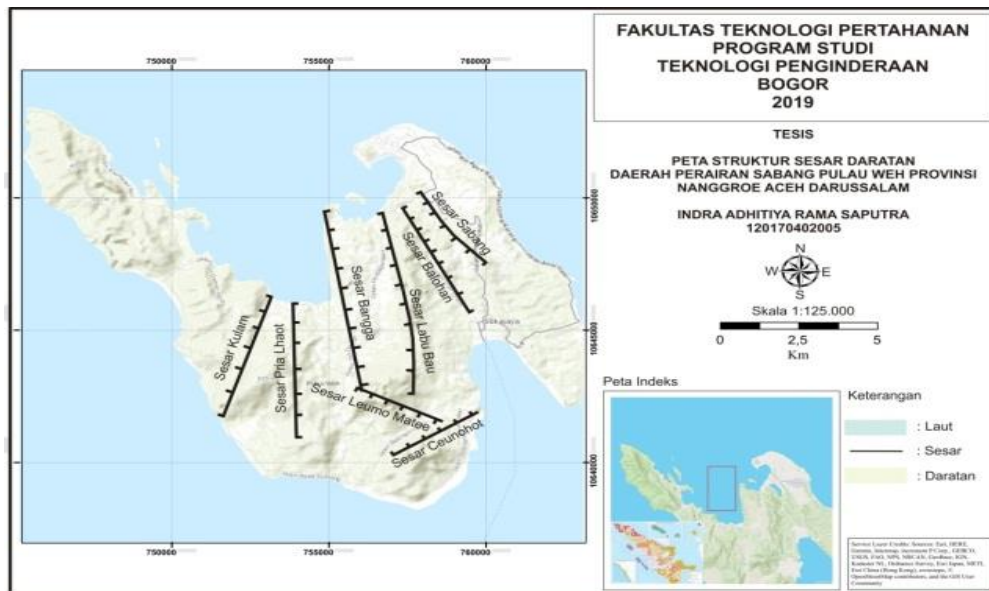
Batuan gunungapi penyusun Pulau Weh berdasarkan pada Peta Geologi Lembar Banda Aceh, 0421, 0521 skala 1:250.000, terdiri dari andesit, tufa, aglomerat berumur kuartar hingga tersier. Pulau Weh secara stratigrafi, terdiri dari batuan yang memiliki umur Tersier dan Kuartar yang terdiri dari beberapa kelompok batuan utama, berturut-turut dari umur tua ke muda, yakni Kelompok Batuan Sedimen berumur Tersier, Kelompok Batuan Vulkanik Tua Pulau Weh berumur Kuartar hingga Tersier, dan Kelompok Batuan Vulkanik Muda berumur Kuartar.

4. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur geologi di daerah penelitian berdasarkan pada gambar 3, ditandai dengan adanya beberapa indikasi yang khas di lapangan, contohnya adalah morfologi depresi vulkanik (*horst* dan *graben*), gawir sesar, pergeseran batuan dan kenampakan topografi, kelurusan sungai dan bukit, breksiasi, dan

¹⁷ Katili J.A. & F. Hehuwat, *Geotectonics of Indonesia a modern View On the occurrence of*

large Transcurrent Fault in Sumatera, Indonesia, 1980, hlm 122



Gambar 3. Pola Struktur Geologi pada Pulau Weh
 Sumber: Hasil Olah Peneliti modifikasi Dirasutisna dan Hasan, 2018

manifestasi panas bumi berupa alterasi dan mata air panas.

Pola struktur geologi Pulau Weh, merupakan sesar-sesar utama seperti Sesar Sabang, Sesar Seuke, Sesar Balohan, Sesar Labu Ba'u, Sesar Pria Lhaot dan Bangga, yang secara umum adalah sesar normal. Sesar normal ini menjadi struktur geologi yang mengontrol aktivitas vulkanik panas bumi yang berkembang di Pulau Weh. Selain itu, terdapat sesar-sesar sekunder yang terbentuk akibat dari tektonisme seperti Sesar Leumo Matee, Ceunohot, Iboih, Jaboi dan Sesar Nibung. Struktur sesar yang berkembang di Pulau Weh adalah Sesar Sabang, Sesar Seuke, Sesar Balohan, Sesar Labu Ba'u, Sesar Bangga, Sesar Pria Lhaot, Sesar Kulam, Sesar Leumo Matee dan Ceunohot.¹⁸

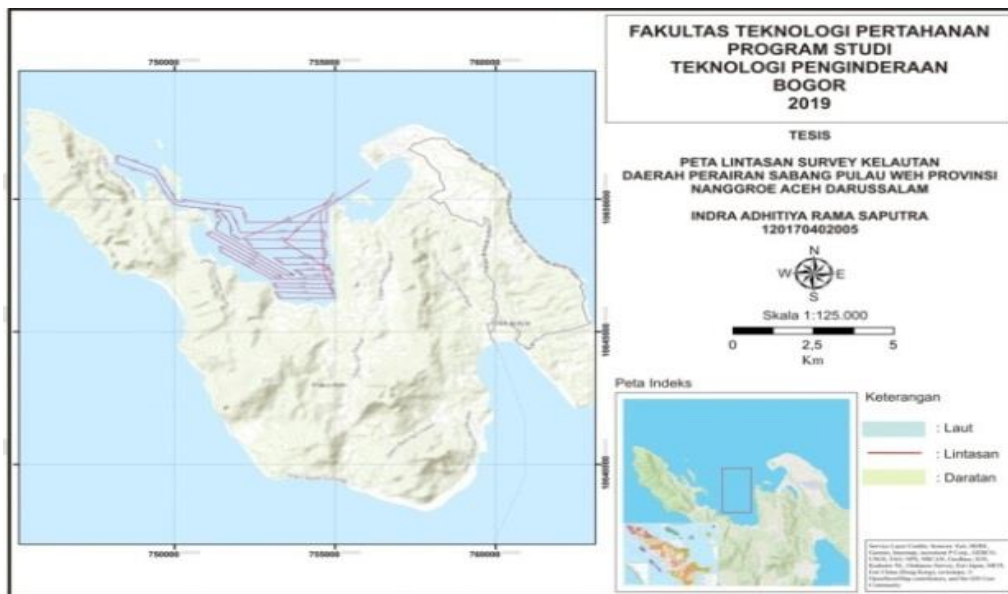
Hasil Penelitian

1. Pemetaan dan Persebaran Sumber Daya *Rare Earth Elements* (REE) dengan metode eksplorasi *geomarine*

Lintasan survei kelautan di daerah Perairan Sabang Pulau Weh, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam Provinsi, terdiri dari lintasan survei seismik dan batimetri yang diambil pada saat survei di lapangan dengan metode penentuan posisi dan geofisika. Dalam penentuan posisinya menggunakan metode elektrik pada teknologi pada instrumen *Differensial Global Positioning System* (DGPS) yang memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik dari metode GPS absolut. Metode DGPS memiliki sistem kerja dengan cara penentuan posisi suatu titik yang ditentukan relatif terhadap titik

¹⁸ Dirasutisna, S., dan Hasan, A.R. "Geologi Panas Bumi Jaboi, Sabang, Provinsi Aceh Nanggroe

Darussalam", *Jurnal Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*, Bandung. 2009Hlm 2

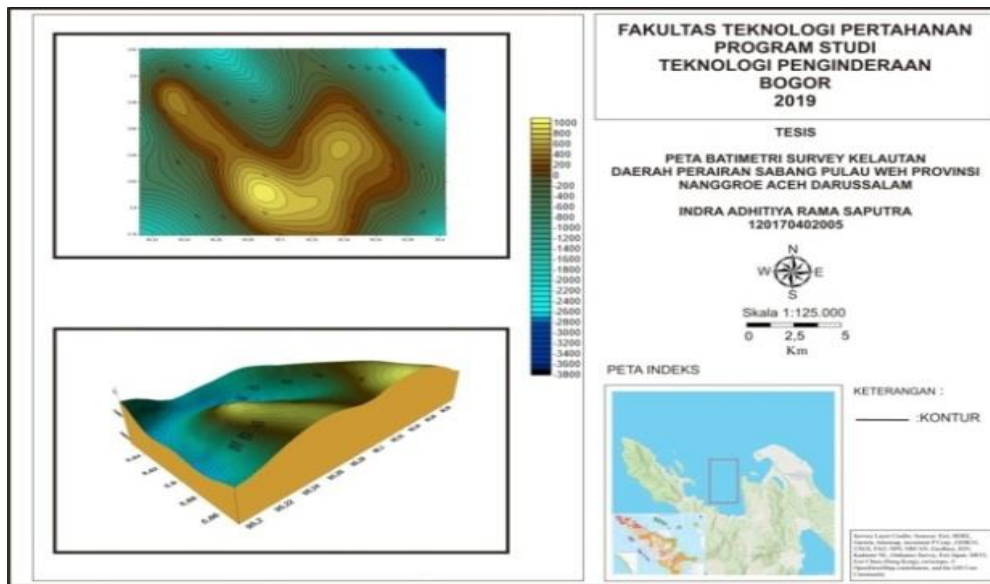


Gambar 4. Peta Lintasan Survey Seismik Daerah Perairan Sabang, Pulau Weh, Nanggroe Aceh Darussalam
 Sumber: Hasil Olah Peneliti, 2018

yang telah diketahui koordinatnya, sehingga akan memberikan koreksi-koreksi jam satelit dan jam receiver terhadap titik yang diamati. Selain itu juga, diperlukan instrumen gyrocompas sebagai alat penentu arah atau kompas yang menggunakan energi listrik dan menggunakan gyroscope yang berputar.

Data Seismik dalam penelitian ini, berdasarkan pada gambar 4, terdiri dari 58 lintasan seismik yang terdiri dari 28 lintasan hari pertama, dan 30 lintasan hari kedua. Arah lintasan seismik utama dibuat tegak lurus pada bagian teluk (barat-timur) dan juga terdapat kontrol lintasan melintang yang memiliki arah relatif memotong lintasan utama (timur laut-barat daya). Dalam menentukan lintasan survei ini berdasarkan kondisi morfologi di bawah permukaan dan batuan dasar di lokasi penelitian.

Kedalaman dasar laut daerah penelitian dibuat menggunakan data batimetri yang bersumber dari *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO). Kemudian melakukan proses pendigitasian dengan menggunakan software surfer, yang sebelumnya telah melakukan proses registrasi peta dengan software Global Mapper. Peta kedalaman dasar laut menghasilkan keterangan kontur bawah permukaan dan memperlihatkan morfologi kenampakan secara 3D. Berdasarkan pada gambar 5, interval kontur pada peta kedalaman dasar laut adalah 100 meter dan variasi kedalaman laut daerah penelitian antara 10 meter hingga <200 meter. Daerah perairan penelitian termasuk ke dalam zona neritik dengan kedalaman antara 50



Gambar 5. Peta Batimetri Daerah Perairan Sabang, Pulau Weh, Nanggroe Aceh Darussalam
 Sumber: Hasil Olah Peneliti, 2018

hingga 200 meter yang termasuk ke dalam zona laut dangkal.

Kenampakan pola kontur daerah penelitian terlihat adanya pola kelurusan pada morfologi yang ada di daratan hingga ke lautan dengan arah relatif barat laut hingga tenggara. Pola kelurusan pada kontur mengindikasikan adanya struktur sesar yang mengontrol dan memiliki arah yang sama dengan sesar-sesar yang berkembang daerah penelitian.

2. Geokimia Data Rare Earth Elements (REE)

Penelitian ini menggunakan data hasil analisis sampel batuan sedimen dasar laut dan daerah pesisir yang berada di Perairan Sabang Pulau Weh. Secara umum, metode pengambilan sampel sedimen yang dilakukan oleh P3GL

dengan penginti gaya berat (*gravity corer*) dan *grab sampler*. *Gravity corer* adalah alat yang digunakan untuk mengambil sedimen dasar laut dengan hasil sampel yang relatif panjang. Sedangkan *grab sampler* adalah alat yang digunakan untuk mengambil sedimen dasar laut yang ketebalannya bergantung dari dalamnya alat masuk ke lapisan sedimen. Selain itu metode oseanografi digunakan dalam mengukur parameter-parameter yang berkaitan dengan aktivitas vulkanisme pada permukaan dasar laut (temperatur dan salinitas).¹⁹

Identifikasi sampel berjumlah 17 sampel yang terdiri dari 8 sampel yang diambil dari dasar laut (SERUI-A-5M, SERUI-A-10M, SERUI-B-10M, SERUI-B-15M, SERUI-C-10M, SERUI-C-23M, SERUI-D, dan

¹⁹ Kurnio, Hananto.” Unsur Tanah Jarang di Laut Kita”, dalam <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/unsur->

tanah-jarang-di-laut-kita/, diakses pada 1 Januari 2019

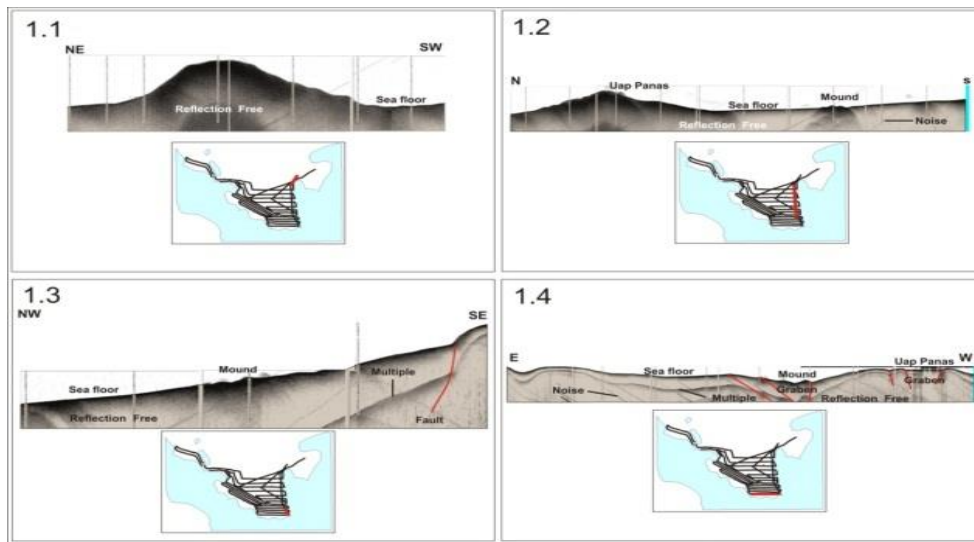
SERUI-E) dan 9 sampel yang diambil di daerah pesisir (KPW 01, KPW 02, KPW 03, KPW 07, KPW 08, KPW 09, KPW 10, KPW 11, dan KPW 12). Kelimpahan *Rare Earth Elements* (REE) di lokasi penelitian menunjukkan adanya konsentrasi baik pada *Light REEs* seperti *Lanthanum* (La), *Cerium* (Ce), *Praseodymium* (Pr), *Neodymium* (Nd), *Samarium* (Sm), *Europium* (Eu), *Gadolinium* (Gd), dan *Heavy REEs* seperti *Terbium* (Tb), *Dysprosium* (Dy), *Holmium* (Ho), *Erbium* (Er), *Thulium* (Tm), *Ytterbium* (Yb) dan *Lutetium* (Lu) serta *Yttrium* (Y) dan *Scandium* (Sc). Berdasarkan berita IAGI, tidak adanya *Promethium* (Pr) pada hasil analisis karena unsur tersebut tidak ditemukan dalam isotop yang stabil sehingga sangat jarang dapat terhitung dan sering diabaikan.²⁰

Kandungan *Scandium* (Sc) yang terendah adalah 1 ppm, ditemukan pada sampel SERUI-E, dan kandungan tertinggi adalah 30 ppm pada sampel SERUI-C-10M; *Yttrium* (Y) dengan rentang 0.7 ppm (KPW 03) dan 26.5 ppm (SERUI-D); *Lanthanum* (La) dengan rentang 0.4 ppm (KPW 03) dan 22.9 (KPW 09); *Cerium* (Ce) dengan rentang 0.7 ppm (KPW 03) dan 50.5 ppm (KPW 07); *Praseodymium* (Pr)

dengan rentang 0.09 ppm (KPW 03) dan 6.13 ppm (KPW 09); *Neodymium* (Nd) dengan rentang 0.3 ppm (KPW 03) dan 23.2 ppm (KPW 09); *Samarium* (Sm) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03) dan 5.5 ppm (SERUI-C-10M); *Europium* (Eu) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03 dan SERUI-E) dan 1.1 ppm (KPW 08); *Gadolinium* (Gd) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03) dan 5.3 ppm (SERUI-D); *Terbium* (Tb) dengan rentang 0.0025 ppm (KPW 03 dan SERUI-E) dan 0.75 ppm (SERUI-B10M); *Dysprosium* (Dy) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03) dan 4.8 ppm (SERUI-D); *Holmium* (Ho) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03 dan SERUI-E) dan 1 ppm (SERUI-C-10M dan SERUI-D); *Erbium* (Er) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03 dan SERUI-E) dan 2.7 ppm (SERUI-C-10M); *Thulium* (Tm) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03 dan SERUI-E) dan 0.4 ppm (SERUI-A-5M, SERUI-B-10M, SERUI-C-10M, dan SERUI-D); *Ytterbium* (Yb) dengan rentang 0.05 ppm (KPW 03) dan 2.6 ppm (SERUI-C-10M); *Lutetium* (Lu) dengan rentang 0.0025 ppm (KPW 03 dan SERUI-E) dan 0.83 ppm (SERUI-A-5M).

Jika dalam *Light REEs* (La-Eu) kandungan tertingginya ditemukan pada daerah pesisir atau daratan, sedangkan

²⁰ Swamidharma, Yoseph, "Logam Tanah Jarang", Berita IAGI, Februari 2016, Hlm. 30



Gambar 6. Lintasan Seismik L.1.1, L.1.2, L.1.3, L.1.4

Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Data Mentah Seismik Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018

Heavy REEs (Gd-Lu) dan Sc dan Y kandungan tertingginya pada endapan sedimen dasar laut. Kandungan Heavy REEs (Gd-Lu) dan Sc dan Y yang tinggi di endapan sedimen dasar laut adalah hasil dari aktivitas vulkanik fumarola bawah laut.

Pembahasan

1. Analisis Pemetaan Sumber Daya Rare Earth Elements (REE) dengan metode eksplorasi *geomarine*

Interpretasi data yang dilakukan berdasarkan dari data seismik yang merupakan data primer dari hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan instrumen penginderaan. Kemudian melakukan manajemen data seismik tersebut untuk mempermudah proses interpretasi data sehingga dapat dilakukan analisis lebih lanjut mengenai data seismik tersebut.

Interpretasi dilakukan untuk mengetahui gambaran kondisi geologi bawah permukaan, sehingga dapat menentukan dan memperkirakan keadaan geologi daerah penelitian dari data seismik yang terekam. Dalam analisis data seismik menggunakan 58 data lintasan seismik. Analisis data seismik yang dilakukan menggunakan analisis fasies seismik yang bertujuan memberikan gambaran dari kenampakan baik secara eksternal berupa bentuk morfologi dan secara internal dari tekstur lapisan bawah permukaan. Kemudian melakukan *picking* horizon dari tiap-tiap lapisan yang ada pada data seismik. Dalam penarikan horizon di tiap lapisan ini, bertujuan untuk membagi rekaman data seismik menjadi beberapa unit bagian. Pembagian unit ini berdasarkan pada perbedaan reflektor seismik.

Data seismik pada umumnya memiliki resolusi horizontal yang baik dalam interpretasi datanya, namun kurang baik dalam resolusi vertikalnya. Dalam rekaman data seismik yang tampak, terdapat beberapa *noise* atau gangguan pada lapisan rekaman seismik dan juga kenampakan refleksi yang kurang jelas. Selain itu terlihat adanya *multiple* berupa pola refleksi yang berulang yang disebabkan gelombang seismik yang terperangkap dalam lapisan bawah permukaan. Hasil interpretasi data seismik menggunakan warna abu-abu dalam pewarnaannya. Dasar dari pewarnaan abu-abu ini berdasarkan pada formasi QTvw yang berumur Kuartir-Tersier Vulkanik Weh dari korelasi satuan peta pada Peta Geologi Lembar Banda Aceh, 0421, 054.

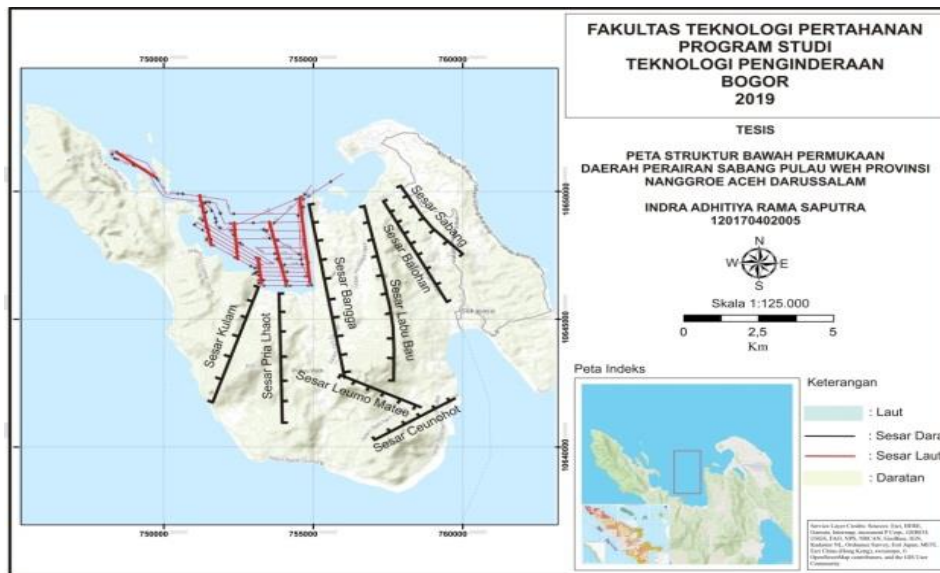
Pada rekaman data seismik memperlihatkan terdapat beberapa bagian yang memiliki pola *reflection free* yang memperlihatkan jika lapisan tersebut tidak terlihat adanya rekaman seismik. Rekaman seismik yang kurang jelas ini dapat dikarenakan karena kondisi lingkungan daerah penelitian yang termasuk pada daerah gunungapi bawah laut, sehingga sinyal akustik yang dipancarkan dari instrumen penelitian

menyerap aktivitas vulkanik seperti uap panas yang dilepaskan dari dasar laut.

2. Analisis Persebaran Potensi *Rare Earth Elements* (REE)

Persebaran potensi *Rare Earth Elements* (REE) di daerah penelitian memiliki asosiasi atau hubungan dengan persebaran struktur bawah permukaan yang dapat diketahui dengan memetakan kondisi bawah permukaan. Keterdapatannya REE di daerah penelitian adalah hasil dari aktivitas vulkanik berupa fumarola yang berada di dasar laut. Fumarola tersebut mengendapkan endapan sedimen yang mengandung REE. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan data hasil analisis sampel sedimen dasar laut yang diambil dekat dengan aktivitas fumarola. Pengayaan REE jenis *Heavy REEs* (Gd-Lu) dan Sc dan Y kandungan tertingginya ditemukan pada endapan sedimen dasar laut. Persebaran fumarola dikontrol oleh sesar-sesar normal yang berkembang dengan pola-pola kelurusan di daerah penelitian. Oleh karena itu, membutuhkan pemetaan bawah permukaan detail untuk mengetahui persebaran struktur dan fumarola.

Pada pemetaan bawah permukaan ada dua jenis peta yang merupakan hasil dari analisis terhadap fasies seismik berupa informasi eksternal dan tekstur



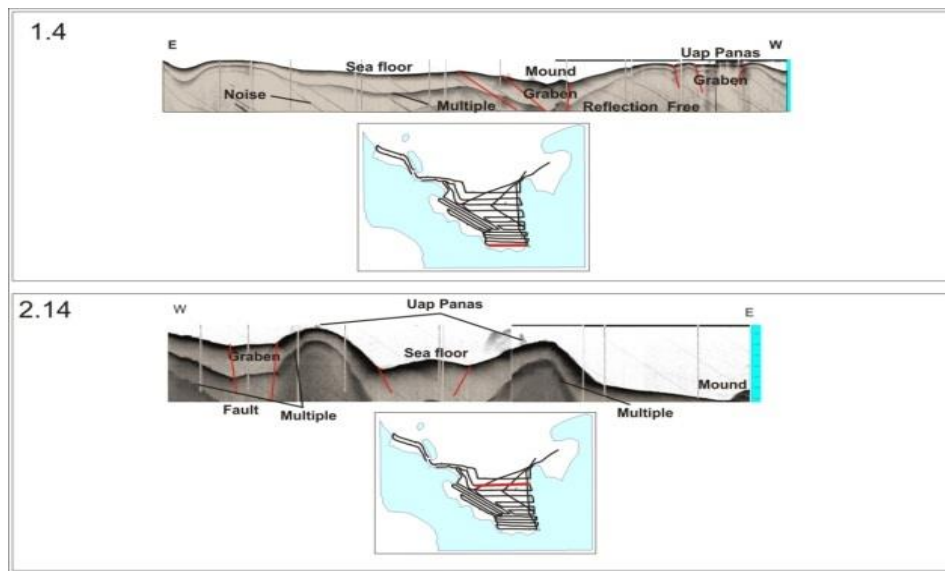
Gambar 7. Peta Struktur Waktu
 Sumber: Hasil Olah Peneliti, 2018

internal penampang seismik. Pertama adalah peta bawah permukaan domain waktu (*milisecond*), yang dalam pembuatannya dilakukan dengan melakukan interpolasi ketinggian berdasarkan korelasi horizon pada penampang seismik sehingga menghasilkan peta kontur dengan domain waktu. Kedua adalah peta bawah permukaan struktur kedalaman, yang dalam pembuatannya merupakan hasil dari konversi peta struktur waktu menjadi peta kedalaman dalam satuan meter berdasarkan data pemboran. Peta bawah permukaan yang akan dibuat adalah peta struktur waktu kedalaman karena tidak ada data hasil pemboran dalam penelitian ini, sehingga data yang dihasilkan adalah hasil dari interpretasi tekstur internal analisis fasies seismik pada data lintasan seismik yang akan memperlihatkan

kemenerusan struktur bawah permukaan.

Hasil dari studi literatur mengenai metode eksplorasi *geomarine* dan data regional daerah penelitian serta data hasil analisis fasies seismik penampang seismik, menunjukkan bahwa struktur bawah permukaan yang berkembang di daerah penelitian, pada gambar 4.21, berupa adanya struktur *graben* berupa sesar-sesar normal dengan arah relatif barat laut-tenggara, dan kenampakannya pada bentuk eksternal membentuk lapisan batuan yang relatif turun terhadap lapisan batuan lainnya. Proses pembentukan struktur yang berkembang di daerah penelitian merupakan akibat dari gaya regangan (*tensional*) yang disebabkan adanya pengaruh dari Sistem Sesar Sumatera.

Berdasarkan hasil studi literatur mengenai aktivitas tektonik di daerah



Gambar 8. Kemenerusan Struktur

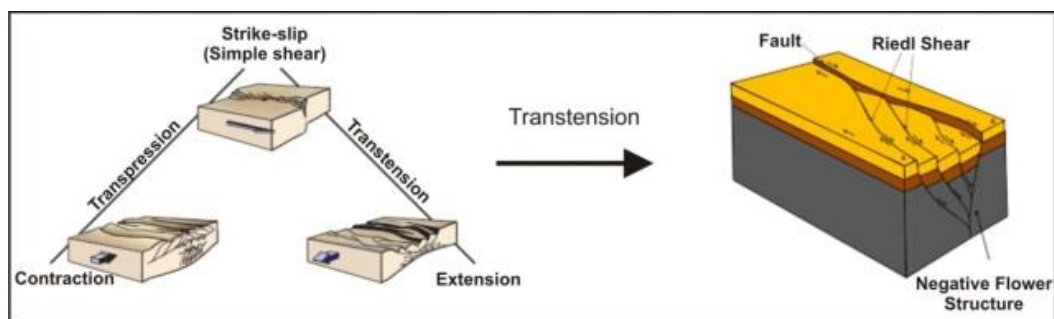
Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Data Mentah Seismik Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018

penelitian yang berlangsung, secara tektonik memiliki kondisi yang kompleks. Kondisi yang demikian ini adalah implikasi dari tegasan utama σ_1 dari zona subduksi yang mengontrol perkembangan Sistem Sesar Sumatera. Gejala tektonik lain berupa adanya busur vulkanik yang secara tektono struktural merupakan *Barisan Mountain Range*, dibuktikan dengan adanya bentuk eksternal morfologi hasil aktivitas vulkanik seperti fumarola atau uap panas dan struktur *graben* dari sesar-sesar normal. Salah satu aktivitas tektonik yang hingga sekarang masih berlangsung diindikasikan dengan adanya kegempaan yang aktif, *mud volcano*, fumarola, dan sesar.

Daerah penelitian yang berada di zona neritik laut dangkal, memperlihatkan adanya kegiatan aktivitas gunungapi bawah laut berupa fumarola atau uap panas. Gunungapi

bawah laut tersebut aktivitasnya sudah mulai menurun dengan dicirikan manifestasi panas bumi fumarola. Fumarola tersebut menerobos bidang lemah pada lapisan batuan. Berdasarkan interpretasi data seismik, kenampakan fumarola tersebut dapat terlihat secara eksternal dengan kenampakan pola reflektor *acoustic turbidity* pada lapisan atas air.

Pada gambar 8, menunjukkan jika fumarola menerobos lapisan batuan melalui bidang lemah yang sebelumnya telah terbentuk berupa struktur *graben* sesar-sesar normal. Sesar ini memiliki kemenerusan dari lintasan seismik L.1.4 hingga L.2.14. Struktur geologi yang berada di Pulau Weh berdasarkan hasil kajian regional dikontrol oleh struktur utama berupa sesar-sesar normal. Sesar yang berkembang memiliki arah relatif barat laut-tenggara. Sesar utama yang



Gambar 9. Pola Tegangan Struktur

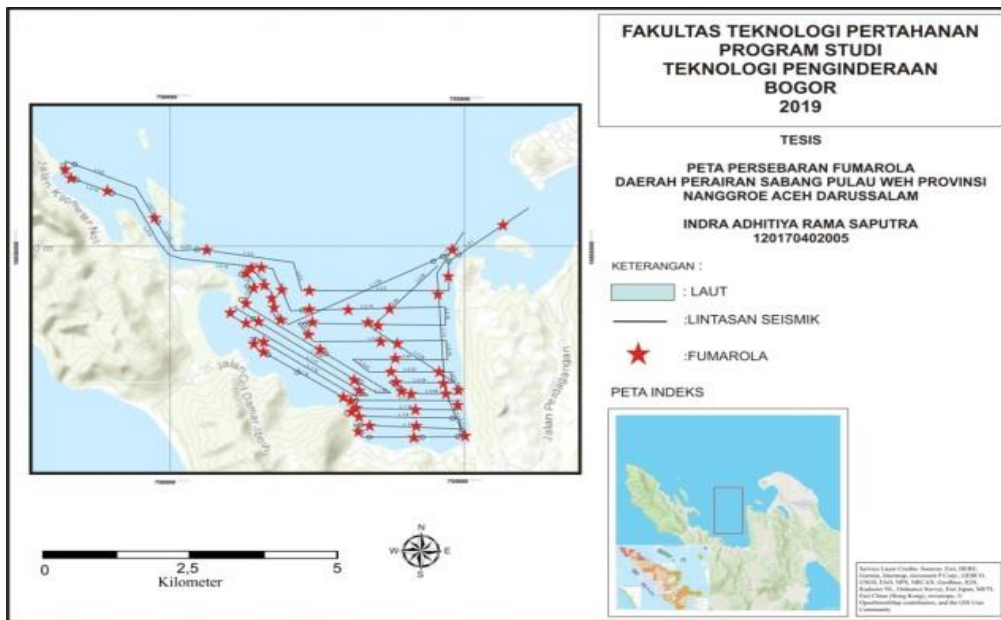
Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Haakon Fossen, 2018

berada di Pulau Weh adalah Sesar Sabang, Sesar Seuke, Sesar Balohan, Sesar Labu Ba'u, Sesar Pria Lhaot dan Bangga. Berdasarkan peta struktur waktu, terdapat 3 sesar utama yang mempengaruhi daerah penelitian, yakni Sesar Bangga, Sesar Pria Lhaot, dan Sesar Kulam.

Pada pemodelan struktur Haakon Fossen (2010) menjelaskan jika dalam sistem *Strike Slip Fault* akan membentuk 2 zona yakni zona *Transpressional* dan zona *Transtensional*. *Transpressional* merupakan kondisi lapisan batuan yang tersesarkan mengalami kompresi dan adanya pergeseran yang kuat sehingga membentuk bagian yang terangkat atau naik pada sistem *Strike Slip Fault*. *Transtensional* merupakan kondisi lapisan batuan yang tersesarkan mengalami depresi sehingga membentuk bagian yang turun pada sistem *Strike Slip Fault*. Berdasarkan hasil interpretasi data seismik dan pola kemenerusan sesar, maka sesar yang ada di daerah penelitian termasuk ke dalam *Transtensional Zone*.

Sesar normal dengan kenampakan *graben* yang berkembang di daerah penelitian merupakan hasil *Strike Slip Fault System* dari Sesar Semangko yang termasuk sesar geser mengangan. *Strike Slip Fault System* dari Sesar Semangko tersebut kemudian menghasilkan susunan sesar normal yang sejajar di daerah penelitian membentuk *negative flower structure*. Sesar normal di daerah penelitian terbentuk akibat adanya gaya tarikan yang kuat atau proses depresi tektonik. Dalam menyeimbangkan proses depresi tektonik tersebut, terdapat lapisan batuan yang mengalami penurunan dan membentuk kenampakan struktur *graben*. Sesar normal di lokasi penelitian merupakan sistem *negative flower structure* yang dapat didefinisikan akibat proses pergeseran *Strike Slip Fault System* dari Sesar Semangko.

Hasil analisis dari pola tegangan struktur menunjukkan jika sistem sesar yang berkembang di daerah penelitian termasuk sistem *negative flower structure*. Pola kelurusan sistem sesar



Gambar 10. Persebaran Rare Earth Elements (REE)
 Sumber: Hasil Olah Peneliti Berdasarkan Data Mentah Seismik Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018

pada daerah penelitian memiliki asosiasi terhadap persebaran fumarola yang memiliki arah relatif barat laut-tenggara. Penentuan *plotting* fumarola pada peta persebaran potensi REE di daerah penelitian berupa hasil analisis fasies seismik bentuk eksternal berupa morfologi sirkular atau mengerucut dan pola reflektor *acoustic turbidity*, yang memiliki kecenderungan terkumpul pada sistem *negative flower structure*.

Secara umum konsentrasi REE ditemukan pada tipe batuan utama, pada proses pembentukan batuan utama berupa mineral minor, dan aktivitas fluida hidrotermal.²¹ Eksplorasi keterdapatan REE secara umum dilakukan dengan mengidentifikasi konsentrasinya pada jenis batuan utama (*source rock*), dan tipe

endapan sedimen. Asosiasi persebaran struktur dengan aktivitas vulkanik berdasarkan pada gambar 10, yang mengandung keterdapatan REE berupa fumarola dapat menjadi metode eksplorasi baru terkhususnya dengan kondisi geologi busur vulkanik.

3. Rare Earth Elements (REE) untuk Industri Pertahanan

Rare Earth Elements (REE) adalah material utama yang digunakan pada produk-produk berteknologi tinggi pada industri modern karena memiliki nilai strategis pada bidang industri elektronik dan industri pertahanan. Pada masa perkembangan industri yang dinamis saat ini, membuat komoditas REE menjadi signifikan dan strategis.

²¹ Hoatson, D.M., Jaireth, S. and Mieztis, Y, *The major rare-earth-element deposits of Australia:*

geological setting, exploration, and resources. (Geoscience Australia), 2011, hlm. 32-40

Proses pengembangan produksi REE termasuk kompleks dan mahal. Tahapan dalam pengembangannya terdiri dari proses eksploitasi, pemisahan, pemurnian, pencampuran, hingga menjadi bahan jadi berupa produk-produk turunannya.²² Pengaplikasian REE digunakan pada banyak produk, termasuk juga signifikansi pada industri pertahanan. Penggunaan di bidang pertahanan dapat di aplikasikan pada teknologi persenjataan, baik itu dalam sistem kontrol dan kendali, sistem peperangan elektronika, sistem senjata dan *targeting*, sistem *electric motors*, dan sistem komunikasi.²³

Penggunaan unsur REE pada sistem persenjataan antara satu dengan lainnya bervariasi. Sistem kontrol dan kendali (*Guidance and Control Systems*) menggunakan unsur-unsur seperti *Neodymium*, *Samarium*, *Dysprosium*, dan *Terbium*. Sistem *electronic warfare* menggunakan banyak jenis REE baik *Light REEs* (La-Eu) hingga *Heavy REEs* (Gd-Lu) dan Sc dan Y. Sistem *targeting and weapon* menggunakan *Yttrium*,

Europium, dan *Terbium*. Sistem *electric motors* menggunakan *Neodymium*, *Promethium*, *Samarium*, *Dysprosium*, dan *Terbium*. Sedangkan pada sistem komunikasi menggunakan *Neodymium*, *Yttrium*, *Lanthanum*, *Lutetium*, dan *Europium*.

Magnet permanen kuat *Samarium-Cobalt* diaplikasikan pada *cruise missile*, *smart bomb*, *JDAM*, *joint air to ground fin actuator*, dan *predator*. Dalam hal ini teknologi persenjataan yang digunakan diklasifikasikan sebagai *precision guided munitions*. Penggunaannya dapat diterapkan pada sistem integrasi darat, laut, dan udara. Pada *smart bomb* seperti *Joint Direct Attack Munitions (JDAM)*, yang sistem peluncurannya udara ke permukaan, menggunakan magnet *Neodymium* untuk sistem kontrol arah agar presisi ketika diluncurkan dari pesawat.²⁴ Pada sistem *targeting and weapons*, sistem senjata laser menggunakan *Neodymium-Yttrium* dengan senyawa lainnya dalam penargetannya pada senjata *rangefinder* yang digunakan untuk mengetahui jarak

²² U.S. Government Accountability Office (GAO). "Rare Earth Materials in the Defense Supply Chain", Hlm. 19

²³ Rare Earth Industry and Technology Association, the United States Magnet Manufacturing Association, and David

Pineault, "Global Rare Earth Element Review," Defense National Stockpile Center, Spring 2010, hlm. 6

²⁴ Kopp Carlo, "GPS Part III", US direct attack munition programs: *Australian Aviation*, October, 1996, Hlm. 24-52

dari suatu target secara presisi. Pada sistem komunikasi yang digunakan pada sistem satelit komunikasi menggunakan magnet permanen *Neodymium* dan *Erbium* untuk memperkuat sistem fiber optik. Pada teknologi *stealth*, REE yang digunakan adalah *Samarium-Cobalt* atau *Neodymium* sebagai magnet permanen, dan juga *Terbium* yang dipadukan dengan *Dysprosium*. Selain itu, penggunaan *Dysprosium* digunakan untuk pengaplikasian pada sonar yang mampu mengeliminasi *noise*.²⁵

Melihat kegunaan REE pada pengembangan teknologi pertahanan saat ini, membuat REE menjadi kebutuhan strategis kedepannya karena Indonesia memiliki potensi keterdapatan REE. Dalam buku Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 REE termasuk ke dalam material maju yang secara industri dapat dikuasai pengembangannya. Penelitian material maju ditujukan dalam menguasai material strategis untuk mendukung produk-produk teknologi nasional. Sehingga dapat mewujudkan potensi

ekonomi nasional dari sektor industri pada REE. Selain itu membahas mengenai rencana penelitian yang sistematis oleh lintas lembaga seperti PPGN-BATAN, PPATB-BATAN, PBIN-BATAN, Tekmira-ESDM, BPPT, UI, dan MIDC, untuk mengembangkan potensi REE dari tahapan penambangan, proses pemurnian, hingga ke produk komersial.²⁶ Namun hingga saat ini belum ada lembaga terkait yang mengetahui secara detail potensi REE nasional.

Tentunya dengan sinergitas dalam penelitian dan pengembangan ini, menjadi urgensi dalam kemandirian industri pertahanan, terkhususnya dalam mendukung kemandirian produk industri pertahanan yang memiliki korelasi dengan pencapaian kebutuhan pokok minimum hingga postur ideal Alpalhankam.²⁷ Tiga pilar industri pertahanan yang dibangun atas dasar kemandirian industri pertahanan dapat menjadikan interkoneksi industri pertahanan dengan pengguna (TNI, POLRI, Instansi lain), produsen (BUMNIP atau BUMS), dan pemerintah. Penelitian

²⁵ Clark, A.E, *Magnetostrictive rare earth-Fe₂ compounds: Ch. 7 in Ferromagnetic materials*, (Wohlfarth, E.P. ed., Amsterdam, Netherlands, North-Holland Publishing Co., v. 1, 1980), hlm. 531-589.

²⁶ Buku II Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJM) 2015-2019. Hlm. 4-9

²⁷ Romie O. Bura. Slide Kuliah Kebijakan Strategis Teknologi Alutsista Pertahanan Nasional. 12 September 2017

dan pengembangan berada di setiap pilar tersebut.

Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis fasies seismik secara eksternal berupa bentukan lapisan dan secara internal dari tekstur lapisan bawah permukaan pada data seismik, maka dapat diinterpretasikan bentuk morfologi secara eksternal mengindikasikan adanya bentukan *mound* atau bukit bawah laut yang bervariasi dan adanya kenampakan *graben*. Tekstur internal rekaman seismik menunjukkan pola *reflection free* yang memperlihatkan jika lapisan tersebut tidak terlihat adanya rekaman seismik. dikarenakan karena kondisi lingkungan daerah penelitian yang termasuk pada daerah gunungapi bawah laut. Aktivitas fumarola yang aktif ditandai dengan adanya pola reflektor *acoustic turbidity*.
2. Berdasarkan analisis pola tegasan struktur dengan plotting persebaran fumarola hasil analisis dan interpretasi data seismik, maka dapat diketahui persebaran *Rare Earth Elements* (REE) yang memiliki kecenderungan terkumpul pada sistem *negative*

flower structure. Terdapat asosiasi antara persebaran struktur dengan aktivitas vulkanik yang mengandung keterdapatan *Rare Earth Elements* (REE) berupa fumarola.

3. Pengaplikasian *Rare Earth Elements* (REE) memiliki nilai strategis di bidang pertahanan serta menjadi signifikansi pada industri pertahanan. Penggunaan di bidang pertahanan dapat di aplikasikan pada teknologi pertahanan secara *state of the art*, baik itu dalam sistem kontrol dan kendali, sistem peperangan elektronika, sistem senjata dan *targeting*, sistem *electric motors*, dan sistem komunikasi.

Rekomendasi

1. *Rare Earth Elements* (REE) memiliki nilai strategis pada produk-produk teknologi tinggi baik pada industri elektronik dan industri pertahanan dengan kebutuhan yang meningkat. Sehingga diperlukan penelitian dan pengembangan mengenai sumber daya ini.
2. Perlu adanya sinergitas antara Unhan, BUMNIP atau BUMS terkait, dan pemerintah mengenai riset *Rare Earth Elements* (REE). Mengingat riset *Rare Earth Elements* (REE) menjadi

program utama nasional yang tercantum dalam RPJMN (2015-2019).

Untuk kedepannya, Unhan mengikuti pelaksanaan penelitian yang sistematis ini melalui lintas lembaga.

3. Penelitian yang telah ditulis, diharapkan dapat menjadi kajian lebih lanjut dalam mewujudkan kegiatan penelitian dan pengembangan.
4. Teknologi penginderaan dapat menjadi core study untuk pemetaan sumber daya mineral khususnya REE dengan metode eksplorasi geomarine.
5. Dalam kegiatan eksplorasi mengenai sumber daya REE memerlukan peran teknologi yang maju sehingga eksplorasi yang dilakukan dapat lebih efektif dan efisien. Kendala saat ini eksplorasi yang dilakukan masih belum mendapatkan dukungan teknologi yang tinggi dan juga penelitian masih dilakukan secara parsial. Oleh karena itu dibutuhkan modernisasi dari aspek teknologi dan juga penelitian dan pengembangan terkait REE.

Daftar Pustaka

Buku

Clark, A.E. 1980. Magnetostrictive Rare Earth-Fe₂ Compounds: Ch. 7 in

Ferromagnetic materials, Wohlfarth, E.P. ed., Amsterdam, Netherlands, North-Holland Publishing Co., v. 1.

De Neve, G.A.. 1983. *Quaternary Volcanism and Other Phenomena Attribute to Volcanicity in the Aceh Region North Sumatra*, Proceedings PIT XII Ikatan Ahli Geologi Indonesia.

Hoatson, D.M., Jaireth, S. and Mieзитis, Y. 2011. "The major rare-earth-element deposits of Australia: geological setting, exploration, and resources". Geoscience Australia

Husein H. Bahti, Yayah Mulyasih, Anni Anggraeni. "Extraction and chromatographic studies on rare earth elements (REEs) from their minerals: the prospect of REEs production in Indonesia".

Katili J.A. and F. Hehuwat. 1980. *Geotectonics of Indonesia a modern View*. On the occurrence of large Transcurrent Fault in Sumatera, Indonesia.

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2014. Buku II Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019. Jakarta.

Kementerian Perindustrian. 2014. *Telaah Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang Di Indonesia*. Jakarta.

Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. 2008. *Buku Putih Pertahanan Indonesia*. Jakarta.

Kopp, Carlo. 1996. "GPS Part III-US direct attack munition programs: Australian Aviation".

Nomenclature of Inorganic Chemistry. 1957. Report of CNIC, IUPAC,

Butterworths Scientific
Publications, London, 1959; J. Am.
Chem. Soc., 82, 5523–5544 (1960).

Buletin

Punto, Anif. "BGN Mengembalikan Cita-cita Terpendam". Berita IAGI, Februari 2012

Jurnal

Asnani, C., & Patra, R. 2013. *Rare Earth from Monazite - Indian Experience*. Conference of Metallurgist 2013. Montreal: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.

Dirasutisna, S., dan Hasan, A.R. 2005. *Geologi Panas Bumi Jaboi, Sabang, Provinsi Aceh Nangroe Darussalam*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.

Sabtanto, Joko Suprapoto. 2014. "Tinjauan tentang Unsur Tanah Jarang". Jakarta. Pusat Sumber Daya Geologi

Undang-undang

Peraturan Pemerintah RI Nomor 2 Tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan

Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara

Undang-undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan

Slide Mata Kuliah

Romie O. Bura. Slide Kuliah Kebijakan Strategis Teknologi Alutsista Pertahanan Nasional. 12 September 2017

Internet

Kurnio, Hananto." Unsur Tanah Jarang di Laut Kita", dalam <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/unsur-tanah-jarang-di-laut-kita/>, diakses pada 1 Januari 2019

