

## IDENTIFIKASI BATUAN DASAR CALON PONDASI REAKTOR MELALUI SURVEI GEOLOGI DAN UJI MIKROTREMOR DI BANGKA

**Hadi Suntoko, Heni Susiati**  
Pusat Pengembangan Energi Nuklir- BATAN

### ABSTRAK:

**IDENTIFIKASI BATUAN DASAR CALON PONDASI REAKTOR MELALUI SURVEI GEOLOGI DAN UJI MIKROTREMOR DI BANGKA.** Kegiatan survei telah dilakukan dalam rangka pengumpulan database tapak dan lingkungan terkait pemilihan tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Bangka. Berdasarkan referensi *Safety Guide International Atomic Energy Agency (IAEA) No. 50-SG-S9: Site Survey for NPPs* dan *Safety Guide IAEA No. NS-G-3.3: Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants* memberikan panduan berkenaan aspek-aspek pemilihan tapak antara lain aspek kelayakan batuan bawah permukaan (stratigrafi) dan kegempaan. Tujuan survei adalah mengenali jenis batuan/tanah yang keras, berumur tua dan memiliki kesesuaian pondasi reaktor untuk mendapatkan daerah interest. Metode yang digunakan dalam survei geologi (pemetaan) berdasar kajian sifat fisik batuan, sayatan tipis batuan (petrografi) dan uji frekuensi. Kajian dan analisis dari pemetaan geologi awal yang mengandung data susunan batuan, peta struktur geologi dan nilai predomnan perioda dapat menunjukkan karakteristik batuan. Dari hasil survei diketahui bahwa daerah yang memiliki tingkat batuan keras dan pelapukan rendah serta nilai predomnan perioda tinggi (menunjukkan kekuatan batuan) adalah daerah Simpang Rimba, Pantai Inggris, Pantai Penganak, Tanjung Pala, Teluk Klabat, Tanjung Tuing, Pulau Lepar dan Tanjung Berani. Data tersebut diharapkan merupakan *database* tapak sebagai masukan dalam pemilihan tapak PLTN terutama pada tahapan berikutnya.

Kata kunci: Survei Geologi, Pra-survei PLTN, Daerah Interest,

### ABSTRACT

**IDENTIFICATION OF BEDROCK AS REACTOR FOUNDATION CANDIDATE BY MEANS OF GEOLOGICAL SURVEY AND MICROTREMOR TESTING AT BANGKA ISLAND.** A survey on site and environmental data collection associate to site selection for a nuclear power plant installation has been conducted at Bangka Island. Based on the *International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Guide No. 50-SG-S9* titled: *Site Survey for NPPs* and the *IAEA Safety Guide No. NS-G-3.3* titled: *Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants*, providing guidance on site selection aspects such as suitability of the litology sub surface (stratigraphy) and seismicity. Purpose of the survey is to identify of the rock/soil type and its hardness, its oldness having suitability for reactor foundation or seeking for interest's area. The method used for geological surveys (mapping) are based on physical description (hand spacemen), rock outcrops (petrography) and frequency testing. Assessment and analysis on geological preliminary mapping containing data on rock composition, map geological structures and predominant period values may indicate the characteristics of rock local conditions. Results of the initial survey shown that areas having hardest rock outcrops, low weathering rate and the high value of the predominant period (showing the strength of rock) are areas of Simpang Rimba, Pantai Inggris, Pantai Penganak, Tanjung Pala, Teluk Klabat, Tanjung Tuing, Pulau Lepar dan Tanjung Berani. Pantai Inggris, Pantai Pala, Pantai Jebus. The data are expected as site database to input for site selection of nuclear power plant, especially at a later stage.

Key words: Geology Survey, the Pre-survey of nuclear plants, Interest Area.

### PENDAHULUAN

Tahapan pemilihan tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) terdiri dari kegiatan survei dimulai dari pra-survei, survei tapak dan evaluasi tapak. Kegiatan penentuan tapak merujuk pada *International Atomic Energy Agency (IAEA), Safety Guide No. 50-SG-S9* yang menganjurkan untuk melakukan kajian aspek kesesuaian litologi bawah

permukaan dan kegempaan<sup>[1]</sup>. *Safety Standards Series Safety Guide No. NS-G-3.3*, melalui evaluasi tapak PLTN merekomendasikan perlunya dilakukan kajian kegempaan<sup>[3]</sup>. Disamping itu Badan Pengawas Tenaga Nuklir melalui SK. No. 01-P/Ka. BAPETEN/VI-99 juga mengharuskan kajian aspek kegempaan dan geologi<sup>[2]</sup>. Peraturan-peraturan tersebut diberikan terkait dengan aspek keselamatan dalam pemilihan tapak PLTN sebagai bahan

pertimbangan penilaian kelayakan suatu calon lokasi PLTN.

Aspek geologi yang mempelajari karakteristik batuan bawah permukaan merupakan salah satu kegiatan untuk analisis kelayakan dan kesesuaian pondasi reaktor<sup>[2]</sup>, didasarkan dari data jenis batuan, umur batuan, stratigrafi (susunan pelapisan), tingkat pelapukan dan informasi tanah bawah permukaan. Penyusun material bawah permukaan yang berupa tanah diketahui dan dipelajari melalui kondisi fisik dari contoh singkapan batuan dan struktur dalam seperti: petrografi, mineralogi dan sifat keteknikan material tersebut. Kejadian gempa bumi dapat mempengaruhi keselamatan bangunan akibat kerentanan tanah dapat dikaji melalui pendataan geologi yang mengandung data stratigrafi, peta tektonik, peta geofisik (anomali magnet dan gravitasi), foto satelit, katalog gempa, peta isoseismik, peta zona kegempaan<sup>[1]</sup>. Efek gempabumi dapat memicu terjadinya likuifaksi pada material bawah permukaan dan karakteristik tanah/batuan lokal tersebut dapat diketahui dengan mengukur respon getaran untuk mendapatkan nilai periode dominan<sup>[3]</sup>.

Survei geologi dan uji dominan dimaksudkan untuk mengenali karakteristik batuan melalui pemetaan susunan pelapisan (stratigrafi) material permukaan berupa batuan hasil proses sedimentasi di Bangka dengan melakukan diskripsi terhadap singkapan batuan di sekitar lokasi penelitian, mendata jenis batuan, tingkat pelapukan, pelampiran pengendapan, pengukuran *strike/dip* batuan dan pengukuran nilai periode dominan tanah. Tujuannya adalah identifikasi batuan keras, batuan dasar untuk calon reaktor pada tahap survei pendahuluan tapak PLTN yang didasarkan pada data geologi awal dan nilai periode dominan tanah/batuan, nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) rata-rata untuk memperoleh pangkalan data (*database*) di Propinsi Bangka. Secara umum lokasi penelitian dipusatkan pada daerah daerah pantai di wilayah Bangka dan sekitarnya dengan mendata beberapa lokasi yang mewakili singkapan batuan.

## METODOLOGI

Kegiatan penelitian menggunakan metodologi yang dimulai dari pengumpulan data (sekunder dan primer) serta kajian topografi. Hasil kajian data awal ditindak lanjuti dengan konfirmasi lapangan melalui pendataan litologi (batuan), survei pemetaan geologi awal meliputi lokasi singkapan batuan, jenis batuan, tingkat kekerasan, pelapukan dan formasi batuan. Perencanaan lintasan dengan mengikuti pola pantai dan sebaran litologi yang terdapat di sekitar pantai. Melakukan pengamatan, pencatatan dan pendataan di lapangan menggunakan peralatan antara lain; GPS, kompas geologi, palu geologi, *loupe* (kaca

pembesar), *field note*, dan peta topografi skala 1/25.000 untuk *ploting* di setiap lokasi pengamatan. Setiap lokasi dilakukan pengamatan litologi beserta struktur pelapisan maupun kelurusan/orientasi sebaran litologi, kemudian dibuat profil singkapan tanpa skala untuk membantu pembuatan penampang stratigrafi. Lokasi pengamatan diambil setiap terjadi perubahan litologi yang ditunjukkan dengan perbedaan warna, kekerasan, tekstur/struktur, perubahan morfologi ataupun adanya fenomena lainnya<sup>[5]</sup>. Melakukan sampling batuan untuk analisa petrografi, mineralogi, unsur mineral berat dan sifat keteknisian. Untuk mendapatkan sampel batuan yang segar, pengambilan sampel batuan memilih sampel yang tidak lapuk, masih jelas mineral penyusun batuan. Pengukuran dan pengambilan data mikrotremor menggunakan datalogger Q330 yang diset untuk pengukuran seismometer 3 kanal dengan kerapatan *sampling* 100 sps. Sensor yang digunakan adalah seismometer triaksial Lennartz dengan frekuensi natural 1 Hz. Pengukuran dilakukan selama sekitar 20 menit untuk setiap titik untuk mendapatkan tanggapan frekuensi minimum  $f_0 = 0,5$  Hz. Untuk memperoleh *respons* tunggal maka paling tidak 3 pengukuran harus diambil pada posisi yang berbeda-beda. Data mentah yang dihasilkan masih dalam bentuk *Mini Seed (Standard Emphir El Data)* dan terlebih dahulu dikonversi ke format *Saf (Sesame Ascii Format)*.

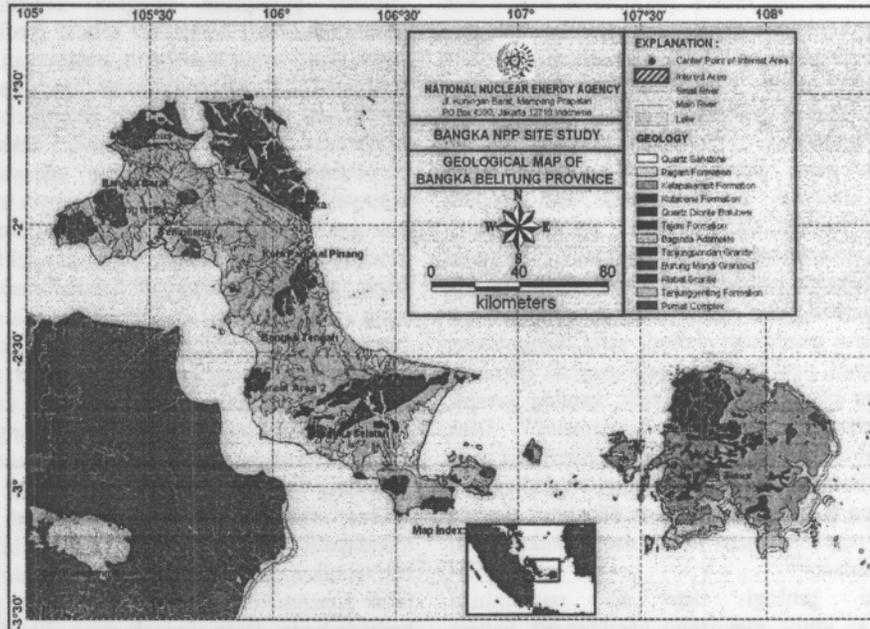
Sensor harus ditempatkan secara mendatar sesuai rekomendasi pabrikan dengan tingkat penguatan maksimum tanpa saturasi. Penempatan sensor harus pula memperhatikan keberadaan bangunan, pohon dan sebagainya, karena pada kecepatan angin lebih dari 5 m/detik dapat mempengaruhi hasil horizontal dan vertical (H/V) pada daerah frekuensi rendah. Struktur bawah tanah seperti pemipaan dan bangunan bawah tanah juga harus dihindari. Selain itu, faktor meteorologi seperti hujan, temperatur dan gangguan meteorologi yang disebabkan karena tekanan udara harus pula diperhatikan.

## HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

Pemetaan geologi dan pendataan litologi dilakukan di Bangka dengan sistim acak terutama pada lokasi yang mewakili pengendapan batuan dalam satuan unit dan daerah dengan litologi yang diinterpretasikan memiliki daya dukung tinggi dan hanya beberapa tempat pada endapan *alluvial*. Singkapan yang dianggap mewakili karakteristik batuan setiap satuan pelapisan (formasi) didata dan dikumpulkan untuk analisis penyebaran batuan di wilayah Bangka dan sekitarnya.

Survei tapak pada aspek material bawah permukaan difokuskan pada daerah pantai terutama yang terdapat singkapan batuan yang dapat mewakili

beberapa tipe lokasi untuk diketahui karakteristik pendataan geologi di lapangan di Pulau Bangka masing-masing jenis batuan. Peta lokasi dan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta geologi Daerah Bangka Belitung.

Singkapan batuan meliputi beberapa tipe litologi yang disatukan dalam formasi terdiri dari batuan beku, sedimen dan metamorf. Singkapan batuan dalam satuan Formasi akan mencirikan daerah tertentu yang memiliki tipikal batuan, meliputi Pemali Komplek, Tanjung Genting dan Granit Klabat.

**Formasi Pemali Komplek**

Batuan Pemali Kompleks merupakan batuan metamorf yang tersingkap di Pantai Tanjung Tuing

dan Teluk Klabat. Daerah Tanjung Tuing terletak di Timur Laut Pulau Bangka yang merepresentasikan keterdapatn batuan Pemali Kompleks. Batuan ini merupakan batuan tertua dan satu-satunya kelompok batuan malihan di Pulau Bangka. Batuan yang tersingkap pada daerah ini antara lain batulempung terkarsikkan, metabatupasir, metalanau dan kuarsit. Batuan tersebut keras kompak dan terfrakturasi (Gambar 2).



Gambar 2. Foto Singkapan Batuan Formasi Pemali Komplek di Tanjung Tuing

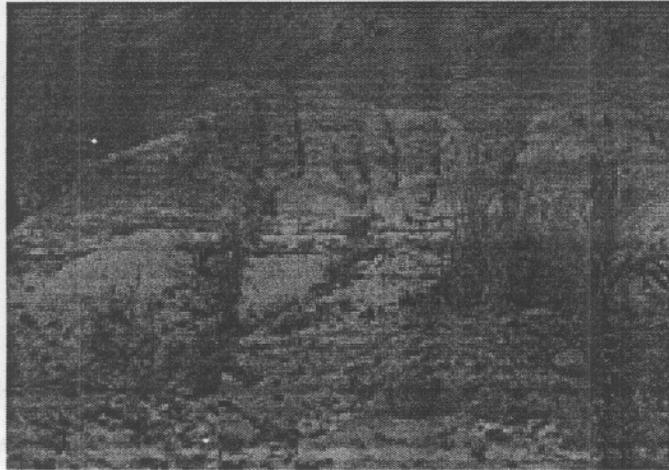
**Formasi Tanjung Genting**

Formasi Tanjung Genting terdiri dari batupasir dan batulempung yang tersusun secara selang seling.

Batupasir, kelabu, kecoklatan berbutir halus-sedang, terpilah baik keras, tebal lapisan 2-60 cm dengan struktur sedimen silang siur dan laminasi

bergelombang setempat ditemukan lensa batugamping setebal 1,5 m. Formasi ini merupakan formasi yang memiliki penyebaran yang paling luas di Pulau Bangka. Pengamatan geologi dilakukan di Pulau Lepar dan Tanjung Berani (Gambar 3).

Daerah Tanjung Merun yang merupakan pantai selatan Pulau Lepar merupakan lokasi yang memiliki batuan jenis batupasir dan lanau dengan kemiringan sub vertikal.



Gambar 3. Penampakan Perlapisan Batupasir – batulanau di Tanjung Berani

Daerah Tanjung Berani, Desa Sebagian, Kecamatan Simpang Rimba yang merupakan pantai selatan Pulau Bangka dan merupakan satu lokasi yang memiliki jarak terdekat dari pulau Sumatera ( $\pm 13$  km). Batuan yang tersingkap antara lain

batupasir dan lanau yang merupakan anggota dari Formasi Tanjung Genting (Gambar 4). Daerah ini memiliki pasang surut yang tidak terlalu jauh, yang menggambarkan bahwa pantai ini merupakan pantai yang memiliki batimetri yang dalam.



Gambar 4. Batuan Pasir di Tanjung Berani Bagian Utara, Desa Sebagian, Kec. Simpang Rimba

#### **Formasi Granit Klabat**

Satuan ini merupakan satuan batuan plutonik yang memiliki penyebaran paling luas di Pulau Bangka. Secara umum batuan berwarna putih sampai abu-abu, kompak, keras umumnya sangat masif. Granit Klabat merupakan salah satu tubuh plutonik yang memiliki kekerasan yang sangat tinggi dan masif sehingga sangat baik untuk pondasi reactor PLTN. Pada beberapa lokasi telah berubah

menjadi kaolin dan sebagian telah lapuk menjadi soil.

Dari hasil pendataan lapangan, satuan granit Klabat dijumpai pada beberapa daerah dengan kedalaman dan sebaran yang berbeda-beda antara lain: Teluk Klabat, Tanjung Pala, Pantai Penganak, Teluk Inggris-Tanah Merah, Tanjung Berdaun, Pantai Parai dan Belinyu.



Gambar 5. Singkapan Batu Granit Klabat di Pemali, Tanjung Pala.

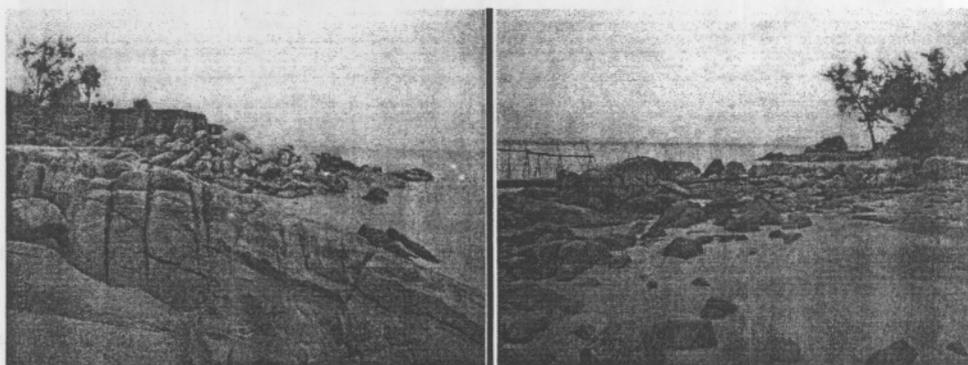
Pada daerah Teluk Klabat yang merupakan lokasi terdekat dengan Gunung Klabat (300 m), batuan dasar dijumpai pada kedalaman 15-20 m dan di bagian pantai tidak terlihat karena telah tertutup pasir yang cukup tebal. Pasir kuarsa yang mengandung kasiterit banyak di tambang oleh masyarakat.

Daerah Tanjung Pala merupakan suatu daerah yang sangat menarik di pantai utara P. Bangka. Pada lokasi ini terdapat singkapan granit dan suatu bukit yang tersusun oleh Granit Klabat dengan ketinggian > 30 m. Batuan dasar pada lokasi ini kurang dari 10 m dan sebagian besar hanya tertutup oleh pasir. Selain pada bukit, granit juga tersingkap pada

beberapa lokasi di permukiman/ di dekat rumah penduduk. Keterdapatn singkapan tersebut menandakan bahwa batuan dasar tidak dalam.

Pantai Penganak terletak di baratdaya Pulau Bangka. Batuan dasar pada lokasi ini sebagian besar tersingkap di permukaan, dan sebagian tertutup oleh pasir. Granit tersingkap pada beberapa lokasi di permukiman dan pada daerah dataran yang merupakan lading dan permukiman penduduk.

Pantai Tanah Merah sampai Teluk Inggris merupakan pantai barat Pulau Bangka. Batuan dasar tersingkap di pantai dan sebagian tertutup oleh pasir. Pasir kuarsa yang mengandung kasiterit banyak di tambang oleh masyarakat.



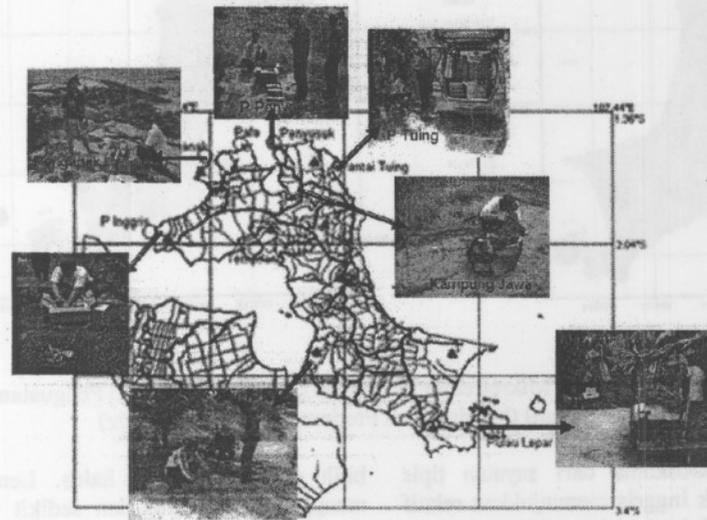
Gambar 6. Singkapan Granit di Pantai Batu bertumpak

Daerah Tanjung Berdaun merupakan pantai barat di Bangka Selatan. Batuan dasar yang tersingkap di permukaan sepanjang  $\pm 1$  Km.

**Pendataan Mikrotremor (Kegempaan)**

Pengukuran mikrotremor untuk mengetahui nilai predomnan perioda dari frekuensi dan faktor amplifikasi (H/V) dilakukan di daerah yang

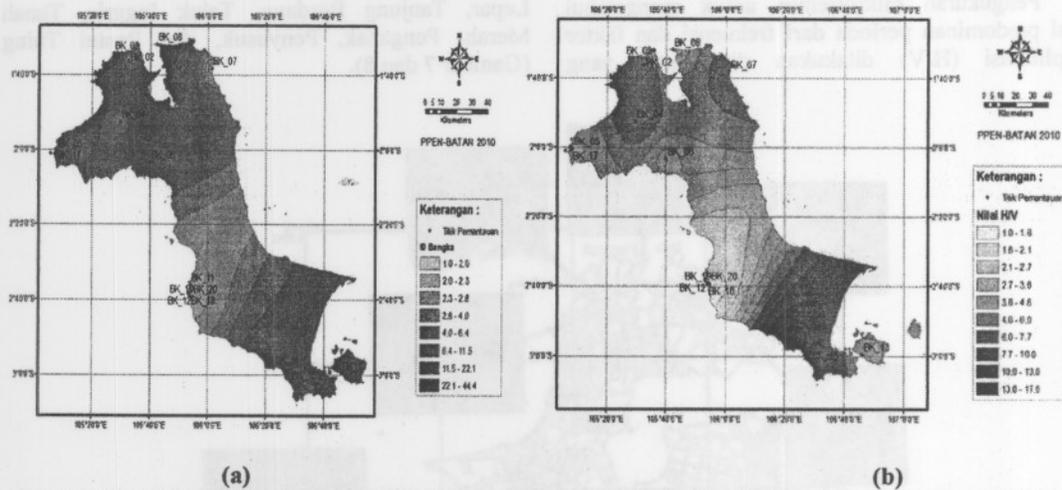
dianggap mewakili tapak interes Bangka dan sekitarnya meliputi: Kampung Jawa, pantai Pulau Lepar, Tanjung Berdaun, Teluk Inggris, Tanah Merah, Penganak, Penyusuk, dan Pantai Tuing (Gambar 7 dan 8).



Gambar 7. Lokasi Pengukuran Mirkotremor di Bangka

Tabel 1. Posisi Lintang/Bujur dan Wilayah di pengukuran Mikrotremor Bangka

No	MT_ID	Lintang	Bujur	Wilayah
1	BK_01	-1,531667	105,593889	Penganak
2	BK_02	-1,603889	105,543611	Pala
3	BK_03	-1,570500	105,455889	Pala
4	BK_04	-1,876361	105,495667	Dumaring
5	BK_05	-2,007861	105,136417	T Merah
6	BK_06	-2,058222	105,668417	Tempilang
7	BK_07	-1,637767	106,020686	Tuing
8	BK_08	-1,529875	105,703500	Penyusuk
9	BK_10	-2,000334	105,121408	Jebus
10	BK_11	-2,604550	105,898694	Berdaun
11	BK_12	-2,641292	105,888610	Karasak
12	BK_13	-2,992903	106,767790	Lepar
13	BK_14	-2,968220	106,384610	S Gusung
14	BK_15	-3,030878	106,482180	Sukadamai
15	BK_16	-2,017500	105,095250	Berani
16	BK_17	-2,016667	105,127500	T Inggris
17	BK_18	-2,655991	105,899500	Berani
18	BK_19	-2,655313	105,905950	Berdaun
19	BK_20	-2,655682	105,911950	Berdaun



Gambar 8. Peta hasil pengukuran Mikrotremor di Bangka (a) Distribusi Rasio Penguatan Gempa (H/V) (tanpa satuan) (b) Distribusi Predominan Frekuensi (Hz)

Pengamatan mikroskopis dari sayatan tipis batuan sampling Teluk Inggris menunjukkan relatif masih segar, ukuran kristal sedang dan umumnya berbentuk anhedral serta sedikit yang subhedral. Kuarsa tampak segar anhedral berkrystal agak halus yang beberapa tergerus membentuk kuarsa jamak sangat halus. Feldspar kalium yang didominasi oleh orthoklas dan beberapa mikroklin tampak relatif segar berkrystal kasar. Plagioklas tampak sedikit lapuk dan berubah, terutama dari jenis oligoklas yang sangat jarang telah memperlihatkan zonasi komposisi. Biotit berkrystal agak halus kecoklatan – kehijauan yang tumbuh bersama serta sedikit berubah, hornblende sangat jarang, serta mineral

bijih anhedral sangat halus. Lempung – serisit mengganti plagioklas dan sedikit feldspar kalium, klorit bersama dengan oksida bijih mengganti biotit dan hornblende (Gambar 9).

Hasil analisis menunjukkan batuan plutonik asam terbentuk dari proses pembekuan magma yang jauh di dalam bumi mempunyai kristal yang berukuran kasar. Berdasarkan data fisik tidak nampak pelapukan, sedangkan data mikroskopis menunjukkan mineral lempung serisit sebanyak 7% (lampiran contoh sampel B.1) yang memberikan informasi pelapukan relatif kecil dan sangat baik untuk pondasi.



Gambar 9. Sayatan tipis batuan granit Formasi Granit Klabat di Teluk Inggris

Secara megaskopis berwarna bening dengan beberapa bercak kecoklatan, struktur pejal beberapa kekar gerus, tektur Holokristalin faneritik kasar - sedang dengan kristal subhedral – anhedral, ukuran mencapai 18,0 mm.

Pengamatan mikroskopis pada sample daerah Tanjugn Berani menunjukkan mineral Kuarsa, Feldspar kalium didominasi oleh orthoklas, Plagioklas, Biotit. Lempung–serisit mengganti plagioklas serta sangat jarang feldspar kalium,

mempunyai kristal yang berukuran kasar dan telah memperlihatkan proses tektonik. Berdasarkan analisis mineral lempung dan kandungan serisit

maka batuan granit ini sudah mulai terkena pelapukan walaupun sangat kecil (5%, lampiran contoh sampel B.5) dan masih baik untuk pondasi.



Gambar 10. Sayatan tipis batuan granit Formasi Granit Klabat di Pantai Berdaun

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei geologi dan dilanjutkan dengan pengukuran mikrotremor yang didasarkan lokasi acak dan tidak menggunakan sistim grid, maka dapat disimpulkan bahwa, secara umum Bangka memiliki batuan yang sangat masif, keras berdaya dukung tanah tinggi dan berumur tua. Batuan keras tersebut adalah granit yang berumur pra-tersier merupakan batuan plutonik asam terbentuk dari proses pembekuan magma dalam dengan dominasi mineral *biotit*. Diatas Formasi Granit adalah Formasi Tanjung Genting, mendominasi singkapan yang berada disepular Tanjung Berani, Desa Sebagin, Kec. Simpang Rimba. Berdasarkan pengukuran mikrotremor daerah yang memberikan nilai tinggi berada di sekitar Tanjung Penganak, Tanjung Tuing dan Mentok serta Tanjung Berani.

Sesuai dengan acuan standar IAEA pemilihan tapak calon pondasi reaktor nuklir yang aman, layak dan cocok adalah memiliki batuan dasar yang keras, kompak, daya dukung tanah tinggi, umur batumannya tua dan tingkat pelapukannya relatif rendah parameter tersebut berada di Bangka.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANONIM. Safety Series No. 50-SG-S9, Site Survey for Nuclear Power Plants a Safety Guide. International Atomic Energy Agency, Vienna. (1984)
- [2] BAPETEN, Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No: 01/Ka-BAPETEN/V1-99, Pedoman Penentuan Tapak Reaktor Nuklir, Badan Pengawan Teknik Nuklir, Jakarta 1999.
- [3] Tsutomu SATO, Yutaka NAKAMURA and Jun SAITA, Evaluation of The Amplification Characteristics of Subsurface Using Microtremor and Strong motion, - The Studies at Mexico City -, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004, Paper No. 862
- [4] ANDI MANGGA DAN B. DJAMAL. Peta Geologi Lembar Bangka Utara, Sumatera, Skala 1: 250.000 (1994).
- [5] U.MARGONO, RJB. SUPANDJONO DAN E. PARTOYO, (1995). Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatera, Skala 1: 250.000, (1996)
- [6] ANONIM. Peta Dasar RBI Kepulauan Bangka Belitung Dinas Pekerjaan Umum, Pemda Provinsi Kep. Bangka Belitung, Master Plan, (2001)
- [7] ANONIM. Kawasan Kota Baru Air Anyir, Laporan Pendahuluan, Bhawana Prasta, konsultan teknik, (2009).
- [8] ANONIM. PT Bangka Belitung Timah Sejahtera, Upaya Pengelolaan Lingkungan dan upaya pemantauan Lingkungan kegiatan eksplorasi bahan galian timah di desa bangkit Kec Jebus, Kab. Bangk Barat, Prov. Kep Bangka Belitung, (2007).