

SEMINAR NASIONAL

AVOER 8

*Applicable Innovation of Engineering and Science
Research*

PENELITIAN

19-20 Oktober 2016, Palembang, Indonesia

KENDALI GEOLOGI TERHADAP REKAYASA TATA LETAK KONSTRUKSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO- HIDRO (PLTMH) DAERAH AIR TERJUN RIAM MANANGAR, KALIMANTAN BARAT

Stevanus Nalendra

Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia
E-mail: s.nalendra@icloud.com

ABSTRAK

Atas dasar kebutuhan pasokan listrik di daerah terpencil yang ada di Kalimantan Barat, maka direncanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro (PLTMH) di Air Terjun Riam Manangar. Air terjun menjadi batas perbedaan ketinggian yang cukup signifikan dan dapat difungsikan sebagai sumber energi untuk menjatuhkan air ke turbin. Aktualisasi dalam perencanaannya, dibutuhkan kajian yang menyangkut ketahanan dan kekuatan konstruksi. Ketika konstruksi berada pada pondasi yang keras (*bedrock*) maka akan bekerja mekanisme tumpu yang akan bekerja menopang bangunan di atasnya sehingga kejadian penurunan tanah akibat pembebanan bangunan dapat diperkecil. Penelitian ini bersifat deskriptif-observasi yaitu sumber data bertumpu pada hasil perolehan data permukaan seperti pengamatan batuan, kedudukan struktur, kemiringan lereng. Dijumpainya kontak antara *columnar joint* dengan struktur batuan yang masif dilapangan menandakan adanya proses *syn-depositional* yang mengendalikan, sedangkan air terjun merupakan bagian dari proses *post-depositional*. Diskontinuitas bidang dari kedua struktur primer tersebut memberikan informasi geologi tentang adanya sifat fisis batuan yang labil dan sering menjadi zona lemah. Sehingga arah penelitian ini adalah menganalisis pengaruh terjadinya proses geologi yang bersifat destruktif pasca pembangunan konstruksi PLTMH. Selanjutnya, membangun model rekomendasi mengenai posisi bendungan, bak penampung, dan *power house* (turbin dan generator) yang berada di zona rawan bencana. Akhirnya pemilihan dan tata letak konstruksi PLTMH yang lebih terpercaya menuntut suatu pendekatan yang menyeluruh terhadap faktor-faktor pengendalinya.

Kata Kunci: *PLTMH, Konstruksi, Proses Geologi, Air Terjun*

PENDAHULUAN

Tenaga listrik memegang peranan penting dalam pengembangan ekonomi dan pembangunan suatu bangsa. Kebutuhan tenaga listrik pada umumnya akan naik, dengan laju pertumbuhan berkisar 3-20% pertahun, terutama tergantung pada pertumbuhan ekonomi dan laju perkembangan industri suatu negara. Hal ini berpengaruh terhadap penyediaan energi

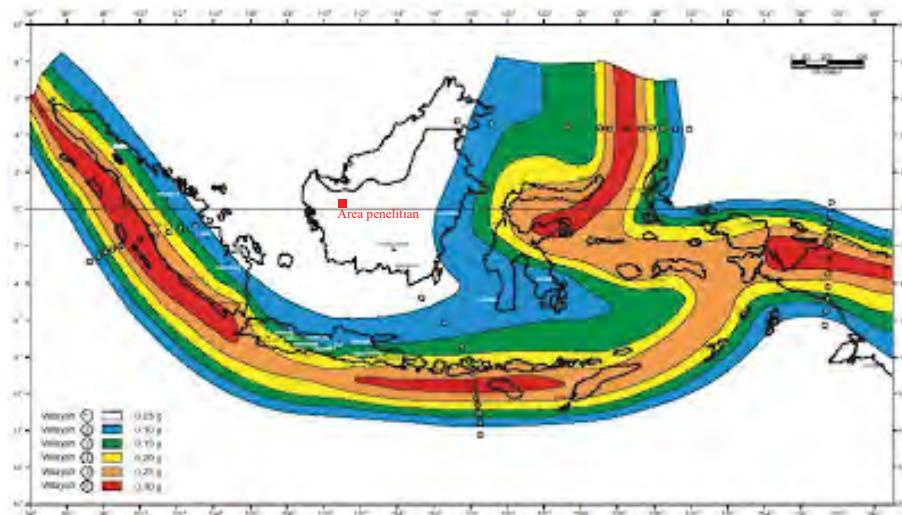
listrik. Krisis listrik yang terjadi mendorong pengimplementasian energi terbarukan sebagai upaya untuk memenuhi pasokan listrik Negara.

Atas alasan kebutuhan pasokan listrik di Kabupaten Landak dan sekitarnya maka direncanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro (PLTMH) di Desa Merayuh, Kecamatan Air Besar. Dalam perencanaan pembangunan PLTMH yang dibutuhkan perhitungan-perhitungan yang menyangkut ketahanan dan kekuatan bangunan. Semakin berat beban konstruksi yang akan dibangun maka pondasi yang dibuat juga harus semakin dalam. Ketika pondasi berada pada bagian tanah yang keras atau pada batuan dasar (*bedrock*) maka akan bekerja mekanisme tumpu yang akan bekerja menopang bangunan di atasnya sehingga kejadian penurunan tanah akibat pembebanan bangunan dapat diperkecil.

Berdasarkan perencanaan diatas, maka tampak jelas diperlukannya identifikasi geologi permukaan. Area penelitian adalah seluas ± 5 ha yang berada disekitar air terjun Riam Manangar.

Geologi Regional

Kerangka tektonik Kalimantan tersusun atas kerak yang stabil sebagai bagian dari Lempeng Asia Tenggara meliputi baratdaya Kalimantan, Laut Jawa bagian barat, Sumatra, dan semenanjung Malaysia. [2], menyatakan bahwa terdapat intrusi besar bersifat granitik berumur Trias. [1], pulau yang teraman dari gempa di Indonesia saat ini adalah Kalimantan. Berbeda dengan pulau-pulau besar di Indonesia lain, Kalimantan tidak berdekatan dengan subduksi lempeng yang menyebabkan gempa (Gambar 1).



Gambar 1. Peta kawasan rawan bencana gempa Indonesia (Hall, 2008).

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif berada di daerah Desa Merayuh, Kecamatan Air Besar, Kabupaten Landak, Provinsi Kalimantan Barat. Akses pencapaian lokasi penelitian dari Pontianak (ibukota Kalimantan Barat), sebagai berikut:

- Pontianak-Serimbu (ibukota Kecamatan Air Besar) melalui jalan poros Kalimantan menggunakan mobil Kijang Innova dengan waktu tempuh ± 6 jam (Gambar 2).

- b. Serimbu-Desa Tauk melalui jalan setapak sehingga hanya dapat ditempuh menggunakan sepeda motor dengan waktu tempuh 1 jam.
- c. Desa Tauk-Riam Manangar (lokasi PLTMH) juga melalui jalan setapak dan hanya dapat ditempuh menggunakan sepeda motor dengan waktu tempuh 30 menit.



Gambar 2. Akses kesampaian dari Pontianak-Serimbu (garis kuning),

Serimbu-Tauk (garis hijau), dan Tauk-lokasi studi (garis biru).

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian geologi ini, pengumpulan data (informasi singkapan batuan) dilakukan dengan menggunakan palu dan kompas geologi, serta penentuan posisi melalui orientasi lapangan atau dengan GPS. Ruang lingkup penelitian dibatasi:

- a. Secara ruang dan waktu adalah proses-proses geologi yang bekerja secara bersamaan dengan pembentukan batuan yang disebut dengan *syn-depositional*. Selanjutnya proses-proses geologi yang bekerja setelah pembentukan batuan yaitu *post-depositional*.
- b. Obyek survey terdiri atas pengamatan dan pengukuran parameter-parameter geologi yang berada di sekitar peletakan bendungan, *intake* dan *sand trap*, bak penampung, dan *power house*. Posisi pengambilan data di titik rencana *power house*.
- c. Obyek penelitiannya adalah mengidentifikasi permukaan dan kedalaman *bedrock* sebagai bahan pertimbangan pembuatan pondasi bangunan
- d. Lingkup jalur lintasan: melokalisasi seluruh area disekitaran air terjun Riam Manangar.
- e. Arah penelitian ini ada dua, yaitu:
 - Menganalisis pengaruh terjadinya proses-proses geologi yang bersifat destruktif pasca pembangunan konstruksi PLTMH.
 - Membangun model deskriptif-genetik yang mampu memberikan informasi tentang sifat fisis lapisan batuan disekitar rencana peletakan pondasi konstruksi PLTMH.
 - Memberikan rekomendasi terhadap keberlanjutan pembangunan PLTMH.
- f. Lingkup pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi empat tahap, yaitu:
 - Kajian pustaka: perencanaan lintasan, proyeksi kondisi geologi dan topografi.
 - Akuisisi data geologi, perekaman data geologi di Riam Manangar mengamati 17 singkapan batuan (Tabel 1 dan Lampiran 1).
 - Analisis data: evaluasi data primer dan pembuatan peta serta model.
- g. Manfaat penelitian ini:
 - Dipahaminya secara lebih baik dan menyeluruh batuan di permukaan.

- Diperolehnya gabungan peta dan model deskriptif dan genetik berbasis proses-proses geologi yang mengendalikan.

Tabel 1. Perekaman data singkapan batuan.

No	Kode Singk.	Koordinat		Lokasi	Litologi
		UTM (49 N)			
		E	N		
1	LP1	406410	94497	Area pipa <i>intake</i> -bak penampung	<i>Soil</i> lapukan basalt, coklat kemerahan, mineral kuarsa.
2	LP2	406520	94293	Selatan sungai, dekat bendungan	<i>Soil</i> lempung, coklat.
3	LP3	406354	94274	Alur liar	Endapan teras sungai, batulanau, basalt.
4	LP4	406382	94363	Sungai, barat bendungan	Basalt di dasar sungai, hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
5	LP5	406429	94389	Sungai, barat bendungan	Basalt di dasar sungai, hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
6	LP6	406164	94259	Jalan setapak di selatan air terjun	<i>Soil</i> kuarsa, putih, material lepas.
7	LP7	406341	94426	Bawah air terjun, gua	Basalt di dasar sungai, <i>columnar joint</i> , hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
8	LP8	406233	94321	Tebing di selatan air terjun	Basalt, <i>columnar joint</i> , hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
9	LP9	406267	94348	<i>Boulder</i> di selatan air terjun	<i>Boulder</i> basalt, <i>columnar joint</i> , hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
10	LP10	406240	94489	<i>Boulder</i> di selatan air terjun	<i>Soil</i> , material lepas dari hasil rombakan yang tertransport oleh proses sungai.
11	LP11	406239	94528	Area target bak penampung.	<i>Boulder</i> basalt, <i>columnar joint</i> , hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
12	LP12	406189	94574	Pinggir jalan provinsi	<i>Soil</i> lapukan basalt, coklat kemerahan, terdapat mineral-mineral Fe dan sedikit mineral kuarsa.
13	LP13	406055	94414	Gubuk di atas parkiran motor	<i>Soil</i> lapukan batuan beku basa yaitu batubasalt, masih terdapat <i>boulder</i> batuan asalnya.
14	LP14	406193	94486	Target <i>power house</i>	<i>Soil</i> lapukan basalt, coklat kemerahan, terdapat mineral-mineral Fe dan sedikit mineral kuarsa.
15	LP15	406181	94532	Lintasan <i>power house</i> dan bak penampung.	<i>Soil</i> lapukan basalt, coklat kemerahan, terdapat mineral-mineral Fe dan sedikit mineral kuarsa.
16	LP16	406312	94479	Bawah air terjun, gua	Basalt, <i>columnar joint</i> , hitam, hornblende, piroksen, plagioklas, sedikit kuarsa.
17	LP17	406229	94291	Jalan setapak di selatan air terjun	<i>Soil</i> lapukan dari basalt, coklat.

Hasil Penelitian

- Bentuklahan daerah Riam Manangar dan sekitarnya (Lampiran 2) terdiri atas:
- Satuan vulkanik: lereng vulkanik dan dataran vulkanik.
 - Satuan denudasional: gawir lereng terjal (Gambar 3).

- c. Satuan fluvial: tubuh sungai, dataran aluvial, dataran banjir (Gambar 4), dataran bekas rawa, dan dataran limbah banjir.



Gambar 3. Gawir lereng terjal yang memotong aliran sungai, terbentuk dari pelapukan basal Yang disebabkan oleh *columnar joint*. Lereng bidang gantung sangat curam.



Gambar 4. Lereng dataran banjir 3° (agak miring). Ketinggian 115-125 mdpl, relief 10 m. Materialnya berupa *soil* dan material lepas pasir.

Berdasarkan penafsiran geomorfologi daerah Riam Manangar disusun oleh batuan beku basa dengan jenis batuan basalt. Pada bentuk asal fluvial disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal yang merupakan endapan termuda yang masih berkembang sampai dengan sekarang.

Penentuan satuan batuan di daerah Riam Manangar ini berdasarkan kesatuan ciri litologi yang dominan berdasarkan pengamatan singkapan serta penyebaran lateral batuan yang dominan, maka daerah Riam Manangar dapat dikelompokkan dalam dua satuan batuan tidak resmi (Lampiran 3). Penamaan satuan batuan mengikuti tata nama satuan litostatigrafi tidak resmi [3], dengan urutan dari tua sampai muda yaitu: satuan basalt dan satuan endapan aluvial.

- a. Satuan basalt: menyebar secara dominan dan menempati luas $\pm 83,7\%$ dari seluruh luas daerah penelitian. Penamaan satuan ini didasarkan atas kenampakan ciri litologi di lapangan yaitu terdiri dari batuan beku vulkanik dengan warna hitam. Bagian bawah

permukaan terdiri dari struktur *columnar joint* (Gambar 6) dan di atasnya struktur masif, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas faneritik halus-sedang, bentuk kristal subhedral, komposisi mineral dominan hornblende, piroksen, dan kuarsa.

- b. Satuan endapan aluvial: menempati luas $\pm 16,2\%$ dari seluruh luas daerah penelitian. Penamaan satuan ini didasarkan pada kehadiran material lepas berukuran kerikil hingga lempung serta material hasil erosi batuan yang lebih tua yang mengalami proses transportasi sedimen oleh air (Gambar 7).



Gambar 5. Struktur *columnar joint* yang labil.



Gambar 6. Satuan endapan aluvial yang terdiri dari kerikil, kerakal, dan material lepas hasil rombakan batuan asal

Pembahasan

Kegiatan ini bersifat deskriptif-observatif, sehingga sumber data bertumpu pada hasil pengamatan lapangan, kemudian didukung oleh analisis-analisis yang diwujudkan. Analisis yang dilakukan adalah mencermati kasus atau permasalahan geologi yang dijumpai di lapangan terkait dengan peletakan pondasi PLTMH. Setelah permasalahan geologi dipahami maka selanjutnya adalah mengevaluasi permasalahan untuk menemukan solusi guna

kelayakan dari perencanaan pembangunan PLTMH ini.

- a. Struktur *columnar joint* dijumpai disepanjang bidang yang menggantung di daerah yang lebih labil sebagai contoh yang terdapat ditebing air terjun yang menyebar dibagian utara dan selatan. Struktur ini berkembang dengan membentuk pola menyerupai huruf U dengan ketinggian yang dijumpai dilapangan sangat bervariasi mulai dari 1-10 m (Gambar 7) dan membentang disepanjang selatan dan utara sungai sejauh 357 m (lihat Lampiran 2).



Gambar 7. Satuan endapan aluvial yang terdiri dari kerikil, kerakal, dan material lepas hasil rombakan batuan asal

Dampak dari *columnar joint* terhadap peletakan pondasi PLTMH, antara lain:

1. Potensi longsor dan penurunan permukaan (*collaps*) akibat daya dukung yang lemah karena pengaruh dari *columnar joint* yang memiliki bidang yang terbuka disetiap tubuh *columnar joint* (Gambar 8). Hal ini yang menjadi penyebab terbentuknya bidang yang menggantung (*hanging wall*) karena *collaps*-nya sebagian dari *columnar joint* yang ada di bawah (Gambar 9). Terlebih jika di daerah *columnar joint* terjadinya getaran yang berlebih serta pembebanan.
2. Posisi target *power house* yang berada di dekat *boulder* yang tidak stabil dan berpotensi runtuh dan menimpa *electrical engine* di *power house* (Gambar 10). *Boulder* merupakan hasil runtuh dari batuan beku basa yaitu basalt yang memiliki struktur *columnar joint*.
3. Berdasarkan pengukuran kelerengan di lapangan adanya bidang yang menggantung dengan sudut kemiringan 16-30° (Gambar 11), masih akan berpotensi terjadinya runtuh. Dimensi runtuh diestimasikan 3 m/tahun berdasarkan pengukuran panjang rata-rata *columnar joint* yang runtuh.



Gambar 8. *Columnar joint* kenampakan dari atas yang memiliki pola segilima dan terdapat celah disetiap spasi antar bidangnya. Hal ini sebagai pemicu masuknya air ke bawah untuk membuat labilnya daya dukung *bedrock* jika menerima getaran dan beban.



Gambar 9. *Columnar joint* yang *collaps* pada kontak dengan struktur masif. Berada di gua di balik air terjun, *columnar joint* selalu terisi air melalui celah di setiap bidangnya.



Gambar 10. Kondisi *boulder* yang rawan bergerak (menggeling) jika menerima getaran. Kenampakan ini berada diantara target bak penampung dan *power house*.



Gambar 11. Pengukuran kemiringan lereng pada bidang gantung. Hasil ini guna memprediksi area longsor berikutnya serta menghitung kestabilan pondasi yang berada di sekitar bendungan.

- b. Dataran banjir ini berada di barat laut tepatnya di titik jatuhnya air terjun. Jika debit air tinggi area yang rawan tergenang banjir mencapai posisi target peletakan pondasi *power house*. Banjir akan terjadi saat hujan berlangsung selama 3-4 jam dengan muka air banjir (mab) 2 m yang didapat dari pengukuran terhadap jejak-jejak banjir di dinding sungai..Penyebab daerah rawan banjir yang meluas, adalah:
- Sungai yang tersusun oleh material batuan beku yang keras dan *impermeable* menjadikan aliran sungai *run off* tidak *catchment*.
 - Dinding sungai landai, lembah membentuk huruf U, tingkat stadia sungai termasuk kelas dewasa.
 - Vegetasi hulu sungai terjadi penggundulan hutan (Gambar 12) sehingga menyebabkan aliran sungai menjadi *run off* tidak *catchment*.

- Pengamatan dilakukan saat musim kemarau dengan kondisi sungai tetap dialiri dengan debit yang cukup kencang. Hal ini menjadikan pertanda bahaya banjir jika memasuki musim hujan



Gambar 12. Citra google earth memberi gambaran bahwa terjadinya penggundulan hutan di hulu, ditandai dengan area yang berwarna coklat.

- c. Dataran limpah banjir ini berada di utara sungai pada bagian atas. Ditandai dengan merenggangnya pola kontur yang mencirikan daerah landai berakibatkan jika debit air tinggi area yang rawan tergenang limpahan banjir mencakupi wilayah yang lebih luas dibandingkan dengan dataran banjir. Banjir akan terjadi saat hujan seharian dengan mab 0,5 m yang didapat dari pengukuran terhadap jejak-jejak banjir di dinding sungai. Penyebab daerah rawan limpah banjir, adalah:
 - Sungai yang tersusun oleh material batuan beku yang keras dan *impermeable* menyebabkan aliran sungai menjadi *run off* tidak *catchment*.
 - Vegetasi hulu sungai terjadi penggundulan hutan (lihat Gambar 12) sehingga menyebabkan aliran sungai menjadi *run off* tidak *catchment*.
 - Dinding sungai landai, lembah datar. Tingkat stadia sungai termasuk kelas dewasa.
 - Pengamatan dilakukan saat musim kemarau dengan kondisi sungai tetap dialiri dengan debit yang cukup kencang, maka jika musim hujan, atau dalam siklus 5 tahunan akan terjadi banjir besar musiman.

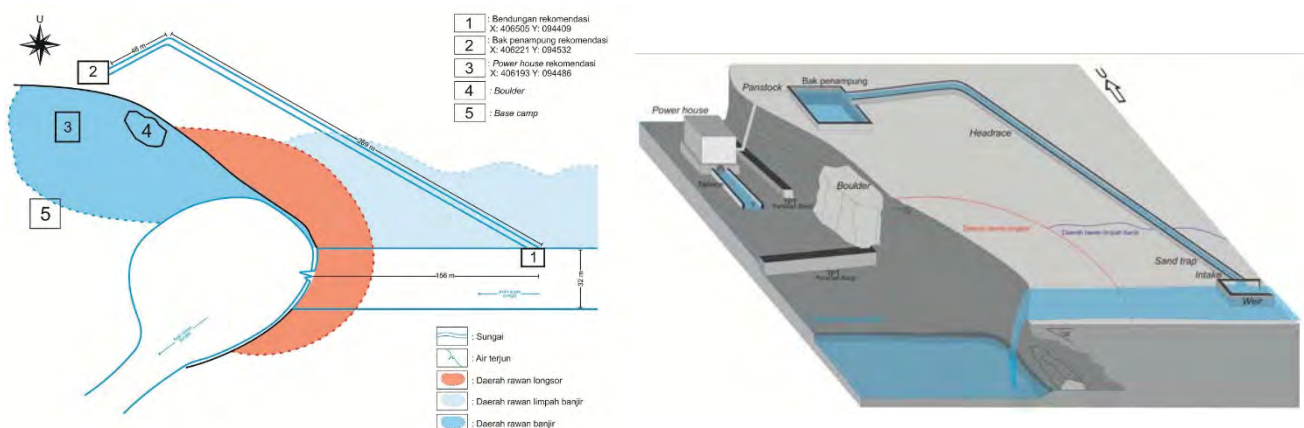
Daerah rawan limpahan banjir akan berdampak terendamnya bangunan teknik meliputi *intake*, *sandtrap*, dan *headrace*.

Rekomendasi

Pemilihan dan tata letak konstruksi PLTMH perlu memperhatikan beberapa hal (Gambar 13), yaitu:

- a. Pondasi bendungan: sistem peletakan pondasi menggunakan sistem pahat karena berada di sungai dengan tipe *bedrock stream* dengan *base* berupa basalt yang sangat keras. Sistem *blasting* menggunakan dinamit akan lebih optimal tetapi sangat tidak direkomendasikan karena adanya zona labil di bidang gantung dan bisa berpotensi terjadinya longsor yang lebih besar.
- b. Posisi bendungan: peletakan posisi berada di koordinat UTM (49N) 406505, 094409. Posisi ini berjarak 156 m dari air terjun. Peletakan posisi ini tentunya berdasarkan dari analisis kelerengan bidang gantung yang berada di bawah air terjun yang merupakan zona labil. Bahaya yang berpotensi adalah runtuhnya pondasi atau *collaps* sudah

- diperhitungkan. Sehingga bendungan mempunyai *lifetime* 52 tahun dari ancaman longsor atau *collaps*.
- Pondasi *intake* dan *sandtrap*: sebaiknya ditinggikan lebih dari 50 cm, untuk menghindari terendamnya *intake*, *sandtrap* serta *headrace* mengingat posisinya yang berada di zona limpah banjir.
 - Posisi *intake* dan *sandtrap*: berada di utara sungai. Peletakan posisi *intake* dan *sandtrap* berkaitan erat dengan posisi bendungan. Jadi setelah posisi bendungan ditentukan lalu posisi *intake* dan *sandtrap* mengikuti yaitu di tepi sungai sebelah utara.
 - Pondasi bak penampung: harus terhindar dari zona labil atau zona rawan longsor karena bak penampung akan memberi beban yang berlebih terhadap pondasi.
 - Posisi bak penampung: di koordinat UTM (49N) 406221, 094532. Berada di atas *power house*. Arah *headrace* dari *intake* sebaiknya tidak langsung menuju ke bak penampung karena akan melalui zona rawan longsor. *Headrace* berarah *azimuth* N308°E dari posisi *intake*.
 - Pondasi *power house*: berdasarkan hasil seismik peletakan pondasi *power house* berada di atas *soil* dan lapisan *clay* yang mencapai kedalaman 7 m. Hal ini sangat baik mengingat lokasi *power house* tersusun dari batuan basalt sebagai *bedrock* dengan struktur primer *columnar joint* yang berpotensi *collaps* jika menerima beban dan getaran yang berlebih. Jadi peran penting *soil* dan lapisan *clay* disini adalah sebagai peredam getaran yang berlebih oleh *electrical engine* di *power house*.
 - Posisi *power house*: di koordinat UTM (49N) 406193, 094486. Pengamatan di permukaan posisi ini *power house* sudah terhindar dari zona rawan longsor baik akibat dari bidang gantung maupun dari *boulder* yang berada di lereng.
 - Potensi bahaya *power house*: selain berpotensi *collaps* yang sudah mendapat solusi, *power house* berada di zona rawan banjir, sehingga perlu dibangun konstruksi berupa tembok penahan banjir. Kemudian pada kaki lereng perlu dibuat bangunan teknik berupa TPT untuk mengurangi risiko longsor.



Gambar 13. Denah desain rencana pembangunan PLTMH (kiri). Model skema rekomendasi berdasarkan aspek geologi (kanan).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengumpulan data dan analisis-analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Riam Manangar secara struktur regional (tektonik) termasuk di dalam zona yang stabil dari gempa karena jauh dari zona subduksi atau pertemuan lempeng. Akan tetapi, adanya struktur primer *columnar joint* yang berkembang di air terjun Riam Manangar menjadikan daerah yang labil.
2. *Columnar joint* merupakan bagian dari proses *syn-depositional* yaitu proses geologi yang bekerja secara bersamaan dengan pembentukan batuan basalt di Riam Manangar. *Columnar joint* ini mengakibatkan potensi terjadinya longsor di bawah air terjun dan sepanjang tebing sebelah utara dan selatan air terjun yang membentuk pola huruf U, lokasi ini dicirikan dengan banyaknya *boulder* basalt yang merupakan hasil pelepasan dari batuan induk. Hal ini terjadi karena adanya kontrol struktur primer *columnar joint*, yang memiliki celah atau kekar terbuka disetiap bidangnya. Namun demikian di air terjun Riam Manangar juga terdapat daerah yang aman dari longsor yaitu di daerah satuan endapan aluvial tepatnya disebelah barat laut air terjun.
3. Dataran banjir dan dataran limbah banjir di Riam Manangar merupakan hasil dari proses *post-depositional* yaitu proses geologi yang terjadi setelah pembentukan batuan. Dataran banjir berada di barat laut air terjun dan dataran limbah banjir di timurlaut air terjun. Daerah tersebutlah yang menjadi zona rawan banjir (lihat Gambar 14) jika terjadi intensitas hujan yang tinggi

REFERENSI

- [1] Hall, R., 2008, *Kinabalu Handbook*.
- [2] Ott, H. L., 1987, The Kutai Basin a Unique Structural History. *Proceeding of IPA, vol I p.311316, 16th Annual Convention*, Jakarta, Indonesia.
- [3] Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996, *Sandi Stratigrafi Indonesia*. IAGI, Jakarta, Indonesia.

