

**PEMETAAN GEOLOGI DAN GERAKAN TANAH
DAERAH TEBRU PASER DAMAI
KABUPATEN PASER, KALIMANTAN TIMUR**
*(Geological Mapping And Mass Wasting Area Tebru Paser Damai
District Paser, East Kalimantan Province)*

Heryanto

Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda
heryanto95@gmail.com

Abstrak

Pemetaan geologi ini dilaksanakan untuk mengetahui keadaan geologi daerah Tebru Paser Damai yang meliputi satuan morfologi, satuan batuan, struktur geologi dan potensi gerakan tanah yang ada. Penelitian geologi ini dilaksanakan dengan metode penelitian lapangan/survei dengan menggunakan sistem pemetaan geologi permukaan. Geomorfologi daerah penelitian terdiri dari morfologi pedataran denudasional, perbukitan denudasional, perbukitan vulkanik dengan aliran pola sungai dendritik dan stadia daerah termasuk dewasa. Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 3 (tiga) satuan batuan yaitu satuan batuan breksi vulkanik yang beranggotakan breksi vulkanik, tuff dan basal, satuan batulempung beranggotakan batulempung dengan sisipan batupasir dan batubara, satuan batupasir beranggotakan batupasir dengan sisipan batulempung dan batubara. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian terdiri dari struktur perlipatan, struktur kekar dan Sesar Geser Sungai Tebru. Gerakan tanah yang terjadi pada daerah penelitian adalah: 1) longsor tanah, longsor tanah banyak terdapat pada area bekas lahan tambang batubara; 2) jatuhnya batuan, jatuhnya batuan pada batuan breksi vulkanik yang gampang mengalami pelapukan; 3) luncuran, luncuran terjadi di sepanjang badan jalan pada batulempung yang bersisipan dengan batupasir; 4) rayapan, gerakannya sangat lambat dan hampir tidak dapat dilihat, tetapi akibat dari rayapan tersebut akan nampak dengan jelas, misalkan miringnya tiang listrik atau telepon.

Kata Kunci: pemetaan geologi, gerakan tanah, longsor tanah, jatuhnya batuan, luncuran, rayapan.

Abstract

Geological mapping was conducted to know the state geological Tebru Paser Damai areas include morphological units, lithologies, structural geology and potential of the existing ground movement. Geomorphology study area consisted of a plain morphology denudational, denudational hills, volcanic hills with dendritic river flow patterns and areas including adult stadia. Stratigraphy study area is divided into 3 (three) lithologies are volcanic breccia lithologies comprising volcanic breccia, tuff and basalt, claystone unit consists of sandstone and mudstone with inset coal, sandstone unit consists of sandstones with mudstone and coal inserts. Geological structures developed in the study area consisted of a folding structure, muscular structure and fault shear Tebru river. Mass wasting that occurred in area are: 1) landslide, landslides numerous in the area of the former coal mining; 2) rockslide, the fall-out rock on volcanic breccias are easily experienced weathering; 3) slump, slump occurs along the road on which an insert with sandstone mudstone; 4) creep, movement is very slow and can hardly be seen, but as a result of the creep will be apparent, for example slope electricity or telephone poles.

Keywords: geological mapping, mass wasting, landslide, rockslide, slump, creep.

PENDAHULUAN

Pemetaan geologi sebagian besar masuk wilayah Desa Tebru Paser Damai Kecamatan Batu Engau, sebagian kecil masuk wilayah Desa Petangis dan Desa Kerang. Kegiatan ini dilaksanakan untuk mengetahui keadaan geologi daerah penelitian yang meliputi satuan morfologi, satuan batuan, struktur geologi dan potensi gerakan tanah yang ada. Daerah penelitian dibatasi hanya wilayah Tebru Paser Damai dan sekitarnya dengan batas koordinat 116°02'00" BT

sampai dengan 116°08'00" BT dan 2°06'45" LS sampai 2°12'45" LS.

Jalan menuju lokasi penelitian dapat ditempuh dengan kendaraan roda 4 maupun kendaraan roda 2 melalui jalan aspal, jalan kebun sawit atau tanah perkerasan. Perjalanan dari Balikpapan dapat ditempuh dengan penyeberangan kapal feri dengan waktu kurang lebih 1,5 jam atau dengan speed boat dengan waktu ditempuh 15 menit. Kemudian perjalanan darat dilanjutkan dengan kendaraan selama kurang lebih 3 jam.

Geologi Regional

Kemiringan wilayah Kabupaten Paser diklasifikasikan atas 4 kelas berdasarkan keadaan tofografi, yaitu Kemiringan 0 – 2 % terdapat di Kecamatan Tanah Grogot, Paser Belengkong, Kuaro, Long Ikis, Tanjung Aru yang terletak pada bagian Timur/pantai menghadap Selat Makassar. Kemiringan 2 – 13 % terdapat di Kecamatan Kuaro, Paser Belengkong dan Kecamatan Tanah Grogot. Kemiringan < 40 % terdapat di Kecamatan Waru, Muara Komam, Long Ikis dan Long Kali. Kemiringan > 40 % umumnya tersebar luas di daerah Kecamatan Batu Sopang, Long Kali, Muara Komam, Long Ikis dan Kuaro.

Stratigrafi batuan yang berada di daerah ini terdiri atas batuan endapan Tersier, adapun urutan stratigrafi dari satuan batuan yang ada di cekungan Barito dan Kutai akan dijelaskan di bawah ini (Heryanto R., dkk, 2007).

Formasi Pamaluan (Tomp) : Batulempung dan serpih dengan sisipan napal, batupasir dan batugamping, mengandung *Lepydocylina sp.*, *Miogypsinoides sp.*, *Cycloclypeus sp* dan *Operculina sp.*

Formasi Tanjung (Tet) : Perselingan batupasir, batulempung, konglomerat, batugamping dan napal dengan sisipan tipis batubara. Batupasir dan batugamping menunjukkan struktur perlapisan bersusun dan simpang-siur.

Formasi Haruyan (Kvh) : Lava, breksi dan tuf. Lava bersusunan basal, Breksi aneka bahan, berkomponen andesit dan basal tidak memperlihatkan perlapisan.

Terbentuknya struktur geologi di daerah Kalimantan, dimulai pada Eosen Tengah saat terjadinya pemekaran Selat Makassar yang mengakibatkan terbentuknya Cekungan Kutai. Pada Miosen Tengah - Atas terjadi tektonik regional yang merupakan fase kompresi dengan ditandai terangkatnya Pegunungan Meratus yang mengakibatkan Sesar Adang dan Mangkaliat. Pada Plio-Plistosen gerakan kedua sesar tersebut mencapai kondisi optimum dan mengakibatkan gaya kopel yang cukup sehingga mampu mengaktifkan kembali sesar-sesar normal yang ada sebagai sesar naik dan struktur lipatan.

METODOLOGI

Penelitian geologi ini dilaksanakan dengan metode penelitian lapangan/survei dengan menggunakan sistem pemetaan geologi permukaan. Pemetaan geologi permukaan yaitu pengambilan data geologi di permukaan bumi secara langsung. Adapun data-data yang dimaksud adalah data litologi, data geomorfologi dan data struktur geologi serta data bahan galian.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan sebelum pengambilan data lapangan, mencakup :

- a) Studi pustaka berupa pengumpulan informasi mengenai kondisi geologi daerah penelitian dari literatur yang berisi tentang hasil penelitian terdahulu
- b) Mempersiapkan peta topografi
- c) Interpretasi peta topografi untuk mendapatkan gambaran tentang kondisi geologi daerah penelitian.

Tahap Pekerjaan Lapangan

Tahapan ini meliputi orientasi medan dan pemetaan geologi secara detail. Pada orientasi medan dilakukan pengamatan untuk lebih mengenal kondisi di lapangan, variasi dan jenis litologi serta penentuan lintasan yang baik untuk melakukan pemetaan detail.

Pemetaan geologi secara detail dimaksudkan untuk memperoleh data lapangan yang lebih rinci, yang meliputi :

- a) Pengamatan geomorfologi yang terdiri atas pengamatan bentangalam, pola aliran, bentuk alur sungai dan lembah.
- b) Pengambilan sampel.
- c) Pengamatan sifat fisik batuan, yang meliputi warna, tekstur batuan, struktur batuan dan komposisi mineral batuan.
- d) Penentuan dan pengukuran unsur-unsur struktur
- e) Pengambilan foto lapangan.

Pada setiap stasiun pengamatan dilakukan pencatatan lapangan dan menentukan posisi stasiun pada peta dasar serta pengambilan foto terhadap objek geologi yang dianggap penting.

Metode yang dilakukan adalah bersifat eksploratif, yaitu penelitian terhadap setiap objek yang dijumpai di lapangan untuk mendapatkan data geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi dan bahan galian.

Tahap Analisa Laboratorium

Analisa laboratorium terhadap data-data lapangan yang telah diperoleh yaitu pengolahan data-data geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi dan gerakan tanah.

Tahap Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahap akhir dan bertujuan menyajikan data hasil penelitian lapangan dan analisa laboratorium yang dibuat dalam bentuk tulisan ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi Daerah Tebru Paser Damai Satuan Pedataran Denudasional

Satuan bentang alam ini menempati bagian timur daerah penelitian, yang terletak pada Desa Tebru Paser Damai. Bentuk bentang alam ini dikontrol oleh proses geomorfologi berupa pelapukan, erosi, sedimentasi dan struktur geologi. Batuan yang menyusun dari satuan bentang alam ini sebagian besar terdiri dari batupasir dan batulempung.



Gambar 1. Kenampakan daerah pedataran Desa Tebru Paser Damai, difoto ke arah timur laut

Satuan Perbukitan Denudasional

Satuan bentang alam ini menempati bagian tengah daerah penelitian dari utara ke selatan, yang terletak pada daerah Petangis hingga Kerang. Batuan yang menyusun dari satuan bentang alam ini sebagian besar terdiri dari breksi, batupasir dan batulempung. Pada bentang alam ini sebagian besar telah digunakan sebagai perkebunan kelapa sawit dan pada batupasir yang mengandung batubara telah ditambang batubaranya.



Gambar 2. Bentang alam Perbukitan Denudasional pada bagian barat daerah penelitian difoto ke arah tenggara

Satuan Perbukitan Vulkanik

Satuan bentang alam ini menempati bagian utara daerah penelitian yang menyebar dari utara hingga selatan. Bentang alam ini terbentuk akibat aktifitas gunung api purba yang meletuskan

material-material gunung api berupa bongkah, berakal dan debu vulkanik.



Gambar 3. Bentang alam vulkanik yang telah ditambang sebagai batu urug, difoto ke arah timur laut

Berdasarkan atas kuantitas airnya, maka sungai-sungai yang bergerak pada daerah penelitian termasuk sungai periodis. Dan berdasarkan pengamatan di lapangan dan interpretasi peta geologi, maka sungai yang mengalir pada daerah penelitian terdiri dari sungai Tebru dan anak-anak sungainya, semua relatif berarah Timur dan Tenggara. Pola aliran sungai yang berkembang di daerah penelitian adalah pola aliran dendritik. Tipe genetik sungai pada daerah penelitian adalah konsekuen.

Penentuan stadia daerah penelitian didasarkan pada tingkat erosi dan pelapukan, yaitu pada berbagai proses lanjutan yang dialami oleh daerah ini mulai pada saat terangkatnya sampai terjadinya proses perataan. Jika ditinjau dari tingkat erosinya, maka dapat dilihat berbagai hal yang dihasilkannya, antara lain sungai. Selanjutnya pelapukan juga sangat dominan dengan ketebalan tanah hingga 3,5 meter.

Kenampakan-kenampakan morfologi yang dapat teramati di lapangan yaitu bentuk-bentuk puncak gunung yang relatif tumpul dan membulat dengan lereng yang relatif miring, dapat dilihat pada bentang alam yang dikontrol oleh proses denudasional dan vulkanik serta lembah-lembah sungai utamanya luas dengan penampang sungai berbentuk huruf "U" lebar yang dapat menunjukkan tingkat pertumbuhan sungai sudah mengarah pada stadia tua.

Berdasarkan kenampakan-kenampakan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian merupakan daerah yang pertumbuhannya pada stadia dewasa.

Stratigrafi Daerah Tebru Paser Damai Satuan Batuan Breksi vulkanik

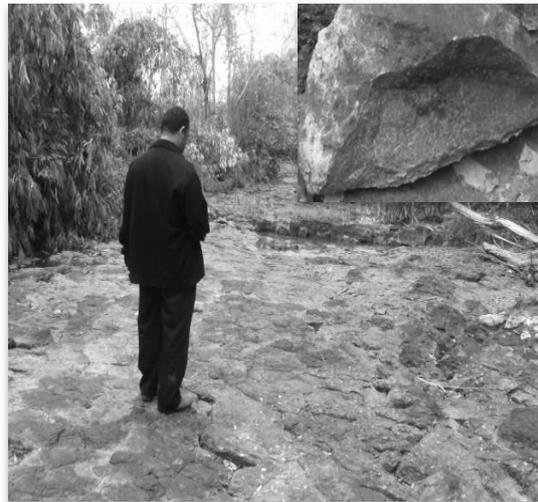
Satuan batuan breksi vulkanik terdiri dari breksi vulkanik yang beranggotakan batuan piroklastik tuff dan batuan beku basal. Kenampakan lapangan dari breksi vulkanik di daerah ini, pada kondisi segar warna abu-abu kehijauan setelah lapuk berwarna coklat hingga kehitaman, tekstur klastik kasar, komposisi fragmen berupa basal, andesit dan diorit, ukuran fragmen bervariasi antara 4 mm – 35 cm, matriks berukuran pasir 1/4 mm – 4 mm, bentuk fragmen menyudut tanggung hingga menyudut, tersemenkan oleh debu vulkanik, kemas terbuka, sortasi jelek, di beberapa tempat batuan ini telah mengalami pelapukan yang sangat tinggi serta rekahan-rekahan batuan telah diisi oleh mineral sekunder berupa mineral silika. Warna soil abu-abu hingga kecoklatan.



Gambar 4. Kenampakan singkapan breksi vulkanik yang memperlihatkan adanya urat berupa mineral silika, difoto ke arah barat

Batuan piroklastik tuff tersingkap setempat-setempat pada jalan di perkebunan kelapa sawit, berwarna segar abu-abu coklat dan jika lapuk berwarna coklat, tekstur klastik halus, ukuran butir lempung ($< 1/256$ mm), komposisi mineral debu vulkanik, struktur berlapis (laminasi).

Singkapan batuan basal terdapat di sepanjang anak sungai Tebru dan setempat-setempat, sehingga susah untuk menjadi satuan batuan. Batuan basal pada daerah penelitian merupakan anggota satuan batuan breksi, dijumpai dalam keadaan segar berwarna abu-abu kehijauan, dalam keadaan lapuk berwarna kecoklatan hingga kehitaman, warna soil di sekitar singkapannya yaitu coklat sampai coklat kehitaman. Kenampakan singkapan pada beberapa tempat di lapangan menunjukkan struktur kerak roti pada permukaan singkapan.



Gambar 5. Kenampakan lapangan singkapan basal yang menunjukkan struktur kerak roti di sungai Tebru, difoto ke arah timur

Satuan batuan breksi vulkanik daerah penelitian dikesebandingkan dengan Formasi Haruyan, yang menempati posisi stratigrafi paling bawah berdasarkan kedudukan batuan. Ketiga batuan tersebut merupakan hasil erupsi dari gunungapi yang berbeda periode letusannya. Berdasarkan karakteristik singkapan batuan beku basal inilah yang kemudian mendasari bahwa satuan batuan daerah penelitian ini merupakan batuan beku ekstrusif yang berupa aliran lava. Maka pembentukan satuan batuan breksi, tuff dan basal relatif pada waktu yang hampir sama pula, dengan perkiraan pada Kapur Akhir.

Satuan Batulempung

Dari pengamatan lapangan pada batulempung ini menunjukkan kesan penyerpihan, secara umum jurus perlapisan batuan yaitu ke arah utara yang miring ke timur pada bagian barat, antara $N 0^{\circ}E - N 40^{\circ}E$ dengan kemiringan $17^{\circ} - 40^{\circ}$, memperlihatkan warna segar abu-abu kehitaman, dan bila lapuk berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman, tekstur klastik, ukuran butir lempung ($< 1/256$ mm), struktur berlapis (laminasi dan menyempih), komposisi mineral lempung.

Sedangkan batupasir pada pengamatan lapangan menunjukkan warna segar kuning, dan bila lapuk berwarna kuning kecoklatan, tekstur klastik, ukuran butir pasir ($2 - 1/16$ mm), struktur berlapis, komposisi mineral kuarsa dan lempung, sifatnya tidak bereaksi dengan HCl. Kenampakan lapangan dari batubara menunjukkan warna segar hitam, dan bila lapuk berwarna hitam, tekstur nonklastik, struktur berlapis, komposisi mineral karbon.



Gambar 6. Kenampakan singkapan batulempung yang menyerpih, difoto ke arah timur

Satuan yang dibandingkan dengan satuan batulempung di daerah penelitian adalah Formasi Tanjung, dengan ciri fisik serpih (batulempung) berwarna kelabu kehitaman setempat berselingan dengan batubara dan batupasir dengan umur batuan Eosen Akhir dan terendapkan pada daerah laut dalam.

Satuan Batupasir

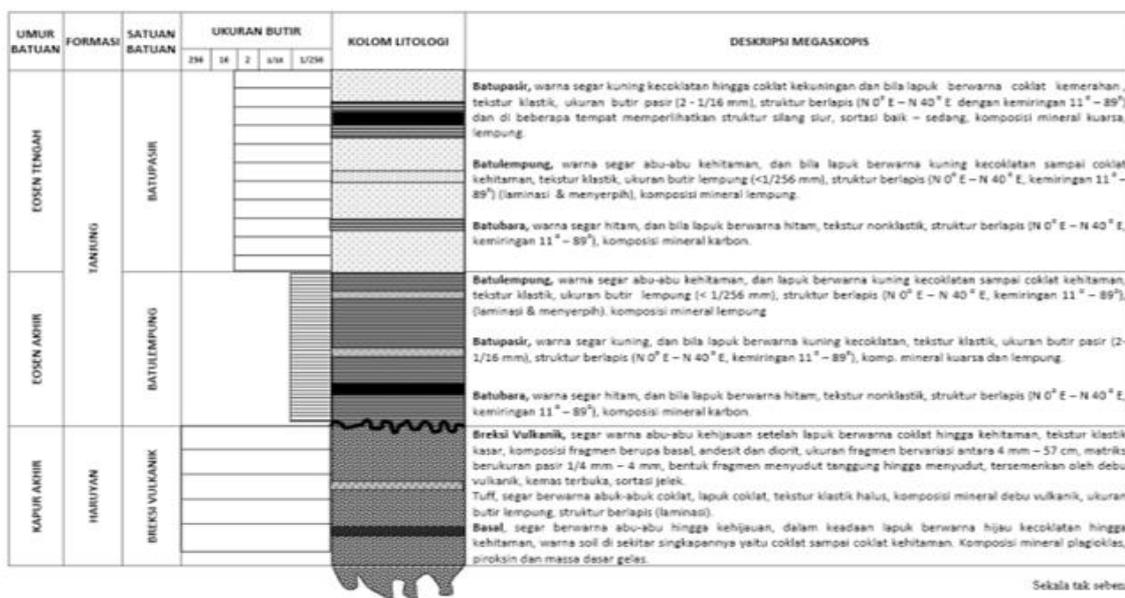
Pengamatan lapangan pada batupasir ini, secara umum jurus perlapisan batuan yaitu ke arah utara dengan kemiringan batuan ke timur. Arah *Strike* antara $N 0^{\circ} E - N 40^{\circ} E$ dengan kemiringan $11^{\circ} - 89^{\circ}$. Kenampakan lapangan memperlihatkan warna segar kuning kecoklatan hingga coklat kekuningan dan bila lapuk berwarna coklat kemerahan, tekstur klastik, ukuran butir pasir ($2 - 1/16$ mm), struktur berlapis.

Di beberapa tempat memperlihatkan struktur silang siur, sortasi baik – sedang, komposisi mineral secara megaskopis adalah kuarsa.



Gambar 7. Kenampakan kontak singkapan batupasir dan batulempung telah lapuk yang memperlihatkan perselingan, difoto ke arah barat

Sedangkan batulempung pada pengamatan lapangan menunjukkan warna segar abu-abu kehitaman, dan bila lapuk berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman, tekstur klastik, ukuran butir lempung ($< 1/256$ mm), struktur berlapis (laminasi dan menyerpih), komposisi mineral lempung. Kenampakan lapangan dari batubara menunjukkan warna segar hitam, dan bila lapuk berwarna hitam, tekstur klastik, ukuran butir non klastik, struktur berlapis, komposisi mineral karbon.



Gambar 8. Kolom stratigrafi Daerah Penelitian

Sekala tak sebenarnya

Gerakan Tanah

Pembahasan gerakan tanah berikut merupakan hasil analisa lapangan dan analisa data di laboratorium, dimana pada daerah Tebru merupakan daerah yang mengalami perlipatan dan sesar geser, sehingga potensi bencana yang terjadi adalah:

Land slide

Land slide (longsoran tanah) merupakan contoh yang spektakuler dari proses geologi yang disebut *mass movement*. Merupakan perpindahan masa batuan, regolit dan tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena gaya gravitasi, air dan kemiringan lereng. Semakin besar sudut kemiringan stabilnya, semakin besar sudut kemiringan bertambah, rombakan batuan akan menstabilkan kedudukannya dengan meluncur ke bawah.



Gambar 11. Kenampakan potensi gerakan tanah akibat bekas tambang, difoto ke arah timur

Land slide sering terjadi pada daerah bekas tambang karena kemiringan batuan yang terjal dan timbunan yang biasanya belum padat sehingga pada saat hujan akan terjadi longsoran dimana material longsor akan terbawa arus hingga ke daerah yang datar. Material longsor tersebut biasanya berbentuk pasir lumpur yang tercampur dengan air hujan.

Untuk itu diperlukan pengawasan yang ketat pada saat perusahaan batubara melakukan reklamasi agak lahan bukaan yang ditimbun tidak terlalu terjal dan pada lapisan atas ditimbun top soil untuk dilakukan penanaman pohon. Sehingga saat hujan, air tidak langsung mengalir dipermukaan, tapi sebagian akan masuk ke dalam menjadi air tanah melalui akar-akar pohon.

Rock slide

Rock slide (jatuhan batuan) terjadi bilamana blok dari batuan induk terlepas dan meluncur ke bawah. Peristiwa ini merupakan proses yang sangat cepat dan sangat destruktif. Biasanya *rock slide* terjadi pada fenomena geologi ketika batuan yang berlapis mengalami deformasi sehingga

terjadi kemiringan batuan, kekar atau retakan yang sejajar dengan kemiringan batuan.



Gambar 12. Kenampakan *rock slide* pada batuan breksi vulkanik, difoto ke arah tenggara

Slump

Slump (luncuran) merupakan perpindahan masa batuan atau material lepas dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah melalui suatu bidang luncur yang lengkung. Pada proses ini material yang dipindahkan tidak terlalu besar kecepatannya dan tidak terlalu jauh. Proses ini merupakan sedimen kohesif yang tebal seperti lempung.

Permukaan retakan blok *slump* dicirikan oleh bentuk seperti sendok dan cekung kearah atas. Pada waktu terjadi pergerakan, terbentuk tebing (*scarp/cliff*) yang lengkung dan blok yang terletak dipermukaan akan berputar ke belakang.



Gambar 13. Potensi *slump* di badan jalan pada batulempung yang bersisipan dengan batupasir, difoto ke arah utara

Umumnya slump terjadi karena kemiringan lereng terlalu terjal, dapat juga terjadi karena beban pada kemiringan lereng terlalu besar, yang menyebabkan terjadinya internal stress pada material di bawahnya. Hal ini terjadi pada material yang lemah dan kaya akan lempung berada di bawah material yang lebih keras atau

resisten seperti batupasir. Airtanah yang meresap melalui batupasir akan melemahkan lempung yang berada di bawahnya.

Creep

Creep (rayapan) adalah salah satu tipe mass wasting yang perpindahan massanya, tanah dan regolit sangat lambat. Tidak seperti mass wasting yang bergerak cepat sering terjadi pada pegunungan dengan kemiringan lereng yang terjal, maka creep pada umumnya terjadi pada kemiringan lereng yang landai dan meliputi daerah yang cukup luas.

Penyebab utama terjadinya rayapan adalah adanya perselingan antara pengembangan dan penyusutan material permukaan karena perbedaan temperatur atau perubahan kandungan air. Setelah hujan lebat, rongga antar partikel soil terisi air, sehingga gaya kohesi partikel akan hilang, yang memungkinkan gaya gravitasi untuk menarik material bergerak ke bawah. Meskipun gerakannya sangat lambat dan hampir tidak dapat dilihat, tetapi akibat dari rayapan tersebut akan nampak dengan jelas. Adanya rayapan tanah pada suatu daerah dapat diketahui dari miringnya tiang listrik atau telepon, pohon-pohon yang tumbuh di daerah tersebut atau perlapisan yang terseret rayapannya.



Gambar 14. Kenampakan tiang listrik yang miring akibat adanya *creep*, difoto ke arah selatan

KESIMPULAN

Geomorfologi daerah penelitian terdiri dari morfologi pedataran denudasional, perbukitan denudasional, perbukitan vulkanik dengan aliran pola sungai dendritik dan stadia daerah termasuk dewasa.

Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 3 (tiga) satuan batuan yaitu satuan batuan breksi vulkanik yang beranggotakan breksi vulkanik, tuff dan basal, satuan batulempung beranggotakan batulempung dengan sisipan batupasir dan batubara, satuan batupasir beranggotakan

batupasir dengan sisipan batulempung dan batubara.

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian terdiri dari struktur perlipatan, struktur kekar dan sesar geser sungai Tebru.

Gerakan tanah yang terjadi pada daerah penelitian adalah *land slide* (longsoran tanah), *rock slide* (jatuhan batuan), *slump* (luncuran), dan *creep* (rayapan).

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, John W. and Richard J. Lisle, 2004, *Basic Geological Mapping Fourth Edition*, John Wiley & Sons Ltd, England.
- Bourke, Mary C and Heather A Viles, 2007, *A Photographic Atlas of Rock Breakdown Features in Geomorphic Environments*, Planetary Science Institute, Arizona, USA.
- Bowles, J. E., 1991, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- Coe, Angela L., 2010, *Geological Field Techniques*, Blackwell Publishing Ltd, United Kingdom.
- Heryanto R., Supriatna Sam, Rustandi dan E. Baharuddin, 2007, *Peta Lembar, Sampanahan*, Pusat Survei Geologi, Direktorat Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi R. I., Bandung.
- Hunt, Roy E., 2007, *Geologic Hazards A Field Guide for Geotechnical Engineers*, Taylor & Francis Group, LLC, New York.
- Lisle, Richard J., 2004, *Geological Structures and Maps, A Practical Guide, Third Edition*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington MA.
- Pavlopoulos, Kosmas, Niki Evelpidou and Andreas Vassilopoulos, 2009, *Mapping Geomorphological Environments*, Springer, Dordrecht Heidelberg London New York.
- PT. Cahaya Tirta Perkasa, 2007, *Laporan Studi Penambangan Batubara*, Tanah Grogot.
- Ragan, Donald. M., 2009, *Structural Gology, An Introduction To Geometrical Techniques*, Fourth Edition, Cambridge University Press, New York.
- Waltham, Tony, 2009, *Foundations of Engineering Geology Third Edition*, Spon Press, London and New York.