



STRUKTUR GEOLOGI AREA BENCANA TANAH LONGSOR DI DESA TUMENGGAL, KECAMATAN PENGADEGAN-PURBALINGGA

Asmoro Widagdo^[1], Sachrul Iswahyudi^[1], dan Anjar Tri Laksono^[1]

^[1]Jurusan Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman
Jalan Sungkono, KM. 5 Purbalingga, Jawa Tengah

e-mail: asmoro.widagdo@unsoed.ac.id

ABSTRACT

The Ligung Formation which is predominantly composed of claystone and the Kalibiuk Formation which is composed of volcanic breccias, both of which landslide simultaneously on the hillsides in the Tumenggal area, Pengadegan District, Purbalingga-Central Java. How the influence of the geological structure that has worked to compose the geological order of this area, which has an effect on the occurrence of the landslide, is the study that is revealed in this paper. Field observations of landslide locations were carried out by determining the position of the landslide, determining the type of bedrock, measuring the direction of the slope, measuring the dipping of rock layers and describing the distribution of landslides in the study area. The geological structures found in the study area are rock layers of the Ligung and Kalibiuk Formation and rock fractures/joints. Little dipping structure of the bed was observed in the field while intensive jointing was found in claystone. This structure has accelerated the weathering of claystone to form a thick soil. Andesite breccia found at the bottom of the slope has undergone intensive weathering. Rocks in the study area have a slope to the south and landslides to the north or towards the fore-slope, this is formed due to thick soil and intensive fractures/joints in the bedrock.

Keywords : claystone, breccia, structure, joint, dipping

ABSTRAK

Batuan Formasi Ligung yang dominan tersusun atas batulempung dan Formasi kalibiuk yang tersusun atas breksi vulkanik mengalami longsor secara bersamaan pada lereng perbukitan di daerah Tumenggal, Kecamatan Pengadegan, Purbalingga-Jawa Tengah. Bagaimana pengaruh struktur geologi yang telah bekerja menyusun tatanan geologi daerah ini berpengaruh pada kejadian longsor tersebut menjadi kajian yang di ungkap dalam tulisan ini. Pengamatan lapangan terhadap lokasi longsor dilakukan dengan menentukan posisi longsor, menentukan jenis batuan dasar, mengukur arah kemiringan lereng, mengukur kemiringan lapisan batuan serta menggambarkan sebaran longsor di daerah kajian. Struktur geologi yang dijumpai di daerah kajian berupa bidang perlapisan batuan Formasi Ligung dan Kalibiuk serta rekahan batuan/kekar. Struktur kemiringan bidang perlapisan kurang teramati di lapangan sementara kekar yang intensif dijumpai pada batulempung. Struktur ini telah mempercepat pelapukan pada batulempung hingga membentuk tanah/soil yang tebal. Breksi andesit dijumpai pada bagian bawah lereng telah mengalami pelapukan intensif. Batuan di daerah kajian memiliki kemiringan ke selatan dan longsor mengarah ke utara atau kearah fore slope, hal ini terbentuk karena soil yang tebal dan rekahan/kekar intensif pada batuan dasar.

Kata kunci: batulempung, breksi, struktur, kekar, kemiringan

PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor merupakan salah satu jenis bencana alam yang banyak menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar, seperti: kerusakan lahan pertanian, kawasan permukiman, infrastruktur jalan, jembatan, irigasi, dan prasarana fisik lainnya (Priyono dan Priyono, 2008). Tanah longsor merupakan gerakan massa dari rombakan batuan dasar yang tipe gerakannya dapat meluncur (*sliding*) atau berputar (*slumping rotational*) yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Longsor merupakan perpindahan material pembentuk lereng yang dapat berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material

campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng.

Proses terjadinya tanah longsor dimulai dari adanya air yang meresap ke dalam tanah yang akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Area lokasi bencana longsor pada kajian pengabdian ini berada di Desa Tumenggal, Kecamatan Pengadegan, Kabupaten Purbalingga (Gambar 1).

Daerah ini berada di bagian tengah Propinsi Jawa Tengah yang merupakan bagian daerah pegunungan Serayu Utara. Bencana tanah longsor sering terjadi di daerah penelitian dan telah memakan korban jiwa dan material lainnya.

Potensi bencana alam yang tinggi di daerah Purbalingga pada dasarnya merupakan refleksi fenomena alam yang secara geografis sangat khas untuk wilayah ini. Diperlukan upaya-upaya yang komprehensif untuk mengurangi resiko bencana alam, antara lain yaitu dengan melakukan kegiatan mitigasi (Rahma, 2015). Tujuan dari kajian ini adalah untuk mendeskripsikan kontrol struktur geologi dalam upaya mitigasi dan upaya peningkatan mitigasi bencana tanah longsor di Kabupaten Purbalingga.



Gambar 1: Lokasi longsor Desa Tumenggal, Kecamatan Pengadegan di timurlaut Purbalingga.

Tanah longsor atau gerakan tanah dapat merusakkan jalan, pipa dan kabel baik akibat gerakan dibawahnya atau karena penimbunan material hasil longsor (Rahma, 2015). Gerakan tanah yang berjalan lambat menyebabkan pengelembungan (*tilting*) dan bangunan tidak dapat digunakan. Rekanan pada tanah menyebabkan fondasi bangunan terpisah dan menghancurkan utilitas lainnya didalam tanah. Runtuhan lereng yang tiba-tiba dapat menyeret permukiman turun jauh dibawah lereng. Longsor di Desa Tumenggal, Kecamatan Pengadegan, Kabupaten Purbalingga merusak jaringan jalan (Gambar 4 dan Gambar 8) dan rumah-rumah warga (Gambar 5 dan Gambar 6).

TATANAN GEOLOGI REGIONAL

Fisiografi (Geomorfologi Regional)

Desa Tumenggal, Kecamatan Pengadegan, Kabupaten Purbalingga, secara fisiografi atau kenampakan bentang alam dan fisik alami, termasuk dalam satuan fisiografi Antiklinorium Bogor-Kendeng (Van Bemmelen, 1949). Antiklinorium

Bogor-Kendeng ini merupakan jalur pelipatan besar di Jawa yang terdiri atas lipatan-lipatan kecil atas batuan/litologi penyusunnya yang berarah relatif barat-timur (Gambar 2). Litologi penyusun bentang alam ini antara lain terdiri atas batuan-batuan berumur Tersier yang terlipat kuat dengan struktur-struktur geologi berupa patahan/sesar (*fault*), kekar (*joint*) dan lipatan (*fold*).

Stratigrafi Regional/Urutan Batuan

Secara stratigrafi, lokasi longsor tersusun atas litologi batuan gunungapi (breksi) dan sedimen (batulempung) berumur Tersier (Djuri dkk, 1995). Susunan stratigrafi regional daerah penelitian dari tua ke muda seperti diuraikan sebagai berikut:



Gambar 2: Fisiografi dan lokasi penelitian dengan modifikasi.

Formasi Rambatan (Tmr), tersusun atas jenis batuan batupasir-gampingan dan konglomerat yang bersisipan dengan lapisan tipis napal dan serpih yang menempati bagian bawah satuan. Bagian atas terdiri dari batupasir gampingan berwarna abu-abu terang, sampai kebiruan, yang mengandung kepingan batuan andesit.

Formasi Kumbang (TmPk), merupakan formasi batuan gunung api yang tersusun atas breksi-gunungapi, lava, retas/intrusi batuan beku, dan tuf bersusunan andesit sampai basal; batupasir tuf dan konglomerat, serta sisipan lapisan tipis batuan magnetit. Formasi ini memiliki hubungan menjemari dengan Formasi Halang.

Formasi Halang (Tmph), tersusun atas batuan-batuan batupasir-tufaan, konglomerat, napal, dan batulempung; di bagian bawah terdapat breksi bersusun fragmen andesit. Batupasir yang menyusunnya secara umum berupa wakestone. Susunan formasi ini diendapkan sebagai sedimen turbidit pada zona batial atas.

Formasi Tapak (Tpt); tersusun atas batupasir yang berbutir kasar berwarna kehijauan dan batuan konglomerat, secara setempat dijumpai breksi

andesit. Pada bagian atas formasi, tersusun atas batupasir karbonatan dan napal berwarna hijau yang mengandung kepingan moluska.

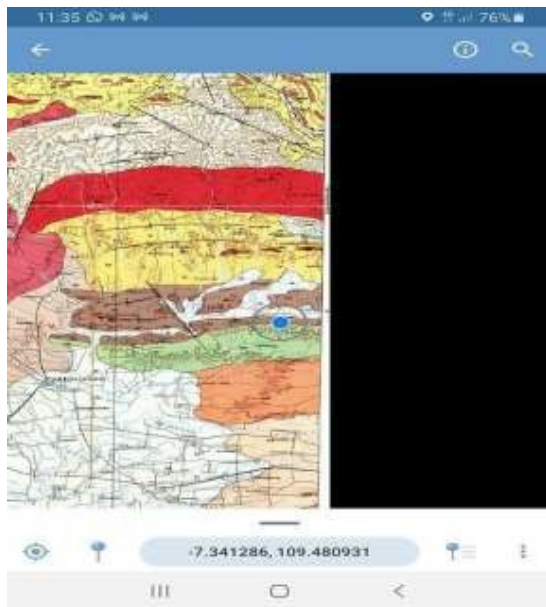
Formasi Kalibiuk (Tpb); tersusun atas batuan napal lempungan bersisipan batupasir, kaya akan moluska dan memiliki ketebalan sekitar 175 meter.

Formasi Kaliglagah (Tpk) tersusun atas batuan batulempung, napal, batupasir dan konglomerat di beberapa tempat **dijumpai** lensa lignit (batubara muda) setebal 10-100 cm.

Formasi Ligung (Qtlc) tersusun atas batuan aglomerat andesit, breksi andesit dan tuf yang berwarna abu-abu di beberapa tempat.

Struktur Geologi Regional

Struktur geologi merupakan hasil dari proses tektonisme yang menyebabkan terbentuknya perlipatan, rekahan atau patahan yang di alam berupa bentuk kelurusan-*kelurusan* atau bentuk-bentuk lahan khas, seperti bentuk tapal kuda, jajaran perbukitan/lembah dan lain-lain. Beberapa struktur geologi regional yang terdapat di sekitar lokasi bencana antara lain rekahan batuan/kekar/*joint*, patahan/sesar (Djuri dkk, 1995) dan lipatan (sayap antiklin) seperti digambarkan dalam Gambar 3.



Gambar 3: Struktur geologi regional sesar dan lipatan di sekitar daerah kajian (Djuri dkk, 1995).

Secara regional daerah longsor Desa Tumenggal, Kecamatan Pengadegan, Kabupaten Purbalingga termasuk dalam jajaran Pegunungan Serayu Utara. Pegunungan ini secara struktur geologi terbentuk

akibat perlipatan dan pensesaran pada batuan berumur Tersier. Lipatan antiklin dan sinklin terbentuk di sekitar daerah kajian akibat gaya berarah Utara-Selatan pembentuk Pulau Jawa.

Di sekitar daerah kajian bidang-bidang perlapisan batuan pada Formasi Ligung dan batuan Formasi Kalibiuk di memiliki kedudukan *strike* (jurus) berarah barat-timur (*East-West*) dan *dip* (kemiringan) kearah selatan (Gambar 3 dan 10). Batuan Formasi Kumbang (Warna merah pada Gambar 3) umumnya memiliki kecenderungan arah *strike* perlapisan Barat-Timur dengan kemiringan ke selatan di sebelah utara daerah kajian (Djuri dkk, 1995).

LONGSOR PADA FORMASI LIGUNG DAN KALIBIUK

Kejadian longsor di Desa Tumenggal, Kecamatan Pengadegan-Purbalingga, dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang ada di lokasi bencana, antara lain: morfologi (kelerengan) yang curam, litologi berupa batulempung atau soil yang tebal, struktur geologi antiklin, pelapukan yang intensif, curah hujan yang tinggi, dan penggunaan lahan yang mengganggu lereng. Faktor pengontrol terjadinya longsor pada suatu lereng dikelompokkan menjadi faktor internal dan eksternal (Widagdo dkk, 2014). Faktor internal terdiri dari jenis/kondisi geologi batuan dan tanah penyusun lereng, sudut kemiringan lereng (geomorfologi lereng), air tanah/hidrologi dan struktur geologi. Sedangkan faktor dari luar (eksternal) yang disebut juga sebagai faktor pemicu yaitu curah hujan, vegetasi penutup, penggunaan lahan pada lereng dan getaran gempa.



Gambar 4: Longsor yang memotong jalan di Desa Tumenggal.

Di lokasi bencana longsor Desa Tumenggal-Pengadegan seperti halnya lokasi rawan longsor lainnya, memiliki tingkat kelerengan yang terjal. Semakin tinggi kelerengan, potensi terjadinya gerakan tanah semakin besar, termasuk longsor. Pada tingkat kelerengan tertentu, lokasi tersebut tidak mungkin dijadikan sebagai tempat beraktifitas manusia (pemukiman dan pertanian) karena potensi

longsor yang sangat tinggi (Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 5: Pondasi rumah ambles dan dinding retak pada rumah warga di Desa Tumanggal-Pengadegan.

Kemiringan lereng/kelerengan yang tinggi menyebabkan lereng semakin tidak stabil (labil). Potensi longsor akan bertambah jika lereng semakin “berat” karena kandungan air (dari hujan) atau penggunaan lahan (untuk pemukiman, perikanan/kolam atau pertanian lainnya). Kemiringan lereng/kelerengan yang besar bisa dikurangi dengan sistem terasering lereng, namun tetap memiliki batas tertentu dimana terasering sudah tidak mungkin lagi dilakukan.

Penyebab longsor lainnya adalah komposisi batuan atau litologi yang menyusun lokasi bencana berupa batuan dasar lempung Formasi Ligung dan Kalibiuk. Litologi dasar tersebut sebagian besar telah mengalami pelapukan menjadi soil, tapi masih bisa diidentifikasi batuan asal soil tersebut. Litologi tersebut juga banyak mengalami rekahan/retakan yang bisa menjadi jalan air masuk lebih dalam ke bawah permukaan, membebani lereng, melarutkan batuan, dan memperbesar kemungkinan bencana longsor. Rekahan-rekakan tersebut harus ditutup untuk mengurangi kemungkinan longsor.



Gambar 6: Rekahan dinding rumah yang sangat intensif akibat tanah bergerak di Desa Tumanggal-Pengadegan.

Curah hujan yang tinggi merupakan faktor utama penyebab terjadinya longsor (Hidayat, dkk. 2016).

Hujan yang terjadi pada saat terjadinya longsor adalah sebesar 100 mm/hari dengan tingkat intensitas lebat yaitu 16-22 mm/jam selama 5 jam. Tanah lapisan penutup merupakan tanah yang mudah meresapkan air (tanah pelapukan yang poros) sedangkan tanah dibawahnya berupa batuan segar yang kedap air sehingga berpotensi menjadi bidang gelincir. Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami bencana hidrometeorologi (Susanti dkk, 2017), yaitu bencana yang disebabkan karena perubahan iklim dan cuaca. Kejadian tanah longsor di Kabupaten Purbalingga (Harmoko, 2018) terjadi akibat adanya akumulasi curah hujan yang cukup tinggi pada beberapa hari sebelum kejadian bencana.

Curah hujan yang tinggi di lokasi rawan tanah longsor juga menjadi salah satu pemicu longsor selain faktor-faktor lain yang telah disebutkan. Dari data curah hujan tahun 2019 di Jawa Tengah, diketahui bahwa, pada bulan September/Oktobre sampai April/Mei, rerata curah hujan dan jumlah hari hujan paling tinggi daripada bulan-bulan lainnya (BPS Jawa Tengah, 2020). Pada bulan-bulan tersebut kesiapsiagaan terhadap kejadian bencana tanah longsor harus lebih tinggi daripada pada bulan-bulan lain.

Berdasarkan peta kerentanan gerakan tanah (Arrisaldi dan Hidayat, 2017) suatu daerah dapat dikelompokkan dalam beberapa level kerawanan. Daerah dengan level kerawanan rendah hingga sedang dapat dimanfaatkan sebagai pemukiman, pertanian, dan perkebunan. Daerah dengan level kerawanan sedang dapat dimanfaatkan sebagai daerah pertanian, perkebunan, atau pun perumahan dengan memperhatikan beberapa aturan seperti pola tanam, jenis tanaman, dan kestabilan lereng di daerah tersebut. Daerah dengan level kerawanan tinggi dapat dimanfaatkan sebagai hutan lindung atau pun hutan wisata. Jenis longsor di daerah Tumanggal-Pengadegan adalah longsor rotasi dimana bergerak-nya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Menurut penelitian (Susanti dan Miardini, 2019) menyebutkan bahwa kemungkinan faktor dominan pada tipe longsor rotasi adalah kemiringan lereng, kedalaman tanah, sesar dan infrastruktur yang ada di atasnya.

KONTROL STRUKTUR GEOLOGI

Salah satu faktor penyebab bencana longsor di daerah Tumanggal-Pengadegan adalah keberadaan struktur-struktur geologi yang ada di sekitarnya, yaitu: patahan-patahan mendatar di sebelah barat dan lipatan-lipatan (sinklin dan antiklin) di sebelah barat-

utara dan timur (Gambar 3). Struktur-struktur geologi yang tercatat pada peta geologi regional tersebut merupakan struktur-struktur besar yang teridentifikasi di lapangan. Keberadaan struktur besar akan diikuti oleh struktur-struktur geologi yang lebih kecil atau orde selanjutnya atau kekar-kekar (Gambar 7) yang menyebabkan lahan lebih labil termasuk kejadian longsor.

Titik longsor di daerah Tumenggal-Pengadegan merupakan sayap antiklin dengan kemiringan batuan kearah selatan (Gambar 10). Sementara itu kemiringan lereng daerah kajian mengarah kearah utara, dengan demikian daerah longsor ini merupakan daerah *fore-slop* atau lereng bagian depan secara morfologi (Gambar 9 dan Gambar 10). Longsor lebih mudah terjadi pada lereng back-slope dimana lereng searah dengan arah kemiringan batuan, sehingga bidang perlipisan bias menjadi bidang gelincir. Longsor di Desa Tumenggal ini terjadi karena soil yang tebal atau struktur rekahan batuan yang intensif.



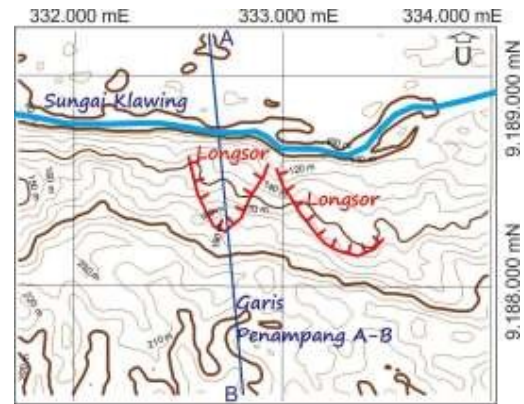
Gambar 7: Soil yang tebal dan retakan-retakan padanya kemungkinan merupakan kekar akibat struktur geologi tertentu



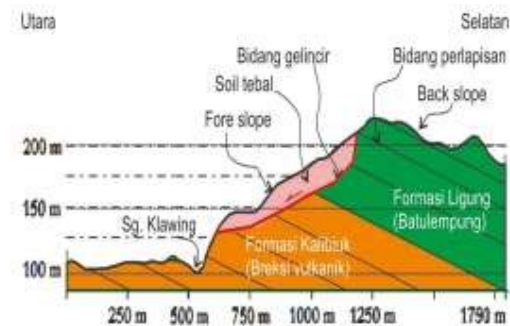
Gambar 8: Amblesan pada jalur jalan akibat longsor di Tumenggal.

Kajian yang telah dilakukan dalam publikasi oleh Priyono dan Priyono (2008) menyebutkan bahwa faktor batuan yang mempengaruhi tingkat kerawanan tanah longsor tidak hanya mencakup jenis dan kekerasan batuan saja, namun yang lebih penting adalah rekaman geologi struktur pada batuanya. Batuan sedimen yang berlapis dengan kemiringan

(dip) searah dengan arah sudut lereng akan mempunyai tingkat kerawanan yang tinggi. Batuan yang keras dan masih relatif segar pun (seperti lava andesit) dapat juga menjadi rawan longsor apabila ia mempunyai banyak retakan/kekar (*joint*) yang searah dengan arah sudut lereng.



Gambar 9: Peta topografi dan arah sebaran tanah longsor ke utara di daerah kajian



Gambar 10: Penampang utara-selatan (Penampang A-B pada Gambar 9) daerah longsor Tumenggal

Batuan yang keras dan banyak kekar/*joint* tersebut akan menjadi lebih rawan lagi apabila menumpang di atas batuan lunak (lempung) yang mempunyai sifat kembang-kerut. Kawasan dengan tanah (soil) yang tebal (Gambar 11) dan terletak pada topografi tinggi juga relatif rawan terhadap longsor karena daerah ini sangat potensial untuk mengalami penambahan beban massa karena tanah umumnya mempunyai kemampuan menyerap air hujan yang relatif tinggi dibandingkan dengan batuan segar.

Gambar 9 menjelaskan lokasi dan arah longsor di daerah kajian. Pada peta Gambar 9, daerah kajian memiliki interval kontur ketinggian antara 100 meter sampai 230 meter. Sungai Klawing berarah barat-timur berada pada ketinggian 100 meter berada di bagian utara daerah kajian. Dua pola tapal kuda longsor mengarah ke utara mengikuti kelerengannya menuju Sungai utama. Gambar 10 menjelaskan

penampang geologi pada garis penampang A-B pada Gambar 9 yang berarah utara-selatan. Formasi batuan Kalibiuk berada di bagian bawah ditumpangi oleh Formasi Ligung di atasnya. Soil yang tebal terbentuk sebagai hasil pelapukan pada kedua formasi batuan.

KESIMPULAN

Struktur geologi yang dijumpai di daerah kajian berupa bidang perlapisan batuan Formasi Ligung dan Kalibiuk serta kekar. Struktur kemiringan bidang perlapisan kurang teramati di lapangan sementara kekar yang intensif dijumpai pada batulepung. Struktur ini telah mempercepat pelapukan pada batulepung hingga membentuk struktur *soil* / horizon tanah yang tebal. Breksi andesit dijumpai pada bagian bawah lereng telah mengalami pelapukan intensif. Batuan di daerah kajian memiliki kemiringan ke selatan dan longsor mengarah ke utara atau kearah *fore slope*, hal ini terbentuk karena *soil* yang tebal dan rekahan/kekar intensif pada batuan dasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesaikannya karya ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada Departemen ESDM kantor Banjarnegara-Jawa Tengah (Bapak Pambudi, ST. MT) yang telah membantu dalam pembiayaan pengumpulan data di lapangan. Terimakasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman-Purwokerto (Ir. Adi Candra, ST. MT, Ir. Siswandi ST., MT, Drs. Gentur Waluyo, MSi., Huzaely Latief Sunan, ST., MT., Akhmad Kahlil Gibran, ST., MT., Januar Aziz Zaenurrohman, ST., M.Eng, Maulana Rizki Aditama, SSi., MSi dan Dr. Eko Bayu Purwasatriya, ST, MSi) yang telah membantu dalam proses penulisan karya makalah ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Priyono, K.D. dan Priyono (2008), Analisis Morfometri dan Morfostruktur Lereng Kejadian Longsor Di Kecamatan Banjarmangu, Forum Geografi, Vol. 22, No. 1, hal. 72 – 84.

Rahman, A.Z. (2015), Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Banjarnegara. Jurnal Manajemen Dan Kebijakan Vol. 1, No. 1. Hal. 1-14.

Van Bemmelen (1949), The Geology of Indonesia, Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, Government Printing Office, The Hague.

Djuri, M., Samodra, H., Amin, T.C. dan Gafoer, S. (1995), Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa, Direktorat Geologi Lingkungan, Bandung.

Widagdo, A., Jati, I.P., Waluyo, G., Purwasatriya, E.B. dan Suwardi (2014), Struktur Geologi Daerah Longsor di Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Jurnal Dinamika Rekayasa Vol. 10 No. 2 Agustus, ISSN 1858-3075, Hal. 41-44.

Hidayat, R., Sutanto, S.J. dan Munir, M.D. (2016), Kondisi Geologi dan Pola Hujan Sebagai Pemicu Longsor di Jawa Tengah Bagian Selatan Pada Juni 2016. Jurnal Teknik Hidraulik, Vol. 7, No. 2, Hal 147-146.

Susanti, P.D., Miardini, A. dan Harjadi, B. (2017), Analisis Kerentanan Tanah Longsor Sebagai Dasar Mitigasi Di Kabupaten Banjarnegara, Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Vol. 1. No.1. Hal. 49-59.

Harmoko, H.S.W. (2018), Analisis Kejadian Banjir dan longsor Di Wilayah Kabupaten Purbalingga Propinsi Jawa Tengah. Badan Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika Stasiun Klimatologi Kelas I Semarang.

Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah (2020), Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019, diakses 13-11-2020, <https://jateng.bps.go.id/statistictable/2020/07/28/2049/banyak-curah-hujan-dan-hari-hujan-menurut-bulan-di-provinsi-jawa-tengah-2019.html>.

Arrisaldi, T. dan Hidayat, R. (2017), Kajian Pemanfaatan Wilayah Rawan Longsor Di Kecamatan Karangobar, Kabupaten Banjarnegara Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007 Dengan Modifikasi. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS.

Susanti, P.D. dan Miardini, A. (2019), Identifikasi Karakteristik dan Faktor Pengaruh pada Berbagai Tipe Longsor, Jurnal Agritech, Vol. 39 No. 2, Hal 97-107.

Priyono, K.D. dan Priyono (2008), Analisis Morfometri dan Morfostruktur Lereng Kejadian Longsor Di Kecamatan Banjarmangu, Forum Geografi, Vol. 22, No. 1, hal. 72 – 84.