

Kontrol Struktur Geologi Terhadap Gerakan Tanah dan Batuan pada Batuan Formasi Halang di Daerah Sirau, Kecamatan Karang Moncol-Purbalingga, Propinsi Jawa Tengah

Asmoro Widagdo¹, Sachrul Iswahyudi², Rachmad Setijadi³, Indra Permanajati⁴,
Anjar Tilaksono⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto-Jawa Tengah
E-mail : asmoro.widagdo@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Bencana alam gerakan tanah merupakan salah satu bencana tahunan yang terjadi di Indonesia yang terjadi terutama pada musim hujan. Daerah penelitian yang berada di Pulau Jawa bagian tengah merupakan daerah pegunungan dengan kelerengan terjal dan memiliki kondisi struktur geologi yang khas. Bagaimana kondisi struktur geologi yang ada di daerah kajian yang mempengaruhi terjadinya bencana gerakan tanah merupakan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini. Penelitian dilakukan melalui pengamatan lapangan terhadap area gerakan tanah dan batuan meliputi dimensi gerakan tanah, batuan penyusun, pengukuran rekahan batuan. Dimensi dan arah gerakan tanah kemudian digambarkan pada peta topografi. Jenis batuan dan arah rekahan batuan juga digambarkan pada peta sehingga diketahui keterkaitan struktur rekahan batuan, jenis batuan dan gerakan tanah dan batuan di daerah kajian. Struktur geologi yang dijumpai di daerah kajian berupa bidang lapisan batuan, kekar gerus, kekar tarik dan bidang kontak intrusional. Struktur kemiringan lapisan batuan dan kekar yang intensif dijumpai pada batulempung-batupasir Formasi Halang. Struktur ini mempercepat pelapukan pada batulempung-batupasir hingga membentuk tanah tebal. Intrusi andesit berjenis sill atau dyke yang lebih muda menciptakan zona ubahan batuan dan menciptakan pembebanan pada batulempung. Hal-hal tersebut merupakan factor internal yang menyebabkan longsor di daerah kajian.

Kata Kunci

Struktur, lapisan, kekar, formasi, tanah, intrusi

1. PENDAHULUAN

Daerah kajian (Gambar 1) yang berada di bagian tengah Pulau Jawa secara umum merupakan daerah yang memiliki kemungkinan kejadian bencana longsor lebih tinggi daripada daerah lain di utara dan selatan Pulau Jawa. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, seperti kondisi geologi alamiah yang mendukung (batuan, kelerengan dan struktur geologi), curah hujan yang tinggi dan kepadatan penduduk dan penggunaan lahan yang kurang sesuai. Inventarisasi dan penelitian harus terus dilakukan untuk mengurangi resiko dan dampak negatif bencana longsor yang masih akan terjadi di masa datang. Pemahaman masyarakat terhadap kondisi geologi daerah yang ditempatinya perlu dilakukan guna meningkatkan kesiapsiagaan warga terhadap ancaman longsor di lingkungannya.

Tanah Longsor atau gerakan tanah dapat merusak jaringan jalan, pipa dan kabel baik akibat gerakan dibawahnya atau karena penimbunan material hasil longsoran [1]. Gerakan tanah yang berjalan lambat juga dapat menyebabkan penggelembungan (*tilting*) dan bangunan tidak dapat digunakan. Rekahan pada tanah/batuan menyebabkan fondasi bangunan terpisah dan menghancurkan utilitas lainnya didalam tanah. Runtuhan lereng yang tiba-tiba dapat menyeret rumah/permukiman turun jauh dibawah lereng.

Bencana tanah longsor/gerakan tanah dari tahun ke tahun semakin sering terjadi di Indonesia, khususnya pada saat musim hujan [2]. Kondisi tektonik di Indonesia yang membentuk morfologi tinggian, patahan, batuan vulkanik yang mudah lapuk serta ditunjang dengan iklim di Indonesia yang berupa tropis basah, sehingga menyebabkan potensi tanah longsor menjadi makin tinggi. Hal ini ditunjang dengan adanya degradasi perubahan tataguna lahan yang menyebabkan bencana tanah longsor menjadi semakin meningkat.



Gambar 1. Daerah kajian di bagian tengah Pulau Jawa bagian tengah

Berdasarkan pada hasil kajian [3] menyebutkan bahwa kejadian-kejadian bencana alam selama ini telah banyak menimbulkan kerugian dan penderitaan yang cukup berat sebagai akibat dari perpaduan bencana alam dan kompleksitas permasalahan lainnya. Longsor merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh turunnya material tanah, regolith, dan batu dari atas bukit karena gravitasi [4]. Peristiwa ini seringkali menimbulkan korban jiwa dan kerusakan lingkungan ketika harus berinteraksi dengan kehidupan manusia yang berada di daerah tersebut.

2. GEOLOGI REGIONAL

2.1. Fisiografi (Geomorfologi Regional)

Secara fisiografi atau kenampakan bentang alam, lokasi penelitian termasuk dalam Antiklinorium Bogor-Kendeng [5]. Antiklinorium Bogor-Kendeng merupakan perlipatan besar yang terdiri atas lipatan-lipatan kecil penyusunnya yang berarah relatif barat-timur. Litologi penyusun bentang alam ini antara lain terdiri atas batuan-batuan berumur Tersier (puluhan juta tahun lalu) yang terlipat kuat dengan struktur-struktur geologi berupa patahan (*fault*) dan lipatan (*fold*).

2.2. Stratigrafi Regional/Urutan Batuan

Stratigrafi lokasi kajian longsor tersusun atas litologi/batuan gunungapi dan sedimen berumur Tersier [6]. Stratigrafi regional daerah penelitian dari tua ke muda seperti diuraikan sebagai berikut:

2.2.1. Formasi Rambatan (Tmr)

Tersusun atas batuan batupasir-gampingan dan konglomerat yang bersisipan dengan lapisan tipis napal dan serpih yang menempati bagian bawah satuan; sedangkan bagian atas terdiri dari batupasir gampingan berwarna abu-abu terang, sampai kebiruan, mengandung kepingan batuan beku andesit.

2.2.2. Formasi Kumbang (TmPk)

Tersusun atas breksi-gunungapi, lava, intrusi batuan beku, dan tuf bersusunan andesit sampai basal; batupasir tuf dan konglomerat, serta sisipan lapisan tipis magnetit. Satuan ini memiliki hubungan menjemari dengan Formasi Halang.

2.2.3. Formasi Halang (Tmph)

Tersusun atas batupasir-tufaan, konglomerat, napal, dan batulempung; di bagian bawah terdapat breksi berkomposisi andesit. Batupasir umumnya berupa wakestone. Batuan formasi ini diendapkan sebagai sedimen turbidit pada zona batial atas (laut dangkal).

2.3. Struktur Geologi Regional

Struktur geologi merupakan hasil dari tektonisme yang menyebabkan terbentuknya kelurusan-kelurusan patahan atau bentuk-bentuk lahan khas, seperti bentuk

tapal kuda perbukitan/lembah dan lain-lain. Beberapa struktur geologi regional [6] yang terdapat di sekitar lokasi bencana antara lain zona patahan dan perlipatan.

Secara regional daerah Sirau, Kecamatan Karangmoncol, 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 daerah kajian akibat gaya berarah Utara-Selatan. Struktur intrusional dan ketidakselarasan juga dijumpai di daerah ini. Batuan intrusi andesit dan diorite berkembang memotong batuan Tersier Formasi Rambatan dan Halang. Intrusi-intrusi ini terbentuk bersamaan dengan pembentukan batuan ekstrusif dan efusif pada Formasi Kumbang.

Bidang-bidang perlapisan batuan pada Formasi Halang (dibagian tengah) dan batuan Formasi Kumbang di atasnya memiliki perberbedaan kedudukan strike (jurus) dan dip (kemiringan). Batuan formasi Kumbang umumnya memiliki kecenderungan arah strike perlapisan Barat-Timur (E-W) dengan kemiringan ke selatan di sebelah selatan daerah kajian. Sementara bidang perlapisan pada Formasi Halang memiliki kedudukan yang lebih bervariasi. Perbedaan kedudukan perlapisan batuan sedimen ini terjadi karena adanya even tektonik atau vulkanik diantara kedua formasi. Kejadian ini mengakibatkan pembentukan kemiringan batuan pada waktu sebelum pembentukan Formasi Kumbang.

3. LONGSOR PADA FORMASI HALANG

Kejadian longsor di Dusun Pengungsan, Desa Sirau, dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang ada di lokasi bencana, antara lain: morfologi (kelerengan), litologi, struktur geologi, pelapukan, curah hujan, dan penggunaan lahan (Tabel 1). Faktor pengontrol terjadinya longsor pada suatu lereng dikelompokkan menjadi faktor internal dan eksternal [7]. 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 2. Kelerengan tinggi berpotensi longsor di Dusun Pengungsan.

Di lokasi bencana longsor Desa Sirau – Karang Moncol seperti halnya, lokasi rawan longsor lain, memiliki tingkat ketererangan yang tinggi (Tabel 1). Semakin tinggi ketererangan, potensi terjadinya gerakan tanah semakin besar, termasuk longsor. Pada tingkat ketererangan tertentu, lokasi tersebut tidak mungkin dijadikan sebagai tempat beraktifitas manusia (pemukiman dan pertanian) karena potensi longsor yang sangat tinggi (Gambar 2). Ketererangan yang tinggi menyebabkan lereng semakin tidak stabil. Potensi longsor akan bertambah jika lereng semakin “berat” karena kandungan air (dari hujan) atau penggunaan lahan (untuk pemukiman atau pertanian). Ketererangan yang besar bisa dikurangi dengan sistem terasering lereng, tapi tetap memiliki batas tertentu terasering sudah tidak mungkin lagi dilakukan.

Tabel 1. Kondisi daerah kajian berdasar pengamatan lapangan

Faktor Geologi	Jenis	Sebaran	Pengaruh
Morfologi	pegunungan	Tinggian di timur, lembah di barat	Arah gerakan material longsor ke barat
Litologi/batuan	Batupasir vulkanik perselingan batu lempung. Bongkah Andesit	Batuan sedimen di kaki lereng barat, andesit di sebelah timur	Bidang gelincir pada batuan sedimen di bawah
Struktur	Sesar, kekar, antiklin, lapisan batuan	Regional dan local di daerah kajian	Rekahan batuan intensif membentuk zona lemah
Air tanah	Air tanah dangkal di batuan dasar dekat sungai	Makin ke arah puncak makin dalam	Batuan di sebelah kaki lebih labil
Air permukaan	Aliran irigasi, Sungai	Irigasi persawahan di bagian atas	Resapan air irigasi di lereng menambah beban leereg
Kemiringan lereng	70° di bagian lembah (barat) 30° di bagian timur	Terjal di barat dan landau di timur	Bagian lembah sangat labil
Pelapukan	Membentuk soil tebal	Menebal ke arah barat pada batuan sedimen	Bagian barat lebih rawan
Curah hujan	Lebat pada musim hujan	100 mm/hari Merata di seluruh bagian	Membebani lereng
Penggunaan lahan	Sawah dan ladang	Sawah di barat (bawah) lading di timur (puncak)	Air di persawahan membebani lereng

Faktor lain penyebab longsor adalah komposisi litologi yang menyusun lokasi bencana berupa batuan dasar batupasir dan lempung Formasi Halang. 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.

Lahan pada lokasi bencana longsor umumnya dimanfaatkan oleh penduduk sekitar sebagai pemukiman dan pertanian sawah atau lading (Tabel 1). Gerakan tanah dan longsor umumnya terjadi pada titik-titik lokasi dengan ketererangan besar dan lahan pertanian dengan beberapa pemukiman. Keberadaan hasil aktifitas manusia tersebut akan membebani lereng. Ditambah dengan curah hujan yang tinggi, maka pada saat tertentu tidak kuat menahan beban akhirnya akan terjadi longsor atau gerakan tanah. Indikasi terjadinya gerakan tanah (walaupun belum terjadi longsor) antara lain adanya bangunan yang mengalami pergerakan

Pada titik-titik tertentu, terutama yang memiliki ketererangan besar, keberadaan bangunan (besar) dan lahan pertanian atau perkebunan perlu dikurangi untuk menghindari bencana gerakan tanah di masa datang. Pemilihan jenis-jenis vegetasi yang sesuai juga diperlukan untuk mengurangi resiko bencana longsor.

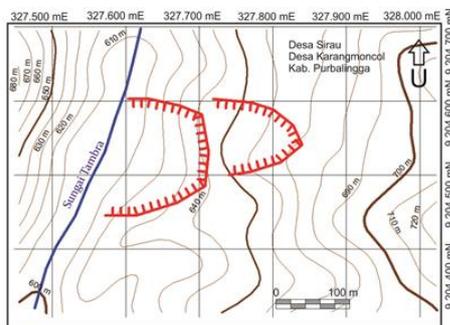
Curah hujan yang tinggi (Tabel 1) merupakan faktor utama penyebab terjadinya longsor [8]. Hujan yang terjadi pada saat terjadinya longsor adalah sebesar 100 mm/hari dengan tingkat intensitas lebat yaitu 16-22 mm/jam selama 5 jam. Tanah lapisan penutup merupakan tanah yang mudah meresapkan air (tanah 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, yaitu bencana yang disebabkan karena perubahan iklim dan cuaca [9]. Kejadian longsor di Kabupaten Purbalingga terjadi akibat adanya akumulasi curah hujan yang cukup tinggi pada beberapa hari terakhir sebelum kejadian [10].

Besar curah hujan yang tinggi di lokasi rawan longsor juga menjadi salah satu pemicu longsor selain faktor-faktor lain yang telah disebutkan di atas. Dari data curah hujan selama tahun 2019 di Jawa Tengah, diketahui bahwa, pada bulan-bulan September/Oktobre sampai April/Mei, rata-rata curah hujan dan jumlah hari hujan paling tinggi daripada bulan-bulan lain [11]. Pada bulan-bulan tersebut perlu kesiapsiagaan terhadap kejadian bencana tanah longsor harus lebih tinggi daripada pada bulan-bulan lain.

Berdasar peta kerentanan gerakan tanah suatu daerah dapat dikelompokkan dalam beberapa tingkat kerawanan [12]. Daerah dengan tingkat kerawanan rendah hingga sedang dapat dimanfaatkan sebagai

pemukiman, pertanian, dan perkebunan. Daerah dengan 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 tingkat kerawanan tinggi dapat dimanfaatkan sebagai hutan lindung atau pun hutan wisata.

Jenis longsor di daerah kajian adalah longsor rotasi dimana Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Menurut penelitian [13], kemungkinan faktor dominan pada tipe longsor rotasi adalah kemiringan lereng, kedalaman tanah, sesar dan infrastruktur. Tanah longsor di daerah kajian memiliki dimensi panjang kurang lebih 252 meter dan lebar 86 meter, dengan arah longsor kearah barat menuju sungai Tambra. Area longsor berada pada ketinggian 610 meter sampai 670 meter (Gambar3).



Gambar 3. Peta topografi dan sebaran arah ke barat longsor daerah kajian

4. STRUKTUR GEOLOGI

Salah satu faktor penyebab bencana longsor di daerah kajian adalah keberadaan struktur-struktur geologi (Tabel 2) yang ada di sekitar Desa Sirau-Karang Moncol, yaitu: patahan-patahan mendatar dan lipatan-lipatan (sinklin dan antiklin). 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 orde selanjutnya yang menyebabkan lahan lebih labil termasuk kejadian longsor.

Tabel 2. Karakter struktur geologi daerah kajian

Struktur Geologi	Jenis	Arah	Sifat
Sesar	Sesar geser kiri	Baratlaut-tenggara	regional
Lipatan	antiklin	Barat-timur Utara-selatan	regional
Rekahan/kekar	Gerus	bervariasi	Spasi rapat, rongga Rapat
	tarik	Utara-selatan	Rongga terbuka, terisi kalsit
Bidang lapisan	Batuan sedimen	Searah lereng	Retakan rapat

Faktor batuan yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor tidak hanya mencakup jenis dan kekerasan batuan saja, namun yang lebih penting adalah struktur batuan [14]. Batuan yang berlapis dengan kemiringan (*dip*) searah dengan arah sudut lereng akan mempunyai tingkat kerawanan yang tinggi. Batuan yang keras dan masih relatif segar pun dapat juga menjadi rawan longsor apabila ia miring searah lereng (Tabel 2) atau mempunyai banyak retakan (*joint*) yang searah dengan arah sudut lereng.

Batuan yang keras dan banyak 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 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. Atas dasar pengertian tersebut, maka penilaian kerawanan longsor biasanya didasarkan pada penilaian atas parameter morfometri lereng dan morfostruktur lereng.

Batulempung dan batulanau Formasi Halang sebagai batuan dasar daerah kajian memiliki sifat plastis dan telah mengalami banyak rekahan. Kondisi ini menyebabkan proses pelapukan kimia mampu menjangkau hingga bagian yang lebih dalam yang pada gilirannya akan menghasilkan lapisan tanah lapukan yang tebal.

Batuan beku andesit hadir di daerah kajian sebagai batuan intrusi baik berupa *sill* maupun *dyke*. Rombakan bongkah andesit hasil runtuh atau longsor purba juga dijumpai di bagian lereng. Kehadiran intrusi ini terupama *sill* dan endapan tallus/runtuhan menyebabkan lapisan tanah dan batulempung di bawahnya terbebani dan bergerak bila dipicu oleh hujan yang panjang.

Retakan batuan/*joint* berkembang intensif pada batuan dasar di daerah kajian. Kondisi ini berkaitan dengan struktur sesar besar, yang mengapit daerah kajian di selatan dan utara, yang berupa patahan mendatar megiri (sesar sinistral). Kondisi ini menyebabkan stabilitas lereng menjadi sangat labil, terlebih bila di atasnya terbebani oleh material tanah tebal, batuan lain atau rumah warga.

Rekahan tarik/*extentional joint* terbentuk dengan arah utara-selatan (Tabel 2) memotong batulempung dan batulanau di area longsor. Rekahan ini umumnya terisi oleh mineral kalsit yang berwarna putih. Kehadiran rekahan ini menyebabkan batuan dasar kurang stabil. Beberapa rekahan tanah terbentuk searah dengan rekahan ini.

5. KESIMPULAN

Jenis struktur geologi yang dijumpai di daerah Sirau-Karangmoncol-Purbalingga, berupa bidang perlapisan batuan, kekar gerus, kekar tarik dan bidang kontak intrusi. Struktur kemiringan bidang perlapisan dan kekar yang intensif dijumpai pada batulempung-batupasir Formasi Halang. Struktur ini telah mempercepat pelapukan pada batulempung-batupasir hingga membentuk struktur soil yang tebal. Intrusi andesit berjenis sill atau dyke yang lebih muda menciptakan zona ubahan batuan dan menciptakan pembebanan pada batulempung. Hal-hal tersebut merupakan factor internal batuan yang menyebabkan longsor di daerah kajian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesaikannya karya publikasi ilmiah ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada Departemen ESDM kantor Banjarnegara-Jawa Tengah (Pambudi, ST. MT) yang telah membantu dalam pengumpulan data lapangan. Terimakasih juga kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman (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 Zaenurrohmah, ST., M.Eng, Maulana Rizki Aditama, SSi., MSi dan Dr. Eko Bayu Purwasatriya, ST, MSi) yang telah membantu dalam proses penulisan makalah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman, A.Z., Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Manajemen Dan Kebijakan* Vol. 1, No. 1. Hal. 1-14, 2015.
- [2] Naryanto, H.S., Analisis Kejadian Bencana Tanah Longsor Tanggal 12 Desember 2014 Di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Kecamatan karangkobar, Kabupaten banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah, *Jurnal Alami* (ISSN : 2548-8635), Vol. 1, No. 1. Hal. 1-10, 2017.
- [3] Rahman, A.Z., Kapasitas Daerah Manjarnegara Dalam Penanggulangan Bencana Alam Tanah Longsor, *Jurnal Ilmu Sosial*, Vol. 16, No. 1. Hal 1-8, 2017.
- [4] Permanajati, I. dan Iswahyudi, S., Zona Pelapukan Sebagai Pengontrol Longsoran Di Daerah Jingsang Dan Sekitarnya, Purbalingga. *The 8th University Research Colloquium 2018*, UMP, Purwokerto, 2018.
- [5] Van Bemmelen, *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, *General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, Government Printing Office, The Hague, 1949.
- [6] Duri, M., Samodra, H., Amin, T.C. dan Gafoer, S., *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal*, Jawa, Direktorat Geologi Lingkungan, Bandung, 1995.
- [7] Widagdo, A., Jati, I.P., Waluyo, G., Purwasatriya, E.B. dan Suwardi, *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, 2014.

- [8] Hidayat, R., Sutanto, S.J. dan Munir, M.D., *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, 2016.
- [9] Susanti, P.D., Miardini, A. dan Harjadi, B., *Analisis Kerentanan Tanah Longsor Sebagai Dasar Mitigasi Di Kabupaten Banjarnegara*, *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Vol. 1. No.1. Hal. 49-59, 2017.
- [10] Harmoko, H.S.W., *Analisis Kejadian Banjir dan longsor Di Wilayah Kabupaten Purbalingga Propinsi Jawa Tengah*. Badan Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika Stasiun Klimatologi Kelas I Semarang, 2018.
- [11] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, *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/ban-yak-curah-hujan-dan-hari-hujan-menurut-bulan-di-provinsi-jawa-tengah-2019.html>, 2020.
- [12] Arrisaldi, T. dan Hidayat, R., *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*, 2017.
- [13] Susanti, P.D. dan Miardini, A., *Identifikasi Karakteristik dan Faktor Pengaruh pada Berbagai Tipe Longsor*, *Jurnal Agritech*, Vol. 39 No. 2, Hal 97-107, 2019.
- [14] Priyono, K.D. dan Priyono, *Analisis Morfometri dan Morfostruktur Lereng Kejadian Longsor Di Kecamatan Banjarmangu*, *Forum Geografi*, Vol. 22, No. 1, hal. 72 – 84, 2008.