

ANALISIS POTENSI BENCANA ALAM LONGSORLAHAN

Copyright © 2020 – Dr. Suwarno, M. Si

Penulis : Dr. Suwarno, M. Si

Editor : Drs. Sutomo

Cover : Adji

Penata Letak : Vian

CP. UM029-2019

. ISBN : 978-623-7438-55-7

Cetakan pertama, Januari 2020

Diterbitkan oleh:

CV CENDEKIA PRESS

NIB : 8120107982776

Komp. GBA Barat Blok C-4 No. 7 Bandung

Email : penerbitbuku720@gmail.com

Website : www.penerbitbuku.id

Anggota IKAPI

Hak cipta dilindungi undang-undang pada penulis, dan hak penerbitan pada CV Cendekia Press. Dilarang memperbanyak tulisan ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari Penerbit.

DAFTAR ISI

BAB 1

PENGANTAR	1
------------------------	----------

BAB 2

BENCANA ALAM	8
A. Potensi Bencana Alam	8
B. Longsorlahan	10
C. Metode Pengurangan Potensi Longsorlahan Metode Vegetatif	15

BAB 3

PENDEKATAN GEOMORFOLOGIKAL	17
---	-----------

BAB 4

KASUS 1:

POTENSI BENCANA ALAM LONGSORLAHAN DENGAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGIKAL DI SUB DAS KALI ARUS KABUPATEN BANYUMAS	22
A. Lokasi Penelitian	23
B. Metode Penelitian	26
C. Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Kerawanan Longsorlahan	32
D. Risiko Longsorlahan	34

BAB 5

KASUS 2:

PENGENDALIAN LONGSORLAHAN DENGAN

METODE VEGETATIF DI SUB DAS KALI ARUS

KABUPATEN BANYUMAS 46

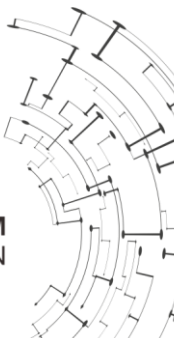
A. Metode Penelitian 46

B. Karakteristik dan Kualitas Lahan 53

C. Kelas Kesesuaian Lahan untuk Berbagai Tanaman 63

BAB 6

PENUTUP 78



PENGANTAR

Indonesia dilihat dari sudut pandang geologi adalah negara kepulauan yang terbentuk oleh penunjaman tiga lempeng besar dunia. Ketiga lempeng besar dunia tersebut adalah lempeng samudera Hindia-Australia, lempeng Samudera Pasifik, dan lempeng Benua Eurasia. Penunjaman ketiga lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya jalur-jalur gunungapi, gempa, dan jalur pegunungan, oleh karena itu kepulauan Indonesia tidak stabil. Ketidakstabilan tersebut menyebabkan Indonesia banyak terjadi bencana alam yang salah satunya adalah longsorlahan.

Seperti yang dijelaskan Bappenas (2006), bahwa pada bagian selatan dan timur, secara geografis di Indonesia terdapat sabuk vulkanik (*vulkanic arc*) yang memanjang di mulai dari Pulau Sumatera – Nusa Tenggara – Sulawesi, dan sisanya berupa pegunungan vulkanik tua dan dataran rendah yang sebagian besar didominasi oleh rawa-rawa. Kondisi yang demikian sangat berpotensi sekaligus rawan untuk terjadinya bencana seperti letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor.

Kerawanan terjadinya bencana di Indonesia menurut Wikantiyoso (dalam Santoso dkk., 2015) secara geologis memiliki potensi yang besar, khususnya pada beberapa bagian wilayah yang berada pada jalur patahan lempeng Eurasian (Asia, Pasifik dan Australia) dan garis circumstance, yaitu garis potensi bencana

gunung berapi yang membentang di sepanjang Asia, Pasifik dan Amerika yang melewati daerah Indonesia.

Sebagai negara kepulauan, Indonesia mempunyai karakteristik geografis beragam baik secara tatanan tektonik, dinamika meteorologis, maupun klimatologis yang rawan terhadap bencana alam (Murdiyanto dan Tri Gutomo 2015). Selama satu abad terakhir (1907-2007), sebuah riset yang dilakukan oleh CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) menunjukkan, bahwa di Indonesia telah terjadi bencana alam besar sebanyak 343 kali. Secara keseluruhan, bencana tersebut telah menelan korban jiwa sebanyak 236.543 orang dan menyentuh 2.639.025 penduduk. Daerah Indonesia beresiko terjadi bencana alam, dan telah menjadi bagian dari sejarah serta menjadi isu aktual. Salah satu penyebab karena wilayah Indonesia dilalui oleh dua jalur gunung berapi dunia, sirkum pasifik (Pacific ring of fire) dan sirkum Mediterania yang melintasi wilayah Pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, hingga Sulawesi Utara

Bencana berdasarkan penyebabnya dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu bencana yang disebabkan oleh alam, bencana yang disebabkan oleh non alam, dan bencana yang disebabkan oleh manusia. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor (UU No 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, pasal 1 ayat 2).



Menurut BNPB, kejadian letusan gunung berapi adalah kejadian bencana yang paling banyak menimbulkan korban dan kerugian material, tetapi bencana banjir dan tanah longsor juga menyebabkan kerugian baik jiwa maupun harta benda yang tidak sedikit.

Potensi bencana alam adalah suatu wilayah yang rawan atau mudah untuk terjadinya bencana (Suwarno, 2013). Salah satu bentuk bencana alam yang menyebabkan banyak kerugian, bahkan memakan korban adalah longsorlahan. Longsorlahan seperti yang dijelaskan Havenitha dkk., (2015) adalah gerakan tanah atau material pecahan batuan yang menuruni lereng dengan bidang gelincir lurus atau lengkung yang disebabkan oleh pengaruh grafitasi. Kejadian longsorlahan dan kerapatan longsorlahan dapat dipengaruhi oleh kondisi morfologi dan geologi.

Menurut Kevin Roback dkk, (2017) mengatakan Kondisi morfologi yang berpengaruh pada kejadian longsorlahan adalah lereng dan bentuk morfologi perbukitan atau pegunungan. Kondisi geologi terutama batuan penyusun dan struktur perlapisan batuan lebih banyak berpengaruh terhadap kejadian longsorlahan. Longsorlahan banyak terjadi pada satuan bentuklahan struktural yang berbatuan batupasir dan tuffa, dengan lereng curam.

Sementara itu Luigi Borrelli, dkk (2014) memaparkan bahwa bahan sedimen Tersier dari kombinasi pasir dan lempung memiliki intensitas longsorlan paling tinggi. Kejadian longsorlahan disamping dipengaruhi kondisi morfologi dan geologi, menurut

Yu-Shu Kuo dkk, (2012) faktor curah hujan yang tinggi juga dapat memicu kejadian longsorlahan. Tingkat kepadatan dan kejadian longsorlahan banyak terjadi pada rerata curah hujan bulanan tinggi dan berlangsung lama.

Daerah Aliran Sungai atau yang biasa disingkat DAS merupakan ekosistem, di mana unsur organisme dan lingkungan biofisik serta unsur kimia berinteraksi secara dinamis dan di dalamnya terdapat keseimbangan inflow dan outflow dari material dan energi. Bagian hulu dan hilir DAS mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Aktivitas perubahan tataguna lahan dan atau pembuatan bangunan konservasi yang dilaksanakan di daerah hulu dapat memberikan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit air dan transport sedimen serta material terlarut lainnya. Adanya bentuk keterkaitan daerah hulu–hilir seperti tersebut di atas, maka kondisi suatu DAS dapat digunakan sebagai satuan unit perencanaan sumberdaya alam termasuk pembangunan yang berkelanjutan (Santoso, 2012).

Berdasarkan Undang - Undang Sumberdaya Air, Nomor 7 Tahun 2004, maka yang dimaksud Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktifitas daratan.

Pentingnya posisi DAS sebagai unit perencanaan yang utuh merupakan konsekuensi logis untuk menjaga kesinambungan

pemanfaatan sumberdaya hutan, tanah dan air. Kurang tepatnya perencanaan dapat menimbulkan adanya degradasi DAS yang mengakibatkan bencana banjir dan tanah longsor seperti yang dikemukakan di atas. Dalam upaya menciptakan pendekatan pengelolaan DAS secara terpadu, diperlukan perencanaan secara terpadu, menyeluruh, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dengan mempertimbangkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan. Dengan demikian, bila ada bencana banjir dan tanah longsor, penanggulangannya dapat dilakukan secara menyeluruh yang meliputi DAS mulai dari daerah hulu sampai hilir.

Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS) Kali Arus yang berhulu di jalur pegunungan Serayu utara dan bermuara pada Sungai Tajum. Sub DAS ini dapat lihat dari kondisi geomorfologi terbagi atas bentukan struktural, vulkanik dan denudasional. Ketiga bentukan ini memiliki karakteristik yang berbeda, pada bentukan struktural tersusun atas batuan sedimen yang berumur Tersier, bentukan vulkanik banyak tersusun atas material vulkanik lepas-lepas seperti lahar, sedang bentukan denudasional karena telah banyak dihancurkan oleh proses eksogen. Wilayah yang tersusun atas material lepas seperti lahar andesit gunungapi dan batuan sedimen yang berumur Tersier mudah terjadi longsorlahan (Suwarno, 2014). Longsorlahan adalah salah satu bentuk dari gerak massa (Thornbury, 1954).

Suwarno dan Sutomo, (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kerawanan, kejadian longsorlahan, dan mengetahui faktor-faktor dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan. Hasil penelitian bahwa Sub-DAS Logawa

terbagi atas tiga kelas kerawanan longsorlahan yaitu kelas rendah, kelas sedang, dan kelas tinggi. Kelas kerawanan longsorlahan sedang memdominasi daerah penelitian yaitu sebesar 67,19 %, untuk kelas kerawanan rendah seluas 20,22 %, dan kelas kerawanan tinggi seluas 12,59 %. Kejadian longsorlahan 58 % terjadi di satuan bentuklahan asal struktural, karena pada satuan bentuklahan ini batuan dasar telah banyak mengalami pelapukan sehingga membentuk zona lapukan yang dalam dengan solum tanah tebal. Zona lapukan dalam dan solum tanah tebal menyebabkan kemampuan untuk menahan air cukup tinggi, maka berakibat pada stabilitas lereng terganggu. Pada satuan bentuklahan asal gunungapi longsorlahan terjadi pada satuan bentuklahan yang berbatuan breksi dan terletak pada tekuk lereng atau lembah.

Suwarno dan Sutomo, (2017) menjelaskan bahwa tujuan dari penelitian yang dilakukan di Sub-Das Logawa adalah mengetahui kelas risiko longsorlahan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa di daerah penelitian terbagi dalam dua kelas risiko longsorlahan yaitu kelas rendah dan sedang. Luas masing-masing kelas risiko adalah untuk kelas risiko rendah seluas 1.234,05 ha atau 10,61 % dan luas kelas risiko sedang seluas 10.394,77 ha atau 89,39 %.

Adapun keutamaan hasil dari kajian ini dapat dilihat dari tiga aspek, yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan. Manfaat ekonomi, bencana alam berdampak pada rusaknya bangunan, pertanian, maupun kehilangan jiwa. manfaat secara ekonomi dapat mengurangi dampak dan kerugian harta benda maupun



kehilangan jiwa. Manfaat social adalah secara psikologis masyarakat akan lebih tenang kehidupannya karena tahu hidup di wilayah rawan. Manfaat lingkungan, adalah kelestarian lingkungan akan lebih terjaga karena mereka sadar sehingga akan lebih berupaya untuk melestarikan lingkungannya.



BAB 2

BENCANA ALAM

A. Potensi Bencana Alam

Pada umumnya, istilah bencana lebih erat kaitannya dengan peristiwa yang disebabkan oleh peningkatan aktivitas alam yang dapat mengancam kehidupan manusia. Semisal, gempa bumi, letusan gunung api, banjir, tanah longsor dan serentetan kejadian alam lainnya membawa ancaman hilangnya harta benda, bahkan sampai nyawa. Terlebih lagi, kejadian tersebut juga dapat berdampak bagi kondisi psikologis dan ekonomi bagi para korbannya. Dengan ancaman dampak yang serupa, masih ada bencana lain yang juga mengancam kehidupan manusia. Aktivitas manusia dan perkembangan teknologi turut andil terhadap kejadian bencana, yang mana didefinisikan sebagai bencana non alam dan bencana sosia (Putri & Atmaja, 2017).

UU RI No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana Bab I pasal 1 menjelaskan yang dimaksud bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.



Berdasarkan faktor penyebabnya bencana dibagi menjadi tiga yaitu bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.

Sementara itu, potensi bencana alam adalah suatu wilayah yang rawan atau mudah untuk terjadinya bencana (Suwarno, 2013). Rawan bencana adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomoi, dan teknologi pada suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu (UU RI No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana Bab I pasal 1).

Wilayah yang berpotensi untuk terjadi bencana gerak massa memiliki kenampakan sebagai berikut: tebing sungai yang mengalami *under cutting*, adanya massa tanah yang banyak pada tebing, adanya retakan pada tebing, permukaan *humocky* pada bagian bawah tebing karena longsor atau rayapan, zone rembesan pada lereng terjal, cekungan berair dan memanjang

pada lereng, alur-alur pengaturan yang rapat, akumulasi bahan rombakan lereng pada kaki lereng, adanya alur-alur kerona cerah karena tumbuhan belum tumbuh kembali, dan perubahan rona yang tegas dari recah ke gelap pada lereng terjal karena beda lengas tanah (Hintzer, 1983 dalam Suharini dan Palangan, 2014).

B. Longsorlahan

Bencana tanah longsor sering terjadi di Indonesia dan telah banyak merugikan masyarakat dengan kehilangan harta, bahkan merenggut nyawa dalam jumlah yang tidak sedikit. Salah satu faktor utama penyebab terjadinya tanah longsor adalah kondisi topografi Indonesia yang banyak terdapat kontur pegunungan (Apriyono, 2009).

Berdasarkan data yang dihimpun Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral (2003), setiap tahun beberapa wilayah Indonesia mengalami lonsor lahan. Lonsor lahan tersebut menyebabkan kerugian materi dan juga korban jiwa. Kejadian longsor lahan umumnya berskala kecil tidak sehebat gempa bumi, letusan gunung api, dan tsunami sehingga perhatian pada masalah ini kurang dan bahkan dalam perencanaan pembangunan kurang diperhatikan (Nasiah dan Ichsan 2014).

Thornbury dalam (Nasiah dan Ichsan 2014), menjelaskan longsor lahan sebagai gerakan massa dari rombakan batuan yang tipe gerakannya meluncur atau menggeser (sliding/slipping), berputar (rotational) yang disebabkan oleh gaya gravitasi sehingga gerakannya lebih cepat dan kandungan airnya lebih sedikit.



Sementara itu, Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan (1981) longsor lahan yaitu suatu produk gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan bergerakanya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gerakan ini dapat terjadi pada tanah/batuan yang hambatannya lebih kecil dibandingkan berat massa tanah/batuan itu sendiri.

Menurut Suryolelono (2002), dalam Apriyono (2009), menjelaskan tanah longsor merupakan fenomena alam yang berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar yang menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan geser tanah. Pengurangan parameter kuat geser tanah disebabkan karena bertambahnya kadar air tanah dan menurunnya ikatan antar butiran tanah. Sedangkan tegangan geser tanah meningkat akibat meningkatnya berat satuan tanah.

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentukan lereng berupa bebatuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut bergerak ke bawah atau ke luar lereng. Pada prinsipnya, tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah bebatuan (Murdiyanto dan Tri Gutomo 2015).



Longsor (*landslide*), seperti yang dijelaskan Arsyad, dikutip Nasiah dan Ichsan (2014), adalah suatu proses perpindahan tanah atau batuan dengan arah miring dari kedudukan semula, sehingga terpisah dari massa yang mantap karena pengaruh gravitasi dengan gerakan berbentuk rotasi dan translasi, selain dari pada itu longsor juga biasa diartikan sebagai suatu bentuk erosi yang pengangkutan dan pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat dalam volume yang besar. Longsor ini berbeda dari bentukbentuk erosi lainnya, pada longsor pengangkutan tanahnya terjadi sekaligus. Longsor terjadi karena meluncurnya suatu volume tanah di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air, lapisan tersebut yang terdiri dari liat atau mengandung kadar liat tinggi yang setelah jenuh air berfungsi sebagai rel

Lebih lanjut Arsyad menjelaskan syarat-syarat terjadinya longsor. ia menjelaskan bahwa terdapat tiga syarat untuk terjadinya longsor yaitu : 1) Lereng cukup curam, sehingga volume tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah. 2) Terdapat lapisan di bawah permukaan tanah yang agak kedap air dan lunak yang berfungsi sebagai bidang luncur. 3) Terdapat cukup air dalam tanah, sehingga lapisan tanah tepat di atas lapisan kedap air tersebut sehingga lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh. Lapisan kedap air juga biasanya terdiri dari lapisan liat yang tinggi, atau juga lapisan batuan, napal liat (*clay shale*).



Varnes (1978) sebagaimana dikutip Kuncoro, dkk, (2017) membagi jenis longsor menjadi beberapa klasifikasi, yaitu:

1. Longsor luncuran (slide) disebabkan oleh memisahkannya bagian tanah yang lemah dari bagian tanah yang kokoh. Longsor luncuran ini dibagi menjadi 3 jenis yaitu rotational slide, block slide dan translational slide. Rotational slide merupakan jenis longsor luncuran yang arah luncurannya paralel dengan permukaan tanah, dan bekasnya membentuk semacam lengkungan pada permukaan tanah. Block slide merupakan jenis longsor luncuran yang arah luncurannya lurus namun materialnya berukuran halus sampai bongkah. Sedangkan translational slide merupakan longsor yang bergerak sepanjang bidang planar dari permukaan tanah.
2. Longsor jatuhan (rockfall) merupakan jenis longsor yang biasanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan kelerengan. Material yang dibawa biasanya berupa bongkahan batu. Longsor jenis ini biasa terjadi di sepanjang zona lemah akibat adanya kekar atau sesar.
3. Longsor runtuh (topples) disebabkan oleh adanya pengaruh gravitasi dan rekahan yang membesar sehingga mengakibatkan struktur tanah tersebut kehilangan daya tahannya dan runtuh ke arah depan.
4. Longsor aliran, longsor jenis ini dibagi menjadi 5 subjenis yaitu; a) debris flow: terdiri dari >50% material-material halus seperti pasir lepas, material organik yang dikontrol oleh aliran air yang cepat dan kelerengan miring. b) debris avalanche, masih bagian dari debris flow namun lebih cepat, c) earth flows, hasilnya berbentuk seperti jam pasir. Di bagian atas



membentuk semacam depresi pada area awal permukaan dan mengalir kemudian di bagian deposisional membentuk semacam kipas. d) mud flow, jenis longsor aliran yang materialnya >50% berukuran pasir, lanau hingga lempung yang pergerakannya didominasi oleh aliran air yang deras. e) creep, longsor jenis ini terjadi perlahan-lahan dan menghasilkan deformasi permanen pada tanah.

5. Longsor melampar (spread) sangat jarang terjadi karena biasanya longsor jenis ini terjadi pada kelerengan yang landai hingga datar dan bergerak secara lateral. Longsor jenis ini biasa terjadi pada material lepas, material sedimen yang kehilangan gaya kohesinya, serta pada material yang semula padat lalu perlahan menjadi lumpur akibat terlalu banyak menyerap air.

Suwarno, (2014) menjelaskan bahwa longsorlahan banyak terjadi pada satuan bentuklahan struktural yang berbatuan batupasir dan tuffa, dengan kelas lereng IV (25 % - 40 %). Longsorlahan sering terjadi dan mempunyai kerapatan tinggi dijumpai pada medan kaki lereng bergelombang yang tertoreh moderat dan kuat, bentuklahan vulkanik pada lereng atas, serta sisi lereng lembah dan kerucut vulkanik. Bahan sedimen Tersier dari kombinasi pasir dan lempung memiliki intensitas longsorlan paling tinggi (Barus,1999; Arifin, dkk., 2006). Carrara,*et al.* (2003) menyatakan bahwa kejadian longsorlahan banyak terjadi pada rerata curah hujan bulanan antara 250 – 300 mm. Z[^]ezere, *et al.* (2008) longsorlahan terbanyak terdapat pada curah hujan 300 – 350 mm/40 hari atau 225 – 262,5 mm/bulan.



C. Metode Pengurangan Potensi Longsorlahan Metode Vegetatif

Metode pengurangan potensi kejadian longsorlahan antara lain dengan cara fisik maupun non fisik. Metode pengurangan kejadian longsorlahan secara non fisik adalah dengan cara vegetatif. Menurut Paimin dkk, (2009), teknik pengurangan kejadian longsorlahan dengan metode vegetatif harus dibedakan antar bagian lereng yaitu bagian kaki, tengah, dan bagian lereng atas. Metode ini bertujuan untuk menjaga kestabilan lereng dan diutamakan pada kaki lereng. Persyaratan tanaman atau vegetasi untuk pengendalian kejadian longsorlahan adalah dengan tanaman yang memiliki ciri atau sifat perakaran dalam, perakaran rapat dan mengikat agregat tanah, dan bobot biomasnya ringan.



Kerapatan tanaman untuk lahan yang rawan longsorlahan dalam penanamannya harus diatur pada masing-masing bagian lereng. Kerapatan tanaman pada kaki lereng paling rapat atau standar kerapatan tanaman, untuk lereng tengah agak jarang atau setengah standar, dan untuk lereng atas jarang atau seperempat standar. Pada kerapatan yang jarang di sela-sela tanaman utama diisi dengan tanaman penutup tanah dengan drainase baik. Pada bagian tengah dan atas lereng diupayakan perbaikan sistem drainase baik internal maupun eksternal sehingga air yang masuk ke dalam tidak terlalu besar. Masuknya air yang tidak terlalu besar akan dapat menurunkan tingkat kejenuhan air pada tanah yang terletak di atas lapisan kedap air, sehingga dapat mengurangi beban lereng. Metode vegetatif yang menggunakan tanaman dengan perakaran kuat akan menguatkan stabilitas tanah yang dapat untuk mencegah erosi untuk mitigasi dari dampak longsorlahan (Highland, 2008)..



PENDEKATAN GEOMORFOLOGIKAL

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari bentuklahan di permukaan bumi, dengan penekanan pada sifat-sifat alami, proses perkembangannya, komposisi material penyusun, serta hubungan antar proses dan bentuklahan tersebut (Suharini dan Palangan, 2014). Zuidam dan Zuidam Cancelado, 1978 mendefinisikan geomorfologi adalah ilmu yang mendeskripsi bentuklahan dan proses serta mencari hubungan antar bentuklahan dan proses dalam susunan keruangan. Bentuklahan adalah kenampakan medan yang dibentuk oleh proses alami yang mempunyai komposisi tertentu dan julat karakteristik fisik dan visual tertentu (Mangunsukarjo, 1984 dalam Worosuprojo, 2002).

Geomorfologi adalah studi tentang bentuklahan (Lobeck, 1939). Klasifikasi bentuklahan berdasarkan genesis yaitu bentuklahan asal proses vulkanik, struktural, fluvial, solusional, denudasional, eolin, marin, glasial, organik, dan antropogenik (Verstappen, 1983). *Landform* atau bentuklahan merupakan permukaan bumi dengan relief khas karena pengaruh kuat dari struktur kerak bumi dan proses alam. Peta geomorfologi memiliki penekanan pada representasi yang benar dari bentuk lahan dalam bidang atau relief dengan garis kontur dan atau bayangan bukit (Verstappen, 1983). Peta geomorfologi berperan dalam memberikan informasi kondisi fisik dan proses alami yang bekerja pada bentanglahan (Rahma & Mardiatno. 2018).

Pernyataan yang sama juga diungkapkan Bates, R.L dan Jackson, J.A (1987) didalam Glossary of Geology, seperti dikutip Bermama (2006), menyebutkan bahwa geomorfologi adalah ilmu pengetahuan yang menelusuri bentuk umum permukaan bumi, khususnya mempelajari klasifikasi, penentuan, pembentukan dan perkembangan bentuk-lahan sekarang serta hubungannya terhadap struktur dan perubahan sejarah yang yang ditunjukkan oleh kenampakan permukaan bumi tersebut. Istilah khusus diterapkan pada penafsiran genetika bentuk-lahan, yang ditujukan terhadap bentuk-lahan akibat erosi dan pengendapan.

Pemetaan geomorfologi, seperti yang dijelaskan (Verstappen, 1983) seperti yang dikutip Rahma dan Mardiatno (2018).dapat digunakan sebagai sumber informasi dan acuan dasar dalam analisis kerawanan bencana banjir dan longsor. Pemetaan geomorfologi merupakan instrumen penguatan kajian murni dan sistematis geomorfologikal karena kekayaan informasi tematik dalam peta geomorfologikal analitis. Selanjutnya, dinyatakan juga bahwa pemetaan geomorfologikal untuk tujuan klasifikasi kerawanan bencana membantu pengambilan kebijakan dan perencanaan.



Dengan demikian, secara tegas, geomorfologi mempelajari hal yang berhubungan dengan bentuk bumi (termasuk geodesi, struktur dan geologi dinamik). Pemakaian istilah ini sangat umum digunakan di Eropa, karena istilah ini digunakan secara luas pada ilmu kebumihan. Pernyataan tersebut mencerminkan bahwa peran geomorfologi untuk analisis dan rekonstruksi geologi menjadi sangat penting untuk dipahami oleh para ahli geologi (Bermana, 2006).

Aspek kajian geomorfologi dalam mendeskripsi bentuklahan dan proses tersebut menurut Verstappen (2014), terdiri atas 4 aspek utama yang meliputi;

- a) morfologi yang mempelajari tentang bentuklahan aktual meliputi morfografi dan morfometri,
- b) morfogenesis yang mempelajari proses-proses dan perubahan jangka pendek pada bentuklahan yang meliputi morfostruktur dan morfodinamik,
- c) morfokronologi yang mempelajari tentang perkembangan relief jangka panjang,
- d) morfoaraselement yang mempelajari hubungan ekologi bentanglahan antara geomorfologi dan disiplin ilmu yang berdekatan atau elemen lahan atau parameter lahan.



Aspek morfologi dapat digunakan untuk menyusun dan mengklasifikasikan daerah penelitian berdasarkan morfografi dan morfometri. Morfografi digunakan untuk mengklasifikasikan wilayah berdasarkan bentuk atau konfigurasi permukaan bumi secara kualitatif, sedang morfometri digunakan untuk menyatakan ukuran-ukuran dari morfometri tersebut secara kuantitatif. Berdasarkan aspek morfologi tersebut dapat digunakan untuk mempelajari aspek morfogenesis. Longsorlahan merupakan salah satu kajian morfogenesis yang mana longsorlahan dapat mempercepat berkembang dan perubahan morfologi. Pendekatan untuk survei longsorlahan dapat menggunakan pendekatan analitik dan sintetik. Pendekatan analitik akan menekankan pada konsep morfologi dan morfogenesis, sedang pendekatan sistetik menekankan pada hubungan antara proses dengan aspek fisik lainnya seperti batuan, relief, dll.



Pendekatan dalam survei geomorfologi menurut Verstappen (2014), terdiri atas tiga pendekatan yaitu:

- a) pendekatan analitik, yang menekankan pada konsep morfologi, morfogenesis, morfokronologi, dan morfoarangemen, hasil dari survei ini diperoleh inventarisasi data geomorfologi detail yang tercermin pada satuan bentuklahan,
- b) pendekatan sintetik atau holistik menekankan pada aspek bentuklahan, relief, proses, geologi atau litologi, tanah, hidrologi, penggunaan lahan dan iklim, sedang hasil dari pendekatan ini adalah berupa hubungan satuan bentuklahan dengan kelingkungan,
- c) pendekatan pragmatik bersifat terapan mempertimbangkan aspek lingkungan, lahan, atau bentuklahan dan bertujuan untuk pemecahan masalah secara praktis, misal permasalahan dalam kebencanaan alam.



KASUS 1:

**POTENSI BENCANA ALAM LONGSORLAHAN
DENGAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGIKAL DI
SUB DAS KALI ARUS KABUPATEN BANYUMAS**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji faktor-faktor dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsorlahan, menyusun model analog risiko bencana alam longsorlahan dengan menggunakan pendekatan geomorfologikal sintektik di daerah penelitian dan menganalisis factor-faktor dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsorlahan daerah penelitian.

Sedangkan kelebihan atau keunggulan hasil dari penelitian ini dapat dilihat dari tiga aspek, yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan.

a. Manfaat ekonomi

Bencana alam berdampak pada rusaknya bangunan, pertanian, maupun kehilangan jiwa, oleh karena itu manfaat secara ekonomi dapat mengurangi dampak dan kerugian harta benda maupun kehilangan jiwa yang diakibatkan oleh longsorlahan.

b. Manfaat sosial

Dampak setelah kejadian bencana bagi korban yang selamat adalah trauma, oleh karena itu secara psikologis

masyarakat akan lebih tenang kehidupannya karena tahu hidup di wilayah rawan, mengetahui bagaimana metode yang sesuai untuk mengurangi potensi bencana alam longsorlahan.

c. Manfaat lingkungan

Hasil dari penelitian ini adalah model analog potensi bencana alam longsorlahan dan metode yang sesuai untuk pengurangan potensi bencana alam longsorlahan. Kelestarian lingkungan akan lebih terjaga karena mereka sadar bahwa apabila lingkungan rusak maka bahaya atau bencana longsorlahan akan mengancam, maka lebih berupaya untuk melestarikan lingkungannya

E. Lokasi Penelitian

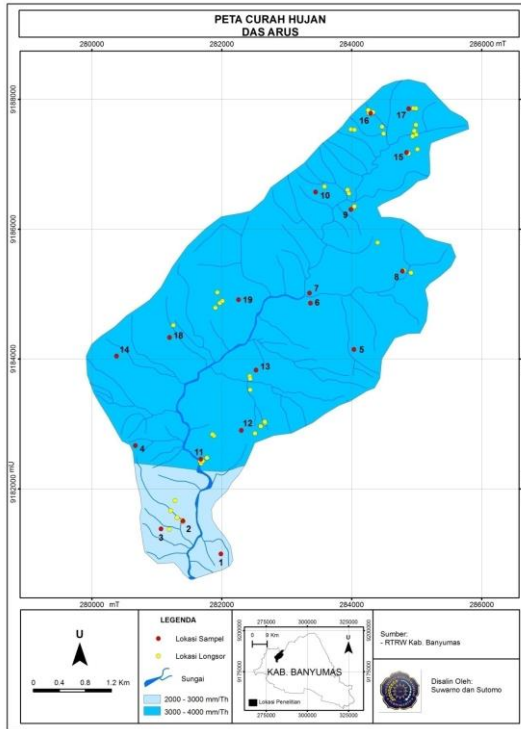
Lokasi penelitian terletak di SubDaerah Aliran Sungai Arus, secara administrasi terletak di sebagian Kecamatan Gumelar, dan Pekuncen Kabupaten Banyumas. Daerah penelitian terletak pada posisi astronomi $7^{\circ}20' 20,83''$ - $7^{\circ} 24' 30,56''$ LS dan $109^{\circ} 00' 21,52''$ – $109^{\circ}03' 34,21''$ BT.

Letak geografi Sub-Daerah Aliran Sungai Arus terletak di Kabupaten Banyumas, yang alirannya mengalir dari hulu yaitu dari utara (puncak perbukitan seraya utara) dan menuju ke hilir yaitu menuju ke selatan (bermuara di Sungai Tajum), Sub-Daerah Aliran Sungai Arus bentuklahannya berasal dari bentuklahan asal struktural.

Sementara itu, penentuan iklim di daerah penelitian mengacu pada penelitian Suwarno (2014) karena di daerah penelitian tidak terdapat stasiun meteorologi sehingga

menggunakan data stasiun terdekat. Stasiun meteorologi terdekat yaitu stasiun Pekuncen yang mana daerah penelitian berhimpitan dengan lokasi stasiun tersebut. Suwarno (2014) dalam penentuan iklim menggunakan klasifikasi iklim menurut Schmidt-Ferguson yang didasarkan pada banyaknya bulan basah dan bulan kering selama rerata waktu tertentu, maka tipe iklim daerah penelitian menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson adalah C (agak basah). Sebaran curah hujan tahunan yang tergambar pada isohyets dan banyaknya kejadian longsorlahan disajikan pada Gambar 5.1 berikut ini.





Berdasarkan Gambar 5.1 diatas dapat diketahui bahwa kejadian longsorlahan merata disemua wilayah. Hubungannya dengan besaran curah hujan maka kejadian longsorlahan terbanyak terjadi pada curah hujan 3000 – 4000 mm/tahun. Tabel 5.1 menyajikan luasan besaran curah hujan dan banyaknya kejadian longsorlahan.

Tabel 5.1 Luasan besaran curah hujan dan banyaknya kejadian longsorlahan.

NO	CURAH HUJAN	LUAS (ha)	TITIK LONGSOR	
			Jumlah	Persentase
1	3000 - 4000 mm/Th	1828,00	42	87,50
2	2000 - 3000 mm/Th	201,78	6	12,50
JUMLAH		2029,78	48	100,00

Sumber: Gambar 5.1

F. Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan metode survei yang meliputi kerja lapangan dan kerja laboratorium. Kerja lapangan yang dimaksudkan untuk menghitung besarnya potensi kerugian pada masing-masing bentuk penggunaan lahan dengan cara wawancara dengan masyarakat dan mengukur kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko longsorlahan. Kerja laboratorium meliputi edit, kode, tabulasi hasil wawancara untuk menghitung besar risiko bencana alam longsorlahan dengan menggunakan teknologi sistem informasi geografi serta untuk menyusun model analog risiko bencana alam longsorlahan. Analisis factor-faktor dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsorlahan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif.



1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan penelitian meliputi:

- a. Foto udara pankromatik hitam putih skala 1 : 50.000 tahun 1994,
- b. Peta Rupabumi Indonesia lembar Ajibarang, Paguyangan skala 1 : 25.000,
- c. Peta Geologi lembar Purwokero - Tegal skala 1 : 100.000,
- d. Citra satelit Spot 5 Kabupaten Banyumas tahun 2005.

Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian antara lain; GPS (*Global Positioning System*), Bor tanah, Palu geologi, Kompas geologi, Kamera, Stereoskop cermin, dan koesioner.

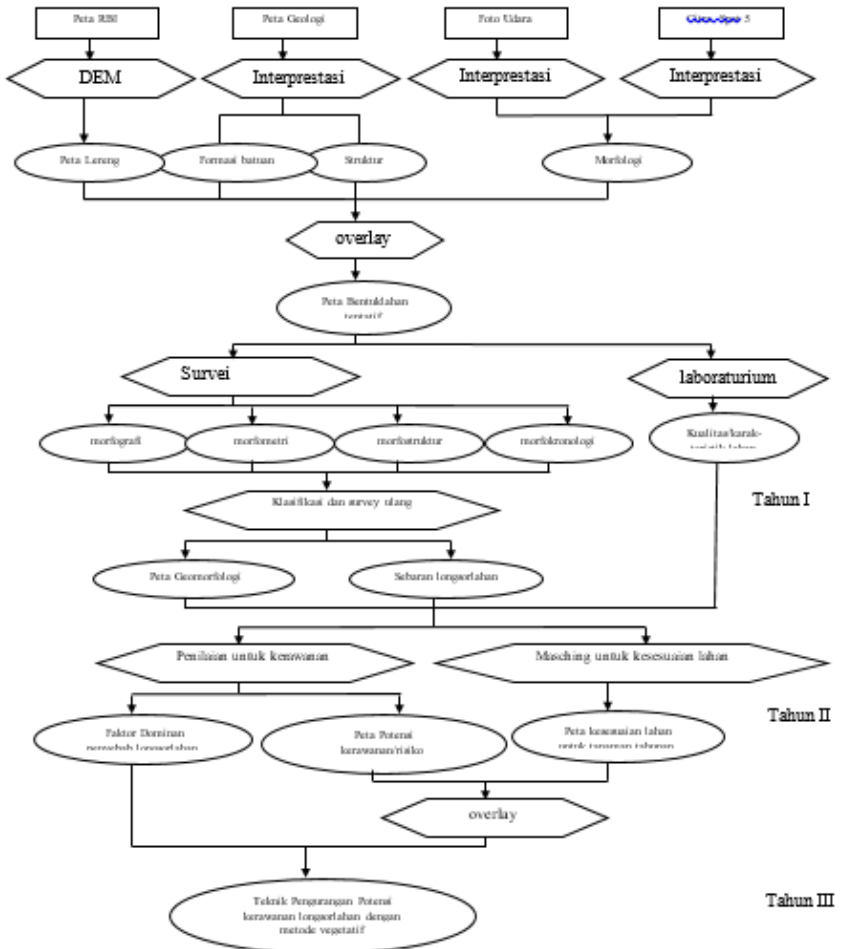


2. Jalannya Penelitian

Jalannya penelitian ini, secara garis besar terbagi dalam tiga bagian, yaitu: *Pertama*, pra kerja lapangan. Pada tahap ini untuk interpretasi foto udara atau satelit dan peta kerawanan. Hasil interpretasi tersebut dipadukan dengan peta administrasi untuk menyusun kerangka sampling yang digunakan untuk bahan acuan kerja lapangan yaitu untuk wawancara. *Kedua*, kerja lapangan. Dalam kerja lapangan ini dimaksudkan untuk mencari data-data baik data primer maupun sekunder untuk pengujian terhadap hasil interpretasi dari foto udara maupun dari peta-peta yang dilakukan di laboratorium. Survei lapangan yang dimaksud adalah melakukan wawancara untuk memperoleh data kerugian dari setiap bentuk penggunaan lahan dan kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko longsorlahan. Dan *ketiga*, analisa Laboratorium. Analisa laboratorium yang dimaksud adalah analisa data kerugian, data kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko dan peta kerawanan untuk menyusun kelas risiko longsorlahan.



Gambar 3.1 menyajikan diagram alir penelitian.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3. Variabel dan Data

Variabel yang diperlukan dalam penelitian ini adalah meliputi variabel aspek geomorfologi dan variabel potensi bencana alam longsorlahan. Aspek geomorfologi terdiri atas: aspek morfologi meliputi morfografi dan morfometri. Morfostruktur terdiri atas morfostruktur statis dan morfostruktur dinamik. Morfostruktur statis meliputi struktur geologi seperti lipatan, patahan atau pelapisan mendatar, dan morfostruktur dinamik berupa kejadian dan jenis longsorlahan. Aspek morfogenesis adalah bagaimana bentuklahan yang terdapat di daerah penelitian terbentuk. Variabel potensi bencana longsorlahan berupa kerawanan longsorlahan, risiko, teknik pengurangan potensi bencana longsorlahan dan kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko.

Data primer yang merupakan data yang digunakan untuk menentukan risiko longsorlahan yang terdiri atas potensi kerugian pada penggunaan lahan tegalan, kebun, sawah, dan permukiman, serta data kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko longsorlahan. Data sekunder yang terkait dengan penelitian ini meliputi data penduduk, kelas kerawanan, dan penggunaan lahan.



4. Perolehan data

Perolehan data merupakan cara untuk memperoleh data dari masing-masing variabel baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Cara untuk memperoleh data pada masing-masing variabel berbeda-beda antara lain dengan melakukan pengamatan, wawancara, laboratorium, analisa peta tematik dan data sekunder.

5. Analisa Data

- a. Analisis faktor-faktor dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsorlahan yang mendasarkan kajian ilmiah terhadap temuan-temuan di lapangan pada lokasi kejadian longsorlahan.
- b. Penyusunan peta risiko longsorlahan dengan menggunakan parameter kerawanan, kerugian, dan kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko longsorlahan.



G. Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Kerawanan Longsorlahan

Analisis faktor-faktor yang dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsorlahan dengan menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Kerawanan longsorlahan ditentukan berdasarkan 11 faktor penyebab longsorlahan. Factor-faktor tersebut terdiri atas 1) tebal curah hujan, 2) kejadian longsorlahan, 3) lereng, 4) relief, 5) tebal lapukan, 6) tekstur, 7) permeabilitas, 8) jenis batuan, 9) struktur lapisan batuan, 10) gempa, dan 11) penggunaan lahan. Penentuan faktor yang dominan menggunakan persentase masing-masing faktor tersebut di setiap satuan bentuklahan. Faktor yang persentasenya tinggi atau tertinggi dianggap faktor yang dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsorlahan di satuan bentuklahan tersebut. Tabel 5.2 menyajikan nilai masing-masing faktor penyebab kerawanan longsorlahan. Berdasarkan Tabel 5.2 tersebut maka faktor yang dominan yang berpengaruh terhadap kerawanan longsor lahan di daerah penelitian sejumlah 6 faktor. Ke enam faktor tersebut adalah curah hujan, tebal lapukan batuan, tekstur tanah, permeabilitas tanah, jenis batuan, dan struktur geologi.



Tabel 5.2. Faktor Penyebab Kerawanan Longsorlahan

No	Satuan Beruklaha n	Hujan mm/th	Kejadian longsor	Topografi		Tanah			Geologi			Penggunaa n lahan	Penye bab rawan
				Kelas lereng	Morfologi	Tebal lapukan (M)	Tekstur	Permeabi litas	Gempa	Batuan	Struktur		
1	Perbukitan Struktural Lereng III	3000- 4000	ada	III	Berbukit	2 - 3	lempung	Lambat	Tidak ada	F. Halang	Lapisan miring	permukim, tegalan	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	3000- 4000	Ada	III	Berbukit	2	Lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Tapak	Lapisan miring	Hutan, rakayat	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	9
3	Perbukitan Struktural Lereng II	3000- 4000	Ada	II	Datar bergelom- bang	2,5	Lempung	Lambat	Tidak ada	F. Halang/ Tapak	Lapisan miring	Tegalan	Rawan sedang
		1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	8
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	3000- 4000	Ada	IV	Bukit	1,47	Geluh berdebu	Sedang	Tidak ada	F. Tapak	Lapisan miring	sawah, tegalan	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
5	Perbukitan Struktural Lereng III	3000- 4000	Ada	III	Berbukit	2,1	Lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Halang	Lapisan miring	Hutan rakyat	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	9
6	Perbukitan Struktural Lereng V	3000- 4000	Ada	V	Bergunung	2,6	Geluh Berdebu	Sedang	Tidak ada	F. Tapak	Lapisan miring	Tegalan, hutan	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	3000 - 4000	Ada	IV	Bukit	2	Lempung	Lambat	Tidak ada	F. Halang	Lapisan miring	Hutan, sawah, tegalan	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	2000- 3000	Ada	IV	Bukit	2	Geluh lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Halang	Lapisan miring	Permukim- an, hutan, tegalan	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	2000 - 3000	Ada	I	Datar berombak	3,5	Lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Halang	Berlapis miring	sawah,	Rawan sedang
		1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	7
10	Perbukitan Struktural Lereng III	2000 - 3000	Tidak ada	III	Berbukit	3	Lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Halang	Berlapis miring	Hutan rakyat	Rawan sedang
		1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8
11	Perbukitan Struktural Lereng III	3000 - 4000	Ada	III	Berbukit	1	Lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Tapak	Berlapis miring	Hutan rakyat	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	9
12	Perbukitan Struktural Lereng III	3000 - 4000	Tidak ada	III	Berbukit	3	Lempung	Lambat	Tidak ada	F. Tapak	Berlapis miring	hutan rakyat	Rawan sedang
		1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	3000 - 4000	Tidak ada	IV	Bukit	2	Geluh Lempung berdebu	Lambat	Tidak ada	F. Tapak	Berlapis miring	Permukim an, tegalan	Rawan tinggi
		1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	3000 - 4000	Ada	V	Bergunung	3	Geluh	Sedang	Tidak ada	F. Tapak	Berlapis miring	Hutan rakyat	Rawan tinggi
		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	9
Jumlah		14	11	12	12	14	14	14	0	14	14	7	
Persentase		100	79	86	86	100	100	100	0	100	100	50	

Sumber: Hasil Penelitian 2017-2018

H. Risiko Longsorlahan

1. Analisi besaran kerugian masing-masing penggunaan lahan pada tiap satuan bentuklahan

Analisis kerugian mendasarkan beberapa faktor antara lain jenis penggunaan lahan dan kelas kerawanan pada masing-masing satuan bentuklahan. Potensi kerugian pada penggunaan lahan permukiman didasarkan pada banyaknya rumah rerata per hektar yang terdapat pada tiap satuan bentuklahan. Pada satuan bentuklahan perbukitan struktural lereng III memiliki jumlah rumah terbanyak sejumlah 49/ha, sedang pada satuan bentuklahan perbukitan struktural lereng III yang lainnya tidak terdapat permukiman. Penentuan potensi kerugian dihitung dengan banyaknya jumlah rumah perhektar dikali dengan besarnya potensi kerugian berdasarkan kelas kerawanan longsorlahan. Potensi kerugian untuk kelas kerawanan tinggi sebesar 75%, untuk kelas kerawanan sedang 50%, dan untuk kelas kerawanan rendah 25%. Besarnya potensi kerugian dan besarnya skor pada penggunaan lahan permukiman disajikan pada Tabel 5.3 berikut ini.



Tabel 5.3 Analisis Kerugian Pada Penggunaan Lahan Pemukiman

NO	BENTUKLAHAN	LUAS PENGGUNAAN LAHAN PEMUKIMAN							TOTAL LUAS (ha)
		ha	%	Kerugian (jml rumah/ha)	Kerawanan	Potensi	Kerugian	Skor	
1	Perbukitan Struktural Lereng III	115,03	30,09	49	Tinggi	0,75	36,75	3	382,23
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	14,23	15,01	12	Tinggi	0,75	8	1	94,79
3	Perbukitan Struktural Lereng II	94,42	38,64	19	Sedang	0,50	9,5	1	244,32
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	22,27	9,24	15	Tinggi	0,75	11,25	1	240,92
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	4,60	5,86	9	Tinggi	0,75	6,75	1	78,42
6	Perbukitan Struktural Lereng V	10,79	4,61	5	Tinggi	0,75	3,35	1	233,76
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	5,04	1,90	8	Tinggi	0,75	6	1	264,17
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	18,22	6,61	16	Tinggi	0,75	12	2	275,45
9	Lembah Perbukitan Struk. Lrng I	14,31	20,22	27	Sedang	0,50	13,5	2	70,75
10	Perbukitan Struktural Lereng III	3,64	15,99	19	Sedang	0,50	9,5	1	22,76
11	Perbukitan Struktural Lereng III	2,48	9,94	0	Tinggi	0,75	0	1	24,94
12	Perbukitan Struktural Lereng III	6,89	15,98	9	Sedang	0,50	4,5	1	43,09
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	4,11	16,45	6	Tinggi	0,75	4	1	24,97
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	0,00	0	3	Tinggi	0,75	2,25	1	29,20
JUMLAH		316,04	15,57						2029,78

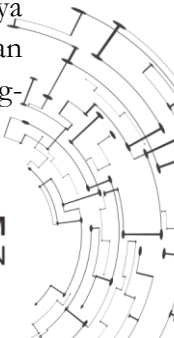
Kerugian pada penggunaan lahan kebun diperoleh dengan cara wawancara kepada pemilik kebun pada masing-masing satuan bentuklahan. Wawancara bertujuan oleh memperoleh data tentang produktivitas kebun dan hasil jualnya. Pada daerah penelitian lahan kebun ditanami tanaman tahunan terutama Kalbasia. Tanaman Kalbasia waktu panen tidak tiap tahun akan tetapi minimal lima tahun sekali baru panen. Hasil jual dari produksi kebun pertahun tersebut disetarakan dengan besarnya kerugian. Potensi kerugian kerugian ditentukan dengan mengalikan potensi dengan besarnya kerugian pada masing-masing satuan bentuklahan. Potensi kerugian pada penggunaan

lahan kebun tertinggi pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng III. Besarnya potensi kerugian pada masing-masing satuan bentuklahan disajikan pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Analisis Kerugian Pada Penggunaan Lahan Kebun

NO	BENTUKLAHAN	LUAS PENGGUNAAN LAHAN KEBUN							TOTAL LUAS (ha)
		ha	%	Kerugian (jt/ha)	Kera- wanan	Potensi	Kerugian (jt/ha)	Skor	
1	Perbukitan Struktural Lereng III	182,83	47,83	4	Tinggi	0,75	3	3	382,23
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	69,31	73,11	2	Tinggi	0,75	1,5	1	94,79
3	Perbukitan Struktural Lereng II	100,84	41,27	4	Sedang	0,50	2	2	244,32
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	197,53	81,98	2	Tinggi	0,75	1,5	1	240,92
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	69,23	88,28	2	Tinggi	0,75	1,5	1	78,42
6	Perbukitan Struktural Lereng V	213,44	91,30	1,5	Tinggi	0,75	1,125	1	233,76
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	133,65	50,59	2	Tinggi	0,75	1,5	1	264,17
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	143,93	52,25	2	Tinggi	0,75	1,5	1	275,45
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	0,41	0,57	5	Sedang	0,50	2,5	3	70,75
10	Perbukitan Struktural Lereng III	15,45	67,88	2	Sedang	0,50	1	1	22,76
11	Perbukitan Struktural Lereng III	20,71	83,03	4	Tinggi	0,75	3	3	24,94
12	Perbukitan Struktural Lereng III	34,44	79,92	4	Sedang	0,50	2	2	43,09
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	20,87	83,5	2	Tinggi	0,75	1,5	1	24,97
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	26,76	91,64	2	Tinggi	0,75	1,5	1	29,20
JUMLAH		1229,39	60,56						2029,78

Kerugian pada penggunaan lahan sawah, penggunaan lahan sawah tidak merata disemua satuan bentuklahan. Penggunaan lahan sawah hanya terdapat pada 3 satuan bentuklahan. Data diperoleh dengan cara wawancara kepada pemilik sawah pada masing-masing satuan bentuklahan. Wawancara bertujuan oleh memperoleh data tentang produktivitas sawah dan hasil jualnya. Pada daerah penelitian lahan sawah ditanami padi dua kali setahun. Hasil jual dari produksi sawah pertahun tersebut disetarakan dengan besarnya kerugian. Potensi kerugian kerugian ditentukan dengan mengalikan potensi dengan besarnya kerugian pada masing-



masing satuan bentuklahan. Potensi kerugian pada penggunaan lahan sawah tertinggi pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng IV. Besarnya potensi kerugian pada penggunaan lahan sawah masing-masing satuan bentuklahan disajikan pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Analisis Kerugian Pada Penggunaan Lahan Sawah

NO	BENTUKLAHAN	LUAS PENGGUNAAN LAHAN SAWAH							TOTAL LUAS (ha)
		ha	%	Kerugian (jt/ha)	Kera- wanan	Potensi	Kerugian (jt/ha)	Skor	
1	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	382,23
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	94,79
3	Perbukitan Struktural Lereng II	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	244,32
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	240,92
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	78,42
6	Perbukitan Struktural Lereng V	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	233,76
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	264,17
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,48	0,17	20,25	Tinggi	0,75	15,19	3	275,45
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	19,83	28,02	24,00	Sedang	0,50	12	3	70,75
10	Perbukitan Struktural Lereng III	1,73	7,60	18,5	Sedang	0,50	9,5	2	22,76
11	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,94
12	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	43,09
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,97
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	29,20
JUMLAH		22,04	1,08						2029,78

Kerugian pada penggunaan lahan sawah tadah hujan, penggunaan lahan sawah tadah hujan merata disemua satuan bentuklahan kecuali pada dua satuan bentuklahan. Data diperoleh dengan cara wawancara kepada pemilik sawah tadah hujan pada masing-masing satuan bentuklahan. Wawancara bertujuan oleh memperoleh data tentang produktivitas sawah tadah hujan dan hasil jualnya. Pada daerah penelitian lahan sawah tadah hujan

ditanami padi atau tanaman hortikultura satu atau dua kali setahun. Hasil jual dari produksi sawah tadah hujan pertahun tersebut disetarakan dengan besarnya kerugian. Potensi kerugian kerugian ditentukan dengan mengalikan potensi dengan besarnya kerugian pada masing-masing satuan bentuklahan. Potensi kerugian pada penggunaan lahan sawah tadah hujan tertinggi pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng III. Besarnya potensi kerugian pada penggunaan lahan sawah tadah hujan masing-masing satuan bentuklahan disajikan pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Analisis Kerugian Pada Penggunaan Lahan Sawah tadah hujan

NO	BENTUKLAHAN	LUAS PENGGUNAAN LAHAN SAWAH TADAH HUJAN							TOTAL LUAS (ha)
		ha	%	Kerugian (jt/ha)	Kera- wanan	Potensi	Kerugian (jt/ha)	Skor	
1	Perbukitan Struktural Lereng III	82,68	21,63	7,5	Tinggi	0,75	5,63	3	382,23
2	Perbukitan Sinkdinal Lereng III	11,25	11,86	4,5	Tinggi	0,75	3,38	2	94,79
3	Perbukitan Struktural Lereng II	49,06	20,08	6	Sedang	0,50	3,00	2	244,32
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	11,75	4,87	3,5	Tinggi	0,75	2,63	2	240,92
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	4,60	5,86	3,5	Tinggi	0,75	2,63	2	78,42
6	Perbukitan Struktural Lereng V	7,93	3,39	3	Tinggi	0,75	2,25	2	233,76
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	121,43	45,96	3,5	Tinggi	0,75	2,63	2	264,17
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	56,89	20,65	3,5	Tinggi	0,75	2,63	2	275,45
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	31,26	44,18	8	Sedang	0,50	4,00	3	70,75
10	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	22,76
11	Perbukitan Struktural Lereng III	1,75	7,01	7,5	Tinggi	0,75	5,63	3	24,94
12	Perbukitan Struktural Lereng III	1,76	4,08	7,5	Sedang	0,50	3,75	3	43,09
13	Perbukitan Sinkdinal Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,97
14	Perbukitan Sinkdinal Lereng V	2,44	8,35	3	Tinggi	0,75	2,25	2	29,20
JUMLAH		382,80	18,85						2029,78

Kerugian pada penggunaan lahan tegalan, penggunaan lahan tegalan tidak merata disemua satuan bentuklahan. Penggunaan lahan tegalan hanya terdapat pada 4 satuan bentuklahan. Data diperoleh dengan cara wawancara kepada



pemilik tegalan pada masing-masing satuan bentuklahan. Wawancara bertujuan oleh memperoleh data tentang produktivitas tegalan dan hasil jualnya. Pada daerah penelitian lahan tegalan ditanami palawija satu kali setahun. Hasil jual dari produksi tegalan pertahun tersebut disetarakan dengan besarnya kerugian. Potensi kerugian kerugian ditentukan dengan mengalikan potensi dengan besarnya kerugian pada masing-masing satuan bentuklahan. Potensi kerugian pada penggunaan lahan tegalan tertinggi pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng III. Besarnya potensi kerugian pada penggunaan lahan tegalan masing-masing satuan bentuklahan disajikan pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5.7 Analisis Kerugian Pada Penggunaan Lahan Tegalan

NO	BENTUKLAHAN	LUAS PENGGUNAAN LAHAN TEGALAN							TOTAL LUAS (ha)
		ha	%	Kerugian (jt/ha)	Kerawanan	Potensi	Kerugian (jt/ha)	Skor	
1	Perbukitan Struktural Lereng III	0,06	0,01	5,50	Tinggi	0,75	4,13	3	382,23
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	94,79
3	Perbukitan Struktural Lereng II	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	244,32
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	9,36	3,88	6,00	Tinggi	0,75	4,00	3	240,92
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	78,42
6	Perbukitan Struktural Lereng V	1,59	0,68	4,50	Tinggi	0,75	3,38	3	233,76
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	264,17
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	50,51	18,33	6,00	Tinggi	0,75	4,00	3	275,45
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	70,75
10	Perbukitan Struktural Lereng III	1,94	8,52	5,50	Sedang	0,50	2,75	2	22,76
11	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,94
12	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	43,09
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,97
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	29,20
JUMLAH		63,47	3,12						2029,78



Kerugian pada penggunaan lahan padang rumput, penggunaan lahan padang rumput tidak merata disemua satuan bentuklahan. Penggunaan lahan padang rumput hanya terdapat pada 1 satuan bentuklahan. Penggunaan lahan padang rumput adalah suatu kawasan yang merupakan lahan milik Negara. Kerugian pada penggunaan lahan padang rumput tidak diperhitungkan besarnya kerugian. Potensi kerugian pada penggunaan lahan padang rumput dianggap nol rupiah. Besarnya potensi kerugian pada penggunaan lahan padang rumput masing-masing satuan bentuklahan disajikan pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Analisis Kerugian Pada Penggunaan Lahan Padang rumput

NO	BENTUKLAHAN	LUAS PENGGUNAAN LAHAN PADANG RUMPUT							TOTAL LUAS (ha)
		ha	%	Kerugian (jt/ha)	Kerawanan	Potensi	Kerugian (jt/ha)	Skor	
1	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	382,23
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	94,79
3	Perbukitan Struktural Lereng II	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	244,32
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	240,92
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	78,42
6	Perbukitan Struktural Lereng V	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	233,76
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	264,17
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	275,45
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	0,76	1,07	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	70,75
10	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	22,76
11	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,94
12	Perbukitan Struktural Lereng III	0,00	0,00	0,00	Sedang	0,50	0,00	1	43,09
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	24,97
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	0,00	0,00	0,00	Tinggi	0,75	0,00	1	29,20
JUMLAH		0,76	0,03						2029,78



2. Kelas risiko longsorlahan

Analisa tentang risiko yang ditimbulkan oleh longsorlahan adalah dengan mengasumsikan nilai kerusakan yang diakibatkan oleh longsorlahan secara langsung. Kerusakan langsung didefinisikan sebagai risiko moneter dibandingkan dengan bila tidak terjadi longsorlahan termasuk anggaran yang harus dikeluarkan untuk mengembalikan aset atau properti yang rusak akibat longsorlahan kepada kondisi sebelum longsorlahan. Penentuan kelas risiko pada penelitian ini dilakukan dengan cara menjumlahkan skor yang diperoleh dari potensi kerugian ditambah dengan skor kelas kerawanan longsorlahan di masing-masing satuan bentuklahan.

Hasil penjumlahan tersebut diperoleh jumlah skor maksimum 21, sedang jumlah skor minimum 7. Kelas risiko longsorlahan diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu kelas risiko rendah, sedang, dan tinggi. Kelas risiko rendah apabila perolehan skor antara 7 hingga 11, untuk kelas risiko sedang apabila perolehan skor antara 12 hingga 16, dan untuk kelas risiko tinggi apabila perolehan skor antara 17 hingga 21. Tabel 5.9 menyajikan analisis kelas risiko longsorlahan di daerah penelitian.



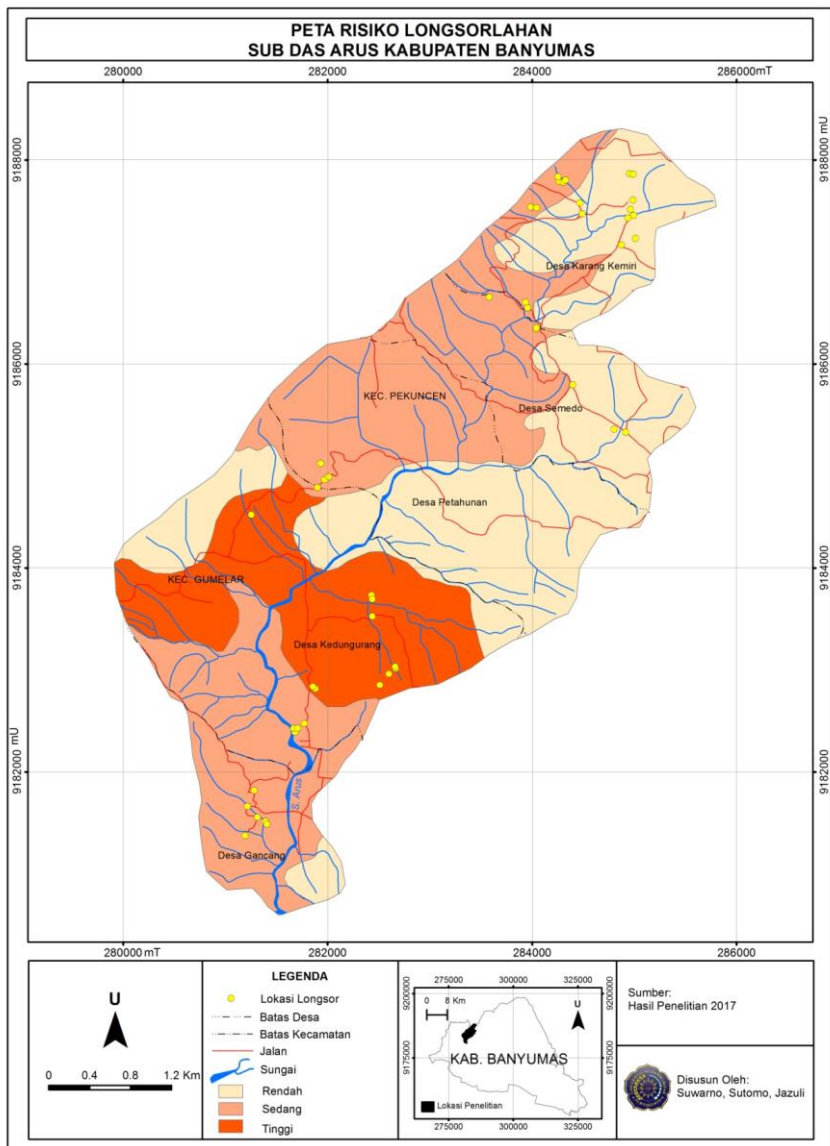
Tabel 5.9 Analisis Kelas Risiko Longsorlahan

NO	Bentuklahan	Skor Kerugian						Kelas Kerawanan	Total Skor	Kelas Risiko
		Pemukiman	Kebun	Sawah	Sawah Tadah Hujan	Tegalan	Padang Rumput			
1	Perbukitan Struktural Lereng III	3	3	1	3	3	1	Tinggi/3	17	Tinggi
2	Perbukitan Sinklinal Lereng III	1	1	1	2	1	1	Tinggi/3	10	Rendah
3	Perbukitan Struktural Lereng II	1	2	1	2	1	1	Sedang/2	10	Rendah
4	Perbukitan Struktural Lereng IV	1	1	1	2	3	1	Tinggi/3	12	Sedang
5	Perbukitan Struktural Lereng IV	1	1	1	2	1	1	Tinggi/3	10	Rendah
6	Perbukitan Struktural Lereng V	1	1	1	2	3	1	Tinggi/3	12	Sedang
7	Perbukitan Struktural Lereng IV	1	1	1	2	1	1	Tinggi/3	10	Rendah
8	Perbukitan Struktural Lereng IV	2	1	3	2	3	1	Tinggi/3	15	Sedang
9	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	2	3	3	3	1	1	Sedang/2	14	Sedang
10	Perbukitan Struktural Lereng III	1	1	2	1	2	1	Sedang/2	10	Rendah
11	Perbukitan Struktural Lereng III	1	3	1	3	1	1	Tinggi/3	13	Sedang
12	Perbukitan Struktural Lereng III	1	2	1	3	1	1	Sedang/2	11	Rendah
13	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	1	1	1	1	1	1	Tinggi/2	8	Rendah
14	Perbukitan Sinklinal Lereng V	1	1	1	2	1	1	Tinggi/3	10	Rendah
JUMLAH										

Sumber: Analisis data

Berdasarkan Tabel 5.9 di atas dapat diperoleh gambaran bahwa daerah penelitian terbagi menjadi tiga kelas risiko longsorlahan. Kelas risiko tinggi hanya terdapat pada satu satuan bentuklahan yaitu pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng III. Kebanyakan satuan bentuklahan tersebut masuk pada kelas risiko rendah. Sebaran kelas risiko dan luasnya disajikan pada Gambar 5.2 berikut ini.





Berdasarkan Gambar 5.2 di atas dapat terlihat bahwa kelas risiko longsorlahan sedang mendominasi daerah penelitian. Tabel 5.10 menyajikan luasan masing-masing kelas risiko longsorlahan. Pada hasil penelitian terdahulu di daerah penelitian hanya terdapat kelas kerawanan sedang dan tinggi, akan tetapi hasil penelitian pada tahun ini kelas risiko terdapat tiga kelas yaitu kelas rendah, sedang, dan tinggi. Kelas risiko longsorlahan ternyata tidak sejajar dengan kelas kerawanan longsorlahan, artinya pada kelas kerawanan tinggi belum tentu memiliki kelas risiko tinggi juga. Luas risiko rendah pada daerah penelitian seluas 39,50%, kelas risiko sedang seluas 41,67%, dan kelas risiko tinggi seluas 18,83% dari total luas daerah penelitian.

Tabel 5.10. Luasan masing-masing kelas risiko longsorlahan

No	Kelas Risiko	Luas (Ha)	Persen (%)
1	Risiko rendah	801,73	39,50
2	Risiko sedang	845,82	41,67
3	Risiko tinggi	382,23	18,83
JUMLAH		2029.78	100,00

Sumber: Gambar 5.2

Berdasarkan pemaparan yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa daerah penelitian memiliki kelas kerawanan sedang hingga tinggi. Daerah yang memiliki kerawanan tinggi dapat diartikan bahwa daerah tersebut juga memiliki potensi kejadian longsorlahan tinggi.



Berdasarkan faktor penyebab kerawanan tersebut maka faktor yang dominan terdapat 6 faktor. Ke enam faktor tersebut adalah curah hujan, tebal lapukan batuan, tekstur tanah, permeabilitas tanah, jenis batuan, dan struktur geologi, maka faktor penyebab kerawanan tersebut juga sebagai faktor penyebab kejadian longsorlahan. []



KASUS 2:

PENGENDALIAN LONGSORLAHAN DENGAN METODE VEGETATIF DI SUB DAS KALI ARUS KABUPATEN BANYUMAS

Longorlahan adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi, besarnya potensi kejadian longsorlahan disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain kondisi geomorfologi, geologi, tanah, penggunaan lahan, dan curah hujan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji teknik pengurangan potensi bencana alam longsorlahan dengan pendekatan geomorfologikal pragmatik, mengkaji metode yang sesuai untuk pengurangan potensi bencana alam longsorlahan secara vegetatif dengan pendekatan geomorfologikal di daerah penelitian

A. Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan metode survei yang meliputi kerja lapangan dan kerja laboratorium. Kerja lapangan yang dimaksudkan untuk pengambilan sampel tanah dan pengukuran parameter bentuklahan. Parameter bentuklahan mencakup karakteristik dan kualitas bentuklahan. Kerja laboratorium meliputi uji tekstur tanah, dan kimia tanah. Pengolahan data menggunakan teknik penskoran atau pembobotan. Analisa data untuk teknik pengurangan potensi longsorlahan dengan cara deskriptif kualitatif dengan cara



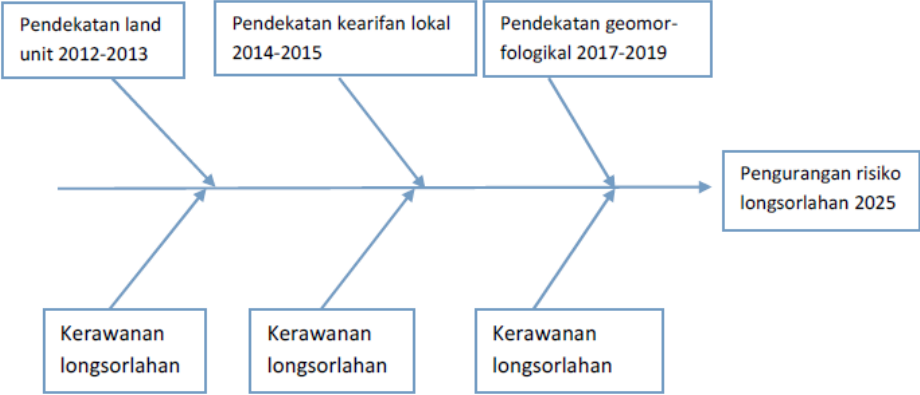
menentukan faktor yang dominan yang menyebabkan kerawanan, ini dengan mengasumsikan bahwa dengan kerawanan tinggi maka potensi untuk longsorlahan juga tinggi. Analisis deskriptif kualitatif yang dimaksud adalah bagaimana untuk menurunkan kelas kerawanan yang tinggi menjadi sedang atau rendah yang didasarkan pada faktor yang dapat dimodifikasi secara teknik atau vegetatif. Pengurangan potensi bencana alam longsorlahan secara vegetatif yaitu dengan cara pemilihan jenis vegetasi yang sesuai dengan karakteristik dan kualitas bentuklahannya. Jenis vegetasi yang akan dipilih adalah vegetasi yang memiliki sifat batangnya ringan dan perakarannya dalam dan masuk kelas sangat sesuai.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan penulis yang dapat mendukung penelitian ini diantaranya: *Pemetaan bahaya longgorlahan di Kecamatan Gumelar Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah* (Suwarno dan Sutomo, 2004). *Pemetaan risiko longgorlahan di Kecamatan Gumelar Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah* (Suwarno dan Sutomo, 2005). *Mitigasi longgorlahan di Kecamatan Gumelar Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah*. Usaha mitigasi yang efektif untuk mengurangi risiko longsorlahan adalah dengan tanaman tahunan yang mempunyai akar tunggang seperti jati, mahoni, durian dll (Suwarno dan Sutomo, 2006). *Pemetaan bahaya longgorlahan di Kecamatan Somagede Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah* (Suwarno dan Sutomo, 2007).

Penelitian dilakukan oleh (Suwarno dan Sutomo, 2012) yang berlokasi di Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas dengan judul *Model Mitigasi Longsorlahan Berbasis Teknologi Sistem Informasi Geografi*. Kelanjutan penelitian tersebut dilaksanakan

pada tahun 2013 dengan tujuan penelitian pemetaan risiko longsorlahan dan mitigasi longsorlahan yang telah dilakukan di daerah penelitian. Pada tahun 2014 dan 2015 Suwarno dan Sutomo melakukan penelitian di Sub-DAS Logawa di Kabupaten Banyumas dengan judul *model konseptual pengurangan risiko bencana longsorlahan berbasis kearifan lokal di Sub Das Logawa Kabupaten Banyumas*. Tahun 2017 untuk melakukan penelitian dengan pendekatan Geomorfologikal di SUB-DAS Kali Arus Kabupaten Banyumas.

Bagan di bawah ini menjelaskan roadmap penelitian pengendalian longsor lahan.



1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian meliputi:

1. Foto udara pankromatik hitam putih skala 1 : 50.000 tahun 1994,
2. Peta Rupabumi Indonesia lembar Ajibarang, Paguyangan skala 1 : 25.000,
3. Peta Geologi lembar Purwokero - Tegal skala 1 : 100.000,
4. Citra satelit Spot 5 Kabupaten Banyumas tahun 2005.

Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*), Bor tanah, Palu geologi, Kompas geologi, Kamera, Stereoskop cermin dan kantong plastik.

2. Jalannya Penelitian

Jalannya penelitian ini, secara garis besar terbagi dalam tiga tahapan yaitu: pra kerja lapangan, kerja lapangan, dan analisa laboratorium. Untuk lebih jelasnya penulis paparkan di bawah ini:

a. Pra kerja lapangan

Pada tahap ini untuk interpretasi foto udara atau satelit dan peta kerawanan. Hasil interpretasi tersebut dipadukan dengan peta adminitrasi untuk menyusun

kerangka sampling yang digunakan untuk bahan acuan kerja lapangan yaitu untuk pengamatan dan pengukuran karakteristik/ kualitas lahan, serta untuk pengambilan sampel tanah.

b. Kerja lapangan

Dalam kerja lapangan ini dimaksudkan untuk mencari data-data baik data primer maupun sekunder untuk pengujian terhadap hasil interpretasi dari foto udara maupun dari peta-peta yang dilakukan di laboratorium. Survei lapangan yang dimaksud adalah melakukan pengamatan dan pengukuran karakteristik/kualitas lahan, serta untuk pengambilan sampel tanah pada masing-masing satuan bentuklahan.

c. Analisa Laboratorium

Analisa laboratorium yang dimaksud adalah analisa tekstur tanah dan sifat kimia tanah seperti pH tanah, KTK tanah, drainase tanah dll. Analisis karakteristik dan kualitas lahan, analisis kelas kesesuaian lahan dan pembuatan peta kelas kesesuaian lahan untuk enam jenis tanaman. Gambar berikut menyajikan diagram alir penelitian.



3. Variabel dan Data

Variabel yang diperlukan dalam penelitian ini adalah meliputi variabel aspek geomorfologi dan variabel potensi bencana alam longsorlahan. Aspek geomorfologi terdiri atas: aspek morfologi meliputi morfografi dan morfometri. Morfostruktur terdiri atas morfostruktur statis dan morfostruktur dinamik. Morfostruktur statis meliputi struktur geologi seperti lipatan, patahan atau perlapisan mendatar, dan morfostruktur dinamik berupa kejadian dan jenis longsorlahan. Aspek morfogenesis adalah bagaimana bentuklahan yang terdapat di daerah penelitian terbentuk. Variabel potensi bencana longsorlahan berupa kerawanan longsorlahan, risiko, teknik pengurangan potensi bencana longsorlahan.

Data primer yang merupakan data yang digunakan untuk menentukan kelas kesesuaian lahan yang akan digunakan untuk menentukan metode pengurangan potensi kejadian longsorlahan. Data primer tersebut mencakup karakteristik dan kualitas lahan antara lain Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) rata-rata tahunan, Bulan Kering ($<75\text{mm}$), Curah hujan/tahun (mm), Drainase Tanah, Tekstur, Kedalam Efekif (cm), KTK tanah, pH tanah, Lereng (%), Batuan Permukaan (%), Singkapan Batuan (%), Tingkat Bahaya erosi (e), Bahaya Banjir (b). Data sekunder yang terkait dengan penelitian ini meliputi data temperatur udara dan curah hujan.



4. Perolehan data

Perolehan data merupakan cara untuk memperoleh data dari masing-masing variabel baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Cara untuk memperoleh data pada masing-masing variabel berbeda-beda antara lain dengan melakukan pengamatan, wawancara, laboratorium, analisa peta tematik dan data sekunder.

5. Analisa Data

- a. Analisis teknik pengurangan potensi bencana alam longsorlahan dengan metode vegetatif dengan melakukan evaluasi kesesuaian lahan untuk berbagai jenis tanaman tahunan yaitu tanaman Jati, Mohoni, Kalbasia, Durian, Nangka, dan Pinus yang sesuai di masing-masing satuan bentuklahan.
- b. Analisis metode yang sesuai untuk pengurangan potensi bencana alam longsorlahan secara vegetatif dengan yaitu dengan cara *overlay* peta potensi kerawanan longsorlahan dengan peta kesesuaian lahan untuk berbagai jenis tanaman tahunan.



B. Karakteristik dan Kualitas Lahan

Seluruh data karakteristik dan kualitas lahan telah selesai dikumpulkan. Data yang telah terkumpul tersebut juga telah selesai diolah dan diklasifikasikan sesuai dengan klasifikasi yang digunakan untuk menentukan kelas kesesuaian lahan dengan berbagai jenis tanaman. Data kualitas lahan yang dimaksud adalah diuraikan berikut ini.

1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah yang terdapat di daerah penelitian berbeda beda meliputi tektur lempung, lempung berdebu, geluh berdebu, geluh lempung berdebu. Pada satuan bentuklahan Lembah Perbukitan Struktural Lereng I, Perbukitan Sinklinal Lereng III, Perbukitan Struktural Lereng III memiliki tekstur tanah Lempung Berdebu. Pada satuan bentuklahan Perbukitan Sinklinal Lereng IV memiliki tektur Geluh Lempung Berdebu. Pada satuan bentuklahan Perbukitan Sinklinal Lereng V bertekstur Geluh. Pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng II, Perbukitan Struktural Lereng IV memiliki tekstur Lempung, (Tabel 4.1).



Tabel 4.1 Tekstur Tanah

No.	Bentuklahan	Tekstur
1.	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	Lempung Berdebu
2.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	Lempung Berdebu
3.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	Geluh Lempung Berdebu
4.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	Geluh
5.	Perbukitan Struktural Lereng II	Lempung
6.	Perbukitan Struktural Lereng III	Lempung Berdebu
7.	Perbukitan Struktural Lereng IV	Lempung
8.	Perbukitan Struktural Lereng V	Geluh Berdebu

Sumber : Suwarno dan Sutomo, 2017

2. Kedalaman Tanah

Kedalaman tanah diperoleh dari hasil pengamatan lapangan. Pengambilan data ini dilakukan dengan cara mengukur dari horison A sampai B. Kedalaman tanah di lokasi penelitian bervariasi, dari 90 cm sampai dengan 230 cm. Kedalaman tanah di lokasi penelitian dapat disajikan pada Tabel 4.2.



Tabel 4.2 Kedalaman Tanah di Sub Das Kali Arus

No.	Bentuklahan	Kedalaman (cm)
1.	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	200
2.	Perbukitan Struktural Lereng III a	130
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	210
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	180
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	186
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	130
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	90
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	150
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	230
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	150
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	110
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV d	110
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	150
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	182

Sumber : Data Primer, 2019



3. Drainase

Menurut pedoman penentuan daya dukung lingkungan hidup dalam penataan ruang wilayah nomor 17 menyebutkan drainase yang baik mempunyai warna yang terang dan tidak terdapat bercak. Drainase yang buruk mempunyai warna kelabu atau coklat dan kekuningan (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2009). Sub DAS Kali Arus memiliki 2 jenis drainase yaitu baik dan buruk. Data drainase dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Drainase Sub Das Kali Arus

No.	Bentuklahan	Drainase
1.	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	Baik
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	Baik
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	Baik
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	Baik
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	Baik
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	Baik
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	Baik
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	Baik
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	Baik
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	Baik
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	Baik
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	Sangat buruk
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	Baik
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	Sangat buruk

Sumber : Data Primer, 2019



4. Kerusakan Erosi

Tingkat bahaya erosi dapat dilihat secara langsung, apabila pada permukaan tanah muncul akar tumbuhan maka wilayah tersebut memiliki erosi. Tingkat erosi di Sub Das Kali Arus beragam, dari tidak ada erosi, erosi ringan, dan erosi sedang. Tingkat bahaya erosi pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini. Gambar 4.1 memperlihatkan foto bahaya erosi sedang.

Tabel 4.4 Bahaya Erosi di Sub Das Kali Arus

No	Bentuklahan	Bahaya Erosi
1.	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	Sedang
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	Ringan
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	Ringan
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	Ringan
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	Ringan
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	Tidak ada erosi
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	Tidak ada erosi
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	Tidak ada erosi
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	Tidak ada erosi
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	Tidak ada erosi
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	Tidak ada erosi
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	Tidak ada erosi
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	Tidak ada erosi
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	Tidak ada erosi

Sumber : Data Primer, 2019





Gambar 4.1 Bahaya erosi Sedang

5. Batuan permukaan

Batuan permukaan adalah memperlihatkan persentasi keberadaan batuan dipermukaan lahan. Persebaran batuan permukaan dilokasi penelitian dapat dilihat dari Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Batuan permukaan di Sub Das Kali Arus

No.	Bentuklahan	Batuan permukaan (%)
1.	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	70
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	4
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	10
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	8
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	16
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	0
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	0
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	0
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	0
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	0
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	0
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	5
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	0
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	0

Sumber : Data Primer, 2019



6. Besaran Singkapan Batuan

Dari hasil pengamatan lapangan Sub-DAS Kali Arus memiliki singkapan batuan yang beragam yaitu 0%-15% yang masuk kedalam kategori sedikit atau tidak ada. Persebaran persentase besaran singkapan batuan pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Persentase Besaran Singkapan Batuan di Sub Das Kali Arus

No.	Bentuklahan	Singkapan Batuan (%)	Kategori
1.	Lembah Perbukitan Struktural Lereng I	8	Sedikit
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	6	sedikit
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	3	Sedikit
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	4	sedikit
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	3	Sedikit
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	3	Sedikit
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	17	sedang
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	9	Sedikit
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	30	Sedang
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	29	Sedang
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	1	Tdk ada
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	22	Sedang
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	1	Tdk ada
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	30	Sedang

Sumber : Data Primer, 2019



7. pH Tanah

Tingkat keasaman tanah dilokasi penelitian mempunyai 2 jenis pH, yaitu sangat masam dan asam. pH tanah diperoleh dengan pH soil yang di tanamkan kedalam tanah. Sub DAS Kali Arus sebagian besar satuan bentuklahannya memiliki tingkat keasaman sangat masam, kecuali pada satuan bentuklahan Perbukitan Struktural Lereng III e yang memiliki tingkat keasaman asam. Data pH tanah dalam penelitian disajikan kedalam Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 pH Tanah di Sub Das Kali Arus

No	Bentuklahan	pH Tanah	Kategori
1.	Lembahperbukitan Struktural Lereng I	6,8	Sangat masam
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	5,8	Sangat masam
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	5,6	Sangat masam
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	5,8	Sangat masam
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	6,9	Sangat masam
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	6,0	Sangat masam
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	6,6	Sangat masam
8.	Perbukitan Struktural Lereng Ivc	5,5	Sangat masam
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	6,0	Sangat masam
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	5,7	Sangat masam
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	6,7	Sangat masam
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	6,4	Sangat masam
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	5,0	Asam
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	6,9	Sangat masam

Sumber : Data Primer, 2019.



8. Suhu

Suhu di Sub DAS Kali Arus diukur menggunakan termometer. Suhu di Sub DAS Kali Arus memiliki tingkat variasi yang tidak terlalu jauh, berkisar dari 24° sampai 26°. Hal tersebut menyebabkan semua bentuklahan untuk Tanaman Pinus masuk kedalam kelas tidak sesuai permanen (N2). Data suhu disajikan dalam Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Suhu di Sub Das Kali Arus

No.	Bentuklahan	Suhu (°C)
1.	LembahPerbukitanStruktural Lereng I	26
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	25
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	25
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	25
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	24
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	24
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	24
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	24
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	24
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	24
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	24
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	24
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	24
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	24

Sumber : Data Primer, 2019.



9. Permeabilitas

Berdasarkan penelitian Suwarno & Sutomo (2017) Permeabilitas di Sub-Das kali Arus memiliki dua macam Permeabilitas yaitu agak lambat dan lambat. Permeabilitas di lokasi penelitian sebagian besar memiliki tingkat yang lambat, kecuali Perbukitan Struktural Lereng IV, Perbukitan Sinklinal Lereng V, dan Perbukitan Struktural Lereng V yang memiliki tingkat agak lambat. Data Permeabilitas dapat disajikan dalam Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Permeabilitas di Sub Das Kali Arus

No.	Bentuklahan	Permeabilitas
1.	Lembahperbukitanstruktural Lereng I	Lambat
2.	PerbukitanStrukturalLereng III a	Lambat
3.	Perbukitan Struktural Lereng IV a	Agak lambat
4.	Perbukitan Struktural Lereng III b	Lambat
5.	Perbukitan Struktural Lereng III c	Lambat
6.	Perbukitan Struktural Lereng IV b	Lambat
7.	Perbukitan Struktural Lereng II	Lambat
8.	Perbukitan Struktural Lereng IV c	Lambat
9.	Perbukitan Sinklinal Lereng III	Lambat
10.	Perbukitan Sinklinal Lereng V	Agak lambat
11.	Perbukitan Struktural Lereng III d	Lambat
12.	Perbukitan Sinklinal Lereng IV	Lambat
13.	Perbukitan Struktural Lereng III e	Lambat
14.	Perbukitan Struktural Lereng V	Agak lambat

Sumber : Data Primer, 2019.



C. Kelas Kesesuaian Lahan untuk Berbagai Tanaman

1. Tanaman Pinus

Hasil analisis penilaian kualitas lahan dan persyaratan tumbuh tanaman Pinus pada tiap satuan bentulahan dapat diperoleh kelas kesesuaian lahan untuk tanaman Pinus. Hasil analisis menunjukkan bahwa Tanaman Pinus tidak sesuai permanen (N2) di Sub DAS Kali Arus. Tabel 4.10 menyajikan kelas kesesuaian lahan untuk Tanaman Pinus.

Tabel 4.10 Kelas Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Pinus

Kelas	Luasan	
	Ha	%
N2 (Tidak Sesuai permanen)	2029,78	100

Sumber : data primer.

Tumbuh Tanaman Pinus di Sub DAS Kali Arus memiliki beberapa faktor pembatas yang mempengaruhi Tanaman Pinus sehingga masuk kedalam kelas tidak sesuai permanen (N2), meliputi suhu, drainase, singkapan batuan, dan batuan permukaan. Suhu pada setiap bentuklahan berkisar dari 24-26 °C yang menyebabkan masuk dalam kelas N2. Suhu yang sesuai untuk syarat tumbuh Tanaman Pinus adalah <23°. Drainase pada sub DAS Kali Arus memiliki tingkat baik (S1) sampai cepat (N1). Singkapan batuan pada Sub DAS Kali Arus memiliki variasi yang beragam, berkisar dari kategori tidak ada (S1) sampai dengan kategori sedang (N1). Batuan permukaan di Sub DAS berkisar dari 0% (S1) sampai 70 % (N2). Analisis kelas kesesuaian lahan pada setiap satuan bentuklahan dapat

dilihat dari kelas yang memiliki hambatan atau faktor pembatas. Faktor pembatas seperti suhu, drainase, batuan permukaan dan singkapan batuan. Peneliti melakukan pengamatan secara langsung pada 14 bentuklahan untuk mengamati dan mengukur faktor pembatas tersebut. Faktor pembatas menyebabkan tumbuh kembang Tanaman Pinus kurang sempurna, seperti batang Tanaman yang kecil. Kelas kesesuaian Tanaman Pinus dari 14 satuan bentuklahan dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. Lembah perbukitan struktural lereng I masuk kedalam kelas rawan longsor sedang yang mempunyai karakteristik kedalaman tanah, drainase, erosi, singkapan batuan, pH tanah, curah hujan, dan permeabilitas masuk kedalam kelas sesuai dengan faktor penghambat suhu (25°C) dan batuan permukaan (70 %) yang masuk kedalam kelas tidak sesuai.
- b. Perbukitan struktural lereng III a masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalaman tanah, curah hujan, tekstur tanah, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah dan permeabilitas masuk dalam kelas sesuai dengan faktor yang menghambat adalah suhu (25°C) dan drainase (cepat).
- c. Perbukitan struktural lereng IV a masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalaman tanah, tekstur tanah, batuan permukaan, drainase, curah hujan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, dan permeabilitas masuk dalam kelas sesuai,



sedangkan faktor yang menghambat adalah suhu (25 °C).

- d. Perbukitan struktural lereng III b masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (25 °C) dan drainase (cepat).
- e. Perbukitan struktural lereng III c masuk kedalam kelas rawan longsor sedang yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C) dan drainase (cepat).
- f. Perbukitan struktural lereng IV b masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C).
- g. Perbukitan struktural lereng II masuk kedalam kelas rawan longsor sedang yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C).
- h. Perbukitan struktural lereng IV c masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi,

singkapan batuan, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C).

- i. Perbukitan sinklinal lereng III masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah singkapan batuan (30 %; sedang) dan suhu (24 °C).
- j. Perbukitan sinklinal lereng V masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, pH tanah, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah singkapan batuan (29% ; sedang),suhu (24 °C) dan drainase (cepat).
- k. Perbukitan struktural lereng III d masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C).
- l. Perbukitan sinklinal lereng IV masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C).
- m. Perbukitan struktural lereng III e masuk kedalam kelas rawan longsor sedang yang mempunyai karakteristik



kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, singkapan batuan, pH tanah, drainase, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah suhu (24 °C).

- n. Perbukitan struktural lereng V masuk kedalam kelas rawan longsor tinggi yang mempunyai karakteristik kedalam tanah, tekstur, batuan permukaan, erosi, pH tanah, dan permeabilitas yang sesuai, sedangkan faktor penghambatnya adalah singkapan batuan (30% ; sedang) dan suhu (24 °C).

2. Tanaman Sengon

Berdasarkan hasil analisis antara kualitas lahan dengan persyaratan tumbuh Tanaman Sengon, dapat diperoleh hasil bahwa kesesuaian lahan untuk tanaman Sengon (*Albazia Falcata*) dapat digolongkan sebagai berikut:

- a. Sangat Sesuai (S1) tidak terdapat di daerah penelitian
- b. Cukup Sesuai (S2) terdapat di 3 wilayah yaitu :
 - 1) Perbukitan struktural lereng III d, area ini masuk dalam kelas S2 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa permeabilitas (lambat), dan curah hujan (3.000-4.000).
 - 2) Perbukitan struktural lereng III e, area ini masuk dalam kelas S2 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa pH (5,0=asam), permeabilitas (lambat), dan curah hujan (3.000-4.000).
 - 3) Perbukitan struktural lereng IV a, area ini masuk dalam kelas S2 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa permeabilitas (lambat)

- c. Sesuai Marginal (S3) terdapat pada 3 wilayah yaitu :
- 1) Perbukitan struktural lereng III a, area ini masuk dalam kelas S3 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa drainase (cepat).
 - 2) Perbukitan struktural lereng III c, area ini masuk dalam kelas S3 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa persentase gravel (16%), dan drainase (cepat).
 - 3) Perbukitan struktural lereng IV c, area ini masuk dalam kelas S3 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa permeabilitas (agak lambat).
- d. Kelas tidak sesuai sementara (N1), pada kelas ini terdapat 7 wilayah yaitu terdiri dari :
- 1) Perbukitan struktural lereng III b, area ini masuk dalam kelas N1 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa singkapan batuan (27%=sedikit)
 - 2) Perbukitan struktural lereng IV b, area ini masuk dalam kelas N1 kerana memiliki faktor pembatas yaitu berupa drainase (terhambat)
 - 3) Perbukitan struktural lereng II, area ini masuk dalam kelas N1 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa drainase (terhambat)
 - 4) Perbukitan struktural lereng V, area ini masuk kelas N1 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa singkapan batuan (30%=sedang)
 - 5) Perbukitan sinklinal lereng III, area ini masuk dalam kelas N1 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa singkapan batuan (30%=sedang)



- 6) Perbukitan sinklinal lereng IV, area ini masuk kelas N1 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa singkapan batuan (22%=sedang)
- 7) Perbukitan sinklinal lereng V, area ini masuk kelas N1 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa singkapan batuan (29%=sedang)
- e. Kelas Tidak Sesuai Permanen (N2), pada kelas ini memiliki 1 wilayah yaitu terdiri dari: Lembah Perbukitan Struktural Lereng I, area ini masuk dalam kelas N2 karena memiliki faktor pembatas yaitu berupa persentase gravel (70%).

Tanaman sengon (*Albizia Falcata*) akan dapat mencegah kejadian longsorlahan apabila pohon tanaman Sengon (*Albizia Falcata*) itu tidak ditebang. Akar dari tanaman Sengon (*Albizia Falcata*) itu mudah lapuk sehingga jika pohon tanaman Sengon (*Albizia Falcata*) ditebang maka akan terjadi bencana longsorlahan karena jika terjadi hujan maka air hujan akan langsung masuk kedalam tanah dan lama kelamaan tanah tersebut akan menjadi jenuh sehingga mudah untuk terjadi longsorlahan. Pengaruh tanaman Sengon (*Albizia Falcata*) untuk pencegahan longsorlahan yaitu:

- 1) Tanaman sengon mempunyai akar tunggang sehingga berpengaruh untuk pencegahan longsorlahan karena akar yang tunggang mampu menahan tanah dan kestabilan tanah akan meningkat, akar juga dapat akan menyerap air dari tanah, sehingga air yang hilang ke udara oleh transpirasi menyebabkan tekanan air pori berkurang. Akar pohon juga menembus sampai lapisan

kuat, sehingga memberikan dukungan pada tanah karena berfungsi sebagai penyangga, dan akar juga dapat mengikat partikel tanah di permukaan dan menambah kekasaran permukaan, sehingga dapat mengurangi longsorlahan (Riyanto,2016).

- 2) Daun tanaman sengon (*Albazia Falcata*) kecil sehingga berpengaruh untuk pencegahan longsorlahan karena daun-daunan memotong hujan akan menyebabkan hilangnya absopsi dan transpirasi yang mereduksi air hujan untuk berinfiltrasi atau dapat mengurangi jumlah air yang terinfiltrasi dan pemenuhan lengas tanah.
- 3) Batang dari tanaman Sengon (*Albazia Falcata*) ringan sehingga berpengaruh untuk pencegahan longsorlahan karena tidak membebani lereng.



3. Tanaman Jati

Berdasarkan analisis karakteristik lahan dan kualitas lahan dengan persyaratan tumbuh Tanaman Jati, maka daerah penelitian tidak baik untuk tanaman Jati. Kelas kesesuaian lahan di Sub-DAS Kali Arus terdiri dari kelas S3 (sesuai marginal) dan N2 (tidak sesuai permanen). Kelas kesesuaian lahan yang mendominasi yaitu kelas N2 (tidak sesuai permanen) sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa daerah penelitian tidak sesuai permanen untuk tanaman Jati. Kesesuaian lahan untuk tanaman jati dari 8 satuan bentuklahan dengan pengambilan sampel sebanyak 14 titik di lokasi penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Lembah perbukitan struktural lereng I, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa persentasi gravel (70%).
2. Perbukitan struktural lereng II, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
3. Perbukitan struktural lereng III a, daerah penelitian ini masuk pada kelas S3 (sesuai marginal) karena memiliki faktor pembatas berupa drainase (cepat).
4. Perbukitan struktural lereng III b, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena

memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).

5. Perbuktan struktural lereng III c, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
6. Perbuktan struktural lereng III d, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
7. Perbuktan struktural lereng III e, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
8. Perbukitan struktural lereng IV a, daerah penelitian ini masuk pada kelas S3 (sesuai marginal) karena memiliki faktor pembatas berupa permeabilitas (agak lambat).
9. Perbuktan struktural lereng IV b, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
10. Perbuktan struktural lereng IV c, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena



memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).

11. Perbuktan struktural lereng V, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
12. Perbuktan sinklinal lereng III, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
13. Perbuktan sinklinal lereng IV, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).
14. Perbuktan sinklinal lereng V, daerah penelitian ini masuk pada kelas N2 (tidak sesuai permanen) karena memiliki faktor pembatas berupa curah hujan (3000 – 4000mm).

4. Tanaman Mahoni

Hasil analisis antara karakteristik dan kualitas lahan dengan persyaratan tumbuh Tanaman Mahoni diperoleh hasil bahwa kelas kesesuaian lahan untuk tanaman mahoni didaerah penelitian didominasi pada kelas Cukup Sesuai (S2) dengan 978,12 ha atau 48,18% dari luas wilayah yang

terdiri dari 6 satuan bentuklahan. Sesuai marginal (S3) terdiri dari 4 satuan bentuklahan dengan luas 623,16 ha atau 30,70%. Tidak sesuai sementara (N1) terdiri dari 3 satuan bentuklahan dengan luas 357,75 ha atau 17,62% dan Tidak sesuai permanen (N2) dengan luas 70,75 ha atau 4,17% dari luas wilayah yang terdiri dari satu satuan bentuklahan.

Faktor penghambat pertumbuhan Mahoni adalah batuan permukaan dan singkapan batuan karena persentasinya yang tinggi. Faktor penghambat batuan permukaan >40% membuat pertumbuhan pohon Mahoni menjadi terganggu, pohon Mahoni akan tumbuh baik dengan batuan permukaan berkisar 3-40% (Sarwono Hardjowigeno W, 2007). Batuan permukaan yang tersebar di daerah Lembah perbukitan struktural lereng I persentasinya cukup tinggi yaitu sebesar 70%. Faktor penghambat berupa singkapan batuan dengan persentase tinggi yang tersebar di daerah penelitian yaitu di Perbukitan sinklinal lereng III, Perbukitan sinklinal lereng V dan Perbukitan struktural lereng V. Tanaman Mahoni dapat tumbuh dengan tidak adanya singkapan batuan. Faktor penghambat singkapan batuan ini tidak dapat dilakukan suatu usaha perbaikan untuk memperbaiki kelas kesesuaian lahan potensialnya, dikarenakan singkapan batuan merupakan proses alamiah. Uraian kesesuaian lahan untuk tanaman mahoni digolongkan pada masing-masing satuan bentuklahan sebagai berikut :



1. Cukup sesuai (S2) kelas kesesuaian ini terdapat 6 satuan bentuklahan:
 - a. Perbukitan struktural lereng III a, area ini termasuk ke dalam kelas S2 dengan faktor pembatas berupa tekstur tanah, batuan permukaan, drainase, erosi, singkapan batuan, permeabilitas dan curah hujan.
 - b. Perbukitan struktural lereng III c, area ini termasuk ke dalam kelas S2 dengan faktor pembatas berupa kedalaman tanah, batuan permukaan, drainase, bahaya erosi, singkapan batuan, permeabilitas dan curah hujan.
 - c. Perbukitan struktural lereng III d, area ini termasuk ke dalam kelas S2 dengan faktor pembatas berupa kedalaman tanah, bahaya erosi, suhu, permeabilitas dan curah hujan.
 - d. Perbukitan struktural lereng III e, area ini termasuk ke dalam kelas S2 dengan faktor pembatas berupa kedalaman tanah, bahaya erosi, suhu, permeabilitas dan curah hujan.
 - e. Perbukitan struktural lereng IV a, area ini termasuk ke dalam kelas S2 dengan faktor pembatas berupa kedalaman tanah, bahaya erosi, singkapan batuan, suhu dan permeabilitas.



- f. Perbukitan struktural lereng IV b, area ini termasuk ke dalam kelas S2 dengan faktor pembatas berupa kedalaman tanah, bahaya erosi, singkapan batuan, suhu, permeabilitas dan curah hujan.
2. Sesuai marginal (S3) kelas kesesuaian ini terdapat 4 satuan bentuklahan:
- a. Perbukitan struktural lereng IV c, area ini termasuk ke dalam kelas S3 dengan faktor pembatas berupa permeabilitas.
 - b. Perbukitan struktural lereng III b, area ini termasuk ke dalam kelas S3 dengan faktor pembatas berupa batuan permukaan.
 - c. Perbukitan struktural lereng II, area ini termasuk ke dalam kelas S3 dengan faktor pembatas berupa kedalaman tanah, bahaya erosi dan singkapan batuan.
 - d. Perbukitan sinklinal lereng IV, area ini termasuk ke dalam kelas S3 dengan faktor pembatas berupa bahaya erosi dan batuan permukaan.
3. Tidak sesuai sementara (N1) kelas kesesuaian ini terdapat 3 satuan bentuklahan:
- b. Perbukitan struktural lereng V, area ini termasuk ke dalam kelas NI dengan faktor pembatas berupa singkapan batuan.



- c. Perbukitan sinklinal lereng V, area ini termasuk ke dalam kelas NI dengan faktor pembatas berupa singkapan batuan.
 - d. Perbukitan sinklinal lereng III area ini termasuk ke dalam kelas NI dengan faktor pembatas berupa singkapan batuan.
4. Tidak sesuai permanen (N2) kelas kesesuaian ini hanya terdapat satu satuan bentuklahan yaitu Lembah perbukitan struktural lereng I dengan faktor pembatas berupa batuan permukaan.

Berdasarkan kajian-kajian yang sudah dibahas sebelumnya, maka bisa dijelaskan bahwa Longsorlahan pada dasarnya sesuatu jenis bencana alam yang dapat dilakukan pencegahan. Salah satu metode pencegahan longsorlahan adalah dengan cara vegetatif. Cara vegetatif yang dimaksud adalah menggunakan jenis tanaman tertentu untuk mencegah kejadian longsorlahan tersebut. Tanaman yang dapat digunakan untuk mencegah longsorlahan tidak semua jenis tanaman bisa, akan tetapi tanaman yang harus memiliki sifat-sifat tertentu seperti perakarannya kuat menunjam kebawah, batangnya ringan, dan daunnya tidak rimbun. Di daerah penelitian jenis tanaman yang dapat digunakan untuk pencegahan longsorlahan yang memiliki kesesuaian lahan sangat sesuai tidak ada diantara empat jenis tanaman tersebut. Tanaman yang dapat dipergunakan untuk mencegah longsorlahan di daerah penelitian yang memiliki tingkat kesesuaian lahan sesuai hingga sesuai marginal adalah tanaman Mahoni, Sengon, dan Jati.. []

PENUTUP

Longsorlahan adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai daerah di Indonesia. Besarnya potensi kejadian longsorlahan disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya kondisi geomorfologi, geologi, tanah, penggunaan lahan, dan curah hujan.

Berdasarkan pembahasan-pembahasan yang sudah dijelaskan di bab-bab sebelumnya, bisa disimpulkan bahwa daerah penelitian terletak di Sub Daerah Aliran Sungai Arus, secara administrasi terletak di sebagian Kecamatan Gumelar, dan Pekuncen Kabupaten Banyumas, mempunyai kelas kerawanan sedang hingga tinggi. Daerah yang memiliki kerawanan tinggi dapat diartikan bahwa daerah tersebut juga memiliki potensi kejadian longsorlahan tinggi. Berdasarkan faktor penyebab kerawanan tersebut maka faktor yang dominan terdapat 6 faktor. Ke enam faktor tersebut adalah curah hujan, tebal lapukan batuan, tekstur tanah, permeabilitas tanah, jenis batuan, dan struktur geologi, maka faktor penyebab kerawanan tersebut juga sebagai faktor penyebab kejadian longsorlahan.

Penyebab potensi kejadian longsorlahan tersebut disebabkan oleh faktor alam yang sulit untuk melakukan modifikasi untuk menurunkan potensi longsorlahan. Usaha untuk mengurangi risiko longsorlahan sulit dengan cara menurunkan kelas kerawanannya, maka usaha yang sangat mungkin untuk menurunkan kelas risiko longsorlahan adalah dengan cara

meningkatkan kapasitas masyarakat melalui penyuluhan dan sosialisasi tentang longsorlahan.

Selain dengan cara meningkatkan peran serta masyarakat melalui penyuluhan dan sosioalisasi tentang bahwa longsorlahan, yang harus dipahami bersama bahwa longsorlahan juga bisa diatasi dengan beberapa pencegahan. Longsorlahan pada dasarnya sesuatu jenis bencana alam yang dapat dilakukan pencegahan. Salah satu metode pencegahan longsorlahan adalah dengan cara vegetatif. Cara vegetatif yang dimaksud adalah menggunakan jenis tanaman tertentu untuk mencegah kejadian longsorlahan tersebut. Tanaman yang dapat digunakan untuk mencegah longsorlahan tidak semua jenis tanaman bisa, akan tetapi tanaman yang harus memiliki sifat-sifat tertentu seperti perakarannya kuat menunjam kebawah, batangnya ringan, dan daunnya tidak rimbun. Di daerah penelitian jenis tanaman yang dapat digunakan untuk pencegahan longsorlahan yang memiliki kesesuaian lahan sangat sesuai tidak ada diantara empat jenis tanaman tersebut. Tanaman yang dapat dipergunakan untuk mencegah longsorlahan di daerah penelitian yang memiliki tingkat kesesuaian lahan sesuai hingga sesuai marginal adalah tanaman Mahoni, Sengon, dan Jati.



Ketiga jenis tanaman tersebut direkomendasi karena memiliki sifat perakaran tunggang, batangnya ringan untuk sengan, sedang mahoni dan jati memiliki sifat yang menggugurkan daunnya pada saat musim kemarau. Tanaman Jati walaupun tingkat kesesuaiannya marginal ini sangat dianjurkan karena memiliki sifat yang baik salah satunya adalah apabila ditebang pangkal batangnya sulit untuk lapuk dan cenderung tumbuh cabang kembali.[]



DAFTAR PUSTAKA

- Alfandi, W., 2001. *Epistemologi Geografi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Arifin, S., Carolila, I. dan Winarco, C., 2006. Implementasi Penginderaan Jauh dan SIG Untuk Inventarisasi Daerah Rawan Bencana Longsor Provinsi Lampung, *Jurnal Penginderaan Jauh*; Vol. 3 Nb 1 Juni 2006, hal. 77 – 86
- Arthur J. Keown, 2000. <https://Pengertianrisiko.com>
- Banirostam, T., Mirzaie, K., and Mehdi N. Fesharaki, M.N., 2012. A Conceptual Model For Ontology Based Learning, *International Journal of Research in Computer Science eISSN 2249-8265 Volume 2 Issue 6 (2012) pp. 1-6.*
- Barus, B., 1999. Pemetaan Bahaya Longsoran Berdasarkan Klasifikasi Statistik Peubah Tunggal Menggunakan SIG: Studi Kasus Daerah Ciawi – Pincak – Pacet, Jawa Barat, *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*; Vol. 2, No 1, April 1999, hal. 7 – 16.
- Carrara, A., Crosta, G., and Frattini, P., 2003. Geomorphological and Historical Data in Assessing Landslide Hazard, *Earth Surface Processes and Landforms, Earth Surf, Process, Landforms* 28, 1125-1142 (2003).
- Edoardo Borgomeo, Katy V. Hebditch, Alexander C. Whittaker, Lidia Lonergan. Characterising the spatial distribution,

- frequency and geomorphic controls on landslide occurrence, Molise, Italy, *Journal of Geomorphology*. 2014.
- H.B. Havenitha,, A. Torgoev, R. Schlögel, A. Braun I. Torgoev, A. Ischuk. Tien Shan Geohazards Database: Landslide susceptibility analysis, *Journal of Geomorphology*. 2015.
- Hardjono, I., 2008. Pemintakatan Bahaya Longsorlahan di Kecamatan Manyaran Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah, *Forum Geografi, Vol. 22 No 2, Desember 2008*.
- Kevin Roback, Marin K. Clark, A. JoshuaWest, Dimitrios Zekkos, Gen Li, Sean F. Gallen, Deepak Chamlagain, JonathanW. Godt. The size, distribution, and mobility of landslides caused by the 2015 Mw7.8 Gorkha earthquake, Nepal, *Journal of Geomorphology*. 2017.
- Luigi Borrelli, Loredana Antronico, Giovanni Gullà, Giovanni Marino Sorriso-Valvo. Geology, geomorphology and dynamics of the 15 February 2010 Maierato landslide (Calabria, Italy), *Journal of Geomorphology*. 2014.
- Lynn M. Highland, United States Geological Survey, andPeter Bobrowsky, 2008. The Landslide Handbook— A Guide to Understanding Landslides, Geological Survey of Canada, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2008
- Marfai, M A., Cahyadi, A., dan Nugraha, H., 2013. Pendekatan Geomorfologi untuk Kajian Kerawanan Bencana di Dusun Tampiran Kabupaten Pacitan, *Prosiding*,

Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial untuk Optimalisasi Otonomi Daerah, Muhammadiyah University Press, Surakarta.

Paimin, Sukresno, Irfan Budi Pramono, 2009. Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor, Tropenbos International Indonesia Programme (2009).

Purnama, S., Ig., 2007. Model Pencemaran Airtanah di Kota Yogyakarta, *Majalah Geografi Indonesia* ; vol. 21 ; No. 2, September 2007, hal. 123 – 145.

Suharini, E., dan Palangan, A., 2014. *Geomorfologi : Gaya, Proses, dan Bentuklahan*, Ombak, Yogyakarta.

Suwarno dan Sutomo, 2012, Pemodelan Mitigasi Longsorlahan Berbasis Teknologi Sistem Informasi Geografi di Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas, *Laporan Penelitian*, LPPM UMP, Purwokerto.

Suwarno dan Sutomo, 2017. Model Analog Potensi Bencana Alam Longsorlahan Dengan Pendekatan Geomorfologikal Di Sub Das Kali Arus Kabupaten Banyumas, *Laporan Penelitian*, LPPM Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Suwarno dan Sutomo, 2017. Risiko Bencana Longsorlahan Di Sub Das Logawa Kabupaten Banyumas, *Proseding*, The 5th Urecol Proceeding 18 February 2017 UAD, Yogyakarta.

Suwarno, 2014. Model Pengelolaan lahan pada Wilayah Rawan Longsorlahan di Kecamatan Pekuncen Kabupaten Banyumas, *Disertasi*, Program Doktor Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Suwarno, 2014. Model Pengelolaan lahan pada Wilayah Rawan Longsorlahan di Kecamatan Pekuncen Kabupaten Banyumas, *Disertasi*, Program Doktor Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Suwarno, 2018. An Analysis of Landslide Occurrence Distribution and Geomorphological Conditions of Arus River Sub-Watershed in Banyumas Regency, *5th International Conference on Community Development (AMCA 2018)*, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 231*

Suwarno, Sartohadi, J., Sunarto. Jarot, W., 2013. An Analysis Of Landslide Vulnerability In Pekuncen Sub-District Banyumas District, *Prepared for International Seminar on Thematic Information for Natural Disaster, "Communicating Multiscientific Analyses on Disaster Management, 30th July 2013 Inna Garuda Hotel, Yogyakarta.*

Suwarno, Sartohadi, J., Sunarto. Jarot, W., 2013. An Analysis Of Landslide Vulnerability In Pekuncen Sub-District Banyumas District, *Prepared for International Seminar on Thematic Information for Natural Disaster, "Communicating Multiscientific Analyses on Disaster Management, 30th July 2013 Inna Garuda Hotel, Yogyakarta.*



- Thomas, R. W., and Huggett, R. J., 1980. *Modelling in Geography A Mathematical Approach*, Barnes & Noble Books, Totowa, New Jersey.
- Thornbury, 1954. *Principles of Geomorphology*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- UU RI. No. 24 th. 2007, tentang PENANGGULANGAN BENCANA, LNRI Tahun 2007 Nomor 66, TLNRI No 4723.
- Verstappen, H.Th., 2014. *Geomorfologi Terapan : Survei Geomorfologikal untuk Pengembangan Lingkungan*, Ombak, Yogyakarta.
- Worosuprojo, S., 2002. Studi Erosi Parit dan Longsoran dengan Pendekatan Geomorfologis di Daerah Aliran Sungai Oyo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, *Desertasi S3*, Prgram Studi Geografi, UGM, Yogyakarta.
- Yu-Shu Kuo, Yuan-Jung Tsai, Yu-Shiu Chen, Chjeng-Lun Shieh, Kuniaki Miyamoto, Takahiro Itoh. Movement of deep-seated rainfall-induced landslide at Hsiaolin Village during Typhoon Morakot, *Journal of Llanddlide*. 2012.
- Z^ezere, J.L., Trigo, R. M., Fragoso, M., Oliveira, S. C., and Garcia, R. A. C., 2008. Rainfall-triggered landslides in the Lisbon region over 2006 and relationships with the North Atlantic Oscillation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8, 483–499.



Zuidam, and Zuidam Cancelado, 1978. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photograph Interpretation* VII – 6, Enschede, The Netherlands.

