

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

2.1.1 Batas Administrasi Wilayah Penelitian

Adapun wilayah penelitian secara administratif masuk kedalam daerah Desa Peniraman, Kecamatan Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat, Secara geografis daerah tersebut dibatasi oleh koordinat yang tercantum pada **Tabel 2.1**.

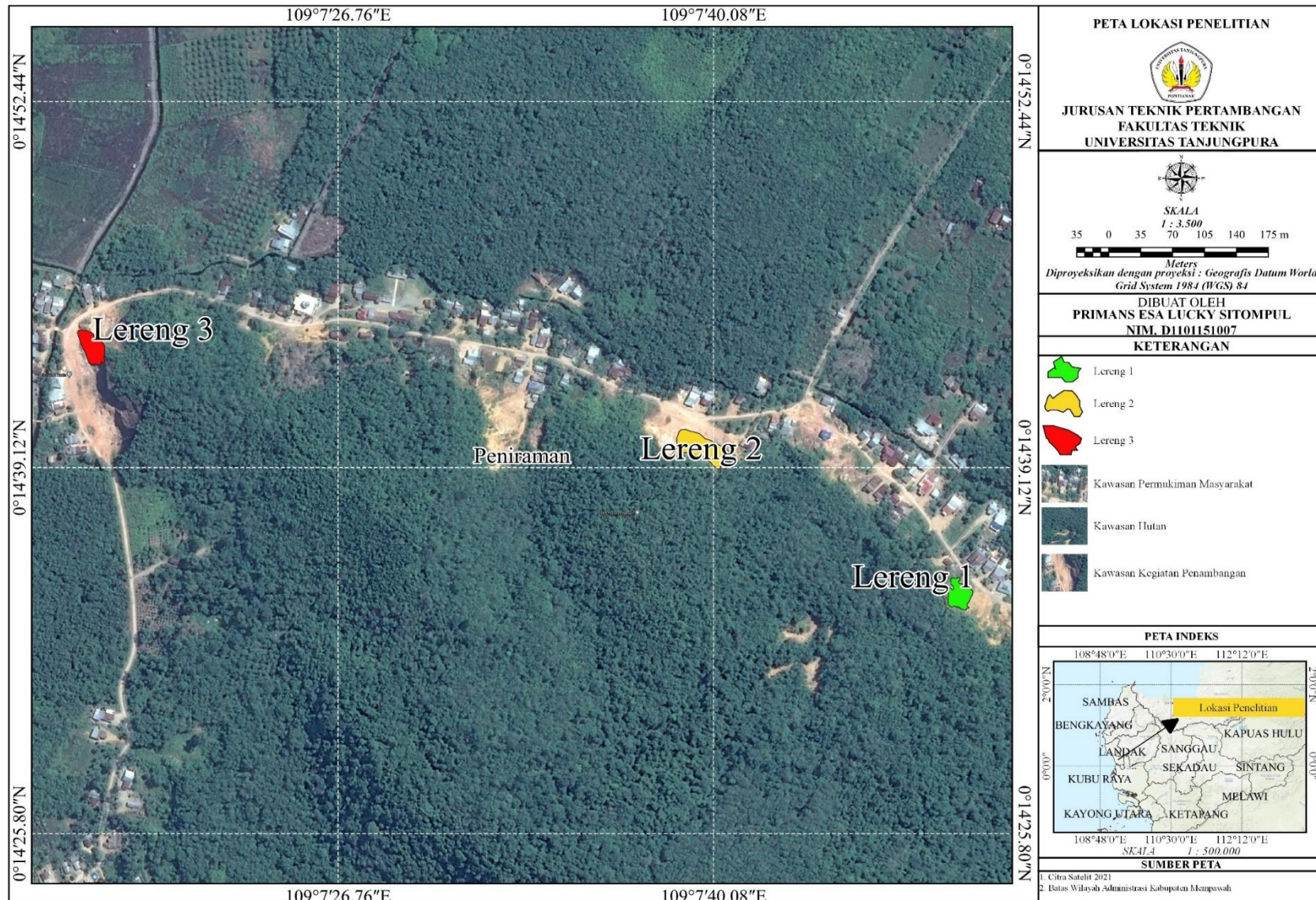
Tabel 2. 1 Koordinat Lokasi Penelitian

Titik Lokasi	Lereng	Derajat Menit Detik					
		Lintang Utara (LU)			Bujur Timur (BT)		
		Derajat	Menit	Detik	Derajat	Menit	Detik
1.	1	0.00	13.00	48.49	109.00	7.00	56.09
2.		0.00	13.00	47.51	109.00	7.00	56.09
3.		0.00	13.00	47.51	109.00	7.00	55.45
4.		0.00	13.00	48.49	109.00	7.00	55.45
1..	2	0.00	13.00	51` .59	109.00	7.00	54.87
2.		0.00	13.00	50.61	109.00	7.00	54.87
3.		0.00	13.00	50.61	109.00	7.00	54.23
4.		0.00	13.00	51.59	109.00	7.00	54.23
1.	3	0.00	13.00	49.43	109.00	7.00	53.64
2.		0.00	13.00	48.45	109.00	7.00	53.64
3.		0.00	13.00	48.49	109.00	7.00	52.99
4.		0.00	13.00	49.43	109.00	7.00	52.99

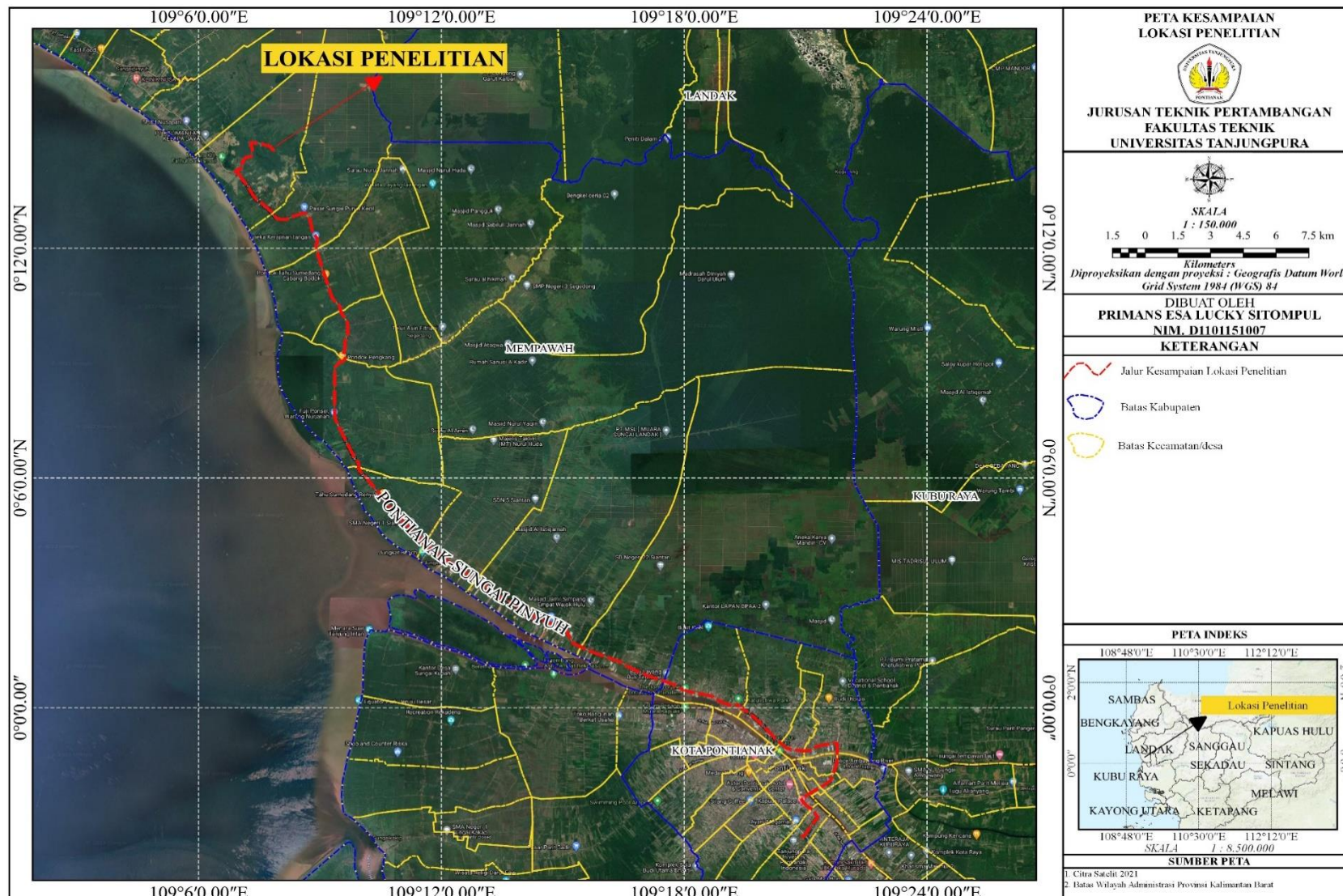
2.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Adapun lokasi pengambilan data akan dilakukan pada tiga titik yang tidak sama pada wilayah rencana lokasi penelitian (**Gambar 2.1**). Untuk bisa mencapai ke wilayah rencana lokasi penelitian, perjalanan ini dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat maupun roda dua. menuju lokasi penelitian selama \pm 1 jam 30 menit dengan jarak \pm 50,4 km yang ditunjukkan pada **Gambar**

2.2. Peta kesampaian lokasi penelitian.



Gambar 2. 1 Peta lokasi penelitian



Gambar 2. 2 Peta kesampaian lokasi penelitian

2.1.3 Geologi Regional

Geologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang distribusi sekelompok batuan (formasi) baik jenis, strukturnya (stratigrafi) maupun urutan pembentukannya (litologi) yang membentuk suatu pola dalam luasan area tertentu.

Secara regional, daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Singkawang, Kalimantan Skala 1: 250.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Daerah penelitian didominasi oleh dua satuan litologi batuan, yaitu:

a. Formasi Granodiorit Mensibau (Klm)

Terdiri dari batuan terutama granodiorit dengan granit, diorit kuarsa, diorit, adamelit, dan tonalit.

b. Formasi Endapan Alluvial dan Rawa (Qa)

Terdiri dari lumpur, pasir, kerikil, dan sisa tumbuhan.

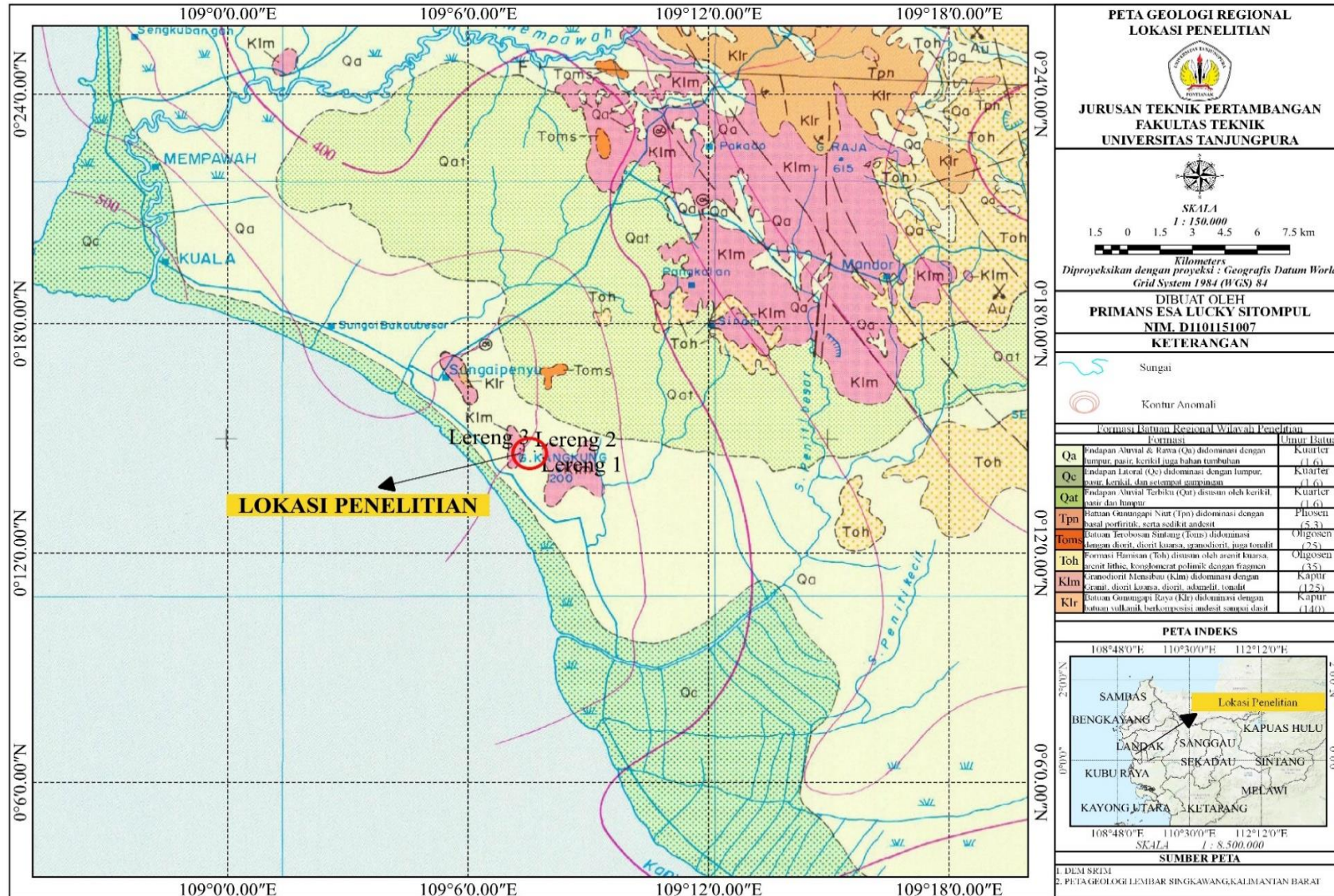
Apabila dilihat dari skala waktu geologi yang berpedoman pada *Geological Society of America* tahun 1983, diperkirakan formasi granodiorit mensibau ini terendapkan pada masa mesozoikum (*mesozoic*) zaman kapur bawah (*lower cretaceous*). Masa mesozoikum berlangsung dari 225.000-70.000 juta tahun yang lalu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa masa mesozoikum sudah berlangsung selama 155.000 juta tahun. Endapan zaman kapur sendiri diperkirakan berlangsung selama 65-135 juta tahun.

Zaman kapur berkembang berbagai macam kehidupan. Beberapa diantaranya merupakan kelanjutan dari zaman jura. Formasi granodiorit mensibau termasuk dalam kategori batuan terobosan (*intrusive rocks*). Formasi tersebut terdiri dari:

a. Granodiorit hornblenda-biotit, adamelit, tonalit, granodiorit biotit-hornblenda, diorit, diorit kuarsa, granit, memiliki sifat magnetik sedang sampai kuat, umumnya terubah, setempat tergeruskan kuat, termilonitkan, dan terbreksikan, terdapat senolit batuan gunung api sedimen.

- b. Granodiorit lekokratik yang merupakan fenokris plagioklas, kuarsa sampai 4 mm dan senolit bauan gunung api raya.
- c. Granodiorit hornblenda–biotit, lekokratik-mesokratik, dengan ciri berbutir sedang-seragam sampai diorit kuarsa dan tonalit.
- d. Granodiorit biotit-hornblenda, berbutir kasar, fenokris plagioklas, kuarsa, biotit dan hornblenda sampai 3 mm di dalam masa dasar yang sama, banyak terdapat senolit dari batuan gunung api raya.
- e. Diorit kuarsa, yaitu mesokratik dengan tekstur halus sampai sedang, holokristalin, kuarsa plagioklas, hornblenda, sedikit augit dan piroksenorto.
- f. Granit, granit biotit merah jambu lekokratik sampai adamelit, cenderung merupakan kerabat termuda. (Arman, 2012)

Formasi endapan alluvial dan rawa terendapkan pada zaman kuarter atau masa tersier (*tertiary*) zaman pliosen atas (*upper pliocene*). Kala pliosen diperkirakan berumur kurang lebih 5.332.000-1.806.000 tahun yang lalu. Pliosen berlangsung setelah miosen dan diikuti oleh kala pleistosen. Zaman tersebut terdiri dari iklim dingin dan kering. Mamalia dan moluska yang terdapat pada zaman ini mulai bermunculan. Formasi endapan alluvial dan rawa termasuk dalam kategori endapan sedimen (*sedimentary deposits*).



Sumber: Langford, R.P. 1993

Gambar 2. 3 Peta geologi lembar regional

2.1.4 Stratigrafi Regional

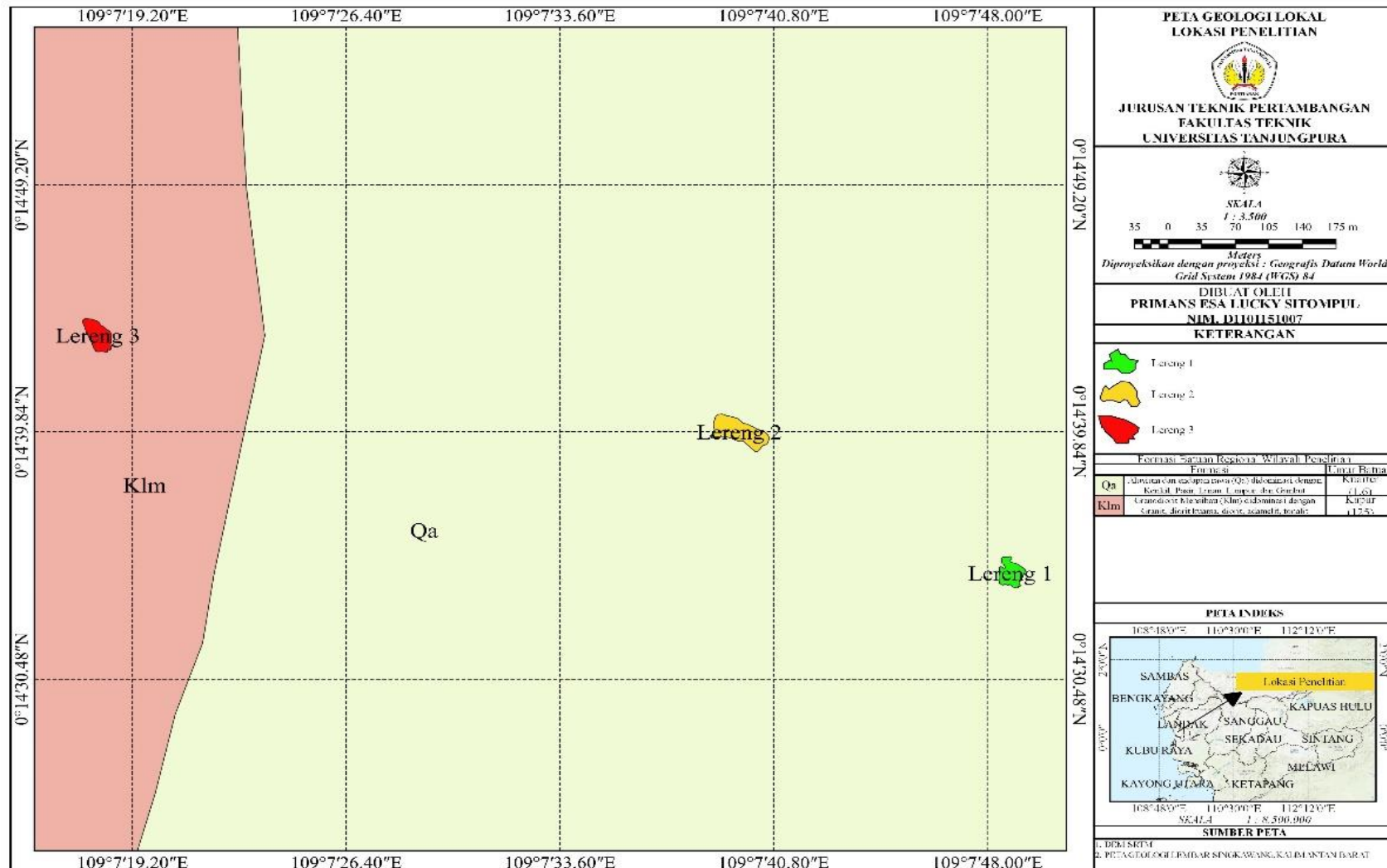
Lokasi penelitian ditunjukkan pada lembar peta geologi lembar Singkawang terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) Departemen ESDM pada tahun 1993. Pada penampang stratigrafi secara regional diketahui urutan batuan dari yang paling tua sampai yang paling muda adalah sebagai berikut:

- Batuan Gunungapi Raya (Klr); Andesit berubah, dasit, basal dengan gabungan antara piroklastika andesitan dan dasitan, kaya klorit, epidot, sisipan tipis konglomerat, batupasir, batulumpur, diperkirakan terbentuk pada zaman Mesozoikum skala waktu Kapur Bawah.
- Granodiorit Mensibau (Klm); terutama granodiorit dengan granit, diorit kuarsa, diorit, adamelit, tonalit, diperkirakan terbentuk pada zaman Mesozoikum skala waktu Kapur Bawah.
- Formasi Hamisan (Toh); tersusun oleh arenit kuarsa, arenit litos, konglomerat anekabahan *Quartz Arenite, lithic arenite, polymictic conglomerate*, diperkirakan terbentuk pada zaman Tersier skala waktu Oligosen bawah.
- Batuan Terobosan Sintang (Toms); tersusun oleh diorit, mikrodiorit, granodiorite, diorit kuarsa, gabro kuarsa, tonalit, diperkirakan terbentuk pada zaman Tersier skala waktu Oligosen atas.
- Batuan Gunung Api Niut (Tpn); tersusun oleh basal porfiritik, serta sedikit andesit terbentuk pada zaman Tersier skala waktu Miosen atas.
- Endapan Aluvial Terbiku (Qat); tersusun oleh lumpur, pasir, kerikil dan sisa tumbuhan terbentuk pada zaman Kuarter.
- Endapan Litoral (Qc); ialah lumpur, pasir, kerikil dan setempat gampingan dan sisa tumbuhan terbentuk pada zaman Kuarter.
- Endapan Aluvial & Rawa (Qa); ialah lumpur, pasir, kerikil dan sisa tumbuhan pada zaman Kuarter.

2.1.5 Stratigrafi Lokal

Berdasarkan lembar peta geologi regional Singkawang terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) Departemen ESDM pada tahun 1993 dan berdasarkan pada area lokasi penelitian didapatkan stratigrafi secara lokal diketahui urutan batuan dari yang paling tua sampai yang paling muda adalah sebagai berikut:

- Granodiorit Mensibau (Klm); terutama granodiorit dengan granit, diorit kuarsa, diorit, adamelit, tonalit, diperkirakan terbentuk pada skala waktu Kapur Bawah.
- Endapan Aluvial & Rawa (Qa); ialah lumpur, pasir, kerikil dan sisa tumbuhan yang diperkirakan terbentuk pada skala waktu Kuartar.



Sumber: Peta Geologi Lembar Singkawang/1993

Gambar 2. 4 Peta geologi lokal lokasi penelitian

2.1.6 Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk permukaan bumi serta proses - proses yang berlangsung terhadap permukaan bumi sejak bumi terbentuk sampai sekarang. Konsep pemetaan geomorfologi yang dikemukakan di bawah ini mengacu kepada sistem yang dikembangkan oleh Verstappen (1967,1968) dan Van Zuidam (1968, 1975) yang dilandasi pengalaman di wilayah tropis seperti di Indonesia dan Amerika Latin. Sistem pemetaan geomorfologi harus memenuhi kriteria unsur - unsur geomorfologi, seperti gambaran bentuk (morfografi), asal - usul / proses terjadinya bentuk (morfogenetik), penilaian kuantitatif bentuk (morfometri) dan material penyusun.

- A. Morfografi secara garis besar memiliki arti gambaran bentuk permukaan bumi atau arsitektur permukaan bumi. Secara garis besar morfografi dapat dibedakan menjadi bentuklahan perbukitan/punggungan, pegunungan, atau gunungapi, lembah dan dataran. Beberapa pendekatan lain untuk pemetaan geomorfologi selain morfografi adalah pola punggungan, pola pengaliran dan bentuk lereng.

Bentuk lahan perbukitan (*hilly landforms*) memiliki ketinggian antara 50 meter sampai 500 meter di atas permukaan laut dan memiliki kemiringan lereng antara 7 % sampai 20 %, sedangkan bentuklahan pegunungan (*mountainous landforms*) memiliki ketinggian lebih dari 500 meter dan kemiringan lereng lebih dari 20 %. Sebutan perbukitan digunakan terhadap bentuk lahan kubah intrusi (*dome landforms of intrusion*), bukit rempah gunungapi / gumuk tefra, koral (*karst*) dan perbukitan yang dikontrol oleh struktural.

Sebutan pegunungan digunakan terhadap rangkaian bentuk lahan yang memiliki ketinggian lebih dari 500 meter dan kemiringan lereng lebih dari 20 %, biasanya merupakan satu rangkaian dengan bentuk lahan gunungapi atau akibat kegiatan tektonik yang cukup kuat, seperti pegunungan Himalaya di India, pegunungan Alpen di Eropa dan Pegunungan Selatan di Jawa Barat (Van, Zuidam , 1985)

Aspek - aspek geologi yang berhubungan dengan bentuk lahan perbukitan dan pegunungan tersebut antara lain:

- a. Perbukitan kubah intrusi, disusun oleh material batuan beku intrusi yang memiliki ciri khas membentuk pola aliran sentripetal, soliter (terpisah), biasanya terbentuk pada daerah yang dipengaruhi oleh sesar dan tersebar tidak beraturan.
- b. Bentuk lahan perbukitan rempah gunungapi (gumuk tefra) disusun oleh material - material hasil erupsi gunungapi yang berbutir halus sampai bbongkah dengan ciri khas tidak jauh dari gunungapi sebagai sumber material. Gumuk tefra terbentuk karena kegiatan erupsi gunung api.
- c. Bentuk lahan perbukitan karst (gamping) disusun oleh material sisa kehidupan binatang laut (koral), bersifat karbonatan. Ciri khas perbukitan karst membentuk perbukitan yang berkelompok, membentuk pola pengaliran multi basinal (tiba - tiba menghilang), terdapat gua - gua dengan stalagtit dan talagmit. Daerah perbukitan karst mencerminkan jejak lingkungan laut dangkal (25 meter sampai 50 meter), sehingga garis pantai lama tidak jauh dari kumpulan perbukitan karst tersebut. Munculnya perbukitan karst disebabkan oleh suatu pengangkatan (tektonik).
- d. Bentuk lahan perbukitan yang memanjang mencerminkan suatu perbukitan yang terlipat, sehingga dapat diperkirakan material penyusun berupa batuan sedimen, seperti batupasir, batulempung dan batulanau atau perselingan batuan sedimen tersebut. Ciri khas bentuk lahan perbukitan terlipat memiliki pola pengaliran paralel atau rektangular yang berbeda arah, mengikuti lereng sayap dari perbukitan tersebut, sedangkan puncak dari perbukitan bertindak sebagai batas pemisah aliran (water devided). Bentuklahan perbukitan memanjang terbentuk akibat dari kegiatan tektonik lemah (pengangkatan), sehingga membentuk perlipatan. Perbukitan yang berbelok atau terpisah, kemungkinan diakibatkan oleh gerakan dari sesar geser.

- e. Bentuk lahan pegunungan terdapat pada suatu rangkaian gunungapi, seperti rangkaian gunungapi Tangkuban Parahu dengan Tampomas terdapat rangkaian pegunungan Bukit Tunggul, Manglayang dan rangkaian pegunungan di Utara Tanjungsari, kemudian menyambung dengan Gunungapi Tampomas. Selain rangkaian pegunungan yang terdapat di sekitar gunungapi, terdapat pula rangkaian pegunungan yang diakibatkan oleh tektonik, seperti rangkaian Pegunungan Selatan Jawa Barat yang membentang dari Barat di Teluk Palabuan Ratu (Sukabumi) sampai ke Timur di Teluk Pangandaran (Ciamis).
- B. Morfogenetik adalah proses / asal - usul terbentuknya permukaan bumi, seperti bentuklahan perbukitan / pegunungan, bentuk lahan lembah atau bentuk lahan pedataran. Proses yang berkembang terhadap pembentukan permukaan bumi tersebut yaitu proses eksogen dan proses endogen.
- a. Proses eksogen adalah proses yang dipengaruhi oleh faktor - faktor dari luar bumi, seperti iklim, biologi dan artifisial. Proses yang dipengaruhi oleh iklim dikenal sebagai proses fisika dan proses kimia, sedangkan proses yang dipengaruhi oleh biologi biasanya terjadi akibat dari lebatnya vegetasi, seperti hutan atau semak belukar dan kegiatan binatang. Proses artifisial lebih banyak disebabkan oleh aktifitas manusia merubah bentuk permukaan bumi untuk kepentingan kehidupannya. Tahap perubahan permukaan bumi yang disebabkan oleh proses eksogen diawali dengan permukaan bumi yang dipengaruhi oleh iklim, seperti hujan, perubahan temperatur dan angin, sehingga merubah mineral - mineral penyusun batuan secara fisika atau kimia, sehingga batuan menjadi lapuk dan selanjutnya menjadi tanah. Lapisan permukaan tanah kemudian dikikis oleh hujan selanjutnya material permukaan tanah yang lepas terhanyutkan dan diendapkan pada suatu cekungan pengendapan, seperti lembah / sungai atau laut. Secara garis besar proses eksogen diawali dengan pelapukan batuan, kemudian hasil pelapukan batuan menjadi tanah dan tanah terkikis (degradasional), terhanyutkan dan pada akhirnya diendapkan (agradasional). Kenampakan proses erosi pada peta

topografi atau foto udara ditunjukkan oleh kerapatan pola aliran, sehingga semakin rapat pola aliran menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat erosi yang cukup tinggi atau dapat pula diinterpretasikan bahwa daerah tersebut disusun oleh batuan yang relatif lunak dengan porositas yang buruk. Sebaliknya jika kerapatan pola pengaliran renggang, maka dapat diartikan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat erosi yang relatif kecil atau dapat pula diinterpretasikan bahwa daerah tersebut disusun oleh batuan yang relatif keras dan memiliki porositas yang cukup baik serta memiliki ketahanan terhadap erosi.

- b. Proses endogen adalah proses yang dipengaruhi oleh kekuatan / tenaga dari dalam kerak bumi, sehingga merubah bentuk permukaan bumi. Proses dari dalam kerak bumi tersebut antara lain kegiatan tektonik yang menghasilkan patahan (sesar), pengangkatan (lipatan) dan kekar. Selain kegiatan tektonik, proses kegiatan magma dan gunungapi (vulkanik) sangat berperan merubah bentuk permukaan bumi, sehingga membentuk perbukitan intrusi dan gunungapi.

Ciri - ciri proses endogen yang berlangsung di suatu daerah pada peta topografi atau foto udara adalah sebagai berikut :

Bentuk lahan perbukitan intrusi:

- Bentuk perbukitan menyerupai kubah dan berpola terpisah (soliter).
- Pola aliran radial sentripetal (menyebar keluar dari titik pusat).
- Bentuk lereng relatif cembung.
- Garis kontur pada peta topografi relatif rapat.

Bentuk lahan perbukitan struktural:

Perlipatan:

- Bentuk perbukitan memanjang.
- Pola aliran paralel dan rektangular.
- Bentuk lereng hampir lurus dan simetris pada sisi yang berlawanan.

- Garis kontur pada peta topografi relatif renggang.

Patahan (sesar normal dan sesar naik):

- Bentuk perbukitan tidak menerus dan tidak simetris.
- Pola aliran paralel atau rektangular.
- Bentuk lereng relatif cekung dan tidak simetris pada kedua lereng yang berlawanan.
- Garis kontur pada peta topografi pada bagian patahan sangat rapat.

Patahan (sesar geser)

- Bentuk perbukitan berbelok atau tergeser (tidak menerus).
- Pola aliran rektangular.
- Bentuk lereng lurus dan tidak beraturan.
- Garis kontur pada peta topografi renggang sampai rapat.

Bentuk lahan gunung api (vulkanik)

- Bentuk pegunungan kerucut.
- Pola aliran radial pada bagian puncak dan pola aliran pada lereng tengah sampai lereng bawah lurus (elongate).
- Memiliki kawah dan lubang kepundan.
- Garis kontur pada peta topografi pada bagian puncak relatif rapat, dan pada bagian lereng tengah sampai lereng bawah agak renggang sampai renggang.

C. Morfometri merupakan penilaian kuantitatif dari suatu bentuk lahan dan merupakan unsur geomorfologi pendukung yang sangat berarti terhadap morfografi dan morfogenetik. Penilaian kuantitatif terhadap bentuk lahan memberikan penajaman tata nama bentuk lahan dan akan sangat membantu terhadap analisis lahan untuk tujuan tertentu, seperti tingkat erosi, kestabilan lereng dan menentukan nilai dari kemiringan lereng tersebut.

Lereng

Lereng merupakan bagian dari bentuk lahan yang dapat memberikan informasi kondisi - kondisi proses yang berpengaruh terhadap bentuklahan,

sehingga dengan memberikan penilaian terhadap lereng tersebut dapat ditarik kesimpulan dengan tegas tata nama satuan geomorfologi secara rinci. Ukuran penilaian lereng dapat dilakukan terhadap kemiringan lereng dan panjang lereng, sehingga tata nama satuan geomorfologi dapat lebih dirinci dan tujuan - tujuan tertentu, seperti perhitungan tingkat erosi, kestabilan lereng dan perencanaan wilayah dapat dikaji lebih lanjut.

Ukuran kemiringan lereng yang telah disepakati untuk menilai suatu bentuklahan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Ukuran Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng	Keterangan	Klasifikasi USSSM* (%)	Klasifikasi USLE** (%)
0—2	Datar – Hampir datar	0-2	1-2
3-7	Lereng sangat landai	2-6	2-7
8-13	Lereng landai	6-13	7-12
14-20	Lereng agak curam	13-25	12-18
21-55	Lereng curam	25-55	18-24
56-140	Lereng sangat curam	>55	>24

Sumber: Van Zuidam, 1985

* USSSM = United State soil System Management

**USLE = Universal Soil Loss Equation (Wischmeir, 1967).

Tabel 2. 3 Ukuran Panjang Lereng

Panjang Lereng (m)	Klasifikasi
<15	Lereng sangat pendek
15-50	Lereng pendek
50-250	Lereng sedang
250-500	Lereng panjang
>500	Lereng sangat panjang

Perbedaan Ketinggian

Perbedaan ketinggian (elevasi) biasanya diukur dari permukaan laut, karena permukaan laut dianggap sebagai bidang yang memiliki angka ketinggian (elevasi) nol. Pentingnya pengenalan perbedaan ketinggian adalah untuk menyatakan keadaan morfografi dan morfogenetik suatu bentuk lahan,

seperti perbukitan, pegunungan atau dataran. Hubungan perbedaan ketinggian dengan unsur morfografi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Hubungan Ketinggian Absolut Dengan Morfografi

Ketinggian Absolut	Unsur Morfografi
<50 meter	Dataran Rendah
50 meter – 100 meter	Dataran rendah pedalaman
100 meter – 200 meter	Perbukitan rendah
200 meter – 500 meter	Perbukitan
500 meter – 1.500 meter	Perbukitan tinggi
1.500 meter – 3.000 meter	Pegunungan
> 3000 meter	Pegunungan tinggi

Sumber: Van Zuidam, 1985

Tabel 2. 5 Hubungan Kelas Relief

Kelas Relief	Kemiringan Lereng (%)	Perbedaan Ketinggian (m)
Datar – Hampir datar	0 – 2	<5
Berombak	3 – 7	5 – 50
Berombak – Bergelombang	8 – 13	25 – 75
Bergelombang – Berbukit	14 -20	75 - 200
Berbukit – Pegunungan	21 – 55	200 – 500
Pegunungan curam	55 – 140	500 – 1.000
Pegunungan sangat curam	>140	>1.000

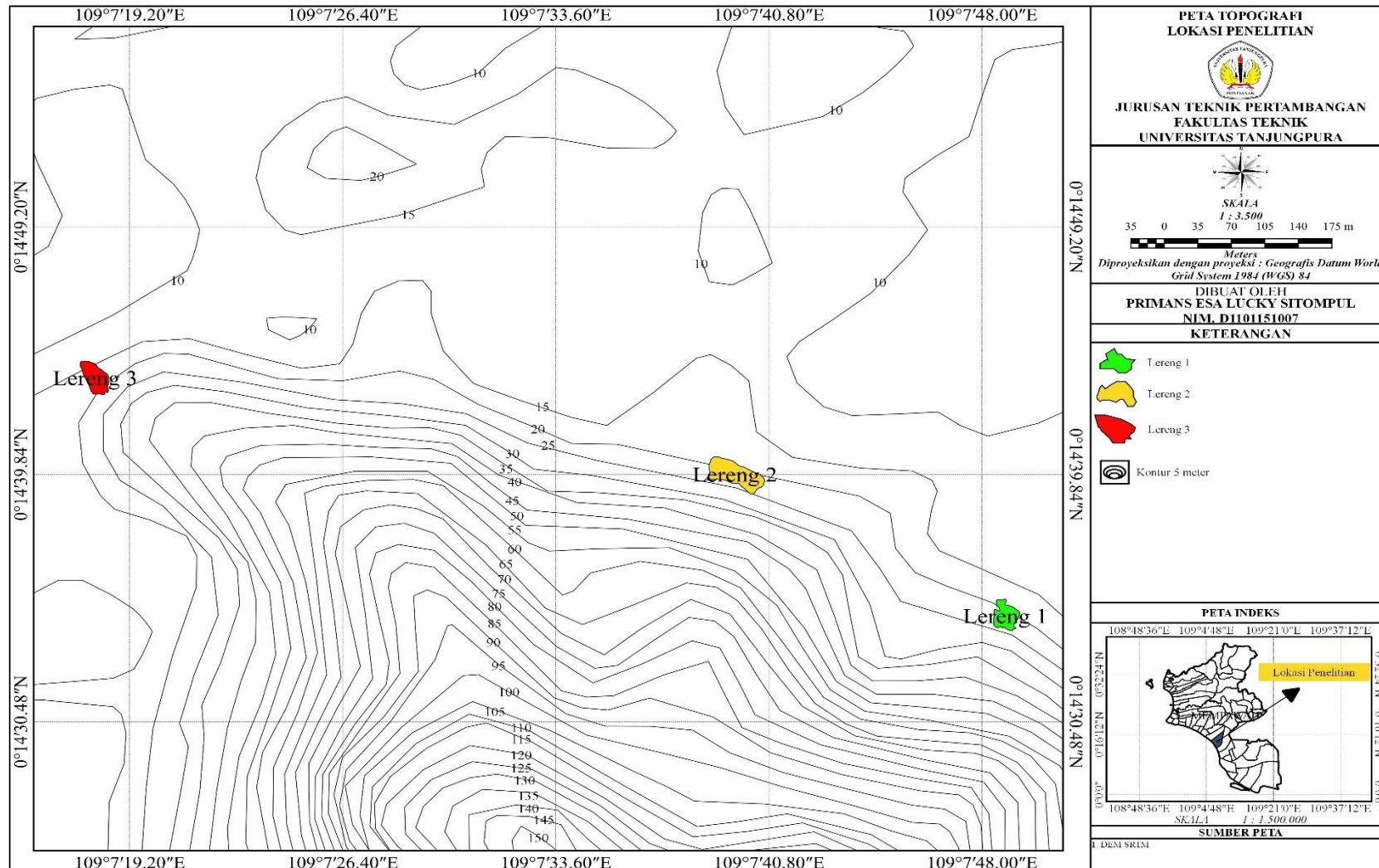
Sumber: Van Zuidam, 1985

Tabel 2. 6 Kerapatan Aliran

Jenis Kerapatan	Pada Skala 1:25.000 Memiliki Kerapatan	Karakteristik
Halus	Kurang dari 0,5 cm	Tingkat limpasan air permukaan tinggi, batuan memiliki porositas buruk
Sedang	0,5 cm – 5 cm	Tingkat limpasan air permukaan sedang, batuan memiliki porositas sedang
Kasar	Lebih besar dari 5 cm	Tingkat limpasan air permukaan rendah, batuan memiliki porositas baik dan tahan terhadap erosi

Sumber: Van Zuidam, 1985

Bentang lahan lokasi penelitian dipengaruhi kelompok besar satuan bentuk lahan yang terjadi akibat pengaruh struktur geologis, oleh karena itu penamaan satuan geomorfologi daerah penelitian adalah satuan bentuk lahan perbukitan struktural.



Sumber: Peta Geologi

Gambar 2. 5 Peta topografi

2.2 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka (Sawahlunto, 2018).

2.2.1 Lereng Alam

Lereng alam (*natural slope*) adalah lereng yang terbentuk karena fenomena alam yang terjadi akibat dari proses geologi. Dalam konteks perencanaan teknik jalan, lereng alam sering dijumpai pada kawasan dengan topografi berbukit dan pegunungan, dimana posisi badan jalan berada pada elevasi tanah asli (*existing ground*) berada pada di sisi sebuah bukit, atau elevasi badan jalan berada pada lereng bukit yang sebagian digali/dipotong untuk posisi badan jalan. lereng alam adalah apabila tidak ada perlakuan dan atau penanganan terhadap lereng tersebut, baik berupa perubahan kemiringan atau penambahan dengan suatu konstruksi tertentu, sehingga kestabilan dan kestabilan dari lereng alam tersebut benar-benar mengandalkan kestabilan internal yang terbentuk akibat sifat, karakteristik, dan struktur tanah serta bentuk alaminya.

2.2.2 Lereng Buatan (*man made slope*)

Lereng Buatan (*man made slope*) adalah lereng yang terjadi akibat terbentuknya daerah galian dan atau daerah timbunan pada proses perencanaan geometrik jalan. Lereng buatan dapat berbentuk lereng buatan dengan penanganan konstruksi, baik struktur maupun non struktur, atau lereng buatan tanpa penanganan konstruksi yaitu lereng yang hanya mengandalkan kemiringan dan tinggi kritis berdasarkan karakteristik tanah pembentuk lereng tersebut.

2.3 Prinsip Dasar Analisis Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa factor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya

penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak, lereng tersebut tidak stabil dan akan terjadi longsoran. Sebenarnya, longsoran merupakan suatu proses alami yang terjadi untuk mendapatkan kondisi kestabilan lereng yang baru (kesetimbangan baru), di mana gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak.

2.4 Longsoran

Longsoran adalah pergerakan masa tanah atau batuan sepanjang bidang tergelincir atau suatu permukaan bidang geser. masa batuan adalah kondisi material dan bidang –bidang diskontinuitas yang di miliki batuan (Rumbiak, 2016). penyebab longsoran diantaranya, yaitu:

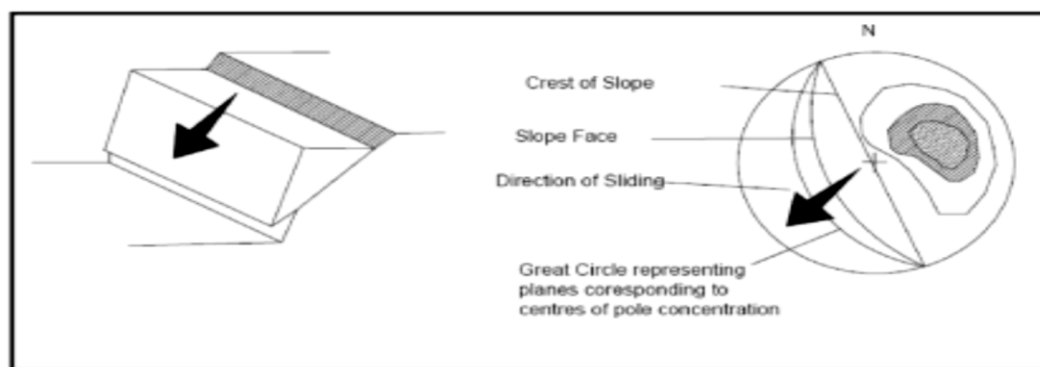
- Berkurang kekuatan geser material pembentuk lereng akibat:
 - a. Erosi, baik yang disebabkan oleh aliran sungai, hujan maupun suhu.
 - b. Pergerakan alami dari lereng akibat pergeseran bidang longsor maupun akibat penerunan (settlement).
 - c. Aktifitas manusia, antara lain:
 - Penggalian dasar lereng
 - Pengrusakan stuktur penahan tanah
 - Penggundulan tanaman pada lereng
- Bertambahnya tegangan geser pada lereng akibat:
 - a. kondisi alam
 - b. aktifitas manusia
 - c. gempa atau sumber getaran lainnya
 - d. pemindahan material di sekeliling dasar material longsoran.
 - e. timbulnya tekanan tanah lateral (Varnes, 1978) membagi faktor – faktor penyebab longsor menjadi dua bagian yaitu, faktor –faktor yang menyebabkan kenaikan tegangan dan faktor –faktor yang menyebabkan penurunan kekuatan geser tanah. Jenis longsoran menurut (Varnes ,1978) dapat di kelompokkan menjadi enam kelompok, yaitu runtuhan, robohan, longsoran, pancaran lateral, aliran dan gabungan.

Ada beberapa Jenis Longsoran yang umum dijumpai pada massa batuan tambang terbuka (Pane & Anaperta, 2019) yaitu:

2.4.1 Longsoran Bidang (*Plane Failure*)

Longsoran bidang merupakan suatu longsoran batuan yang terjadi disepanjang bidang luncur yang dianggap rata. Bidang luncur tersebut dapat berupa rekahan, sesar maupun bidang perlapisan batuan . Longsoran jenis ini akan terjadi jika kondisi dibawah ini terpenuhi :

- Jurus (*strike*) bidang luncur mendekati paralel terhadap jurus bidang permukaan lereng.
- Kemiringan bidang luncur (ψ_p) harus lebih kecil dari pada kemiringan bidang permukaan lereng (ψ_f).
- Kemiringan bidang luncur (ψ_p) lebih besar dari pada sudut geser dalam (ϕ).
- Adanya permukaan dengan tahanan yang dapat diabaikan untuk menentukan batas lateral dari longsor.



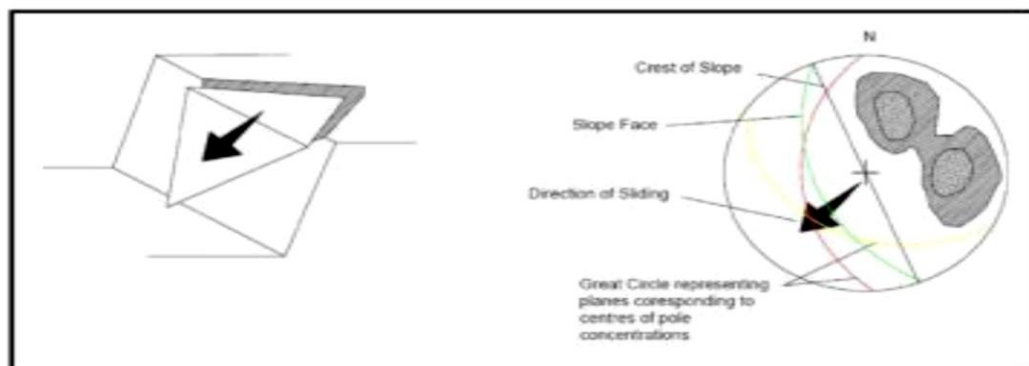
Gambar 2. 6 Longsoran bidang

2.4.2 Longsoran Baji (*Wedge Failure*)

Longsoran baji (*Wedge failure*) terjadi bila terdapat dua bidang lemah atau lebih yang berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng. Longsoran baji ini dapat dibedakan menjadi dua tipe longsoran yaitu longsoran tunggal (*single sliding*) dan longsoran ganda (*double sliding*). Untuk longsoran tunggal, luncuran terjadi pada salah satu bidang, sedangkan untuk

longsoran ganda luncuran terjadi pada perpotongan kedua bidang. Longsoran baji tersebut akan terjadi bila memenuhi syarat sebagai berikut:

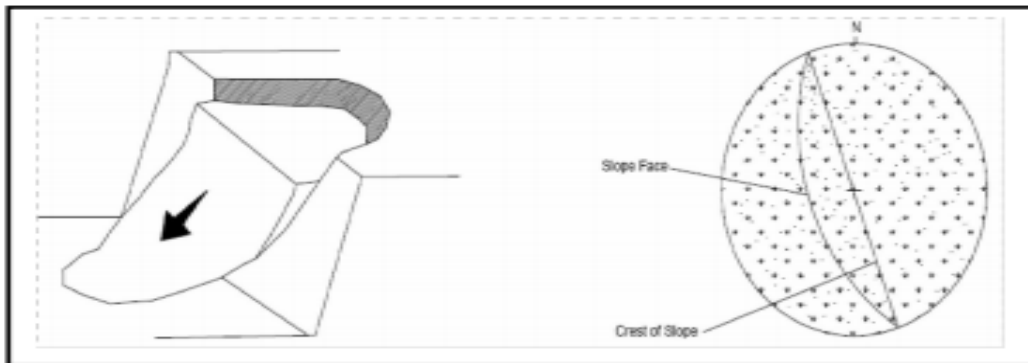
- Kemiringan lereng (ψ_f) lebih besar daripada kemiringan garis potong (ψ_p) kedua bidang lemah.
- Sudut garis potong (ψ_p) kedua bidang lemah lebih besar dari pada sudut geser dalamnya (ϕ).
- Garis perpotongan memiliki arah kemiringan sesuai dengan arah muka lereng agar longsoran dapat terjadi.



Gambar 2. 7 Longsoran baji

2.4.3 Longsoran Busur (*Circular Failure*)

Longsoran Busur (*Circular Failure*) umumnya terjadi pada material yang bersifat lepas (loose material) seperti material tanah. Sesuai dengan namanya, bidang longsorannya berbentuk busur. Batuan hancur yang terdapat pada suatu daerah penimbunan dengan dimensi besar akan cenderung longsor dalam bentuk busur lingkaran (Timur, 2017). Pada longsoran busur yang terjadi pada daerah timbunan, biasanya faktor struktur geologi tidak terlalu berpengaruh pada kestabilan lereng timbunan. Pada umumnya, kestabilan lereng timbunan bergantung pada karakteristik material, dimensi lereng serta kondisi air tanah yang ada dan faktor luar yang mempengaruhi kestabilan lereng pada lereng timbunan.

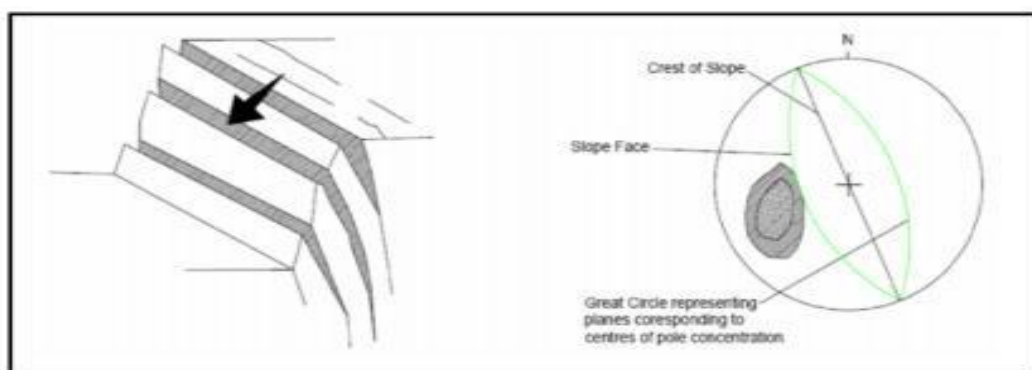


Gambar 2. 8 Longsoran busur

2.4.4 Longsoran Guling (*Toppling Failure*)

Longsoran guling pada umumnya terjadi pada lereng yang terjal pada batuan yang keras dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom (Fahraini, 2017). Longsoran jenis ini terjadi apabila bidang-bidang lemah yang ada berlawanan dengan kemiringan lereng. Longsoran ini pada blok fleksibel, terjadi jika:

- $\beta > 90^\circ + f - \alpha$ dimana,
 β = kemiringan bidang lemah,
 f = sudut geser dalam dan
 α = kemiringan lereng
- Perbedaan maksimal jurus (*strike*) dari kekar (*joint*) dengan sudut lereng (*slope*) adalah 30° .



Gambar 2. 9 Longsoran guling

2.5 Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan digunakan sebagai alat dalam menganalisis kestabilan lereng yang menghubungkan antara pengalaman di bidang massa

batuan dengan kebutuhan pemantapan di berbagai kondisi lapangan yang dibutuhkan. Namun, penggunaan klasifikasi massa batuan tidak digunakan sebagai pengganti perancangan rinci. Pada dasarnya pembuatan klasifikasi massa batuan (Bieniawski, 1989) bertujuan:

- Mengidentifikasi parameter parameter penting yang mempengaruhi perilaku massa batuan.
- Membagi formasi massa batuan kedalam grup yang mempunyai perilaku sama menjadi kelas massa batuan. Memberikan dasar-dasar untuk pengertian karakteristik dari setiap kelas massa batuan.
- Menghubungkan pengalaman dari kondisi massa batuan di satu lokasi dengan lokasi lainnya.

Agar dapat dipergunakan dengan baik dan cepat maka klasifikasi massa batuan harus mempunyai beberapa sifat seperti berikut (Bieniawski, 1989)

- Sederhana, mudah diingat dan dimengerti
- Sifat-sifat massa batuan yang penting harus disertakan
- Parameter dapat diukur dengan mudah dan murah Pembobotan dilakukan secara relatif.

2.6 Parameter *Rock Mass Rating* (RMR)

Dalam klasifikasi pembobotan massa batuan RMR sistem menggunakan lima parameter umum (Askari et al., 2017) yang ditentukan di lapangan maupun uji laboratorium. Lima parameter tersebut adalah:

2.6.1 Kekuatan Massa Batuan (*Strength of Intact Rock Material*)

Kekuatan massa batuan merupakan kekuatan dari batuan utuh (*intact rock*) yang diperoleh dari hasil uji UCS di laboratorium yakni dengan pengujian *Uniaxial Compressive Strength Test*, pengujiannya menggunakan mesin tekan (*compression machine*) untuk memecahkan sampel batuan dari satu arah (*uniaxial*). Nilai UCS merupakan besar tekanan yang harus diberikan sehingga membuat batuan pecah (Rai et al., 2014).

Kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan persamaan, sebagai berikut:

$$\sigma_c = P/A$$

σ_{ca} = Kuat tekan batuan (Mpa)

P = Gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (kN);

A = Luas penampang pada benda uji, dinyatakan dalam cm^2

Tabel 2. 7 Estimasi Kekuatan Batuan Utuh

Cara Estimasi Kekuatan Batuan Utuh di Lapangan	Terminologi	Nilai UCS (Mpa)	Nilai <i>Point Load Index</i> (Mpa)
Spesimen batuan hanya terkelupas setelah dipukul berkali-kali dengan palu geologi	Sangat-sangat Keras	>250	>10
Spesimen batuan harus dipukul berkali-kali menggunakan palu geologi agar retak.	Sangat Keras	100–250	4–10
Spesimen batuan harus dipukul lebih dari satu kali menggunakan palu geologi agar retak.	Keras	50-100	2-4
Spesimen batuan dapat retak dengan sekali pukul menggunakan palu geologi namun belum bisa dikumpas menggunakan pisau saku	Sedang	25-50	1-2
Spesimen batuan dapat dikupas menggunakan pisau saku namun agak susah dan spesimen bisa dilubangi/lekuk menggunakan ujung palu geologi batuan beku.	Lunak	5-25	-
Dengan mudah bisa dikupas menggunakan pisau saku dan hancur dengan	Sangat Lunak	1-5	-

sedikit pukulan dengan palu geologi.			
Bisa Dilubangi/dilekuk menggunakan kuku tangan.	Sangat-sangat Lunak	0,25-1	-

Sumber: Hoek dan Brown (1997)

Tabel 2. 8 Klasifikasi Kuat Massa Batuan

UCS (MPa)	Kualitas Massa Batuan	Contoh Jenis Batuan
0,25–1	Sangat Lemah Sekali (<i>Extremely Low</i>)	Dapat dihancurkan dengan mudah menggunakan tangan, mendekati <i>soil</i> .
1–5	Lemah Sekali (<i>Very Low</i>)	Mudah dihancurkan dengan ujung palu geologi, dapat dikupas dengan pisau, material seukuran 30mm dapat dipatahkan dengan tekanan jari.
5–25	Lemah (<i>Low</i>)	Mudah dihancurkan dengan palu, dapat melengkung 1-3 mm saat ditumbuk. Dalam bentuk core (panjang 150 mm dan diameter 50 mm) dapat dipatahkan dengan tangan. Jika dipukul dengan palu suaranya melenting.
25–50	Medium (<i>Medium</i>)	Mudah dibaret dengan pisai, dalam bentuk core (panjang 150 mm dan diameter 50 mm) bisa namun sangat sulit untuk dipatahkan dengan tangan.
50–100	Kuat (<i>Strong</i>)	Dalam bentuk core (panjang 150 mm dan diameter 50 mm) tidak dapat dipatahkan dengan tangan tetapi dengan sekali pukulan palu geologi.
100–250	Sangat Kuat (<i>Very Strong</i>)	Sampel dapat dihancurkan dengan lebih dari satu kali blow, jika dipukul dengan palu akan berdenting.
> 250	Sangat Kuat Sekali (<i>Extremely Strong</i>)	Butuh banyak pukulan palu geologi untuk menghancurkannya, suara pukulan berdenting.

Sumber: Hoek, E and Bray, J.W, 1981

Deere (1970) membuat klasifikasi teknis batuan utuh untuk beberapa macam batuan dalam menilai kuat tekan batuan, seperti yang terlihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2. 9 Klasifikasi Teknis Batuan Utuh

Kekuatan Pemeraiian	UCS (MPa)	Batuan
Sangat Lemah	1-25	Talk
Lemah	25-50	Batubara, Batulanau, Sekis
Sedang	50-100	Batupasir, Sabak, Serpih
Kuat	100-200	Marmar, Granit, Genis
Sangat Kuat	>200	Kuarsa, Dolerit, Gabro, Basal

Sumber: Deere, 1963

Tabel 2. 10 Pembobotan Nilai UCS

Deskripsi Kualitatif	UCS (MPa)	PLI (MPa)	Bobot
Sangat kuat sekali (<i>exceptionally</i>)	>250	>10	>15
Sangat kuat (<i>very strong</i>)	100-250	4-10	12
Kuat (<i>strong</i>)	50-100	2-4	7
Sedang (<i>average</i>)	25-50	1-2	4
Lemah (<i>weak</i>)	5-25	Penggunaan UCS	2
Sangat lemah (<i>very weak</i>)	1-5		1
Sangat lemah sekali (<i>extremely weak</i>)	<1		0

2.6.2 Rock Quality Designation (RQD)

Parameter *RQD* diperoleh melalui pengamatan inti bor yang terambil, dengan mengabaikan inti bor yang memiliki panjang kurang dari 10 cm dan menunjukkan sisanya sebagai persentase terhadap panjang pemboran. Namun jika menggunakan sistem *scanline*, terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi diskontinuitas atau kekar. Frekuensi diskontinuitas/kekar merupakan perbandingan antara jumlah diskontinuitas dalam satu *scanline* dengan panjang *scanline* (Syam et al., 2018). Frekuensi diskontinuitas dihitung dengan rumus:

$$\text{Frekuensi } (\lambda) = \frac{\Sigma \text{ Diskontinuitas}}{\text{Panjang Scanline}}$$

Setelah diketahui nilai frekuensi kekar atau diskontinuitas, nilai tersebut digunakan untuk menghitung RQD dengan rumus menurut Priest and Hudson (1976): $RQD = 100e^{-0,1\lambda}(0,1\lambda + 1)$

Keterangan:

λ = jumlah total kekar per meter

e = eksponensial

Tabel 2. 11 Hubungan Kualitas Massa Batuan Terhadap Nilai RQD

Kualitas Massa Batuan	RQD (%)	Bobot
Sangat Buruk	0-25	3
Buruk	25-50	8
Sedang	50-75	13
Baik	75-90	17
Sangat Baik	90-100	20

Sumber: Bieniawski, 1989

2.6.3 Jarak Diskontinuitas (*Spacing of Discontinuities*)

Bidang lemah dalam istilah geologi bisa berupa sesar (*fault*), kekar (*joint*) dan Lipatan (*bedding*) yang harus menerus. Kemenerusan joint mempunyai panjang lebih besar dari bukaan atau lebih panjang dari 3m. Bisa juga dikatakan menerus jika kurang dari 3m tetapi dipisah oleh joint lain. RMR menentukan rating berdasarkan jarak antar joint yang paling dominan. Batas terbesar dari jarak antar joint yang dipakai dalam RMR yaitu > 2 m dengan rating 20, sedangkan batas terendah < 60 mm dengan rating 5. Pengukuran di lapangan harus representative terhadap daerah yang akan diteliti. Keterdapatannya di alam biasanya terdiri dari beberapa set joint, sehingga agak sulit dalam menentukan jarak antar joint. Jika hal ini terjadi maka diambil kondisi yang paling dominant atau beberapa model joint tersebut tetap diukur jaraknya dan dirata-ratakan.

Jarak antar spasi kekar adalah jarak tegak lurus antar dua kekar berurutan sepanjang garis pengukuran yang di buat sembarang sementara mendefinisikan spasi kekar sebagai suatu panjang utuh pada suatu selang pengamatan. Spasi diskontinuitas merupakan jarak antara dua diskontinuitas yang berdekatan dalam satu *scanline*.

$$\text{Jarak Kekar} = \frac{\text{Panjang Scanline}}{\Sigma \text{Diskontinuitas}}$$

Tabel 2. 12 Jarak Kekar

Deskripsi	Spacing (m)	Bobot
Sangat Lebar	>2	20
Lebar	0.6-2	15
Sedang	0.2-0.6	10
Rapat	0.006-0.2	8
Sangat Rapat	<0.006	5

Sumber: Bieniawski, 1989

2.6.4 Kondisi Diskontinuitas

Kondisi diskontinuitas ditentukan dari deskripsi tiap bidang diskontinuitas, berupa tingkat pelapukan, kekasaran permukaan bidang diskontinuitas, kemenerusan bidang kekar atau diskontinuitas, lebar bukaan, dan material pengisi bidang diskontinuitas (Syam et al., 2018).

A. Kemenerusan Bidang Diskontinuitas (*discontinuity persistence*)

Kemenerusan Bidang Diskontinu ditentukan dengan mengamati dan mengukur panjang dari bidang kekar di massa batuan. Klasifikasi persistensi kekar menurut Bieniawski (Goel & Singh, 2011) dapat dilihat pada Tabel 2.5 Klasifikasi Persistensi Kekar.

Tabel 2. 13 Klasifikasi Kemenerusan Kekar

Deskripsi	Panjang Kemenerusan
Sangat Rendah	<1 m
Rendah	1–3 m
Sedang	3–10 m
Tinggi	10-20 m
Sangat Tinggi	>20 m

Sumber: Bieniawski, 1989

B. Bukaan Kekar (*Aperture*)

Merupakan jarak tegak lurus antar dinding batuan yang berdekatan pada bidang diskontinu. Celah tersebut dapat berisi material pengisi (infilling) atau tidak.

C. Kekasaran (*Roughness*)

Kekasaran merupakan parameter penting dari kondisi ketidakmenerusan. Kekasaran didefinisikan sebagai tingkat kekasaran dipermukaan bidang kekar, berfungsi sebagai pengunci antar blok atau mencegah pergeseran sepanjang permukaan kekar. Di lapangan penentuan kekasaran dapat

dilakukan dengan meraba permukaan kekar. Panduan untuk menentukan profil kekasaran dan diskripsinya dapat dilakukan dengan pendekatan ISRM, (1981):

1. Sangat kasar (*very rough surfaces*) apabila terdapat banyak gelombang yang sangat berdekatan pada permukaan kekar.
2. Kasar (*rough surfaces*) apabila terdapat beberapa gelombang, kekasaran terlihat jelas.
3. Sedikit kasar (*slightly rough surface*) apabila permukaan kekar dapat dibedakan dan dirasakan antara yang relatif kasar dengan yang relatif halus.
4. Halus (*smooth surfaces*) apabila permukaan kekar terasa halus ketika disentuh.
5. Polesan (*slickensided surfaces*) terlihat seperti dipoles (digosok).

D. Material Pengisi

Material pengisi didefinisikan sebagai material yang mengisi kekar. Keberadaan material pengisi ini akan mempengaruhi kekuatan massa batuan.

E. Pelapukan Pada Batuan (*Weathering*)

Pelapukan terjadi akibat proses fisika, kimia, biologi atau melalui proses mekanika dan dipengaruhi oleh keadaan iklim. Desintegrasi adalah hasil perubahan lingkungan seperti kelembaban, pembekuan dan pemanasan. Sedangkan dekomposisi menunjukkan perubahan batuan oleh sifat kimia seperti proses oksidasi pada batuan mengandung besi (Denni et al., 2021). Tingkat pelapukan batuan dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Tidak Lapuk (*Unweathered/Fresh*)

Unweathered pada lapangan adalah kondisi dimana tidak ada tanda-tanda pelapukan, kondisi batuan segar dan kristalnya tampak jelas.

2. Sedikit Lapuk (*Slightly Weathered*)

Slightly Weathered pada lapangan adalah kondisi dimana pelapukan terdapat pada rekahan yang terbuka, perubahan warna pada terjadi pada radius 10 mm sekitar rekahan.

3. Terlapukan Sedang (*Moderately Weathered*)

Moderately Weathered adalah kondisi dimana perubahan warna mencapai bagian yang lebih luas (>10mm) dan batuan tidak mudah lepas.

4. Sangat Terlapukan (*Highly Weathered*)

Highly weathered adalah kondisi dimana pelapukan mencapai semua bagian massa batuan, kondisi batuan mudah pecah, dan tidak mengkilap.

5. Terlapukan sempurna (*Completely Weathered*)

Completely Weathered adalah kondisi dimana massa batuan secara keseluruhan sudah berubah warna dan mengalami dekomposisi serta dalam keadaan rapuh, kenampakan luar sudah seperti tanah (soil).

Tabel 2. 14 Pembobotan Kondisi Kekar

Parameter	Bobot				
	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Kemenerusan kekar	6	4	2	1	0
Bukaan Kekar	Tidak ada 6	<0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	>5 mm 0
Kekasaran Kekar	Sangat Kasar 6	Kasar 5	Sedikit Kasar 3	Halus 1	Slickensided 0
Material Pengisi	Tidak ada 6	Keras < 5 mm 4	Keras > 5 mm 2	Lunak < 5 mm 2	Lunak > 5 mm 0
Pelapukan	Tidak Lapuk 6	Sedikit Lapuk 5	Lapuk 3	Sangat Lapuk 1	Hancur 0

2.6.5 Kondisi Air Tanah (*Ground Water Condition*)

Keberadaan air ini akan mengurangi kuat geser antara kedua permukaan diskontinuitas. Kondisi air tanah dapat dinyatakan secara umum, yaitu kering (*dry*), lembab (*damp*), basah (*wet*), menetes (*dripping*), dan mengalir (*flowing*) (Romana, 1993). Bobot parameter air tanah dapat ditentukan dengan beberapa cara yaitu pengamatan langsung di lapangan dan menentukan kondisi umum air, dapat dilihat pada **Tabel 2.15**.

Tabel 2. 15 Kondisi Air Tanah

Kondisi Air Tanah	Flow (L/min)	Rating
Kering (<i>dry</i>)	Tidak ada aliran	15
Lembab (<i>damp</i>)	< 10	10
Basah (<i>wet</i>)	10-25	7
Menetes (<i>dripping</i>)	25-125	4
Mengalir (<i>flowing</i>)	>125	0

Sumber: Bieniawski, 1989

2.7 Rock Mass Rating (RMR)

Nilai RMR diperoleh hasil penjumlahan 5 (lima) parameter sebelumnya (Bieniawski, 1989). Pembobotan RMR dapat dilihat pada **Tabel 2.16**.

Tabel 2. 16 Tabel Penilaian *Rock Mass Rating* (RMR)

No	Parameter		Pembobotan						
1	Kekuatan Massa Batuan	Index Kekuatan Beban Titik	> 10 Mpa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Menggunakan UCS		
		Kekuatan Tekan Uniaxial	> 250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	
	Bobot		15	12	7	4	2	1	
2	RQD		90-100 %	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	Bobot		20	17	13	8	3		
3	Jarak Diskontinuitas		>2m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	0.06-0.2m	<0.06m		
	Bobot		20	15	10	8	5		
4	Kondisi Diskontinuitas		Kemenerusan Kekar	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20m	
			Bobot		6	4	2	1	0
			Bukaan Kekar	Tidak ada	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm	
			Bobot		6	5	4	1	0
			Kekasaran Kekar	Sangat Kasar	Kasar	Sedikit Kasar	Halus	Slickensided	
			Bobot		6	5	3	1	0
			Material Pengisi	Tidak ada	Keras < 5 mm	Keras > 5 mm	Lunak < 5 mm	Lunak > 5 mm	
			Bobot		6	4	2	2	0
			Pelapukan	Tidak Lapuk	Sedikit Lapuk	Lapuk	Sangat Lapuk	Hancur	
Bobot		6	5	3	1	0			

No	Parameter	Pembobotan				
		Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir
5	Kondisi Air Tanah					
	Bobot	15	10	7	4	0

Sumber: Bieniawski, 1989

Tabel 2. 17 Kelas Massa Batuan

Bobot	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 -21	<21
Kelas	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik	Baik	Batuan Sedang	Batuan Lemah	Batuan Sangat Lemah

Sumber: Bieniawski, 1989

2.8 Slope Mass Rating (SMR)

Bieniawski (1989) pada saat membuat pembobotan RMR tidak bermaksud untuk mengevaluasi kestabilan lereng, dikarenakan tingginya bobot pengatur orientasi kekar, yaitu bervariasi dari 60 hingga 100. Untuk dapat menggunakan RMR, penentuan bobot pengatur orientasi kekar memerlukan pengertian sifat-sifat kekar yang ada pada massa batuan dimana lereng dibentuk. Sehingga dalam menggunakan klasifikasi massa batuan untuk evaluasi kestabilan lereng harus diperhatikan berbagai model longsor yang diatur oleh karakteristik kekar. Untuk menyertakan bobot pengatur orientasi kekar, Romana (1980) telah memodifikasi RMR menjadi *Slope Mass Rating (SMR)*. Berdasarkan pengamatan Romana pada 28 lereng dengan berbagai derajat potensi kelongsoran, ditemukan bahwa 6 lereng longsor. SMR pada dasarnya tidak memperhatikan kelongsoran tanah dan longsoran baji secara langsung, dengan persamaan sebagai berikut:

$$SMR = RMR + (F1.F2.F3) + F4$$

Dimana:

- F1 = Menggambarkan kepararelisan antara *dip direction* kekar dengan *dip direction* lereng. ($F1 = [\alpha_j - \alpha_s]$).
- F2 = Menerangkan hubungan sudut *dip* kekar sesuai dengan model longsor. ($F2 = \beta_j$).
- F3 = Selisih dari besar kemiringan kekar dikurangi dengan besar kemiringan jenjang.

- F4 = Faktor koreksi terhadap metode penggalian yang digunakan dalam pembentukan lereng

Parameter yang dibutuhkan untuk klasifikasi *Slope Mass Rating* (SMR) adalah sebagai berikut (Syam et al., 2018):

- Arah kemiringan (*dip direction*) dari permukaan lereng (α_s)
- Arah kemiringan (*dip direction*) diskontinuitas (α_j)
- Sudut kemiringan (*dip*) diskontinuitas (β_j) dan sudut kemiringan (*dip*) lereng (β_s)

Tabel 2. 18 Pembobotan Massa Batuan SMR

Kasus	Kriteria Faktor Koreksi	Sangat Menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tak Menguntungkan	Sangat Tak Menguntungkan
P	$ \alpha_j - \alpha_s $					
T	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $	$>30^\circ$	$30^\circ - 21^\circ$	$20^\circ - 11^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$<5^\circ$
W	$ \alpha_i - \alpha_s $					
P/W/T	F1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.0
P	$ \beta_j $	$<20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$>45^\circ$
W	$ \beta_i $					
P/W	F2	0.15	0.40	0.70	0.85	1.0
T	F2	1.0				
P	$ \beta_j - \beta_s $	$>10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
W	$ \beta_i - \beta_s $					
T	$ \beta_j + \beta_s $	$<110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$>120^\circ$	-	-
P/W/T	F3	0	-6	-25	-50	-60
Keterangan:						
α_j = Arah kemiringan diskontinuitas			β_j = Sudut kemiringan diskontinuitas			
α_s = Arah kemiringan lereng			β_s = Sudut kemiringan lereng			
α_i = Arah Perpotongan Longsoran Baji			β_i = <i>Wedge dip</i>			
P = Longsoran Bidang		W = Longsoran Baji		T = Longsoran Guling		

Sumber: Romana 1985

Penentuan tingkat kestabilan lereng juga dipengaruhi oleh metode penggalian yang digunakan. Kegiatan peledakan dalam pembentukan lereng akan

mempengaruhi tingkat kestabilan, sehingga dipertimbangkan sebagai salah satu parameter pada klasifikasi *Slope Mass Rating* (SMR) menurut Romana, (1985). Pembobotan metode penggalian yang digunakan pada klasifikasi SMR adalah sebagai berikut, pada **Tabel 2.19**.

Tabel 2. 19 Pembobotan Metode Penggalian SMR

Metode	Lereng Alamiah	Peledakan Prespliting	Peledakan Smooth	Peledakan Mekanis	Peledakan Buruk
F4	15	10	8	0	-8

Sumber: Romana, 1985

1. Lereng Alamiah (*Natural Slope*)

Natural slope merupakan kondisi lereng alami dan belum pernah tersentuh oleh tangan manusia dalam pembentukannya yang berupa singkapan (*outcrop*). Untuk pembobotan lereng alami diberi nilai 15 pada klasifikasi SMR (Romana, 1985).

2. Peledakan Prespliting (*Pre-split Blasting*)

Peledakan prespliting merupakan salah satu metode peledakan dalam pembentukan dinding tambang yang baris terakhir dekat dengan dinding diledakan terlebih dahulu sebelum peledakan utamanya (*primary blasting*). Peledakan presplitting biasa diterapkan pada kondisi sebagai berikut:

- Batuan masif (*massive rock*)
- Banyak ditemukan orientasi bidang lemah (*tight joints*)
- Arah orientasi bidang lemah dominan searah lereng atau perbedaan sudut antara arah lereng dan arah dari orientasi bidang lemah dibawah 30°.
- Banyak ditemukan struktur pada *daylight zone*

3. Peledakan Smooth (*Smooth Blasting*)

Smooth blasting/controlled blasting merupakan teknik peledakan yang bertujuan untuk mengurangi dampak dari getaran akibat kegiatan *blasting*. Salah satu metode *smooth blasting* yang biasa digunakan yaitu *line drilling*. Prinsip metode *line drilling* yaitu baris lubang bor yang berada dekat dinding tidak diberi isian peledak (kosong) sehingga ada ruang

bebas untuk mengurangi dampak getaran akibat peledakan terhadap dinding tambang. Metode peledakan *line drilling* diterapkan pada kondisi batuan lunak.

4. Peledakan Mekanis (*Mechanical Blasting*)

Prinsip Kerja dari metode *mechanical blasting* tidak jauh berbeda dengan *smooth blasting*, namun kontrol getaran akibat dari kegiatan *blasting* kurang. Seluruh lubang bor diisi bahan peledak dengan jumlah yang sama dan hanya menggunakan *micro-delay* untuk mengurangi dampak getaran akibat ledakan.

5. Peledakan Buruk (*Deficient Blasting*)

Deficient blasting merupakan metode peledakan yang tidak mengontrol dampak getaran akibat dari kegiatan *blasting*. *Deficient blasting* sangat jarang digunakan karena terlalu beresiko terhadap tingkat kestabilan. Metode ini bahkan tidak menggunakan *micro-delay* dalam proses peledakannya.

Tabel 2. 20 Deskripsi Setiap Kelas SMR

SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Kelas	V	IV	III	II	I
Deskripsi Massa Batuan	Sangat Buruk	Buruk	Normal	Baik	Sangat Baik
Kestabilan	Sangat Tidak Stabil	Tidak Stabil	Stabil sebagian	Stabil	Sangat Stabil
Kemungkinan Bentuk Longsor	Bidang Atau Seperti Keruntuhan Material Lepas	Bidang atau Baji Besar	Dikontrol oleh adanya kekar atau Baji Kecil	Berupa Blok	-

Sumber: Romana, 1985

2.9 Penelitian Terdahulu

Dalam melaksanakan penelitian ini, peneliti melakukan riset terlebih dahulu dengan membaca beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis kestabilan lereng menggunakan metode *Slope Mass Rating*.

Keaslian penelitian ini berdasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang mempunyai karakteristik yang relatif sama dalam hal judul kajian, meskipun berbeda dalam hal lokasi penelitian dan jumlah lereng.

Penelitian yang akan dilakukan mengenai kestabilan lereng di bukit Peniraman. Kesamaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah sama-sama menggunakan metode *Slope Mass Rating* sebagai metode kestabilan lereng, sedangkan perbedaannya yaitu terdapat pada lokasi penelitian. Berikut referensi dan kajian ilmiah yang digunakan oleh peneliti:

Tabel 2. 21 Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Teguh Samudera Paramesywara, Budhi Setiawan	2014	Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Rmr, Smr, dan Kesetimbangan Batas Pada Tambang Terbuka Kabupaten Belitung Timur	Metode pada penelitian ini adalah pengamatan di lapangan untuk mengetahui kondisi daerah penelitian secara langsung juga pengumpulan data geomekanik dengan cara mengklasifikan data pendoran	Nilai SMR terkecil tidak memberikan kepastian bahwa lerengnya akan stabil. Pada lereng NW – SE pada titik bor BT_01 dan pada lereng dengan bagian SW – NE pada BT_03 umumnya stabil dengan nilai SMR. Tapi tidak seperti lereng di NW – SE pada BT_04 dan SW – NE pada BT_02 kemiringannya tidak stabil dengan menggunakan nilai SMR.
2.	Agusti Wulandari, Shalaho Dina Devy, Hamzah Umar	2016	Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode <i>Rock Mass Rating</i> Dan <i>Slope Mass Rating</i> Pada Tambang Batupasir Di Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur	Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode induktif. Metode tersebut dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap pra-lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca-lapangan.	Dari hasil perhitungan diperoleh untuk nilai F1 adalah 1, F2 adalah 1, dan F3 adalah -50. Dan nilai F4 diperoleh bobot sebesar 15 karena lereng di lokasi penelitian merupakan lereng alami yang tidak terbentuk karena penggunaan alat mekanis,

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
					<p>maupun peledakan. Dari hasil perhitungan diperoleh bobot SMR 24,71. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kelas massa lereng di lokasi penelitian termasuk ke dalam kelas No. IV dengan deskripsi massa batuan buruk, dengan stabilitas lerengnya tidak stabil, dengan longsor yang dapat terjadi adalah longsor bidang atau baji.</p>
3.	Virginia Sneruni Smurem Rumbiak	2016	Analisis Perhitungan Tingkat Kestabilan Lereng Menggunakan Metode <i>Rock Mass Rating</i> Dan Slope Mass Rating Pada Area West Wanagon Slope Stability Di Pt. Freeport Indonesia	Metode yang di lakukan pada penelitian ini adalah studi pustaka dan di lanjutkan dengan pengukuran dan pengambilan data di lapangan kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dan analisis untuk mendapatkan penyelesaian masalah.	Nilai hasil SMR pada bobot massa jenjang di WWSS yaitu kelas II adalah stabil, namun ada kemungkinan adanya potensi bentuk longsor berupa blok pada lereng

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	Hanif P. Gumilar, Wira Cakrabuana, Reni Hastari, Imam A. Sadisun	2017	Analisis Kestabilan Dan Perkuatan Lereng Massa Batuan Menggunakan Slope Mass Rating Dan <i>Rock Mass Rating</i> Di Jalan Raya Tawaeli – Toboli Km 52 – 64, Palu, Sulawesi Tengah	Metode studi literatur untuk menentukan tipe perkuatan berdasarkan SMR serta metode ekskavasi dan parameter desain & sifat keteknikan berdasarkan RMR.	Massa batuan pada titik SC-08 yang berada di km 52,8 Jalan Raya Tawaeli – Toboli yang terdiri dari amfibolit terkekarkan dan berfoliasi memiliki nilai RMR 58 dan SMR 7.
5	Muhammad Amin Syam, Heryanto, Tommy Trides	2018	Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Nilai Slope Mass Rating Di Desa Sukamaju, Tenggarong Seberang, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur	Data-data yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng menggunakan metode Slope Mass Rating diperoleh dari investigasi lapangan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kualitas massa batuan berdasarkan nilai RMR dengan nilai total 66 tergolong kualitas batuan yang baik. 2. Analisis kestabilan lereng berdasarkan nilai SMR dengan nilai 57 tergolong lereng dengan kualitas massa batuan yang normal, stabil pada Sebagian lereng, dan dapat terjadi longsoran berupa jatuhnya batuan dari kekar dan longsoran baji.