# STUDI DAYA DUKUNG BATUAN VULKANIK FORMASI PITANAK UNTUK PEMANFAATAN JALAN TAMBANG

M. Arif Jaka Sutirja[1], Nurhakim[2], Adip Mustofa[2], Eko Santoso[2]
[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
[2]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: * m.arifjaka@gmail.com

**ABSTRAK**

Formasi Pitanak merupakan salah satu Formasi batuan yang tersusun oleh beberapa jenis batuan vulkanik seperti andesit, breksi vulkanik dan jenis batuan konglomerat. Pada batuan batuan tersebut sering di temukan jebakan mineral logam, sehingga pada Formasi ini berkemungkinan terbentuk cebakan endapan logam ekonomis untuk dilakukan kegiatan penambangan.

Pada tahapan awal penambangan, prasarana jalan sangat penting dalam kegiatan pembangunan (*Development*). Dalam pembuatan jalan tambang diperlukan perhitungan dan perancangan material perkerasan jalan baik itu subgrade jalan maupun material perlapisannya. Dalam perancangan dan perhitungan kemamputahanan material jalan terhadap beban alat angkut diperlukan perlapisan batuan hasil pelapukan batuan vulkanik di Formasi Pitanak dan didapatkan 6 kelas pelapukan batuan dengan tingkat kekerasan material rata rata 0,03-0,6 Mpa untuk tanah residual dan 2-30 Mpa untuk material lapuk hingga batuan.

Jenis alat angkut yang disimulasikan beratnya adalah alat angkut merk Komatsu dan *Caterpillar* dengan spesifikasi berat yang di perhitungkan adalah < 240 ton, > 240 ton dan > 360 ton. Dari hasil perhitungan di dapatkan nilai daya dukung material yang di berikan alat, sehingga didapatkan analisa kemamputahanan jalan dengan beban maksimum alat.

Hasil analisa perhitungan daya dukung material diperoleh pada lapisan 4 material lapukan mampu menahan berat maksimum alat sehingga pada lapisan ini material lapukan dapat di gunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*) jalan.

**Kata Kunci :** Batuan Vulkanik, Formasi Pitanak, Kelas Pelapukan, Komatsu, *Caterpillar*, Daya Dukung, *Subgrade*

## PENDAHULUAN

Adanya fenomena jalan beraspal di lokasi penelitian yang dulunya menurut informasi sering rusak namun pada saat ini telah dilapisi dengan badan jalan beton sehingga jalan tidak rusak lagi. Kondisi ini menandakan lapisan atas batuan yang berupa tanah hasil pelapukan batuan vulkanik memiliki kuat tekan rendah yang berbeda dengan batuan induknya. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap daya dukung tanahnya.

Terdapatnya singkapan batuan vulkanik Formasi Pitanak yang bagian atasnya telah mengalami pelapukan dengan tingkat pelapukan berbeda. Fenomena ini menjadi salah satu objek menarik untuk keperluan pengamatan profil endapan batuan dan tanah lapukannya beserta sifat fisik material di setiap lapisannya.

Formasi pitanak merupakan salah satu formasi batuan yang tersusun oleh beberapa jenis batuan vulkanik seperti andesit, breksi vulkanik dan jenis batuan konglomerat. Pada batuan batuan tersebut sering di temukan jebakan mineral logam, sehingga pada Formasi ini berkemungkinan terbentuk cebakan endapan logam ekonomis untuk dilakukan kegiatan penambangan. Adanya kegiatan penambangan akan memerlukan jalan tambang di atas permukaan sebaran Formasi Pitanak tersebut.

## METODOLOGI

Formasi Pitanak adalah salah satu formasi yang terdapat batuan beku vulkanik sebagai material keterdapatannya. Formasi ini berada di Kalimantan, tepatnya di kabupaten banjar Kalimantan selatan. Formasi Pitanak memiliki ketebalan sekitar 500 m. Batuan penyusun formasi ini adalah lava andesit berwarna segar kelabu dan warna lapuk coklat, porfiritik dengan fenokris plagioklas, umumnya terdapat kekar yang terisi mineral zeolit, kuarsa dan seladonit serta berstruktur bantal. Berasosiasi dengan breksikonglomerat vulkanik dengan komponen andesit-basal porfiri dan massa dasar batupasir gunungapi. Formasi ini tersikap di bagian baratlaut Pegunungan Meratus sampai melanjut ke Lembar Amuntai yang dikenal sebagai Formasi Haruyan.

Berdasarkan peta geologi yang dikeluarkan oleh Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi (P3G) Bandung, daerah penelitian termasuk kedalam Peta Geologi Lembar Banjarmasin. Kondisi geologi umum yang dimaksud adalah kondisi geologi regional Kabupaten Banjar Propinsi Kalimantan Selatan (Sikumbang, 1994).

Secara fisiografis Desa Mandikapau Timur terletak di Formasi Pitanak. Formasi Dahor terbentuk dengan diawali gerakan tektonik yang menyebabkan batuan tua Pra-Tersier dan Tersier terangkat membentuk tinggian Meratus. Sejalan dengan perlipatan dan pensesaran batuan tua tersebut kemudian diikuti pengendapan batuan mulai Formasi Tanjung hingga Formasi Dahor yang berumur Plio-pleitosen yang diendapkan pada lingkungan paralis.

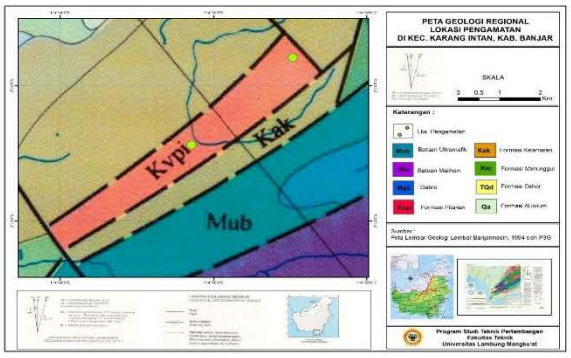
Cekungan Barito berada di bagian tenggara Pulau Kalimantan. Cekungan ini merupakan cekungan asimetris. Sebelah barat dekat paparan sunda terdapat Cekungan Barito dengan kemiringan relatif datar, ke arah timur menjadi cekungan yang dalam yang dibatasi oleh sesar-sesar naik ke arah barat dari punggungan Meratus yang merupakan bongkah naik. Cekungan Barito disebelah barat dibatasi oleh paparan sunda, sebelah timur Pegunungan Meratus, sebelah utara dibatasi oleh Adang *Flexure* (Satyana, 1994)

Wilayah Kabupaten Banjar secara topografis merupakan daratan dan pegunungan yang ketinggiannya dari permukaan laut bervariasi berkisar antara 0 s/d 1.878 meter. Ketinggian ini merupakan salah satu faktor yang menentukan letak kegiatan penduduk, maka ketinggian juga dipakai sebagai penentuan batas wilayah tanah usaha, dimana 35 % berada di ketinggian 0–7 m dpl, 55,54 % ada pada ketinggian 50–300 m dpl, sisanya 9,45 % lebih dari

300 m dpl. Kondisi topografi di wilayah beraneka ragam, tidak sepenuhnya dataran. Perbukitan dan pegunungan dibagian sebelah utara dan timur. Bagian sebelah barat dan selatan terdapat dataran rendah berupa tanah biasa dan tanah rawa.

Berdasarkan peta geologi yang dikeluarkan oleh Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi (P3G) Bandung, daerah penelitian termasuk kedalam Peta Geologi Lembar Banjarmasin (Sikumbang, 1994). Adapun Formasi Batuan di daerah penelitian berdasarkan umur yang tertua sampai termuda adalah sebagai berikut:

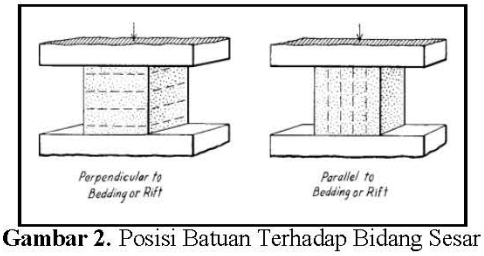
1) Gabro (Mgb), Gabro berwarna kelabu hijau berhablur penuh, hipidiomorf, berbutir seragam, besar butir antara 1-4,5 mm, tersusun oleh mineral plagioklas dan piroksen
2) Formasi Pitanak (Kvpi), Lava andesit berwarna kelabu, coklat bila lapuk, porfiritik dengan fenokris plagioklas, umumnya berlongsong yang terisi mineral zeolit, kuarsa dan seladonit. Setempat berstruktur bantal. Berasosiasi dengan breksi konglomerat vulkanik, umumnya lapuk berwarna coklat, berkomponen andesit-basalt porfiri, berukuran beberapa hinngga puluhan centimeter dengan masadasar batupasir gunung api, terpilah buruk, bentuk butir menyudut tanggung. Formasi ini tersingkap di bagian barat laut Pegununngan Meratus melanjut ke Lembar amuntai dan dikenal dengan Formasi Haruyan. Tebal formasi diperkirakan 500m.
3) Formasi Keramaian (Kak), Perselingan batupasir (*vulkarenite*) berwarna kelabu kehitaman sangat padat, dengan batulanau dan batulempung.
4) Alluvial (Qa), Lempung kaolinit dan lanau bersisipan pasir, gambut, kerakal dan bongkahan lepas, merupakan endapan sungai dan rawa, berumur holosen. Dll.




**Gambar 1**. Peta Geologi Regional Lokasi Penelitian

**Sistematika Pengujian**

Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah sampel berbentuk prisma balok berdimensi 50mm x 50mm x 75mm. Penentuan jenis dimensi ini adalah berdasarkan kegunaan dari penelitian, di mensi sampel di buat prisma persegi panjang agar pembanding antara kontak area di permukaan yaitu ban alat angkut sesuai dengan dimensi sampel sebagai daya dukung materialnya. Dasar penggunaan acuan adalah Standar ASTM C-170.




**Gambar 2.** Posisi Batuan Terhadap Bidang Sesar

Model Lapisan Elastis dapat menghitung tekanan, lendutan dan regangan pada suatu titik dalam suatu struktur perkerasan. Model Lapisan Elastis berasumsi bahwa masing-masing lapisan perkerasan adalah homogen, isotropis, dan linier elastik. Dengan kata lain, akan kembali kebentuk aslinya ketika beban berpindah.

Koefisien kaku disebut Modulus setelah Thomas Young yang membuat konsep baru pada tahun 1807. Modulus Elastisitas (E) dipakai untuk bahan padat dan membandingkan regangan dan tegangan.

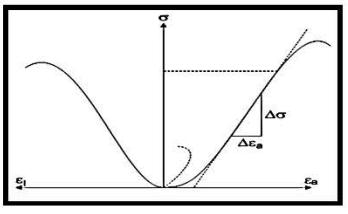
$$E = \frac{\text{Tegangan } (\sigma)}{\text{Regangan } (\varepsilon)}$$

Bila suatu material mengalami perubahan bentuk (deformasi) akibat beban yang diberikan dari luar dan material tersebut akan berubah kembali ke bentuk semula setelah beban tersebut dihilangkan maka material tersebut dikatakan bersifat elastis.

**Tabel 1**. Modulus Elastis Beberapa Jenis Bahan (Wesly LD, 1977)

| Material | Modulus Elastisitas | |
|---|---|---|
| | MPa | Psi |
| Permata | 1,200,000 | 170,000,000 |
| Baja | 200,000 | 30,000,000 |
| Aluminum | 70,000 | 10,000,000 |
| Kayu | 7,000 - 14,000 | 1,000,000 - 2,000,000 |
| Batu | 150-300 | 20,000 - 40,000 |
| Tanah | 35-150 | 5,000 - 20,000 |
| Karet | 7 | 1,000 |

Harga dari *modulus young* dapat ditentukan sebagai perbandingan antara selisih tegangan aksial ($\Delta\tau$) dengan selisih tegangan aksial ($\Delta\varepsilon_o$), yang diambil pada perbandingan tertentu pada grafis regangan aksial dihitung pada rata-rata kemiringan kurva dalam kondisi linier, atau bagian linier yang terbesar di kurva sehingga didapat nilai *modulus young* rata-rata.




**Gambar 4**. Kurva Pengambilan Nilai $\Delta\sigma$ dan $\Delta\varepsilon_a$

Alat angkut tambang merupakan alat yang biasa di gunakan oleh perusahaan pertambangan baik itu bahan galian logam maupun non logam untuk membawa atau memindahkan material hasil penggalian. Berbagai jenis alat angkut mulai dari Truck kecil hingga besar digunakan untuk mengangkut material hasil penambagan. Umumnya alat angkut tambang yang sering digunakan adalah jenis High Dump truck yang dapat memuat hasil penggalian paling banyak.

Alat angkut yang sering di gunakan di Indonesia adalah tipe alat angkut Komatsu dan Caterpillar, di beberapa perusahaan besar menggunakan tipe alat angkut dengan berat melebihi 360 ton. Umumnya alat angkut diklasifikasikan berdasarkan beratnya. Pembagian berat alat angkut di bagi menjadi 3, yaitu berat alat angkut ringan (< 240 ton), alat angkut sedang (> 240 ton) dan alat angkut berat yaitu (> 360 ton). (Tannant, 2001).

Daya dukung material adalah kemampuan material untuk menahan beban alat angkut yang berada diatasnya. Suatu alat yang ditempatkan diatas material akan memberikan *ground pressure*. Perlawanan yang diberikan material itulah yang disebut daya dukung material. Untuk mengetahui kemampuan dan kekuatan jalan angkut terhadap beban kendaraan dan muatan yang melaluinya perlu diketahui daya dukung material dan beban kendaraan.

Dalam mendesain rekonstruksi jalan, harus memenuhi syarat agar jalan yang di buat mampu menahan beban diatasnya. Kontruksi jalan terbagi menjadi beberapa lapisan, yang bertujuan agar memberikan kemampuan tinggi dalam menahan beban.

a. Perkerasan Lentur
b. Lapisan Permukaan (Surface Course)
c. **Lapisan Pondasi Atas (Base Course)**
d. Lapisan Pondasi Bawah (Sub Base Course)
e. Tanah Dasar (Subgrade)

## HASIL DAN DISKUSI

Objek penelitian di khususkan pada lokasi didalam Formasi Pitanak (Kvpi) dimana terdapat banyak singkapan batuannya yaitu di kecamatan Karang Intan Kabupaten Banjar tepatnya di desa Mandikapau Timur dan desa Mandiangin. Titik Koordinat lokasi penelitian berada pada lokasi observasi representative yaitu pada koordinat S 3º 29' 06,6" dan E 114º 57' 33,3" yaitu di desa Mandikapau Timur dan Koordinat S 3º 30' 42,3" dan E 114º 55' 56,4" yaitu di desa Mandiangin Timur. Objek penelitian di lokasi pengamatan berupa daerah yang memiliki bentang alam perbukitan dengan beberapa gunung yang mengapitnya. Material yang di teliti berupa batuan breksi vulkanik dengan tingkat pelapukan yang beragam. Kondisi lingkungan sekitar daerah penelitian terdapat area persawahan, perkebunan karet dan tambak ikan.

Hasil uji kekuatan bervariasi dengan tingkat urutan yang beragam menurut karakteristik kelas pelapukannya. Hasil uji berupa tanah dengan ketentuan kekuatan di bawah 1 MPa dan batuan jika kuat tekan di atas 1 MPa. Pada kekerasan sampel uji ini penulis menggunakan beberapa pembanding berdasarkan ketentuan kuat tekan material pengujian seperti National Geology Handbook (NEH631.03). Berikut kuat tekan material di lokasi pengamatan.

**Tabel 3.** Tabel hasil uji kuat tekan material di Mandikapau LSP 1

| Sampel | Titik A | | Titik B | |
|---|---|---|---|---|
| | Mpa (N/mm2) | lb/ft2 | Mpa (N/mm2) | lb/ft2 |
| Sampel uji lapisan 6 | 0.046 | 969.089 | 0.028 | 584.800 |
| Sampel uji lapisan 5 | 0.673 | 14060.150 | 0.563 | 11766.920 |
| Sampel uji lapisan 4 | 4 | 83542.190 | 3.500 | 73099.420 |
| Sampel uji lapisan 3 | 13 | 271512.110 | 6 | 125313.280 |
| Sampel uji lapisan 2 | 15 | 313283.210 | 24.250 | 506474.520 |
| Sampel uji lapisan 1 | 26 | 543024.230 | 29.250 | 610902.260 |

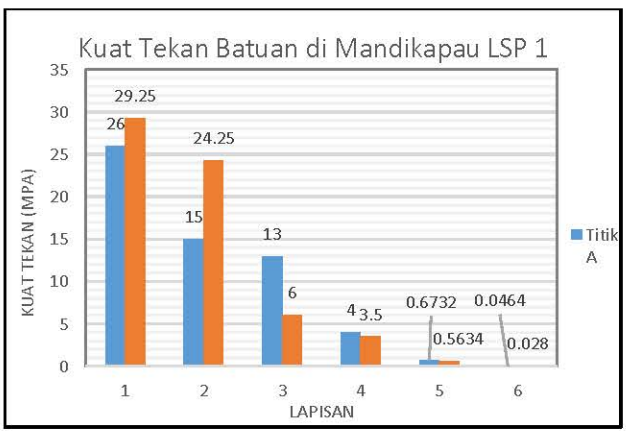
Dari tabel diatas, di satu lokasi yang sama kuat tekan batuan di titik A memiliki perbedaan terhadap kuat tekan batuan di titik B. Perbedaan yang cukup signifikan dapat digambarkan pada diagram

**Tabel 4.** Tabel hasil uji kuat tekan material di Mandiangin LSP 2

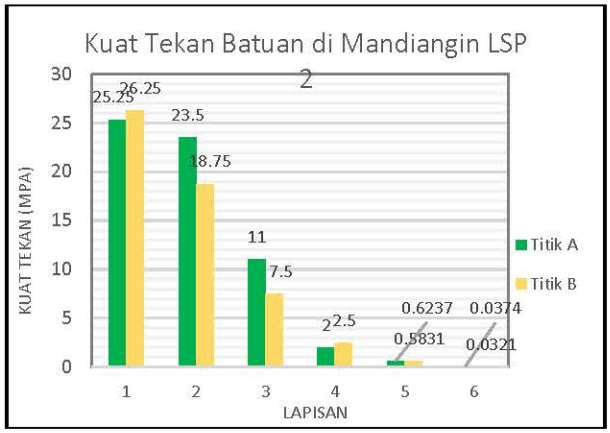
| Sampel | Titik A | | Titik B | |
|---|---|---|---|---|
| | Mpa (N/mm2) | lb/ft2 | Mpa (N/mm2) | lb/ft2 |
| Sampel uji lapisan 6 | 0.037 | 781.120 | 0.032 | 670.430 |
| Sampel uji lapisan 5 | 0.624 | 13026.320 | 0.583 | 12178.360 |
| Sampel uji lapisan 4 | 2 | 41771.090 | 2.500 | 52213.870 |
| Sampel uji lapisan 3 | 11 | 229741.020 | 7.500 | 156641.600 |
| Sampel uji lapisan 2 | 23.500 | 490810.360 | 18.750 | 391604.010 |
| Sampel uji lapisan 1 | 25.250 | 527360.070 | 26.250 | 548245.610 |

Dari tabel diatas, di satu lokasi yang sama kuat tekan batuan di titik A memiliki perbedaan terhadap kuat tekan batuan di titik B. Perbedaan antara di ke dua titik memberikan gambaran kekuatan batuan yang relative sama.

Batuan memiliki skala kekuatan yang bervariasi, berdasarkan material penyusun dan kandungan mineral didalamnya. Berikut diagram perbandingan kuat tekan batuan di lokasi yang sama namun pengambilan titik sampel berbeda.




**Gambar-6**. Grafik Kuat Tekan Batuan di Mandikapau LSP 1




**Gambar-7.** Grafik Kuat Tekan Batuan di Mandiangin LSP 2

Dalam pengolahan profil kuat tekan batuan, derajat pelapukan di ukur berdasarkan kedalaman batuan hasil pengolahan data sehingga di dapat derajat pelapukan batuan beserta data pendukung lainnya. Zonasi perlapisan hasil sampling menunjukkan ada 6 tingkat pelapukan yang berbeda yang kemudian di evaluasi dengan tingkat kekuatan dari batuan tersebut. Berikut tabel profil kuat tekan batuan hasil penelitian

Klaster pelapukan batuan adalah pembagian kelas pelapukan batuan berdasarkan klasifikasi standar yang telah di buat oleh peneliti lain, seperti standar NEH 631.03, ISRM 1981 dan Daya Dukung kaufman 1977 yang menghasilkan pengkelasan batuan berdasarkan parameter kuat tekan dari material tersebut.

**Tabel-5.** Klaster kuat tekan material perlapisan di Mandikapau LSP 1 Titik A

| Titik A | Kuat Tekan | | Klaster Pelapukan Batuan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Mpa | Kedalaman | Mengacu Standar Klasifikasi NEH seri 631.03, tahun 2012 | Mengacu Standar Klasifikasi Daya Dukung Kaufman, 1977 | Mengacu Standar Klasifikasi ISRM, 1981 |
| Lapisan 6 | 0.0464 | 0.20 | Soil | Loose saturated soil | Residual Soil |
| Lapisan 5 | 0.6732 | 0.99 | Very soft rock or hard soil | Loose gravel & sand gravel | Completely weathered |
| Lapisan 4 | 4 | 1.58 | Soft rock | Medium Hard Rock | Slightly weathered |
| Lapisan 3 | 13 | 2.57 | Moderately hard rock | Hard Sound Rock | Fresh |
| Lapisan 2 | 15 | 3.85 | Moderately hard rock | Hard Sound Rock | Fresh |
| Lapisan 1 | 26 | 4.60 | Moderately hard rock | Hard Sound Rock | Fresh |

**Tabel-6.** Klaster kuat tekan material perlapisan di Mandiangin LSP 2 Titik A

| Titik A | Kuat Tekan | | Klaster Pelapukan Batuan | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Mpa | Kedalaman | Mengacu Standar Klasifikasi NEH seri 631.03, tahun 2012 | Mengacu Standar Klasifikasi Daya Dukung Kaufman, 1977 | Mengacu Standar Klasifikasi ISRM, 1981 |
| Lapisan 6 | 0.0374 | 0.46 | Soil | Loose saturated soil | Residual Soil |
| Lapisan 5 | 0.6237 | 1.58 | Very soft rock or hard soil | Loose gravel & sand gravel | Completely weathered |
| Lapisan 4 | 2 | 3.15 | Soft rock | Hard pan overlying rock | Slightly weathered |
| Lapisan 3 | 11 | 4.54 | Moderately soft rock | Hard Sound Rock | Fresh |
| Lapisan 2 | 23.50 | 5.84 | Moderately hard rock | Hard Sound Rock | Fresh |
| Lapisan 1 | 25.25 | 7.51 | Moderately hard rock | Hard Sound Rock | Fresh |

Dari hasil handbook komatsu, diketahui jenis alat angkut kecil, sedang hingga terbesar yang digunakan pada aktifitas penambangan. Alat inilah yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding dan dasar penentuan ketebalan rencana lapisan struktur jalan angkut tambang.

Data yang digunakan adalah data dari handbook komatsu edisi 30 yang kemudian di pilah berdasarkan kebutuhan data pendukung. Dari tipe alat angkut dapat diketahui beban dari yang terberat hingga ter ringan. Dari data spesifikasi alat berat komatsu kemudian dipilah berdasarkan kriteria berat alat angkut (Tannant, 2001) dibagi menjadi 3 beban utama yaitu ringan (< 240 ton), sedang (>240 ton) dan berat (>360 ton).

Data yang digunakan adalah data dari handbook Caterpillar edisi 45 yang kemudian di pilah berdasarkan kebutuhan data pendukung. Dari tipe alat angkut dapat diketahui beban dari yang terberat hingga ter ringan. Dari data spesifikasi alat berat komatsu kemudian dipilah berdasarkan kriteria berat alat angkut (Tannant, 2001) dibagi menjadi 3 beban utama yaitu ringan (< 240 ton), sedang (>240 ton) dan berat (>360 ton).

**Tabel-7.** Klasifikasi Alat Angkut Komatsu Menurut Beban

| KOMATSU | Tipe Alat Angkut | GVW total | | Berat Alat | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (lb) | Ton | | |
| 1 | HD 255-5 | 104,770 | 47.52 | | |
| 2 | HD 325-6 | 134,000 | 60.78 | | |
| 3 | HD 325-7R | 140,390 | 63.68 | | |
| 4 | HD 405-6 | 159,010 | 72.13 | | |
| 5 | HD 405-7R | 164,200 | 74.48 | < 240 | Ringan |
| 6 | HD 465-7E0 | 219,760 | 99.68 | | |
| 7 | HD 605-7R | 242,900 | 110.18 | | |
| 8 | HD 785-5 | 348,350 | 158.01 | | |
| 9 | HD 785-7 | 359,530 | 163.08 | | |
| 10 | HD 1500-7 | 550,000 | 249.48 | >240 | Sedang |
| 11 | 730 E | 715,000 | 324.32 | | |
| 12 | 830E-AC | 850,640 | 385.84 | | |
| 13 | 860E-1K | 1,001,700 | 454.36 | >360 | Berat |
| 14 | 930E-4SE | 1,115,000 | 505.76 | | |
| 15 | 960E -1 | 1,270,000 | 576.06 | | |

**Tabel-8.** Klasifikasi Alat Angkut Caterpillar Menurut Beban

| Caterpillar | Tipe Alat Angkut | GVW | | Berat Alat | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (lb) | Ton | | |
| 1 | 770 G | 157,000 | 71.21 | | |
| 2 | 772 G | 181,000 | 82.10 | | |
| 3 | 773 E | 219,000 | 99.34 | | |
| 4 | 773 G | 226,500 | 102.74 | < 240 | Ringan |
| 5 | 775 G | 246,500 | 111.81 | | |
| 6 | 777 D | 360,143 | 163.36 | | |
| 7 | 777 G | 363,000 | 164.65 | | |
| 8 | 785 C | 550,000 | 249.48 | | |
| 9 | 789 D | 715,000 | 324.32 | > 240 | Sedang |
| 10 | 793 D | 846,000 | 383.74 | | |
| 11 | 795 F AC | 1,257,000 | 570.17 | > 360 | Berat |
| 12 | 797F | 1,375,000 | 623.69 | | |

Daya dukung batuan atau material adalah syarat utama pembuatan prasarana jalan untuk lalulintas tambang. Dari data daya dukung kita dapat mengestimasikan sebberapa kuat batuan mampu menyangga beban dan pada tingkat pelapukan keberapa batas atau limit suatu lapisan mampu menahan beban. Dari hasil pengamatan, daya dukung material sebagai jalan angkut memiliki tingkat kemamputahanan yang bervariasi berdasarkan kekuatan dari batuan hasil lapukannya.

Dalam menganalisa kemamputahanan jalan terhadap beban yang diterimanya dapat di prediksi dengan membandingkan antara nilai kuat tekan dari batuan dan material lapukannya dengan berat alat yang sudah di perhitungkan nilai pembebanan yang di berikan kepada jalan sehingga didapat hasil absolute dan relatifitas antara mampu atau tidaknya material menahan beban. Berikut tabel perbandingan kemamputahanan jalan dengan alat angkut tambang.

**Tabel-9**. Perbandingan Kemamputahanan Daya dukung material terhadap alat angkut, Material Mandikapau LSP 1 Titik A

| Titik A | Kedalaman Lapisan | Daya Dukung Batuan | | Beban Alat Komatsu (lb/ft2) | | | Beban Alat Caterpillar (lb/ft2) | | | Kemampuan Daya Dukung Batuan | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Tipe HD 785-7 | Tipe 730 E | Tipe 960E | Tipe 777 G | Tipe 789 D | Tipe 797 F | Relatif | Absolute |
| | (m) | (Mpa) | lb/ft2 | 15,680 | 16,000 | 13,920 | 16,000 | 14,560 | 16,000 | | |
| Lapisan 6 | 0.20 | 0.0464 | 969 | -14711 | -15031 | -12951 | -15031 | -13591 | -15031 | Tidak | – |
| Lapisan 5 | 0.99 | 0.6732 | 14,060 | -1620 | -1940 | 140 | -1940 | -500 | -1940 | Tidak | – |
| Lapisan 4 | 1.58 | 4 | 83,542 | 67862 | 67542 | 69622 | 67542 | 68982 | 67542 | Mampu | + |
| Lapisan 3 | 2.57 | 13 | 271,512 | 255832 | 255512 | 257592 | 255512 | 256952 | 255512 | Mampu | + |
| Lapisan 2 | 3.85 | 15 | 313,283 | 297603 | 297283 | 299363 | 297283 | 298723 | 297283 | Mampu | + |
| Lapisan 1 | 4.60 | 26 | 543,024 | 527344 | 527024 | 529104 | 527024 | 528464 | 527024 | Mampu | + |

**Tabel-10.** Perbandingan Kemamputahanan Daya dukung material terhadap alat angkut, Material Mandiangin LSP 2 Titik A

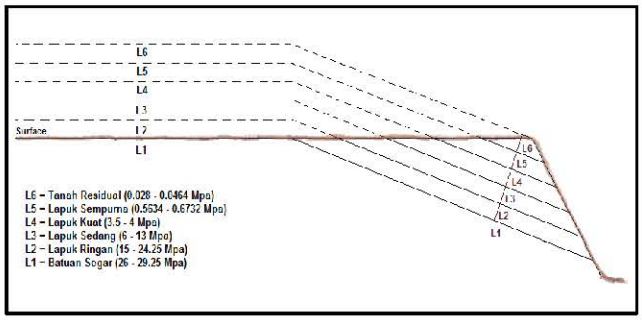
| Titik A | Kedalaman Lapisan | Daya Dukung Batuan | | Beban Alat Komatsu (lb/ft2) | | | Beban Alat Caterpillar (lb/ft2) | | | Kemampuan Daya Dukung Batuan | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Tipe HD 785-7 | Tipe 730 E | Tipe 960E | Tipe 777 G | Tipe 789 D | Tipe 797 F | Relatif | Absolute |
| | (m) | (Mpa) | lb/ft2 | 15,680 | 16,000 | 13,920 | 16,000 | 14,560 | 16,000 | | |
| Lapisan 6 | 0.46 | 0.0374 | 781 | -14899 | -15219 | -13139 | -15219 | -13779 | -15219 | Tidak | – |
| Lapisan 5 | 1.6 | 0.6237 | 13,026 | -2654 | -2974 | -894 | -2974 | -1534 | -2974 | Tidak | – |
| Lapisan 4 | 3.2 | 2 | 41,771 | 26091 | 25771 | 27851 | 25771 | 27211 | 25771 | Mampu | + |
| Lapisan 3 | 4.5 | 11 | 229,741 | 214061 | 213741 | 215821 | 213741 | 215181 | 213741 | Mampu | + |
| Lapisan 2 | 5.8 | 23.50 | 490,810 | 475130 | 474810 | 476890 | 474810 | 476250 | 474810 | Mampu | + |
| Lapisan 1 | 7.5 | 25.25 | 527,360 | 511680 | 511360 | 513440 | 511360 | 512800 | 511360 | Mampu | + |

Dari hasil pengolahan data didapat kedalaman lapisan beserta batas kemampuan daya dukung material terhadap beban. Dari batas itu dapat dianalisa lapisan yang tidak mampu menahan alat angkut sehingga perlu dikupas. Umumnya material di lokasi pengamatan adalaham material lapukan paling kuat hingga tanah residual. Dengan analisa relatifitas tidak mampu sehingga material tersebut menjadi perlu untuk di kupas. Material yang dikupas tersebut kemudian di lakukan pengamatann lagi sehingga dapat dianalisa karakteristik batuan apakah perlu di berikan material tambahan sebagai lapis perkerasan atau hanya perlu di padatkan. Tabel-11 analisis kupasan batuan.

Dari hasil analisa didapatkan lapisan yang dianggap tidak memenuhi syarat sebagai material pelapis konstruksi jalan sehingga perlunya penanganan lebih baik itu di pampatkan ataupun dikupas. Lokasi penelitian di Mandikapau mempunyai ketebalan estimasi miring berdasarkan pengamatan di lapangan sehinngga simulasi perlapisan memiliki banyak kemungkinan bentuk perlapisannya, berdasarkan pengamatan model perlapisan merupakan perlapisan miring sehingga bentuknya seperti pada gambar-5.

**Tabel-11.** Analisis kupasan lapisan material di Mandikapau LSP 1 Titik A

| Titik A | Kuat Tekan Material (Mpa) | Relatif (Absolute) | Kupasan 1 (Soil/Rock) | Kupasan 2 (Soil/Rock) | Kedalaman (m) dari surface |
|---|---|---|---|---|---|
| Lapisan 6 | 0.0464 | Tidak (–) | S | S | 0.20 |
| Lapisan 5 | 0.6732 | Mampu (+) / Tidak (–) | R | S | 0.99 |
| Lapisan 4 | 4 | Mampu (+) | R | R | 1.58 |
| Lapisan 3 | 13 | Mampu (+) | R | R | 2.57 |
| Lapisan 2 | 15 | Mampu (+) | R | R | 3.85 |
| Lapisan 1 | 26 | Mampu (+) | R | R | 4.60 |

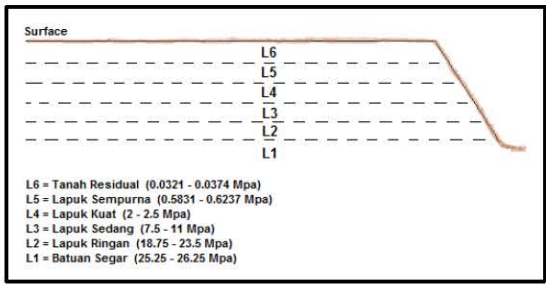



**Gambar-5.** Sketsa Perlapisan Batuan di Mandikapau

Material kupasan di lokasi Mandiangin memiliki perbedaan yang cukup besar karena di lokasi ini batuan yang tersingkap memiliki perbedaan ciri dan tingkat kekerasan yang berbeda. Berikut tabel analisa kupasan material lemah.

**Tabel-12.** Analisis kupasan lapisan material di Mandiangin LSP 2 Titik A

| Titik A | Kuat Tekan Material (Mpa) | Relatif (Absolute) | Kupasan (Soil/Rock) | Kedalaman (m) dari surface |
|---|---|---|---|---|
| Lapisan 6 | 0.0374 | Tidak (–) | S | 0.46 |
| Lapisan 5 | 0.6237 | Tidak (–) | S | 1.57 |
| Lapisan 4 | 2 | Mampu (+) | R | 3 |
| Lapisan 3 | 11 | Mampu (+) | R | 4.5 |
| Lapisan 2 | 23.50 | Mampu (+) | R | 5.8 |
| Lapisan 1 | 25.25 | Mampu (+) | R | 7.5 |




**Gambar-6.** Sketsa Perlapisan Batuan di Mandiangin

## KESIMPULAN

Berdasarkan hal-hal yang telah dibahas sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Jenis batuan di daerah penelitian meupakan batuan vulkanik yaitu Breksi vulkanik (Lithic tuff) di Formasi Pitanak (Kvpi) dengan batuan sebarannya terdapat jenis batuan lain berupa lapilli tuff dan andesit.
2. Profil perlapisan (Klaster) pelapukan batuan di LSP 1 dan LSP 2 di bagi menjadi 6 zonasi lapisan lapukan batuan yang terurut dari lapisan 1 berupa batuan segar hingga lapisan 6 tanah residual.
3. Klaster pelapukan dari perlapisan batuan di LSP 1 titik A di klasifikasikan berdasarkan 3 standar acuan, yang pertama dari NEH seri 631.03 dari lapisan 1 hingga lapisan 3 berupa Moderately hard rock, lapisan 3 soft rock, lapisan 2 very soft rock dan lapisan 6 soil. Standar kedua mengacu pada klasifikasi daya dukung kaufman, 1977 dari lapisan 1 – lapisan 3 berupa hard sound rock, lapisan 3 medium hard rock, lapisan 2 loose gravel dan lapisan 1 loose sat soil. Dan standar klasifikasi yang ke tiga mengacu pada klasifikasi ISRM, 1981 yaitu pada lapisan 1 – 3 berupa Fresh rock, lapisan 3 slightly weathered, lapisan 2 completely weathered dan lapisan 1 residual soil.
4. Dalam analisa kemamputahanan pembebanan alat angkut terhadap daya dukung tanah di simulasikan pada 2 merk alat angkut yaitu Komatsu dan Caterpillar, yang kemudian dibagi menjadi 3 klasifikasi beban utama yaitu ringan (< 240 ton), sedang (> 240 ton) dan berat (> 360 ton).
5. Dari hasil klasifikasi alat angkut Komatsu di dapatkan 3 tipe utama yang di gunakan sebagai simulasi, yaitu tipe ringan HD 785-7 (163 ton), tipe sedang 730 E (324 ton) dan tipe berat 960E-1 (576 ton). Sedangkan klasifikasi Caterpillar tipe ringan 777G (164.5 ton), tipe sedang 789D (324 ton) dan berat 797F (623.69 ton).
6. Material yang berada di atas lapisan 4 merupakan material lapukan batuan dengan kriteria lemah sehingga di perlukan pemadatan atau dilakukan pengupasan. Dalam hal ini peneliti terbatas kepada analisa makro dari kedua pilihan tersebut dengan kedalaman material yang perlu dikupas untuk LSP 1 titik A sedalam 0.99 m, di LSP 1 titik B di kedalaman 1.32 m. LSP 2 titik A kedalaman 1.57 m dan di LSP 2 titik B kedalaman 1.39 m.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Anonymous. 2005. *Komatsu Spesification and Application Handbook*. Edisi 26. Komatsu Ltd. Japan

[2] Dearman, W.R. & Irfan, T.Y., 1978, Classification and index properties of weathered coarse-grained granites from south-west England. Proceedings of the Third International Congress International Association of Engineering Geology, 2, 119-130.

[3] Indonesianto, Yanto., 2008, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran", Yogyakarta.

[4] Kaufman W.W, and Ault J.C, 1977, *Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual*, United States Department of The Interior, Bureau of Mines, USA, 50 p.

[5] Kusuma dan Darin. 1989, The Hydrocarbon Potential of The Lower Tanjung Formation, Barito Basin, S.E. Kalimantan, *Proceedings IPA Eighteenth Annual Convention.*

[6] Satyana, A. H, Silitonga, D. P, 1994, *Tectonic Reversal in East Barito Basin, South Kalimantan: Considerationof the Types of Inversion Structures and Petroleum System Significance*, Proceeding of IPA Annu. and Conv. 23rd.

[7] Sikumbang, N dan R. Heryanto. 1994. *Peta Geologi Lembar Banjarmasin, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

[8] Tannant, Dwayne D. dan Bruce Regensburg. 2001. *Guidelines For Mine Haul Road Design. University of British Columbia* – Okanagen. Canada.

[9] Terry. 2010. Peta Topografi Geologi Dinamik. Bandung. Institut Teknologi Bandung. Hal 35 – 45.

[10] Wesley, L, D., 1973. Some basic engineering properties of halloysite and allophane clays in Java, Indonesia. *Geotechnique,* 23(4), h.471-494.