

GEOLOGI DAN MODEL KONSTRUKSI JALAN *HAULING* BERDASARKAN HASIL UJI *DCP (DYNAMIC CONE PENETROMETER)* DAERAH BANJARSARI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN ANGSANA, KABUPATEN TANAH BUMBU, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Okky Indra Pratama, Purwanto, Arief Rianto BN.
Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
Fax/Phone: 0274-487816; 0274-486403

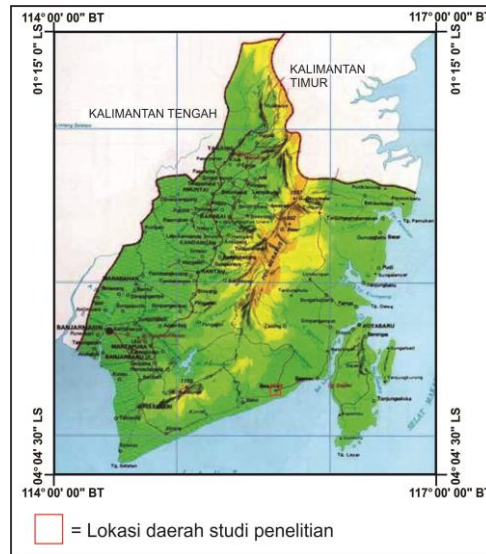
SARI - Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian dan untuk mengetahui daya dukung tanah dalam pembuatan model konstruksi jalan *hauling*. Secara geografis, daerah penelitian terletak pada koordinat 3°35'43" LS - 3°38'52" LS dan 115°42'46" BT - 115°41'08" BT. Secara administratif, daerah penelitian terletak pada daerah Banjarsari dan sekitarnya, Kecamatan Angsana, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Pada saat pemetaan geologi dilakukan orientasi medan, pengamatan morfologi, pengamatan singkapan, pengamatan struktur geologi, dan pengamatan potensi geologi. Tahap analisis dilakukan di studio dan laboratorium. Analisa studio dilakukan pembuatan peta geologi, peta geomorfologi, peta lintasan, peta pola pengaliran, peta *desain fill and cut*, penampang stratigrafi terukur dan pemodelan konstruksi jalan *hauling*. Analisis laboratorium dilakukan uji geologi teknik yaitu uji *basic properties*, *atterberg limit* dan *grain size analysis*. Daerah penelitian berdasarkan aspek geomorfologi terbagi menjadi 2 bentuk lahan yaitu dataran bergelombang dan dataran aluvial. Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 3 satuan batuan yaitu satuan batulempung Warukin, satuan batupasir Warukin dan endapan aluvial. Lingkungan pengendapan batu lempung Warukin dan batupasir Warukin adalah *transitional lower delta plain-lower delta plain* pada Kala Miosen Tengah-Miosen Akhir. Nilai rata-rata *CBR* setiap material telah diketahui maka melakukan korelasi dengan uji geologi teknik. Berdasarkan uji *sieve analysis*, lempung kerikilan memiliki nilai *CBR* yang lebih tinggi dari lempung pasir. Berdasarkan uji *atterberg limit*, semakin tinggi nilai plastisitas menghasilkan nilai *CBR* rendah, demikian juga sebaliknya. Berdasarkan uji *basic properties* bagian kadar air, semakin tinggi kadar air maka semakin menurun nilai *CBR*, demikian juga sebaliknya. Pada bagian berat jenis, semakin tinggi nilai berat jenis maka semakin meningkat nilai *CBR*. Berdasarkan uji *basic properties* dengan mengetahui *dry density*, semakin tinggi nilai *dry density* maka semakin meningkat nilai *CBR*. Pada saat akan menentukan ketebalan lapisan perkerasan maka perlu mengetahui beban muatan yang akan melewati jalan tersebut. Rata rata beban muatan sebesar 7.000 kg. Beban muatan dan nilai *CBR* setiap lokasi telah diketahui maka dapat menentukan tebal lapisan perkerasan setiap lokasi. Penulis merekomendasikan adanya penambahan *base coarse* sesuai dengan grafik korelasi yang telah dibuat atau dengan melakukan penambahan *compaction*.

Kata-kata kunci: *DCP (Dynamic Cone Penetrometer)*, *CBR (California Bearing Ratio)*, *dry density*, *back analysis*, *sieve analysis*, *atterberg limit*, *basic properties*, *compaction*, *base coarse*, *jalan hauling*.

PENDAHULUAN

PT. Borneo Indobara mulai aktif melakukan tahapan eksplorasi dan pembangunan infrastruktur sehingga PT. Borneo Indobara akan membuat jalan *hauling* dari *pit* penambangan batubara menuju ke *port* untuk meningkatkan tingkat produksi batubara. Pelaksanaan konstruksi jalan *hauling*, PT. Borneo Indobara perlu mengetahui kondisi dan situasi geologi pada daerah tersebut. Sebelum melakukan konstruksi jalan *hauling* maka melakukan pengamatan keadaan geologi. Pelaksanaan konstruksi jalan *hauling* juga perlu mengetahui keadaan geologi teknik pada daerah tersebut. Pengecekan karakteristik material dilakukan pada tanah dasar. Tanah dasar pada setiap lokasi pun tidak memiliki material yang sama dan sangat bervariasi, sehingga memiliki karakteristik tanah yang berbeda beda berdasarkan uji geologi teknik yang telah dilakukan. Penelitian yang dilakukan memiliki tujuan untuk memperoleh gambaran mengenai keadaan geologi dan model konstruksi jalan *hauling* berdasarkan uji *DCP* maupun uji geologi teknik di daerah penelitian.

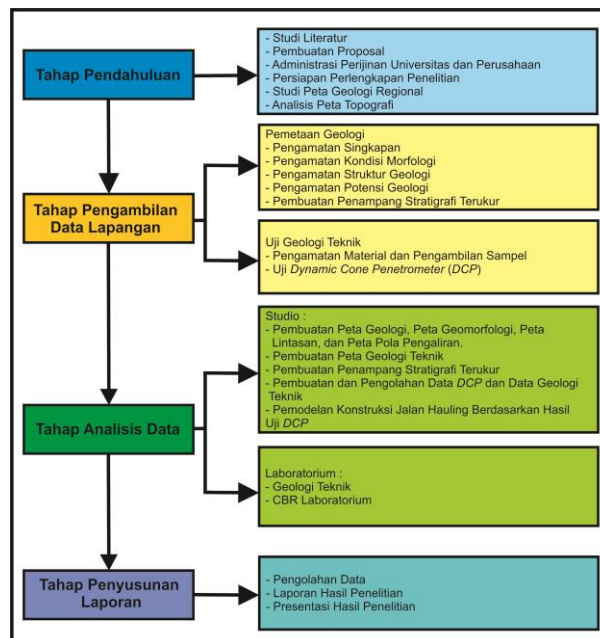
Lokasi daerah tersebut memiliki jarak sekitar 300 km dari bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin selama 5 jam dengan rute mengikuti jalan raya provinsi ke arah daerah penelitian. Daerah penelitian berada di kawasan perusahaan tambang batubara PT. Borneo Indobara, kawasan perkebunan usaha sawit dan kawasan perkampungan (**Gambar 1.**)



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian

METODE PENELITIAN

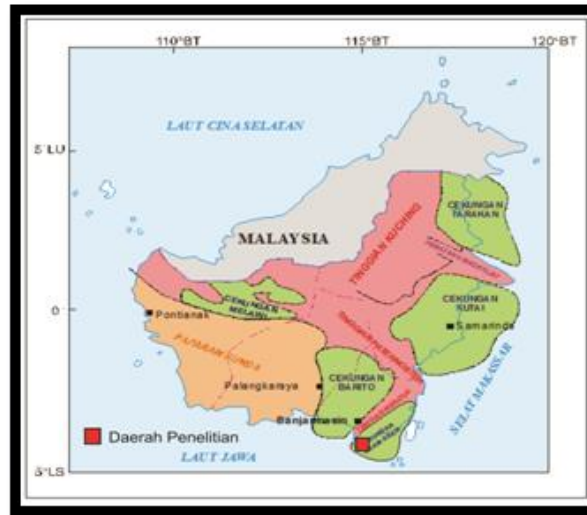
Setelah persiapan awal, dilakukan pengambilan data lapangan yaitu pemetaan geologi, uji *DCP* dan uji geologi teknik pada daerah penelitian. Setelah mendapatkan data dari hasil kerja lapangan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data tersebut baik di laboratorium maupun studio mengenai geologi dan studi penelitian untuk dapat menyusun laporan (**Gambar 2.**)



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Geologi Regional

Fisiografi Kalimantan terdapat dataran rendah, dataran tinggi, daerah perbukitan, dan daerah pegunungan. Daerah penelitian terdapat pada Sub-cekungan Asam-Asam (Heryanto, 2008 dan Kusnama, 2008) yang terletak di sebelah tenggara rangkaian Pegunungan Meratus. Pegunungan ini memisahkan Sub-cekungan Asam-Asam dengan Cekungan Barito. Sub-cekungan Asam-Asam dibentuk oleh pergerakan tektonik yang disebut struktur patahan blok. Di bagian utara terdapat dataran tinggi Kutai Barito dan patahan yang memisahkan Sub-cekungan Asam-asam dengan Cekungan Kutai (**Gambar 3**).



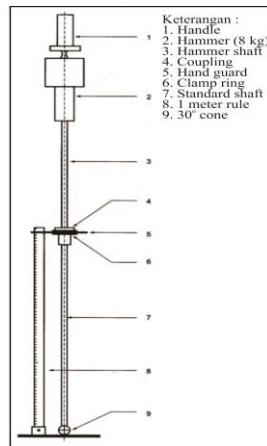
Gambar 3. Cekungan tektonik regional Kalimantan

Urutan stratigrafi Sub-cekungan Asam-asam terwakili, mulai batuan dasar sampai aluvial berumur Resen. Berdasarkan stratigrafi regional Kalimantan maka menghasilkan urutan stratigrafi regional dari umur yang paling tua sampai umur yang paling muda yaitu Batuan Dasar, Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, Formasi Dahor dan Endapan Aluvial Muda. Struktur geologi sudah terbentuk sejak aktifitas vulkanik Kapur Bawah-Atas menghasilkan beberapa formasi batuan yaitu : Formasi Haruyan (lava basaltik, berstruktur aliran), Formasi Pitab (perselingan batupasir, lanau, batu lempung, breksi polimik, rijang, batu gamping dan lava basalt), Formasi Batununggal (batu gamping kelabu kehitaman) (Pardiarto dan Wahyu, 2006). Pada Kapur Akhir berupa kegiatan terobosan diorit terhadap Formasi Pitab. Secara tidak selaras diatas batuan Pra-Tersier diendapkan batuan sedimen Tersier dari Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, Formasi Dahor, dan Alluvium. Struktur lipatan berupa antiklin disepanjang pegunungan Meratus dengan sumbu berarah tenggara-baratlaut, sejajar dengan struktur ini teridentifikasi sesar naik berarah baratdaya - timur laut dengan kemiringan ke arah barat laut (**Gambar 4**).



Gambar 4. Struktur geologi regional Kalimantan

Daya dukung tanah dasar (subgrade) dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, dll (Hendarsin,2000). Untuk mendapatkan nilai CBR dari tanah dasar dapat digunakan alat *Dinamic Cone Penetrometer* (DCP), yaitu alat yang digunakan untuk mengevaluasi nilai CBR pada pekerjaan konstruksi jalan. CBR (California Bearing Ratio) adalah percobaan pengujian untuk mendapatkan daya dukung tanah untuk menentukan tebal lapisan perkerasan jalan. Selain itu CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama dinyatakan dengan persen. CBR lapangan dianalisa berdasarkan korelasi antara jumlah tumbukan dan penetrasi ujung konus diperoleh dengan alat DCP (**Gambar 5**):



Gambar 5. DCP Beserta Keterangan

Dari data, didapat nilai DCP yang diambil adalah jumlah rata-rata dari penetrasi per pukulan (mm/blow). Karunaprema (2002), meneliti tentang hubungan antara DCP dengan CBR dengan berbagai variasi kadar air dan derajat kepadatan, hasil menunjukkan pola yang sama, semakin tinggi nilai DCP semakin rendah nilai CBR tanah tersebut. Susunan lapisan material terdapat 3 lapisan yaitu :

1. Sub Grade

Fungsi dari subgrade adalah lapisan tanah yang sangat berpengaruh terhadap lapisan yang berada di atasnya dan mendukung konstruksi ,daya dukung tanah, dan kekuatan tanah dari sifat tanah tersebut.

2. Sub Base

Fungsi dari sub base adalah mendukung konstruksi jalan dengan memiliki kualitas lapisan yang cukup baik, sebagai lapisan awal sehingga bahan material yang di gunakan memiliki daya dukung tanah yang optimum dan dapat sebagai lapisan kedap air sehingga air tidak dapat meresap ke lapisan bawah.

3. Base Coarse

Fungsi dari base coarse adalah bahan perkerasan jalan untuk menahan beban roda dalam muatan yang rendah hingga tinggi yang berada di atas nya, pemilihan bahan material sangat di pertimbangkan karena agar dapat di dimanfaatkan secara maksimal dengan memperhitungkan suatu biaya.

Sifat-sifat tanah merupakan karakteristik untuk digunakan sebagai dasar klasifikasi atau identifikasi sehubungan dengan analisis dan perhitungan teknik. Data sifat fisik tanah tersebut di dapatkan dari uji laboratorium. Uji sifat fisik tanah yang di lakukan terdapat 3 yaitu :

1. Sieve Analysis

Analisa Saringan (Sieve Analysis) digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butir dari sampel yang digunakan. Kegunaan test ini dilakukan untuk mengetahui gradasi dari material dan dilaksanakan baik dengan menggunakan analisa saringan.

2. Basic Properties

Uji *basic properties* yang dilakukan untuk mendapatkan parameter sifat fisik tanah yaitu :

a. Densitas

Berat isi kering (dry density) adalah perbandingan antara berat butiran dengan volume total tanah yang dinyatakan dalam gr/cm³.

$$\gamma_d : WS/V$$

γ_d = Berat isi kering W_s = Berat tanah kering
 V = Volume wadah

b. Kadar Air

Kadar air / water content (w) adalah perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar air (w) dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = (WW/ WS) \times 100\%$$

W = Berat tanah basah W_w = Berat tanah kering. W_s = Berat air

c. Berat Jenis

Test ini dilakukan untuk mengetahui dan menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 100 dengan menggunakan labu ukur (piknometer). Rumus berat jenis:

$$G_s = \gamma_s / \gamma_w$$

3. Atterberg Limits

Plastisitas digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak dan remuk.

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar air yang dibutuhkan oleh tanah kering yang ditunjukkan dalam prosen sampai mencapai kondisi plastis.

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Kegunaan Batas plastis suatu contoh tanah adalah suatu kadar air yang dinyatakan dalam prosen dari suatu massa tanah pada kondisi kering pada batas antara kondisi plastis dan setengah cair.

c. Indeks Plastis (*Plasticity Index*)

Selisih antara batas cair dan batas plastis adalah daerah dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan klasifikasi relief menurut Van Zuidam (1983) maka penulis membagi satuan geomorfologi pada daerah penelitian dengan membagi menjadi 2 satuan geomorfologi yaitu dataran bergelombang dan dataran alluvial. Pada daerah penelitian, morfologi perlu di dukung dengan adanya pola pengaliran. Berdasarkan pada klasifikasi pola aliran dari Howard (1967) maka di daerah penelitian terdapat satu jenis pola pengaliran yaitu pola pengaliran subdendritik. Dari hasil pengamatan di lapangan dan pengolahan data di studio, daerah penelitian terletak pada Formasi Warukin. Secara umum daerah penelitian terdiri menjadi 3 satuan batuan, yaitu satuan batulempung Warukin, satuan batupasir Warukin dan endapan aluvial. Hubungan stratigrafi pada 3 satuan batuan tersebut terdapat di kolom stratigrafi (**Gambar 7**).

ZAMAN	KALA	FORMASI	TEBAL (m)	LITOLOGI	SATUAN BATUAN	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
Kuarter	Holosen				Endapan alluvial	
Tersier	Miosen	Akhir	19.24-180		batulempung Warukin	Transitional lower delta plain - lower delta plain
		Tengah	22.10-165		batupasir Warukin	

Gambar 7. Kolom stratigrafi daerah Banjarsari dan sekitarnya

Setelah melakukan pemetaan geologi, penulis melakukan penelitian mengenai model konstruksi jalan *hauling*. Sebelum melakukan uji DCP, dapat mengetahui nilai CBR optimum yang di gunakan di jalan. Sehingga di lakukan uji CBR laboratorium. Hasil uji CBR laboratorium di dapatkan nilai CBR yang optimum adalah 4.35% dengan 95% maksimum *dry density*. Berdasarkan penelitian uji *DCP* yang telah dilakukan maka setiap *STA* memiliki nilai rata rata *CBR* yang berbeda beda dengan material dan lokasi yang sama ataupun berbeda. Area *fill* , *cut* dan *creek* memiliki nilai *CBR* yang berbeda-beda, sehingga perlu di lakukan penambahan *compaction* agar dapat meningkatkan nilai *CBR* terutama lokasi

yang memiliki nilai *CBR* kurang dari batas optimum nilai *CBR* agar semua lokasi dapat memiliki nilai *CBR* di atas batas optimum nilai *CBR*. (**Tabel 1.**)

Tabel 1. Hasil rata rata *CBR* STA 3 – STA 6

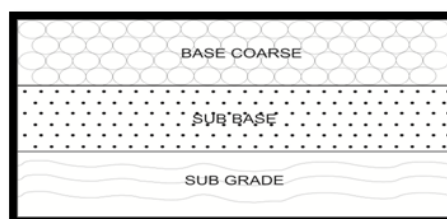
<i>STA</i>	<i>Average CBR</i>	<i>Average CBR Fill</i>	<i>Average CBR Creek</i>	<i>Average CBR Cut</i>
3	5.65	3.32	2.9	13.06
4	6.015	7.474	3.6	5
5	4.39	3.895	2.815	6.09
6	7.584	3.86		8.515
Average	5.90	4.63	3.105	8.166

Penulis juga melakukan pengecekan material dengan cara melakukan penamaan jenis material yang akan digunakan untuk uji geologi teknik. Pada saat pengambilan sampel material maka pilih material yang fresh untuk dapat dilakukan uji laboratorium yaitu uji geologi teknik untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah tersebut. (**Tabel 2.**)

Tabel 2. Uji Geologi Teknik Daerah Penelitian

Uji Geologi Teknik		Nilai	
		Lempung Kerikilan	Lempung Pasiran
<i>Sieve Analysis</i>	<i>Gravel (%)</i>	28.7	0
	<i>Sand (%)</i>	31.79	7.19
	<i>Silt (%)</i>	22.08	27.24
	<i>Clay (%)</i>	17.43	65.57
<i>Atterberg Limit</i>	<i>Liquid Limit (%)</i>	28.52	82.75
	<i>Plastic Limit (%)</i>	21.05	33.57
	<i>Plasticity Index (%)</i>	7.47	49.18
	<i>Unifed Clasification</i>	CL	CH
<i>Basic Properties</i>	<i>Natural Water Content (%)</i>	4.72	26.3
	<i>Opt. Moisture Content (%)</i>	14.7	28.1
	<i>Specific Grafity of Soil (Gs)</i>	2.792	2.706
	<i>Dry Density (g/cm³)</i>	1.818	1.375
	<i>Average CBR (%)</i>	9.712	2.945

Perencanaan pembuatan jalan *hauling* terdapat susunan lapisan. *Sub base - base coarse* mempunyai ketebalan 1-2 m. *Hauling road cross section* memiliki 3 lapisan pada (**Gambar 8**) yaitu *sub grade*, *sub base* dan *base coarse*. *Sub grade* merupakan permukaan tanah di jalan. *Sub base* dan *base coarse* merupakan layer timbunan untuk meningkatkan kualitas beriringan tempat dengan keadaan *sub grade*.



Gambar 8. Susunan lapisan material

Upaya perencanaan lapisan perkerasan jalan dengan melakukan *back analysis* untuk menentukan beban muatan dan tebal perkerasan yang di lakukan pada jalan *existing*, sehingga penulis melihat dari kendaraan yang melintas pada jalan *existing* tersebut dengan melakukan perhitungan baik dari kondisi jalan *existing* yang mengalami kerusakan dan tidak mengalami kerusakan. Setelah itu penulis melakukan koreksi dengan tebal lapisan perkerasan. Uji *DCP* dilakukan pada jalan *existing* untuk dapat menentukan beban muatan yang akan melewati jalan tersebut (**Tabel 3**).

Tabel 3. Data CBR, Tebal Base Coarse dan Beban Muatan

Timbunan	Average CBR	Tebal Base Coarse	Wheel load (kg)
Bergelombang	5.13	0.3	4000
	5.25	0.32	4000
Datar	5.81	0.47	10000
	5.89	0.48	10000

Sebelum menentukan tebal lapisan perkerasan, maka penulis harus mengetahui mengenai spesifikasi *base coarse* yang digunakan pada jalan *hauling*. Spesifikasi material pada lapisan *base coarse* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik material *base coarse* yang digunakan. Spesifikasi material dapat diketahui dengan melakukan beberapa uji geologi teknik. Uji geologi teknik ini dilakukan pada 2 daerah yang berbeda tempat dengan letak daerah yang cukup jauh, yaitu daerah Pelaihari dan Batulicin. Penulis melakukan uji geologi teknik material *basecoarse* pada 2 daerah tersebut karena penulis ingin mengetahui perbandingan karakteristik material *basecoarse* tersebut berdasarkan uji geologi teknik, sehingga penulis mengetahui karakteristik material *basecoarse* yang baik digunakan pada jalan *hauling* (**Tabel 4**).

Tabel 4. Spesifikasi Base Coarse

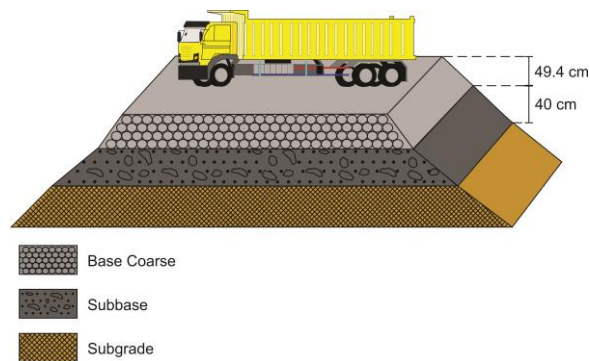
AREA		PELAIHARI	BATULICIN
MATERIAL		PAVEMENT	PAVEMENT
I	SIEVE ANALYSIS TEST		
	<i>Sieve no</i>	<i>Unit</i>	
	50.8	mm	100
	38.1	mm	90.99
	25.4	mm	67.82
	19.1	mm	48.50
	9.52	mm	24.36
	4.76	mm	12.75
	2.00	mm	6.56
	0.84	mm	3.69
	0.42	mm	2.32
	0.25	mm	1.68
	0.105	mm	1.08
	0.074	mm	0.88
II	SPECIFIC GRAVITY & ABSORPTION		
	<i>Bulk Dry Basis</i>		2.435
	<i>SSDC</i>		2.507
	<i>Apparent</i>		2.623
	<i>Absorption (%)</i>		2.96
III	SOUNDNESS (%)		3.33
IV	ABRASION (%)		27.91
V	COMPACTION		
	<i>OMC (%)</i>		7.20
	<i>Max. Dry density</i>	<i>gr/cm³</i>	1.863
VI	CBR		
	95% max. dry density	<i>CBR 0.1"</i>	38.60
		<i>CBR 0.2"</i>	33.65
	100% max. dry density	<i>CBR 0.1"</i>	45.20
		<i>CBR 0.2"</i>	40.30

Setelah mengetahui spesifikasi *basecourse* maka dapat menentukan tebal lapisan perkerasan. Tebal lapisan perkerasan sangat bermanfaat dalam menerima dan menyebarkan beban muatan tanpa mengalami kerusakan pada konstruksi jalan. Kendaraan yang melewati dengan beban muatan dapat nyaman ketika melewati jalan *hauling* tersebut. Berdasarkan nilai rata rata *CBR* setiap area dan beban muatan *optimum* maka penulis dapat melakukan perhitungan tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan grafik korelasi (**Tabel 5**).

Tabel 5. Rata rata tebal perkerasan jalan dari *CBR STA 3 – STA 6*

STA	Average Tebal	Average Tebal Fill	Average Tebal Creek	Average Tebal Cut
3	0.501	0.569	0.616	0.253
4	0.525	0.579	0.695	0.479
5	0.568	0.524	0.653	0.494
6	0.3842	0.52		0.350
Average	0.494	0.547	0.654	0.394

Penulis menggunakan rata rata tebal lapisan perkerasan dari *STA 3-STA 6* membuat model ketebalan *base coarse* pada **Gambar 9**. menggunakan perhitungan rata rata tebal lapisan perkerasan sebesar 0.494 m.



Gambar 9. Model hasil rata rata ketebalan *base coarse* dari *STA 3 - STA 6*

Ketebalan lapisan perkerasan yang digunakan ini tidak sesuai dengan perhitungan grafik korelasi *CBR curves* yang telah dilakukan karena beban muatan yang akan melewati jalan *hauling* tersebut sebesar 7000 kg. Setelah mengetahui rata rata tebal lapisan perkerasan setiap lokasi, di lakukan uji DCP pada *base coarse* hanya dengan menggunakan ketebalan 15 cm (**Tabel 6**).

Tabel 6. Rata Rata Nilai *CBR* dan Berat Muatan di *Base Coarse*

Area Base Coarse	<i>CBR</i>	Average <i>CBR</i>	Berat Muatan
<i>Fill</i>	5.84%	5.94%	<2000 kg
	6.03%		
<i>Cut</i>	8.60%	14.52%	2000-3000 kg
	20.44%		

PEMBAHASAN

Penulis membagi satuan geomorfologi pada daerah penelitian dengan membagi menjadi 2 satuan geomorfologi yaitu: Dataran Bergelombang (D1)

Dataran bergelombang merupakan bentukan asal denudasional. Dataran bergelombang memiliki morfologi yang bergelombang dengan mempunyai kemiringan lereng datar-landai dengan kisaran 1 %-6 %. Pada dataran bergelombang terdapat litologi batulempung dan batupasir.

Dataran Aluvial (F1)

Dataran aluvial merupakan bentukan asal fluvial. Pada dataran alluvial di daerah penelitian memiliki ciri litologi yaitu dengan terdapatnya material lepas yang berasal dari hasil rombakan suatu batuan dimana pada batuan telah mengalami pelapukan dari daerah sekitarnya. Material yang mengalami proses pelapukan berupa soil adalah lempung hingga pasir.

Daerah penelitian memiliki jenis pola pengaliran subdendritik. Pola pengaliran subdendritik merupakan modifikasi dari pola dendritik, karena pengaruh dari topografi dan struktur.

Stratigrafi daerah telitian dapat di bagi menjadi 3 satuan batuan (**Gambar 7**) yaitu;

a. Satuan batulempung Warukin

Pada daerah penelitian batulempung di jumpai keberadaan struktur sedimen dengan dominan struktur laminasi dan perlapisan. Selain itu juga pada batulempung terdapat nodul bijih logam (*carbonaceous*). Disamping batulempung sebagai batuan yang dominan menyusun satuan ini, juga terdapat sisipan batubara pada satuan tersebut.

b. Satuan batupasir Warukin.

Satuan batupasir Warukin secara umum tersusun oleh ukuran pasir dari pasir sangat halus sampai pasir sedang. Struktur sedimen pada satuan Batupasir Warukin adalah laminasi, perlapisan dan *cross bedding*. Selain itu juga terdapat fraksi berupa kerikil hingga kerakal, batubara dan kuarsa. Batubara disini merupakan sisipan maupun fragmen.

c. Endapan Aluvial

Batuan penyusunnya terdiri dari material material lepas yang merupakan hasil dari pelapukan suatu batuan. Material lepas ini merupakan material yang berasal dari transportasi. Material lepas tersebut memiliki ukuran butir halus.

Formasi Warukin memiliki umur batuan (umur fosil) pada umur Kala Miosen Tengah-Miosen Akhir. Pada endapan aluvial memiliki umur Kala Holosen. Pada daerah penelitian di interpretasikan berada di lingkungan *transitional lower delta plain-lower delta plain*. Hal tersebut didukung terdapatnya asosiasi fasies yaitu *swamp*, *levee*, dan *channel*. Pada daerah penelitian mempunyai kedudukan batuan dengan arah relatif baratdaya – timurlaut dengan kemiringan lapisan ke arah barat laut. Pada daerah penelitian tidak ditemukan struktur kekar, sesar maupun lipatan. Potensi positif pada daerah penelitian adalah penambangan batubara dan pembuatan jalan *hauling*. Potensi negatif pada daerah penelitian adalah gerakan tanah dan jalan *hauling* area produksi rusak.

Berdasarkan penelitian uji *DCP* yang telah dilakukan maka setiap *STA* memiliki nilai rata rata *CBR* yang berbeda beda dengan material dan lokasi yang sama ataupun berbeda. Area *fill*, *cut* dan *creek* memiliki nilai *CBR* yang berbeda-beda. Berdasarkan pada **Tabel 1**, nilai *CBR* terendah di area *creek* terdapat di *STA* 3 dengan nilai *CBR* 2.9%. Nilai *CBR* tertinggi di area *creek* terdapat di *STA* 4 dengan nilai *CBR* 3.6%. *CBR* terendah di area *cut* terdapat di *STA* 4 dengan nilai *CBR* 5%. *CBR* tertinggi di area *cut* terdapat di *STA* 3 dengan nilai *CBR* 13.06%. *CBR* terendah di area *fill* terdapat di *STA* 3 dengan nilai *CBR* 3.32%. *CBR* tertinggi di area *fill* terdapat di *STA* 4 dengan nilai *CBR* 7.474%. Rata rata *CBR* tertinggi dari semua area berada pada *STA* 6 dengan nilai *CBR* 7.584% dan rata rata *CBR* terendah pada *STA* 5 dengan nilai *CBR* 4.39%. Rata rata nilai *CBR* dari semua *STA* sebesar 5.90%. Berdasarkan hasil *CBR* tersebut maka perlu di lakukan penambahan *compaction* dan kontrol ketebalan *layer* untuk dapat meningkatkan nilai *CBR* pada daerah yang masih memiliki nilai *CBR* kurang dari nilai *CBR Optimum*. Setelah mengetahui nilai rata rata *CBR* setiap area, rata rata *CBR* setiap material dan ketebalan lapisan perkerasan setiap area maka perlu mengetahui karakteristik material di daerah jalan tersebut. Penulis mengetahui karakteristik material tersebut dengan lakukan analisa korelasi antara *DCP* dengan uji geologi teknik. Berdasarkan **Tabel 2**, pada uji *sieve analysis*, tanah yang memiliki dominasi berbutir kasar yaitu lempung kerikilan, memiliki nilai *CBR* yang lebih tinggi dari tanah yang memiliki dominasi berbutir halus yaitu lempung pasiran. Semakin tanah memiliki dominasi berbutir kasar dapat menghasilkan nilai *CBR* lebih tinggi dari tanah yang memiliki dominasi halus. Berdasarkan uji *atterberg limit*, pada material lempung pasiran memiliki nilai plastisitas yang lebih tinggi dari material lempung kerikilan. Semakin tinggi nilai plastisitas, nilai *CBR* semakin rendah. Semakin rendah nilai plastisitas, nilai *CBR* semakin tinggi. Berdasarkan uji *basic properties* bagian kadar air, semakin tinggi kadar air maka semakin rendah nilai *CBR*, demikian juga sebaliknya. Pada bagian berat jenis, semakin tinggi nilai berat jenis maka semakin meningkat nilai *CBR*, demikian juga sebaliknya. Berdasarkan uji *basic properties* dengan mengetahui *dry density*, semakin tinggi nilai *dry density* maka semakin meningkat nilai *CBR*, demikian juga sebaliknya. Berdasarkan uji sifat fisik tanah dan hasil dari uji *DCP* yaitu *CBR* mendapatkan korelasi yang baik dan sesuai dengan yang di capai.

Setelah mengetahui rata rata nilai *CBR* dapat mencari ketebalan lapisan perkerasan namun dapat mengetahui beban muatan yang melewati jalan tersebut. Penulis melakukan perhitungan *back analysis* dengan melakukan uji *DCP* untuk mengetahui nilai *CBR* dan ketebalan *base coarse* di jalan *existing*. Penulis dapat mengetahui beban muatan dari kendaraan tersebut, dari kendaraan yang melintas di jalan *existing*, baik dari kondisi jalan *existing* yang mengalami kerusakan dan tidak mengalami kerusakan. Berdasarkan perhitungan *back analysis* pada **Tabel 3**, dapat dihitung secara *konservative* dari nilai *average* di antara datar dan bergeolombang yaitu sebesar 7000 kg.

Berdasarkan uji *sieve analysis*, material *base coarse* pada daerah peneilitian memiliki material dengan ukuran kerikil kasar hingga pasir halus, sehingga material *basecoarse* tersebut memiliki gradasi material yang baik. Perbedaan material pada daerah penelitian dengan daerah Pelaihari adalah persen material yang tertahan pada setiap no ayakan dengan persen material pada daerah penelitian yang lolos no ayakan 200 lebih banyak dari daerah Pelaihari. Pengujian *bulk dry basis* dilakukan untuk mengetahui berat jenis. Berdasarkan pada **Tabel 4**, material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *bulk dry basis* yang lebih rendah daripada pada daerah Pelaihari. Pengujian *Saturated Surface Dry Condition (SSDC)* dilakukan untuk mengetahui kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering, sehingga tidak ada air di permukaan tetapi butir-butiran agregat pada

tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air. Material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *SSDC* yang lebih rendah daripada pada daerah Pelaihari. Pengujian *apparent* (berat jenis semu) dilakukan untuk mengetahui kepadatan relatif dari bahan padat yang membuat partikel pokok tidak memperhitungkan ruang pori di antara partikel karena pori tersebut dilewati oleh air. Material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *apparent* yang sama dengan daerah Pelaihari, sehingga pada daerah penelitian dengan nilai *absorption* tersebut sudah termasuk baik. Uji *absorption* dilakukan untuk mengetahui *prosentase* berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Berdasarkan pada material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *absorption* yang lebih tinggi daripada pada daerah Pelaihari. Pengujian *soundness* dilakukan untuk mengetahui tingkat pelapukan akibat pengaruh cuaca, sehingga material tersebut tidak mudah hancur dibawah tekanan dari beban muatan. Untuk material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *soundness* yang lebih tinggi daripada pada daerah Pelaihari. Pengujian *abrasion* dilakukan untuk mengetahui penghilangan sebagian material dari permukaan karena adanya aksi mekanis seperti proses penghamparan maupun penimbunan. Material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *abrasion* yang lebih tinggi daripada pada daerah Pelaihari. Material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai *optimum moisture content* yang lebih tinggi daripada pada daerah Pelaihari. Nilai *maksimum dry density* yang lebih rendah daripada pada daerah Pelaihari. Setelah di lakukan uji *CBR* laboratorium di dapatkan pada daerah penelitian memiliki nilai *CBR optimum* sebesar 38.60% dan pada daerah Pelaihari memiliki nilai *CBR optimum* sebesar 35.48% dengan 95% maksimum *dry density*. Pada uji *CBR*, material *base coarse* daerah penelitian memiliki nilai yang lebih rendah daripada pada daerah Pelaihari.

Setelah mengetahui beban muatan dan rata rata nilai *CBR* setiap lokasi, dapat menentukan ketebalan lapisan perkerasan setiap lokasi. maka dilakukan perhitungan tebal lapisan perkerasan. Berdasarkan pada **Tabel 5**, maka rata rata tebal lapisan perkerasan jalan setiap *STA* beserta area, lapisan perkerasan jalan tertipis untuk semua *STA* pada area *fill* (timbunan) terdapat di *STA* 6 sebesar 0.520 m. Lapisan perkerasan jalan tertipis untuk semua *STA* pada area *cut* terdapat di *STA* 3 sebesar 0.253 m. Lapisan perkerasan jalan tertipis untuk semua *STA* pada area *creek* terdapat di *STA* 3 sebesar 0.616 m. Rata rata tebal lapisan perkerasan tertipis pada semua area terdapat di *STA* 6 dan lapisan perkerasan tertebal pada semua area terdapat di *STA* 5. Rata rata tebal lapisan perkerasan dari semua *STA* dan area sebesar 0.494 m. Setiap *STA* memiliki ketebalan lapisan perkerasan jalan yang berbeda beda. Penambahan *compaction* perlu dilakukan untuk dapat meminimalkan *cost* dan meminimalkan ketebalan lapisan perkerasan jalan.

Setelah dilakukan penimbunan *base coarse* dengan tebal lapisan perkerasan sebesar 15 cm , maka di lakukan uji *DCP* pada area *fill* dan *cut* untuk mengetahui nilai *CBR* pada *base coarse*. Untuk area *fill* memiliki nilai rata rata *CBR* sebesar 5.94%, sehingga mampu menampung beban muatan kurang dari 2000 kg. Area *cut* memiliki nilai rata rata *CBR* sebesar 14.52%, sehingga mampu menampung beban muatan 2000-3000 kg. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat menimbulkan kerusakan pada jalan jika pada jalan tersebut di lewati oleh beban muatan sebesar 7000 kg atau lebih. Penambahan *base coarse* perlu dilakukan sesuai dengan grafik korelasi yang telah dibuat atau dengan melakukan penambahan *compaction*.

KESIMPULAN

1. Daerah penelitian berdasarkan aspek geomorfologi terbagi menjadi 2 bentuk lahan yaitu dataran bergelombang dan dataran alluvial. Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 3 satuan batuan yaitu satuan batulempung Warukin, satuan batupasir Warukin dan endapan alluvial. Hubungan antara satuan batulempung Warukin dengan satuan batupasir Warukin adalah selaras. Namun hubungan dengan satuan endapan alluvial adalah tidak selaras. Lingkungan pengendapan pada daerah penelitian adalah *transitional lower delta plain – lower delta plain* dengan Kala Miosen Tengah- Miosen Akhir. Pada daerah penelitian mempunyai kedudukan batuan dengan arah relatif barat daya – timur laut dengan kemiringan lapisan ke arah barat laut. Pada daerah penelitian tidak ditemukan struktur kekar, sesar maupun lipatan.
2. Hasil uji *DCP* yang dilakukan pada *layer final*, setiap area memiliki nilai *CBR* dan ketebalan lapisan yang berbeda beda. Nilai rata rata *CBR* tertinggi di *STA* 6. Nilai rata rata *CBR* terendah di *STA* 5.
3. Dari hasil uji *CBR* laboratorium, mendapatkan nilai *CBR optimum* 4.5% dengan 95% maksimum *dry density*. Nilai *CBR* sebesar 4.5% mempunyai arti bahwa nilai daya dukung tanah *optimum* pada daerah tersebut sebesar 4.5% terhadap beban muatan yang standar dengan kecepatan dan penetrasi yang sama.
4. Berdasarkan pada uji *sieve analysis*, tanah yang memiliki dominasi berbutir kasar yaitu lempung kerikilan, memiliki nilai *CBR* yang lebih tinggi dari material yang memiliki dominasi berbutir halus yaitu lempung pasir. Semakin tanah memiliki dominasi berbutir kasar dapat menghasilkan nilai *CBR* lebih tinggi dari tanah yang memiliki dominasi halus.
5. Berdasarkan uji *atterberg limit*, semakin tinggi nilai plastisitas maka nilai *CBR* semakin rendah dan begitu sebaliknya.
6. Berdasarkan uji *basic properties*, pada kadar air dengan semakin tinggi kadar air maka semakin rendah nilai *CBR* dan begitu juga sebaliknya. Pada berat jenis dan *dry density* dengan semakin tinggi nilai tersebut maka semakin meningkat nilai *CBR* dan begitu juga sebaliknya.

7. Model konstruksi jalan *hauling* didapatkan rata rata lapisan perkerasan tertipis terletak di STA 6 dan rata rata lapisan perkerasan tertebal terletak di STA 5 dengan beban muatan 7.000 kg. Setelah dilakukan penimbunan *base coarse* dengan tebal lapisan perkerasan sebesar 15 cm maka setiap area tidak mampu menopang beban muatan sebesar 7000 kg atau lebih. Penambahan *base coarse* sesuai dengan grafik korelasi yang telah dibuat atau dengan melakukan penambahan *compaction* untuk menghasilkan jalan *hauling* yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar.J.S., 2013, *Kajian Pengaruh Nilai CBR Subgrade Terhadap Tebal Perkerasan Jalan*, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, h :158.
- Alfred R. Jumikis, 1962, *Soil Mechanics*, Van Nostrand Company, h : 128.
- Atmaja Jajang, 2009, *Studi Laboratorium Penggunaan Dinamic Cone Penetroemter(DCP) Pada Tanah Lempung yang Di Padatkan Pada Sisi Basah Untuk Lapisan Fondasi Jalan*, Rekayasa Sipil.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011, *Cara Uji CBR Lapangan*, Standar Nasional Indonesia.
- Bina Marga, 1990, *Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota*.
- Bowles J.E, 1989, *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1985, *Mekanika Tanah “Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis”*, Alih Bahasa Mochtar, N.E. dan Mochtar, I.B., 1995) Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2007, *Cara Uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*.
- Department of Civil Engineering, 2003, *Potential Application of Dynamic and Static Cone Penetrometers in MDOT Pavement Design and Construction*, Jackson State University, h : 5.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*, Yayasan Badan Penerbit PU.
- Djarmiko Soedarmo, G.Ir., J. Edy Purnomo, S.Ir, 1997, *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta, Kanisius.
- Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada, *Peta Rupa Bumi dan Digital*
- Hendarsin L.S., 2000, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil.
- Heryanto, R., 2008, *Paleogeografi Cekungan Tersier Barito, Kalimantan*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI 37, 1, h. 238-257.
- Howard, A. D., 1967, *Drainage Analysis in Geologic Interpretation*, Bulletin AAPG, Vol 51, No 11, November, page 46 – 59.
- [Http://psg.bgl.esdm.go.id/peta_fisiografi_regional_kalimantan/](http://psg.bgl.esdm.go.id/peta_fisiografi_regional_kalimantan/)
- Institute of Road Engineering Bandung, 2001, *Rock Embankments on Soft Soil*, PT Virama Karya.
- Iselin. G.D., 1979, *Civil Engineering Pavements, Commanding Officer Rock Embankments on Soft Soil*, Institute of Road Engineering Bandung.
- J.C.Horne., 1978, *Depositional Model of Coal*.
- Karunaprema,K. A. K., Edirisinghe, H. J., 2002, *Compare DCP/CBR correlation for Sri Lankan residual soils*, Young Geotechnical Engineers conference organized by Sri Lankan Geotechnical Society, Colombo.
- Kent Country Council, 2000, *Road Pavement Design Guide*, Babbit.
- Kusnama, 2008, *Batubara Formasi Warukin di daerah Sampit dan sekitarnya, Kalimantan Tengah*, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 1 Maret 2008, h: 11-22.
- Laboratorium Geologi Teknik, 2014, *Buku Panduan Praktikum Geologi Teknik Program Studi Teknik Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta*.
- Mega Purnomo, 2011, *Korelasi Antara CBR, PI dan Kuat Geser Tanah Lempung*.
- Pardiarto, Bambang, Widodo, Wahyu, 2006, *Potensi Endapan Bijih Besi di Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan*, Kelompok Kerja Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi, h. 2 – 3.
- Rustandi.E, Nila. E.S., Sanyoto.P , Margono. U., 1995, *Peta Geologi Lembar Kotabaru Kalimantan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sikumbang, N., Heryanto, R., 1994, *Peta Geologi Lembar Banjarmasin, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Salgado. R., 2003, *Dynamic Cone Penetration Test for Subgrade Assessment*, Purdue University.
- Soedarmo. G.D., Purnomo. S.J.E, 1993, *Mekanika Tanah*.
- Stamp R.W., *Pavement Design Guidelines, Traffic and Civil Engineers*, Warrnambol City Council.
- Sukirman Silvia, 1999, *Dasar-dasar Perencanaan Geomatrik Jalan*, NOVA, Bandung.
- Ukiman., Hartono., Setijaka., 2007, *Kajian Eks Perimental Campuran Tanah Lempung, Semen dan Kapur (Talseka) Dalam Upaya Meningkatkan Daya Dukung Subgrade Pada Ruas Jalan Tembalang – Meteseh Semarang*, Prosiding Seminar Hasil Penelitian Politeknik Negeri Semarang, Badan Penerbit Univeristas Diponegoro Semarang.
- Van Zuidam, R.A. 1983, *Guide to Geomorphologic Aerial Photographys Interpretation and Mapping*, Enschede The Netherlands, h. 325.

Wesley, L.D, 1997, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum