

**QUALITY CONTROL KEPADATAN OPTIMUM TIMBUNAN BERDASARKAN FAKTOR
DENSITAS DALAM PEMBENTUKAN JALAN PENGANGKUTAN BATUBARA**

SUPANDI¹

¹Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta

Masuk: 19 Juni 2015, revisi masuk: 21 Juli 2015, diterima: 2 Agustus 2015

ABSTRACT

Construction hauling road at the swampy area is very difficult due to weak materials and soft material for the basement. The problem can be determinate with approaching density of material during to reach optimum compaction. To determination optimum compaction can be use wet and dry density method and optimum water content. Laboratory testing at the laboratory is conducted on 95% of compaction include moisture content (ASTM D 2216-80), Specific Gravity (ASTM D 854-23), Attenberg Limit (ASTM D 422-63), Liquid Limit (ASTM D 427), compaction (ASTM D 1557). Field testing is required to compare actual value of basic properties of material and laboratory test and also to get correlation number of compaction with thick of layering material. The result of the study is increasing dry density will be give impact reducing void ratio and porosity. Highest density values have been found at the laterite material (coarse) with density number up to 2.18gr/cm³ during wet condition and during dry condition 1.98 gr/cm³. Highest number of wet density fine material about 2.12gr/cm³ and 1.87gr/cm³ for dry density. Lowest number of density for coarse material about 1.82gr/cm³ (wet) and 1.46gr/cm³ (dry) while for fine material about 1.83gr/cm³ (wet) and 1.55gr/cm³. Construction hauling road at the soft material can be conducted using selective material and keep optimum water content and applying compaction layer by layer to reach optimum compaction.

Kata kunci : Quality control, kepadatan optimum, densitas, jalan batubara

INTISARI

Masalah yang sering timbul pada jalan yang dibangun di atas tanah lunak dan rawa adalah kehilangan tanah urugan pada proses pembuatan jalan dan timbulnya deformasi yang tidak seragam. Kendala-kendala tersebut dapat diatasi apabila dilakukan penelitian pembangunan jalan dengan metode cut and fill menggunakan parameter nilai densitas tercapai dan persyaratan kepadatan juga harus terpenuhi. Pihak kontraktor, sebagai pelaksana lapangan, ingin mengetahui secara cepat dan mudah pada saat pengerjaan lapangan yaitu dengan hanya melakukan test kepadatan dengan menggunakan kepadatan tanah antara lain dry density, wet density, moisture content. Pengujian di laboratorium compaction dilakukan dengan 95% meliputi pengujian kadar air (ASTM D 2216-80), Berat jenis (ASTM D 854-23), Batas cair dan batas plastis (ASTM D 422-63), batas susut (ASTM D 427), pemadatan (ASTM D 1557). Pengujian lapangan untuk mengetahui perbandingan tebal lapisan sebagai timbunan yang optimal serta banyaknya jumlah *compaction* yang disesuaikan dengan pencapaian nilai densitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar nilai *dry density*, semakin kecil angka pori (*e*) dan porositas (*n*), dan sebaliknya. Nilai densitas terbesar di lapangan terbesar pada material laterit kasar yaitu nilai *wet density* adalah 2.18 gr/cm³ dan *dry density* mendapatkan 1.98 gr/cm³, pada material halus nilai terbesar yang dicapai adalah 2.12 gr/cm³ pada wet density dan untuk *dry density* mencapai 1.87 gr/cm³, dan hasil terendah dilapangan untuk material kasar adalah 1.82 gr/cm³ untuk *wet density* dan *dry density* 1.46 gr/cm³, sedangkan untuk material halus untuk nilai terendah adalah 1.83 gr/cm³ *wet density* dan *dry density* 1.55 gr/cm³. Berdasarkan studi ini pembuatan jalan hauling pada tanah lunak dapat dilakukan dengan menjaga kadar air dan melakukan pemadatan layer by layer untuk memperoleh kepadatan optimum.

Kata kunci : Quality control, kepadatan optimum, densitas, jalan batubara

PENDAHULUAN

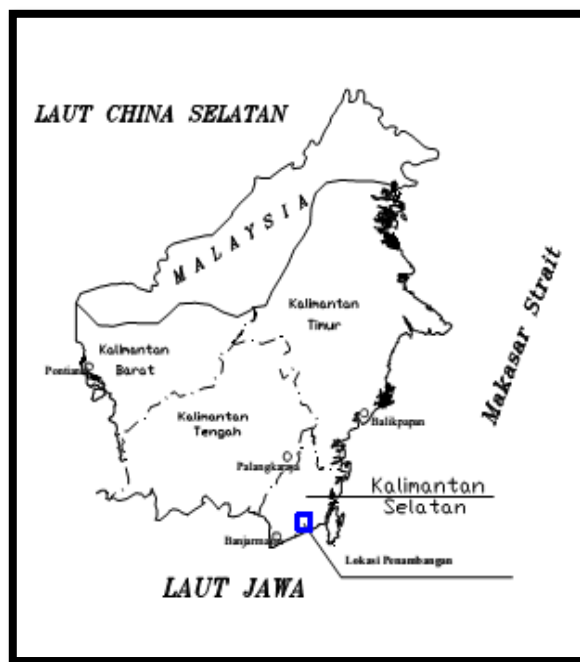
Masalah yang sering dihadapi dalam melaksanakan pembangunan jalan hauling batubara adalah masalah kualitas timbunan yang relatif buruk dan harus dibangun pada lokasi rawa. Pembangunan pada lokasi ini banyak dijumpai adanya amblesan dan gerakan massa. Pembangunan jalan di atas tanah lunak (rawa) menyebabkan berbagai kesulitan saat pelaksanaan, diantaranya kehilangan tanah urugan yang meresap ke dalam tanah, kuat geser tanah tidak cukup untuk memikul tanah timbunan. Bahkan setelah pembangunan selesai masih dijumpai adanya kondisi jalan yang bergelombang, resapan partikel halus ke dalam badan jalan yang dibuat dari material yang *porous* menyebabkan fungsi pengaliran terhambat dan jalan menjadi cepat rusak. Untuk mengatasi kesulitan tersebut diperlukan sebuah nilai dari material yang akan digunakan untuk dapat menahan gaya tarik agar meningkatkan stabilitas tanah dan mencegah perbedaan penurunan yang terlalu besar dan menekan pembatas antara material urugan (*fill*) dengan material tanah asli (*insitu/cut*). Material yang digunakan tersebut harus mampu mengalirkan air tanpa membawa partikel halus.

Sesuai dengan latar belakang dan permasalahan yang dihadapi maka tujuan dari penelitian ini adalah mengupayakan kepadatan optimum tanah urugan berdasarkan faktor densitas dan moisture content dalam pembentukan jalan hauling. Melalui penelitian ini akan dilihat kinerja yang dapat dicapai apakah sesuai dengan parameter pengujian dari laboratorium atau belum.

Penelitian ini dilakukan dengan konsep *cut and fill* yaitu usaha

pemadatan untuk memperoleh stabilitas tanah dan memperbaiki sifat-sifat teknisnya meliputi memperbaiki kuat geser tanah dengan menaikkan nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam (θ), mengurangi penurunan oleh beban (kompresibilitas) yang akan menurunkan permeabilitas (k), Hal tersebut mengurangi perubahan volume tanah akibat adanya perubahan nilai kadar air dan mengurangi sifat kembang susut tanah.

Lokasi penelitian secara administratif terletak di wilayah PKP2B PT Borneo Indobara, Bunati – Kusan desa Sebamban, Kecamatan Sungai Loban, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan.

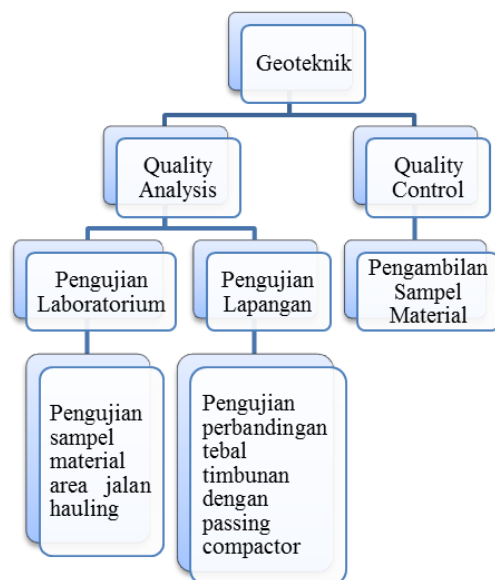


Gambar 1. Lokasi Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Metoda penelitian dilakukan dengan melakukan studi pustaka untuk material timbunan jalan dan pengurangan pada daerah rawa. Tahap awal dari studi geoteknik dengan melakukan studi lapangan dan melakukan analysis geoteknik untuk membuat desain.

Quality analysis dilakukan dengan membuat pengujian laboratorium terhadap basic properties dan sifat mekanik material. Pada saat konstruksi jalan juga dilakukan pengujian lapangan sehingga diperoleh kondisi aktual. Membandingkan antara hasil laboratorium dan kondisi aktual dipergunakan dalam melakukan *quality control* terhadap proses konstruksi jalan. Pada *quality control* konstruksi jalan dengan pendekatan densitas material timbunan (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tanah lunak adalah lapisan residu tanah yang berukuran lanau – lempung mengandung organik dengan konsistensi sangat lunak dan jenuh air. Lapisan tanah lunak ini memiliki sifat gaya gesernya kecil, kemampatannya (kompresibilitas) besar dan koefisien permeabilitas kecil, sehingga saat dikenai pembebanan melampaui daya dukungnya maka akan terjadi kerusakan pada konstruksinya. Daya dukung tanah dapat dinaikan dengan nilai densitas dengan melakukan pemadatan layer by layer dan mengontrol kadar air material.

Untuk mengetahui nilai dari sifat fisik material (tanah) yang akan dipergunakan sebagai material konstruksi badan jalan maka di lakukan pengujian laboratorium. Adapun pengujian laboratorium yang diperlukan untuk konstruksi jalan pada tanah lunak mengacu Taylor 1948 adalah :

Berat volume (γ)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

W : berat tanah

V: volume tanah

Berat volume tanah kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{(1+w)}$$

W_s = berat tanah kering

V_s = volume tanah kering

Berat volume tanah jenuh (γ_{sat})

$$\gamma_{sat} = \frac{W_w}{V}$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1+W)$$

W_w : berat air

Kadar air

$$\Omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$$

Specific gravity (G_s)

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Angka Pori

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

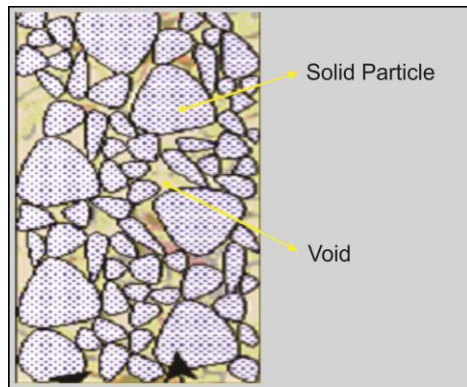
$$e = \frac{G_s}{(1+wc)\gamma_1}$$

Porositas

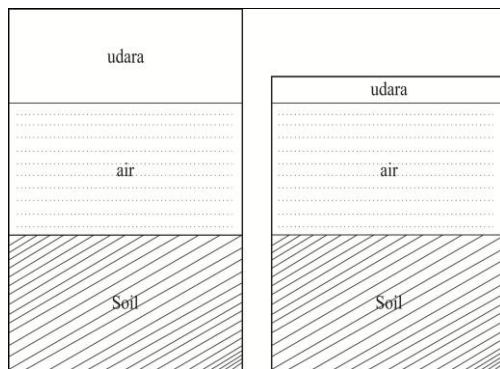
$$n = \frac{V_v}{V_s}$$

$$n = \frac{e}{1+e}$$

Untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah diperlukan pemadatan. Tanah dipadatkan dengan mesin peralatan *rolling* atau *vibrating*. Test kepadatan laboratorium yaitu dengan *standard compaction* dan *modified compaction*. Dengan adanya pemadatan akan mengurangi volume pori sehingga densitas akan naik sehingga daya dukung tanah dapat semakin besar (Gambar 3.a dan Gambar 3b)



Gambar 3.a Komposisi bagian tanah

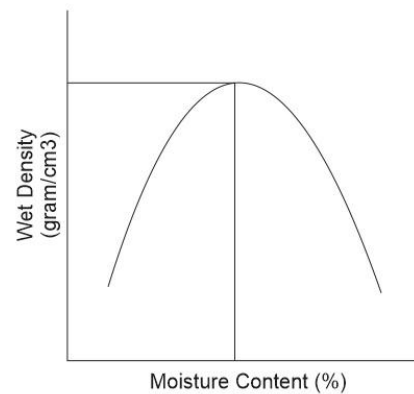


Gambar 3.b. gambar sebelum di padatkan dan c. gambar setelah mengalami pemadatan

Pemadatan tanah terdiri dari kumpulan partikel-partikel tanah yang dipadatkan oleh mesin sehingga terjadi peningkatan volume kering tanah. Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 a dan b, tanah terdiri dari butiran-butiran solid dengan void yang terisi air dan udara. Komposisi dari solid, air, udara terlihat dari gambar 3a, 3b. Sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3c pemadatan untuk mengurangi fraksi udara, yang akan merubah kadar air dan tidak punya pengaruh pada volume solid. Pada teori, proses pemadatan paling efektif melepaskan udara secara lengkap. Tetapi pada prakteknya pemadatan tidak bisa menghilangkan udara sama

sekali, tetapi hanya mengurangi udara menjadi minimum.

Day (1997) dalam diskusinya mengatakan bahwa faktor-faktor yang diperlukan untuk memperkecil void ratio pada saat proses pemadatan adalah distribusi ukuran butiran bergradasi baik (well graded), rasio antara ukuran diameter butiran terbesar dan terkecil tinggi untuk pengisian ruang pori yang terkecil dan proses seperti pemadatan, untuk menekan partikel tanah menjadi susunan lebih padat (Gambar 4)



Gambar 4. Kurva hubungan wet density dengan kadar air

Nilai puncak dari berat isi kering disebut kerapatan kering maksimum dan kadar air pada kerapatan kering maksimum disebut kadar air optimum. Hubungan antara kadar air (ω) dan berat volume kering (γ_d) dapat dirumuskan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + \omega}$$

$$V_a 0, S_r = 100 \% \longrightarrow \frac{\gamma_w \cdot G_s}{1 + G_s \cdot \omega}$$

γ_s : berat volume tanah basah (g/cc)

V_a : volume udara (cc)

S_r : derajat kejenuhan (%)

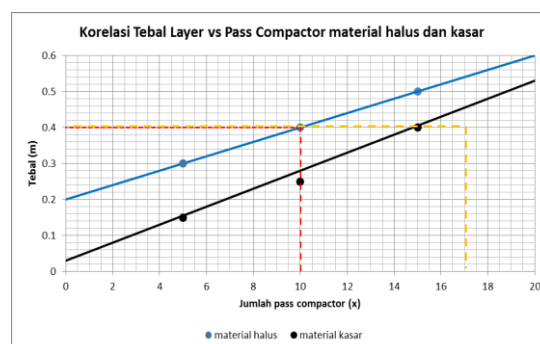
G_s : berat spesifik tanah

Tabel 1. Hasil pengujian Laboratorium

No	Pengujian Sifat Fisik Material	Satuan	Jenis material		
			Laterit Halus	Laterit Kasar	
1	Basic Properties	Natural Water Content	%	26.3	4.72
		Specific Gravity of Soil	Gs	2.706	2.792
		Wet Density	gr/cm ³	1.789	2.086
		Dry Density	gr/cm ³	1.397	1.818
		Void Ratio	e	0.937	0.535
		Saturated Density	gr/cm ³	1.881	2.167
2	Size Analysis	Gravel	%	0	28.7
		Sand	%	7.19	31.79
		Silt	%	27.24	22.08
		Clay	%	65.57	17.43
3	Atterberg Limit	Liquid Limit	%	82.75	28.52
		Plastic Limit	%	33.57	21.05
		Plasticity Index	%	49.18	7.47
		Flow Index		17.37	9.9
		Unified Classification		CH	CL
4	Compaction	Opt. Moisture Content	%	28.1	14.7
		Max. Dry Density	gr/cm ³	14.47	1.914

Conto batuan yang dipergunakan sebagai material urugan diambil contohnya untuk dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan gambaran sifat fisik dan sifat mekanik material urugan. Dari hasil uji laboratorium dipergunakan sebagai dasar perhitungan dalam analisa kepadatan optimum untuk setiap tipe urugan yang ada. Hasil pengujian dari laboratorium untuk sifat fisik material (laterit) didapatkan hasil seperti Tabel 1. Pengujian lapangan dilakukan untuk memperoleh kondisi aktual dan membandingkan antara desain. Hasil pengujian lapangan yaitu dengan menentukan tebal layer dan *compaction* yang dibutuhkan disertai dengan koefisien biaya. Semakin tebal layering maka akan semakin banyak jumlah pass *compaction* yang dampaknya akan menambah biaya pemadatan. Adapun korelasi jumlah pass *compaction* dan tebal lapisan dapat dilihat pada Gambar 5. Pengujian juga dilakukan terhadap

kedalaman dari permukaan sehingga dapat diperoleh perubahan nilai densitas terhadap kedalaman dimana hal ini dapat menginformasikan dengan jumlah pemadatan tertentu berapa kenaikan densitas dapat diterima. Dari hasil pengujian dapat dilihat hasil seperti Table 2.



Gambar 5. Korelasi tebal layer timbunan dengan *pass compaction*

Tabel 2. Korelasi tebal timbunan dengan jumlah passing optimum

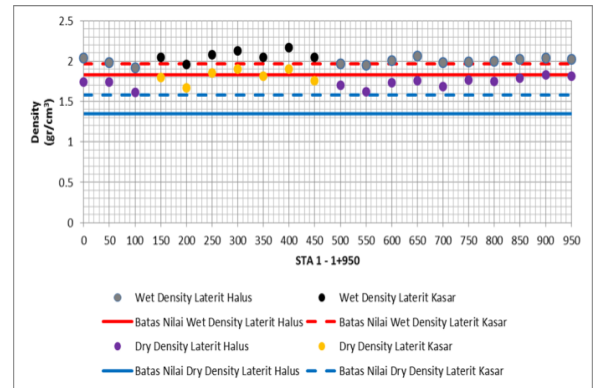
Passing (x)	Depth (m)	Density Jenis Material (gram/cm ³)	
		Halus	Kasar
5	0.2	1.9	1.85
	0.4	1.75	1.62
	0.6	1.5	1.37
10	0.2	1.95	1.945
	0.4	1.83	1.75
	0.6	1.6	1.57
15	0.2	2.1	2.02
	0.4	1.64	1.914
	0.6	1.42	1.73

PEMBAHASAN

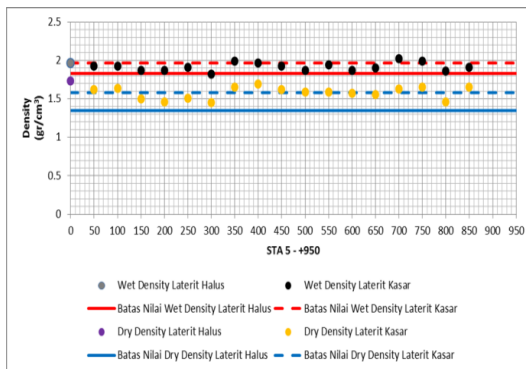
Untuk melihat kualitas timbunan jalan telah sesuai dengan acuan maka dilakukan sampling setiap jarak 50 meter agar hasil yang dikehendaki sesuai. Batas bawah adalah nilai densitas minimum untuk tipe material yang dipergunakan sebagai urugan (garis biru gambar 6) sedangkan batas atas adalah nilai maximum densitas material urugan (warna merah) pada kondisi optimum kadar air. Dari hasil

pengujian lapangan diperoleh bahwa material telah mengalami pemadatan optimum dengan nilai densitas (warna titik kuning dan hitam). Warna kuning dan hitam menunjukkan nilai densitas pada kondisi *wet density* dan pada kondisi *dry density*. Pada *wet density* masih belum di koreksi terhadap kadar dan pada *dry density* sudah terkoreksi dengan kadar air.

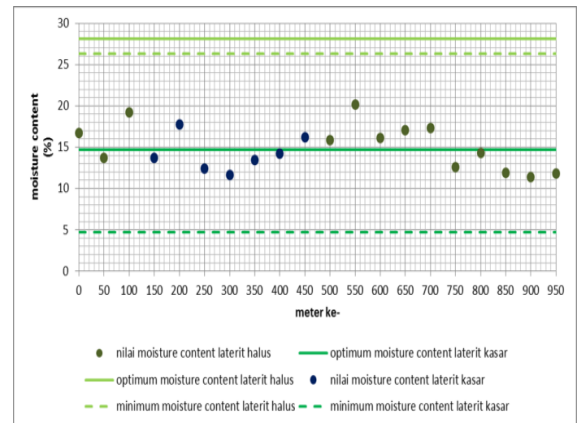
Pada setiap material yang dipadatkan memerlukan kadar optimum dimana kadar air optimum ini harus dicapai ketika melakukan pemadatan. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa nilai kadar air optimum telah sesuai dengan rencana (Gambar 7)



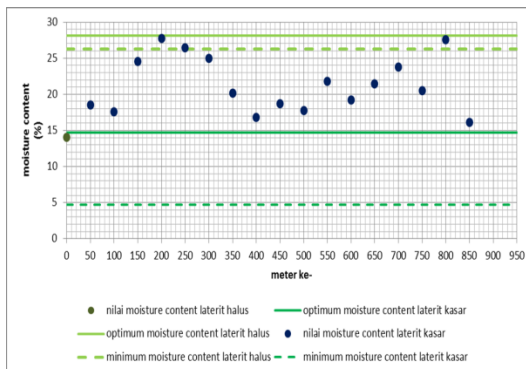
Gambar 8. Hasil nilai wet and dry density STA 1



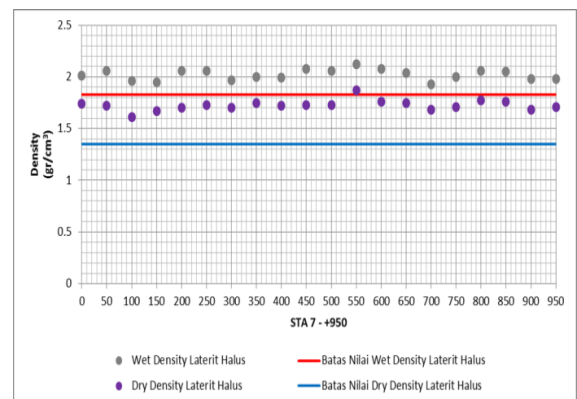
Gambar 6. Hasil nilai wet and dry density STA 5



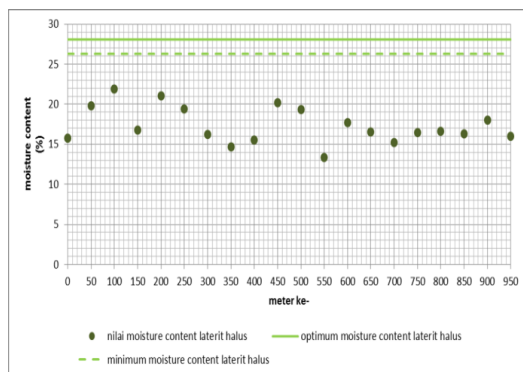
Gambar 9. Hasil nilai moisture content STA 1



Gambar 7. Hasil nilai moisture content STA 5



Gambar 10. Hasil nilai moisture content STA 7



Gambar 11. Hasil nilai moisture content STA 7

Pada Gambar 6,7,8,9 terlihat bahwa hasil pengujian *compaction* untuk nilai *wet density* dan *dry density* dengan komposisi material laterit halus dan laterit kasar menunjukkan di bawah hasil optimum dan minimum dari hasil nilai pengujian laboratorium dan dilihat dari nilai *moisture content* terdapat kadar air yang optimum hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar air maka akan menurunkan nilai densitas sedangkan jika terdapat kadar air yang kurang maka pada saat melakukan *compaction* di lapangan mengalami kesulitan karena material sulit di bentuk dan masih keterdapatannya rongga-rongga dalam material.

Pada Gambar 10 dan 11 menunjukkan bahwa hasil pengujian pada lapangan memiliki nilai di atas dari nilai pengujian laboratorium, hal ini menunjukkan bahwa pada saat pengujian laboratorium menggunakan *compaction* sebesar 95% sehingga hasil pengujian di lapangan dimungkinkan akan diperoleh hasil lebih besar sehingga rongga-rongga pada material telah terisi oleh material yang lebih halus sehingga partikel-partikel tanah tersebut saling *interlocking* dan faktor yang mempengaruhi berikutnya adalah faktor material yang ada pada area pembentukan jalan *hauling* yaitu dengan adanya material dengan ukuran halus (lempung).

KESIMPULAN

Permasalahan pembuatan jalan *hauling* pada tanah lunak dan pada daerah rawa dapat di atas dengan memperhatikan material urugan dengan melakukan pemadatan sampai pemadatan optimum dan kadar air material urugan. Pemadatan tanah urugan harus mencapai 95% dari uji laboratorium dan material dengan densitas di atas 1.8gram/cm^3 dapat dipergunakan sebagai material urugan.

Pemadatan bertujuan untuk memperbaiki kuat geser tanah yaitu dengan menaikkan nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam (θ), mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban, menurunkan permeabilitas dan mengurangi perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air.

Dengan dilakukannya pengujian *compaction* dilaboratorium sebesar 95 % maka diharapkan hasil pengujian di lapangan terdapat nilai densitas yang melebihi dari nilai pengujian laboratorium.

Untuk jumlah *passing compactor* didapat dengan jumlah 10 kali *passing* untuk material halus dan 15 kali untuk material kasar dengan tebal layer 40 cm karena dengan pencapaian jumlah *passing* tersebut didapatkan nilai densitas yang optimal pada pengujian lapangan secara vertikal dan dengan pencapaian tersebut pula dapat menghemat bahan bakar *compactor* yang artinya bahwa dengan melakukan 10 kali atau 15 kali *passing* sudah mencapai nilai yang optimum untuk densitas sehingga biaya dapat dikontrol.

Semakin besar nilai *dry density* dilapangan dan semakin kecil nilai angka pori (e), porositas (n) maka semakin besar kepadatan γ_d berarti tanahnya semakin padat maka daya dukung tanahnya semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Day Robert W. (1997) Discussions Grain Size Distribution for Smallest Possible Void Ratio, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASDE, Vol. 123 No.1, 78 Pages
- Soil Mechanics – Design Manual 7.1 dated May 1982 (Publication No. NAVFAC DM-7.1). Departemnt of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, Virginia.
- Taylor D.W. Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley and Sons, USA 1948
- GeoGuides-Road Embankment on Soft Soils- 2001