



PENDAHULUAN

I.1 GAMBARAN UMUM WILAYAH KABUPATEN MERAUKE DAN MAPPI PROVINSI PAPUA, DAN KABUPATEN MAYBRAT PROVINSI PAPUA BARAT

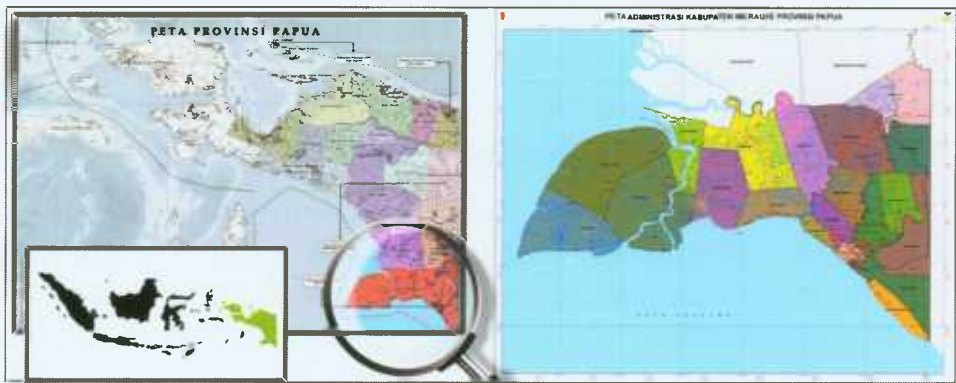
I.1.1 Kabupaten Merauke Provinsi Papua

KABUPATEN MERAUKE adalah salah satu kabupaten yang berada pada wilayah Provinsi Papua yang secara geografis terletak antara $5^{\circ} - 9^{\circ}$ LS dan $137^{\circ} - 141^{\circ}$ BT. Dengan luas wilayah mencapai $46.791,63 \text{ km}^2$ atau sekitar 14,67% dari keseluruhan wilayah Provinsi Papua menjadikan Kabupaten Merauke sebagai kabupaten terluas, tidak hanya di Provinsi Papua namun juga di antara kabupaten lainnya di Indonesia. Secara administratif Kabupaten Merauke memiliki 20 distrik, dengan batas wilayah, lihat Gambar 1.1, sebagai berikut:

- a. Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Mappi dan Kabupaten Bouven Digoel.
- b. Sebelah selatan berbatasan dengan Laut Arafura.
- c. Sebelah timur berbatasan dengan Negara Papua New Guinea.
- d. Sebelah barat berbatasan dengan Laut Arafura.

Kabupaten Merauke berada pada daerah dataran dan berawa dengan ketinggian 0 m – 60 m di atas permukaan laut. Areal yang benar-benar datar dan berawa umumnya berada pada bagian selatan dan tengah dengan ketinggian sampai sekitar 4 m di atas permukaan laut dan dengan kemiringan 0% – 3%. Semakin ke utara, keadaan topografinya bergelombang dengan ketinggian sampai 60 m di atas permukaan laut dan dengan kemiringan sekitar 3% – 12%. Di Distrik Elikobel, Muting dan Ulilin, ketinggian berkisar antara 40 m – 60 m dari permukaan laut.

Curah hujan per tahun di Kabupaten Merauke ini bervariasi. Di Merauke bagian selatan (Distrik Muting dan Okaba), curah hujan pertahun antara 1.000 mm – 2.000 mm, dan semakin ke utara, curah hujan semakin tinggi. Perbedaan curah hujan tersebut juga berlaku pada jumlah bulan basah, semakin ke utara, masa basah semakin panjang. Kondisi curah hujan yang tinggi merupakan kendala terhadap kondisi jalan-jalan tanah yang setiap tahun mengalami kerusakan. Adapun jenis-jenis tanah di Kabupaten Merauke terdiri atas tanah organosol, aluvial dan hidromorf kelabu di bagian selatan (daerah endapan aluvium atau daerah-daerah rawa dan payau) dan di bagian utara berupa pasir kwarsa dan batuapung.



Gambar 1.1 – Peta wilayah administratif Kabupaten Merauke Provinsi Papua (Irwanto Info, 2016)

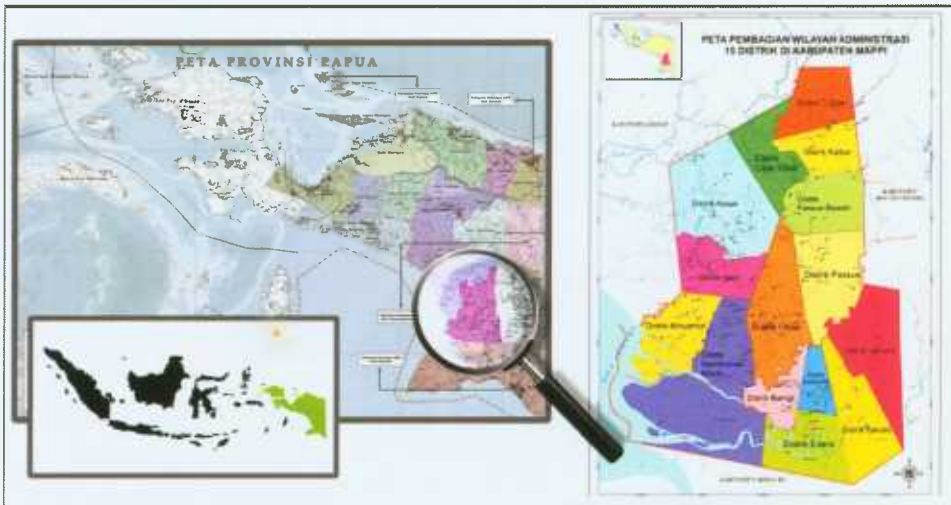
I.1.2 Kabupaten Mappi Provinsi Papua

Kabupaten Mappi merupakan hasil pemekaran dari Kabupaten Merauke sesuai UU No. 26 Tahun 2002. Kabupaten Mappi terletak di antara $5^{\circ}10' - 7^{\circ}30' \text{ LS}$ dan $138^{\circ}30' - 140^{\circ}10' \text{ BT}$ dengan luas wilayah mencapai 28.518 km^2 . Kabupaten Mappi terdiri dari 15 distrik dengan batas wilayah, lihat Gambar 1.2, sebagai berikut:

- a. Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Asmat.
- b. Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Merauke.
- c. Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Boven Digoel.
- d. Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Asmat dan Laut Arafura.

Berdasarkan kondisi topografi, sekitar 70% wilayah Kabupaten Mappi terdiri dari dataran rendah dan berawa, dengan kemiringan $0^{\circ} - 8^{\circ}$ dan 30% terdiri dari dataran tinggi dan berbatu (ke arah utara) dengan kemiringan $5^{\circ} - 12^{\circ}$.

Kondisi iklim di seluruh wilayah Kabupaten Mappi tergolong tropis dengan perbedaan kondisi yang cukup signifikan antara musim hujan dan musim kemarau dengan curah hujan rata-rata sekitar 2.522 mm/tahun, suhu udara sekitar $24^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban udara antara 78% – 81%. Mayoritas jenis struktur tanah di Kabupaten Mappi berupa aluvial, hidromorf kelabu, lithosol, padosolik dengan tekstur yang umum terdiri dari pasir, lanau dan lempung, dan tanah organosol (humus dan gambut).



Gambar 1.2 – Peta wilayah administratif Kabupaten Mappi Provinsi Papua (Wikipedia Bahasa Indonesia, 2015)

I.1.3 Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat

Kabupaten Maybrat adalah salah satu kabupaten di Provinsi Papua Barat, lihat Gambar 1.3. Kabupaten Maybrat dibentuk berdasarkan UU No. 13 Tahun 2009, merupakan hasil pemekaran dari Kabupaten Sorong. Secara geografis, Kabupaten Maybrat terletak antara $01^{\circ}00' - 02^{\circ}30' \text{ LS}$ dan $131^{\circ}00' - 133^{\circ}00' \text{ BT}$ dengan luas wilayah 5.461,69 km^2 yang terbagi menjadi beberapa distrik dengan batas wilayah, sebagai berikut:

- a. Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Tambrauw dan Kabupaten Manokwari.
- b. Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Sorong Selatan.
- c. Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Teluk Bintuni.
- d. Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Sorong Selatan.

Kondisi iklim di Kabupaten Maybrat termasuk tropis dengan suhu udara berkisar antara 24°C – 31°C dan kelembaban udara sekitar 80% – 86%. Curah hujan berkisar antara 32,40 mm – 676 mm (hampir tidak ada bulan tanpa hujan). Secara fisik, Kabupaten Maybrat berada pada daerah perbukitan yang dibentuk oleh batu-batu kapur yang dilapisi tanah lempung (tanah liat) merah dan tanah berpasir dengan ketinggian sampai sekitar 1.362 m di atas permukaan laut. Sebagian daerahnya dikelilingi oleh hutan dengan sungai-sungai besar dan kecil.



Gambar 1.3 – Peta wilayah administratif Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat (Wikipedia Bahasa Indonesia, 2012)

1.2 KONDISI DAN KENDALA PEMBANGUNAN JALAN

Jalan merupakan prasarana perhubungan darat, berfungsi untuk menghubungkan suatu wilayah/kota dengan wilayah/kota lainnya. Jalan mempunyai peranan sangat penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan perekonomian, sosial, politik, pertahanan dan keamanan. Akan tetapi kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa di daerah-daerah tertentu ketersediaan prasarana jalan yang memadai sangat terbatas dan bahkan belum tersedia.

Di Provinsi Papua dan Papua Barat, sebagian besar transportasi antar wilayah

hanya dapat ditempuh lewat jalur udara. Di Kabupaten Mappi Provinsi Papua, sementara ini perjalanan dari Merauke hanya mengandalkan transportasi udara dengan menggunakan Pesawat jenis Twin Otter dengan lama perjalanan kurang lebih 2 jam. Perjalanan udara sangat tergantung dengan cuaca, sehingga jadwal pesawat tidak bisa dipastikan. Sedangkan perjalanan melalui darat hanya bisa ditempuh dengan menggunakan sepeda motor dengan kondisi jalan tanah yang berlumpur dan harus menyeberangi 2 sungai dengan lama perjalanan sampai 12 jam. Prasarana jalan beraspal baru terdapat di Kepi (ibukota Kabupaten Mappi) sampai dengan rencana ibukota Kabupaten Mappi yang baru di Waemiaman. Sedangkan untuk menuju distrik-distrik baru berupa jalan tanah. Kondisi yang hampir sama juga terjadi di Kabupaten Merauke, walaupun kondisi prasarana jalannya relatif lebih baik dan lebih panjang jika dibandingkan dengan di Kabupaten Mappi akan tetapi karena kondisi daerahnya yang sebagian besar merupakan daerah rawa, untuk mencapai daerah tertentu tetap mengandalkan transportasi udara. Di Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat, untuk sampai di kabupaten tersebut, membutuhkan waktu kurang lebih enam jam dari kota Sorong melalui jalan darat yang berliku-liku atau sekitar tiga puluh menit jika menggunakan pesawat terbang.

Kondisi prasarana jalan di Papua sebagaimana diuraikan sebelumnya mendorong pemerintah pusat maupun pemerintah provinsi dan kabupaten di Papua mencanangkan berbagai program terkait pembangunan prasarana jalan, antara lain pembangunan Jalan Trans-Papua oleh pemerintah pusat. Pembangunan Jalan Trans-Papua sebenarnya sudah dimulai sejak lama akan tetapi baru dibangun secara besar-besaran mulai tahun 2014. Jalan Trans-Papua tersebut merupakan jalan nasional yang menghubungkan Provinsi Papua Barat dan Provinsi Papua, membentang dari Kota Sorong di Provinsi Papua Barat hingga Merauke di Provinsi Papua dengan total panjang mencapai 4.330,07 kilometer (km). Dari total panjang tersebut, sekitar 1.070,62 km di Provinsi Papua Barat dan sekitar 3.259,45 km di Provinsi Papua. Jalan Trans-Papua memiliki arti penting sebagai infrastruktur penghubung antara daerah-daerah di kedua provinsi tersebut, termasuk yang terisolasi.

Kendati telah memastikan untuk memprioritaskan pembangunan infrastruktur konektivitas di Indonesia Timur terutama Papua, pemerintah masih menghadapi berbagai kesulitan. Permasalahan dan tantangan dalam pembangunan Jalan Trans-Papua, salah satu diantaranya adalah keterbatasan ketersediaan material

berkualitas sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi. Di Papua Barat, hanya Manokwari yang memiliki deposit material batu dan pasir yang memadai. Sedangkan untuk di daerah lainnya harus didatangkan dari daerah lain seperti dari Palu Provinsi Sulawesi Tengah. Tidak meratanya deposit material batu dan pasir menyebabkan biaya pembangunan Jalan Trans-Papua Provinsi Papua Barat menjadi sangat tinggi dan membutuhkan waktu penyelesaian pekerjaan yang lebih lama. Demikianpun pembangunan jalan provinsi dan kabupaten, salah satu kendala yang umum ditemukan adalah keterbatasan ketersediaan material berkualitas sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi.

1.3 METODE PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL (SUBSTANDAR) UNTUK PERKERASAN LENTUR

Salah satu solusi untuk mengatasi kendala keterbatasan material berkualitas sesuai yang ditentukan untuk perkerasan lentur adalah dengan memanfaatkan material lokal substandar, yaitu material setempat atau yang ada di sekitar lokasi pekerjaan yang tidak memenuhi salah satu atau lebih persyaratan sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi. Dua metode atau pendekatan yang umum digunakan untuk pemanfaatan material lokal substandar tersebut adalah: (1) melakukan perbaikan sifat dan karakteristik material (*treatment*) untuk menghasilkan suatu material dengan sifat dan karakteristik sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi, dan (2) melakukan desain struktur perkerasan sesuai kondisi lapangan, misalkan kondisi lalu lintas, ketersediaan material dan kondisi lingkungan. Kedua metode tersebut sudah banyak diterapkan di berbagai negara, termasuk di beberapa daerah di Indonesia. Dengan melakukan perbaikan sifat dan karakteristik kekuatan dan/atau desain yang sesuai, banyak material lokal substandar dapat digunakan sebagai material perkerasan lentur dan menunjukkan kinerja yang cukup memadai selama umur rencana (Arora, Crowther and Akhter, 1986; Greening and Rolt, 1997). Pemanfaatan material lokal substandar sangat berperan terkait dengan penghematan biaya, kinerja perkerasan, pengelolaan sumber material dan lingkungan (Cook dan Gourley, 2003; Bullen, 2003).

Beberapa jenis material lokal substandar di beberapa negara di Afrika dan di Papua New Guinea telah digunakan sebagai material perkerasan (lapis fondasi atas dan fondasi bawah) untuk jalan lalu lintas rendah (Cook dan Gourley, 2003). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh *UK Transport Research Laboratory* (TRL) bekerja sama dengan *Botswana Ministry of Works and*

Communications (BMOWC) menunjukkan bahwa empat jenis material lokal substandar (*calcrete*) yang ada di Botswana dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, dan untuk pemanfaatannya, Cook dan Gourly (2003) merekomendasikan penggunaan spesifikasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.1. Dengan desain sesuai kondisi iklim setempat, banyak material lokal substandar di Australia Barat, seperti *lateritic gravels*, *calcrete* dan *calcretes*, dan *sand clay* dapat digunakan untuk lapis fondasi atas dan fondasi bawah perkerasan jalan untuk lalu lintas rendah (Emery, Cocks dan Keeley, 2006). Walaupun dikategorikan marginal, material-material lokal substandar tersebut masih mampu menghasilkan atau menunjukkan kinerja yang baik. Berdasarkan hasil penelitiannya, Emery, Cocks dan Keeley (2006) juga telah menetapkan kriteria untuk pemanfaatan material lokal substandar tersebut. Dengan stabilisasi menggunakan 1% – 2% bahan berbasis kalsium (semen atau kapur), material-material lokal substandar di Texas (Abilene, Brownwood, El Paso, Lubbock dan San Angelo) dapat digunakan sebagai material lapis fondasi (Gautam, Yuan dan Nazarian, 2010).

Tabel 1.1 – Spesifikasi yang direkomendasikan untuk penggunaan material lokal *calcrete* di Botswana

Karakteristik	Original BRDM	Rekomendasi Spesifikasi Berdasarkan Lalu Lintas (ESA)				
		0,3 x 10 ⁶	0,5 x 10 ⁶	0,7 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁶
• Ukuran butir maksimum, mm	53	75	75	75	75	75
• Lolos ayakan 0,425 mm, %	10 - 30	≤ 80	≤ 70	≤ 60	≤ 50	≤ 50
• Batas cair, %	≤ 25	≤ 70	≤ 65	≤ 60	≤ 50	≤ 40
• Indeks plastis, %	≤ 6	≤ 30	≤ 25	≤ 20	≤ 15	≤ 12
• Susut linear x % lolos ayakan 0,425 mm	≤ 170	≤ 1000	≤ 800	≤ 600	≤ 400	≤ 250
• CBR Mod. (98 MDD) setelah direndam 4 hari, %	≥ 80	≥ 35	≥ 40	≥ 50	≥ 60	≥ 60

Sumber: Cook and Gourley (2003)

Di Indonesia, penelitian terkait potensi pemanfaatan material lokal substandar untuk perkerasan lentur sudah cukup banyak dilakukan, baik untuk tanah dasar, lapis fondasi bawah, lapis fondasi atas maupun untuk lapis permukaan (campuran beraspal). Beberapa diantaranya telah melalui uji coba skala terbatas (uji gelar) dan bahkan sudah ada yang diterapkan pada pekerjaan sesungguhnya di lapangan.

Agregat batukarang (batukapur) dari Batu Plat Kabupaten Kupang, dan dari Elopada Kabupaten Sumba Barat Daya Provinsi NTT, dikategorikan sebagai material substandar, antara lain disebabkan karena nilai abrasi lebih tinggi dari batas maksimum sebagaimana ditentukan dalam spesifikasi. Demikian juga untuk agregat batukarang dari Tambolaka Kabupaten Sumba Barat Daya, khususnya bila dibandingkan dengan persyaratan untuk lapis permukaan beraspal, memiliki kelekatan terhadap aspal dan nilai setara pasir kurang dari batas minimum sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi. Walaupun demikian, agregat batukarang dari ketiga lokasi tersebut masih berpotensi untuk digunakan sebagai material perkerasan lentur jalan lalu lintas rendah – sedang (Widayat, 2010).

Berdasarkan hasil pengujian sifat dan karakteristik kekuatannya di laboratorium, Yamin (2013) merekomendasikan pemanfaatan material (agregat) lokal substandar dari Pulau Karakelong Kabupaten Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara, sebagai berikut:

- a. Agregat dari Tarohan dan Niampak dapat digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal namun aspal yang digunakan sebaiknya aspal modifikasi berbasis karet. Agregat dari Niampak dapat juga digunakan untuk lapis fondasi atas (LPA).
- b. Agregat dari Bawon Baru, Melong dan Beo dapat digunakan untuk lapis fondasi melalui proses stabilisasi dengan semen (mengacu pada Seksi 5.4 sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3). Untuk lapis fondasi semen tanah menggunakan agregat dari Bawon Baru, persentase penggunaan semen yang direkomendasikan adalah dalam rentang 4% – 7%. Kadar semen untuk lapis fondasi semen tanah menggunakan agregat dari Melong dan Beo adalah dalam rentang 3% – 7%. Sedangkan untuk agregat

Rainis, kadar semen dalam rentang 3% – 6%.

Demikianpun agregat lokal dari kuari Batu Gantung, Sakartemen dan Mabun Buni Kabupaten Fak Fak dan dari kuari BSP (KM 86+500) dan kuari Hutan Lindung (KM. 14+000) Kabupaten Sorong Provinsi Papua Barat. Berdasarkan sifat dan karakteristik kekuatan yang dapat dicapai, Yamin (2011) menyimpulkan bahwa agregat dari Fak Fak dan Sorong tersebut dapat digunakan untuk lapis fondasi atas. Dengan menambahkan 0,01% surfaktan pada aspal pen. 60, agregat dari Batu Gantung yang sedianya tidak boleh digunakan untuk campuran beraspal dapat direkomendasikan untuk digunakan.

Mengingat pentingnya peran jalan dan keterbatasan pemerintah dalam membiayai pembangunan maupun pemeliharaan jalan, khusus di Kabupaten Merauke dan Mappi Provinsi Papua, dan di Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat maka diperlukan penelitian atau kajian mengenai potensi pemanfaatan material lokal substandar yang tersedia di ketiga wilayah tersebut sebagai material perkerasan lentur, seperti untuk lapis fondasi jalan (tanpa dan dengan yang distabilisasi semen) dan campuran beraspal jalan lalu lintas rendah dan/ atau lalu lintas tinggi.

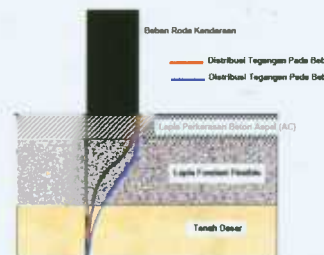
PERKERASAN LENTUR DAN PERSYARATAN MATERIAL YANG DIGUNAKAN

II.1 PERKERASAN LENTUR

PERKERASAN LENTUR (*flexible pavement*) pada umumnya terdiri dari beberapa lapisan material yang dihamparkan di atas tanah dasar dan dipadatkan (lihat Gambar 2.1 (a)). Fungsi setiap lapisan adalah untuk menerima beban lalu lintas (kendaraan beserta muatannya) dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Gambar 2.1 (b) menunjukkan bahwa beban lalu lintas dilimpahkan ke perkerasan lentur melalui roda kendaraan. Beban tersebut diterima lapis permukaan (*surface course*) dan disebarkan ke tanah dasar (*sub-grade*). Karena sifat penyebarannya maka beban yang diterima masing-masing lapis perkerasaan berbeda-beda. Lapis permukaan menerima beban yang paling besar dan semakin ke lapisan bawah beban yang diterima semakin berkurang sehingga akhirnya beban yang diterima tanah dasar sangat kecil.



(a) Lapis perkerasan lentur (*The Constructor Civil Engineering Home,*)



(b) Distribusi beban atau tegangan (Cain, 2017)

Gambar 2.1 – Tipikal lapis perkerasan lentur dan distribusi tegangan akibat beban lalu lintas

Beban yang diterima lapisan perkerasan lentur semakin ke bawah semakin kecil maka kualitas material yang digunakan tidak harus sama, tetapi sesuai beban yang akan diterimanya, dalam hal ini kualitas material yang digunakan semakin ke bawah semakin rendah. Kualitas material setiap lapisan pada perkerasan lentur umumnya ditentukan dalam bentuk standar atau spesifikasi.

II.2 MATERIAL PERKERASAN LENTUR DAN PERSYARATANNYA

II.2.1 Lapis Tanah Dasar

Tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50 – 100 cm, berfungsi sebagai lapisan dasar atau pendukung beban lalu lintas dan lapis perkerasan secara keseluruhan. Kekuatan dan ketahanan konstruksi perkerasan sangat dipengaruhi oleh sifat tanah dasar. Tanah dasar dapat berupa tanah setempat atau tanah timbunan, baik timbunan biasa maupun timbunan pilihan. Tanah dasar yang baik adalah tanah setempat atau tanah timbunan yang telah dipadatkan pada kadar air optimum sampai mencapai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik dan mampu mengurangi perubahan volume akibat perubahan kondisi lingkungan atau cuaca.

Untuk mengetahui sifat tanah yang digunakan sebagai tanah dasar perkerasan lentur maka tanah dikelompokkan atau diklasifikasikan berdasarkan sifat plastisitas dan ukuran butirnya. Dua metode klasifikasi tanah yang umum digunakan adalah metode *The American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) sesuai AASHTO Designation: M 145 – 91, 2004 (2008) dan *Unified Soil Classification System* (USCS) sesuai ASTM Designation: D 2487 – 06 (2008). Daya dukung tanah dasar dapat diperkirakan berdasarkan hasil klasifikasi tanah atau berdasarkan hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*).

Sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Seksi 3.2 (Bina Marga, 2014), tanah (tanah timbunan) yang dapat digunakan sebagai material tanah dasar perkerasan lentur adalah tanah dengan nilai $CBR \geq 6\%$ untuk timbunan biasa dan $CBR \geq 10\%$ untuk timbunan pilihan, setelah dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum (100 MDD) sesuai SNI 1742:2008 dan direndam dalam air selama 4 hari. Masih menurut Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Seksi 3.2 tersebut, tanah plastisitas tinggi atau yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 sesuai AASHTO atau

CH sesuai USCS tidak boleh digunakan sampai pada kedalaman 30 cm dari permukaan tanah dasar perkerasan lentur.

II.2.2 Lapis Fondasi

Lapis fondasi merupakan lapis material atau agregat yang dihamparkan di atas tanah dasar, dan dipadatkan. Pada perkerasan lentur, lapis fondasi umumnya terdiri atas:

- a. Lapis fondasi atas atau yang sering disingkat dengan istilah lapis fondasi (*base*), merupakan lapis agregat yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapis fondasi atas berfungsi sebagai lapis perkerasan yang menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya dan sebagai bantalan untuk lapis permukaan.
- b. Lapis fondasi bawah (*sub-base*), merupakan lapis agregat yang terletak diantara lapis fondasi atas dan tanah dasar. Lapis fondasi bawah berfungsi untuk menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar, lapis peresapan dan mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis fondasi atas. Lapis fondasi bawah juga dibangun untuk tujuan mengurangi ketebalan lapis fondasi atas yang lebih mahal.

Untuk memenuhi fungsi sebagaimana telah dijelaskan di atas maka lapis fondasi harus kuat dan tahan lama, sehingga agregat yang digunakan harus yang berkualitas sebagaimana ditentukan dalam spesifikasi. Sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Seksi 5.1, terdapat dua kelas agregat yang digunakan untuk lapis fondasi, yaitu kelas A dan kelas B, masing-masing dengan persyaratan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2. Agregat kelas A digunakan untuk lapis fondasi atas dan agregat kelas B digunakan untuk lapis fondasi bawah.

Tabel 2.1 – Gradasi agregat lapis fondasi

Ukuran Ayakan		Persyaratan Spesifikasi (Persen Berat Lolos Ayakan)	
ASTM	mm	Kelas A	Kelas B
2 in	50		100
1 ½ in	37,5	100	88 – 95
1 in	25,0	79 – 85	70 – 85
3/8 in	9,5	44 – 58	30 – 65
No. 4	4,75	29 – 44	25 – 55
No. 10	2,00	17 – 30	15 – 40
No. 40	0,425	7 – 17	8 – 20
No.200	0,075	2 – 8	2 – 8

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

Tabel 2.2 – Sifat-sifat agregat lapis fondasi

Sifat-Sifat	Persyaratan Spesifikasi	
	Kelas A	Kelas B
• Abrasi agregat kasar (SNI 2417:2008), %	≤ 40	≤ 40
• Angularitas agregat kasar (DoT's, PTM No. 621):		
- Satu atau lebih muka bidang pecah agregat kasar, %	≥ 95%	
- Dua atau lebih muka bidang pecah agregat kasar, %	≥ 90%	≥ 60
• Indek plastis (SNI 1966:2008), %	≤ 6	6 – 12
• Hasil kali indk plastis dengan % lolos ayakan No. 200	≤ 25	-
• Batas cair (SNI 1967:2008), %	≤ 25	≤ 35
• Bagian yang lunak (SNI 03-4141-1996), %	≤ 5%	≤ 5%
• CBR (SNI 1744:2012), %	≥ 90%	≥ 60%

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

II.2.3 Lapis Permukaan Beraspal

Lapis permukaan beraspal merupakan lapis perkerasan paling atas pada perkerasan lentur. Lapis permukaan beraspal tersebut berfungsi sebagai lapis perkerasan yang menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya, lapis kedap air dan lapis aus.

Terdapat beberapa jenis lapis permukaan beraspal, diantaranya adalah yang menggunakan campuran beraspal panas (*hot mix*), mencakup:

- a. Lapis tipis aspal beton (lataston) atau yang sering dikenal dengan istilah HRS-WC (*Hot Rolled Sheet Wearing Course*), merupakan lapis permukaan yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang atau senjang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas.
- b. Lapis aspal beton (laston) atau yang dikenal dengan istilah AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*), yaitu lapis permukaan yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi menerus dan aspal dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas.

Oleh karena lapis permukaan beraspal harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, baik beban kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (gaya horizontal) maupun pukulan/tumbukan roda kendaraan berupa getaran-getaran maka agregat yang digunakan harus memiliki kualitas yang melebihi kualitas agregat untuk lapis fondasi, lihat Tabel 2.3 – Tabel 2.5. Demikianpun setelah dicampur dengan aspal, harus mampu menghasilkan campuran yang berkualitas sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Seksi 6.3, lihat Tabel 2.6.

Tabel 2.3 – Sifat-sifat agregat kasar untuk lapis permukaan beraspal panas

Pengujian			Standar	Persyaratan Spesifikasi
• Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
		Magnesium Sulfat		Maks. 18%
• Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran beraspal AC	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
• Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI2439:2011	Min. 95%
• Butir pecah pada Agregat Kasar			SNI7619:2012	95/90*)
• Partikel Pipih dan Lonjong			SNI 8287:2016	Maks. 10%
• Material lolos No. 200			SNI03-4142-1996	Maks. 2%

*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih, dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

Tabel 2.4 – Sifat-sifat agregat halus untuk lapis permukaan beraspal panas

Sifat-Sifat	Standar	Persyaratan Spesifikasi
• Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	$\geq 60\%$
• Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	$\leq 1\%$
• Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	≥ 45
• Agregat lolos ayakan No 200	SNI ASTM C117:2012	$\leq 10\%$

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

Tabel 2.5 – Gradasi agregat lapis permukaan beraspal panas

Ukuran Ayakan		Persyaratan Spesifikasi (Persen Berat Lolos Ayakan)		
ASTM	mm	HRS-WC		AC-WC
		Gradasi Senjang	Gradasi Semi Senjang	
3/4 in	19	100	100	100
1/2 in	12,5	90 – 100	87 – 100	90 – 100
3/8 in	9,5	75 – 85	55 – 88	77-90
No. 4	4,75			53-69
No. 8	2,36	50 – 72	50 – 62	33-53
No. 16	1,18			21-40
No. 30	0,60	35 – 60	20 – 45	14-30
No. 50	0,300		15 – 35	9 – 22
No. 100	0,150			6 – 15
No. 200	0,075	6 – 10	6 – 10	4 – 10

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

Selain digunakan sebagai lapis aus, lastaston dapat juga digunakan sebagai lapis fondasi (HRS-Base), sedangkan untuk laston, dapat juga digunakan sebagai lapis antara (AC-BC) dan lapis fondasi (AC-Base). Persyaratan agregat dan campuran beraspal untuk HRS-Base, AC-BC dan AC-Base masing-masing ditunjukkan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Seksi 6.3.

Tabel 2.6 – Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas

Sifat Campuran	HRS-WC		AC-WC
	Gradasi Senjang	Gradasi Semi Senjang	
• Kadar aspal efektif, %	$\geq 5,9$		
• Penyerapan aspal, %	$\leq 1,7$		
• Jumlah tumbukan per bidang	75		75
• Rasio agregat lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif			0,6 – 1,4
• Rongga dalam campuran (VIM), %	4,0 – 6,0		3,0 – 5,0
• Rongga dalam agregat (VMA), %	≥ 18		≥ 15
• Rongga terisi aspal (VFB), %	≥ 68		≥ 65
• Stabilitas Marshall, kg	≥ 800		≥ 800
• Pelelehan, mm	$\geq 3,0$		2 – 4
• Marshall <i>quotient</i> , kg/mm	≥ 250		-
• Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam pada temperatur 60°C, %	≥ 90		≥ 90
• Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (<i>refusal</i>), %	≥ 3		≥ 2

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2014)

II.3 PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL SUBSTANDAR UNTUK PERKERASAN LENTUR DAN PERSYARATANNYA

Sebagaimana telah dijelaskan pada butir I.3 bahwa dua metode yang umum digunakan untuk pemanfaatan material lokal substandar sebagai material perkerasan lentur jalan adalah dengan melakukan desain struktural perkerasan atau menetapkan spesifikasi sesuai kondisi setempat, seperti kondisi lalu lintas dan ketersediaan material dan dengan melakukan perbaikan sifat dan karakteristik kekuatan material atau stabilisasi. Terkait kedua metode pemanfaatan material lokal substandar tersebut, berikut ini adalah sifat dan karakteristik kekuatan atau daya dukung yang harus dicapai.

II.3.1 Pemanfaatan Material Lokal Substandar dengan Menetapkan Spesifikasi sesuai Kondisi Setempat

Pemanfaatan material atau agregat lokal substandar dengan menetapkan spesifikasi sesuai kondisi setempat terutama dimaksudkan untuk jalan lalu lintas rendah (jumlah lalu lintas kurang dari 500 kendaraan/hari). Terkait pemanfaatan agregat lokal substandar untuk jalan lalu lintas rendah tersebut, persyaratan yang digunakan dapat mengacu pada persyaratan pemanfaatan agregat batukarang kristalin sesuai SNI 8158:2015, yaitu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 untuk lapis fondasi agregat, dan Tabel 2.9 – 2.11 untuk campuran beraspal panas.

Tabel 2.7 – Persyaratan gradasi agregat batukarang kristalin untuk lapis fondasi agregat

Ukuran Ayakan		Persen berat yang lolos	
ASTM	mm	Kelas A kristalin	Kelas B kristalin
2 in	50,0		100
1 ½ in	37,5	100	85 – 100
1 in	25,0	78 – 100	70 – 95
3/8 in	9,50	45 – 78	40 – 80
No. 4	4,75	32 – 60	30 – 65
No. 10	2,00	22 – 45	20 – 48
No. 40	0,425	10 – 30	8 – 32
No.200	0,075	4 – 20	4 – 20

Sumber: SNI 8158:2015

Tabel 2.8 – Sifat-sifat agregat batukarang kristalin untuk lapis fondasi agregat

Sifat	Standar acuan	Kelas A kristalin	Kelas B kristalin
• Keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles, %	SNI 2417:2008	≤ 50	≤ 50
• Batas cair, %	SNI 1967:2008	≤ 25	≤ 35
• Indeks plastisitas, %	SNI 1966:2008	≤ 6	≤ 12
• CBR rendaman (100 MDD) sesuai SNI 1743 : 2008, %	SNI 1744:2012	≥ 60	≥ 35

Sumber: SNI 8158:2015

Tabel 2.9 – Persyaratan agregat batukarang kristalin kasar untuk campuran beraspal panas (AC-WC)

Sifat	Standar acuan	Persyaratan Spesifikasi
• Keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles, %	SNI 2417:2008	≤ 40
• Kelekatan terhadap aspal, %	SNI 2439:2011	≥ 90
• Partikel pipih dan lonjong*, %	ASTM B 4791	≤ 10

*) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros = 1 : 5

Sumber: SNI 8158:2015

Tabel 2.10 – Persyaratan gradasi campuran AC-WC batukarang kristalin

Ukuran Ayakan		Persen berat yang lolos
ASTM	mm	
3/4 in	19,0	100
1/2 in	12,5	80 – 100
No. 4	4,75	50 – 70
No. 8	2,36	35 – 50
No. 30	0,600	18 – 29
No. 50	0,300	13 – 23
No. 100	0,150	8 – 18
No. 200	0,075	4 – 14

Sumber: SNI 8158:2015

Tabel 2.11 – Persyaratan sifat campuran AC-WC batukarang kristalin

Sifat-Sifat	Standar	AC-WC Batukarang Kristalin
• Jumlah tumbukan per bidang		50
• Rongga dalam campuran (VIM) ¹ , %	AASHTO M 323-07	3,0 – 5,0
• Rongga dalam agregat (VMA), %		Min. 13
• Rongga terisi aspal (VFB), %		Min. 65
• Stabilitas Marshall, kg		Min. 540
• Pelelehan, mm	AASHTO D: T245-97 (2008)	2,0 -- 4,0
• Stabilisasi Marshall sisa setelah direndam selama 24 jam pada temperatur 60°C, %		Min. 70

¹⁾ Dihitung berdasarkan penqujian berat jenis maksimum agregat (*Grnm* sesuai SNI 03-6893-2002).

Sumber: SNI 8158:2015

II.3.2 Pemanfaatan Material Lokal Substandar dengan Melakukan Stabilisasi

Secara umum, metode stabilisasi material lokal (tanah) dikelompokkan menjadi beberapa kategori, antara lain stabilisasi dengan menggunakan bahan kimia atau disingkat menjadi stabilisasi kimia (*chemical stabilization*), yaitu proses pencampuran tanah dengan bahan kimia, selanjutnya dipadatkan pada kadar air tertentu untuk menghasilkan kepadatan sesuai yang diperlukan. Pada metode ini, penggunaan bahan kimia diharapkan mampu mengubah sifat kimia tanah untuk menghasilkan suatu material dengan sifat teknik sesuai yang ditentukan.

Berbagai jenis bahan kimia untuk stabilisasi tanah telah tersedia, diantara yang paling umum digunakan adalah bahan kimia konvensional, mencakup kapur dan semen. Pemilihan jenis bahan kimia konvensional tersebut harus disesuaikan dengan jenis material tanah yang akan distabilisasi. Menurut Austroad (1989), pemilihan jenis bahan stabilisasi tergantung pada kandungan material halus (lolos ayakan 0,075 mm) dan indeks plastisitas (PI) tanah yang akan distabilisasi. Berdasarkan kedua parameter ini, pemilihan jenis bahan stabilisasi yang akan digunakan dapat mengacu pada Tabel 2.12 dan dengan

mempertimbangkan faktor lingkungan. Untuk daerah basah, dimana kadar air material perkerasan cukup tinggi, maka sangat penting untuk menjamin bahwa kekuatan basah (kekuatan dalam keadaan basah) dari tanah yang telah distabilisasi harus masih tetap tinggi. Pada kondisi tersebut, stabilisasi dengan semen lebih direkomendasikan. Pada daerah basah, kapur dapat digunakan untuk tanah-tanah kohesif, untuk mengurangi kadar air awal. Namun kapur tidak cocok digunakan bila tanah kohesif tersebut dari jenis lanau. Untuk tanah kohesif jenis lanau, kapur harus dikombinasikan dengan penggunaan pozolan. Faktor lainnya yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan bahan kimia sebagai bahan stabilisasi adalah kandungan bahan organik atau sulfat dari tanah yang akan distabilisasi.

Tabel 2.12 – Kriteria pemilihan jenis bahan stabilisasi

	More than 25% Passing 75 µm			Less than 25% Passing 75 µm		
Plasticity Index	PI ≤ 10	10 ≤ PI ≤ 20	PI ≥ 20	PI ≤ 6 (PI x % passing 0.075 mm ≤ 60)	PI ≤ 10	PI ≥ 10
Form of Stabilization						
Cement and Cementitious Blends						
Lime						
Bitumen						
Bitumen/ Cement Blends						
Granular						
Miscellaneous Blends						

Key:

Usually suitable

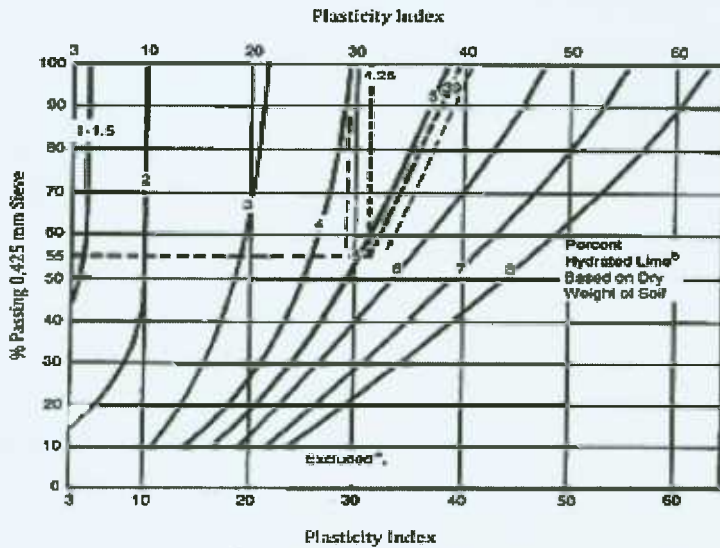
Doubtful

Usually not suitable

Sumber: Austroad (1998)

Kriteria utama untuk menilai kualitas lapis material perkerasan jalan yang distabilisasi dengan kapur dan semen adalah *unconfined compressive strength* (UCS). Bina Marga (2014) menetapkan persyaratan *unconfined compressive strength* untuk lapis fondasi semen tanah setelah *curing time* selama 7 hari sebesar $20 \text{ kg/cm}^2 - 35 \text{ kg/cm}^2$ dengan *unconfined compressive strength* target 24 kg/cm^2 . Untuk jalan lalu lintas ringan (*light traffic*), Thompson (1970) merekomendasikan bahwa stabilisasi tanah dengan kapur dapat digunakan untuk lapis fondasi jika kekuatan yang dinyatakan dengan *unconfined compressive strength* lebih dari $10,50 \text{ kg/cm}^2$. Tipikal kriteria minimum *unconfined compressive strength* stabilisasi tanah dengan kapur untuk lapis fondasi bawah dan fondasi atas berada pada kisaran 7 kg/cm^2 dan 14 kg/cm^2 (Little, 1999). Ingles and Metcalf (1972) merekomendasikan nilai *unconfined compressive strength* untuk lapis fondasi bawah dan fondasi semen tanah berada pada kisaran 7 kg/cm^2 dan 14 kg/cm^2 .

Dalam rangka menentukan jumlah kapur maupun semen yang diperlukan untuk menghasilkan *unconfined compressive strength* sesuai persyaratan, diperlukan desain (pengujian atau percobaan) di laboratorium dengan perkiraan awal kadar kapur dapat mengacu pada *Soil Stabilization for Roads and Airfields* (FM 5-410, 1992), lihat Gambar 2.2, dan perkiraan kadar semen dapat mengacu pada Tabel 2.13 (*Portland Cement Association*, 1992)



a grafik ini tidak diperbolehkan untuk material yang lolos ayakan No. 40 (0,425 mm) kurang dari 10% dan pada material pasir dengan indeks plastisitas kurang dari 3.

b grafik ini berlaku untuk kapur dengan kandungan kalsium dan/atau magnesium hidroksida $\geq 90\%$ dan butiran lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) $\geq 85\%$.

Gambar 2.2 – Perkiraan awal kadar kapur sesuai *Soil Stabilization for Roads and Airfields* (FM 5-410, 1992)

Tabel 2.13 – Perkiraan persentase kadar semen yang diperlukan

Klasifikasi Tanah sesuai AASHTO	Rentang Umum Kadar Semen, % terhadap Berat Kering Tanah	Perkiraan Kadar Semen untuk Pengujian Pemadatan
A-1.a	3 – 8	5
A-1.b	5 – 8	6
A-2	5 – 9	7
A-3	7 – 11	9
A-4	7 – 12	10
A-5	8 – 13	10
A-6	9 – 15	12
A-7	10 – 16	13

Sumber: Portland Cement Association (1992)

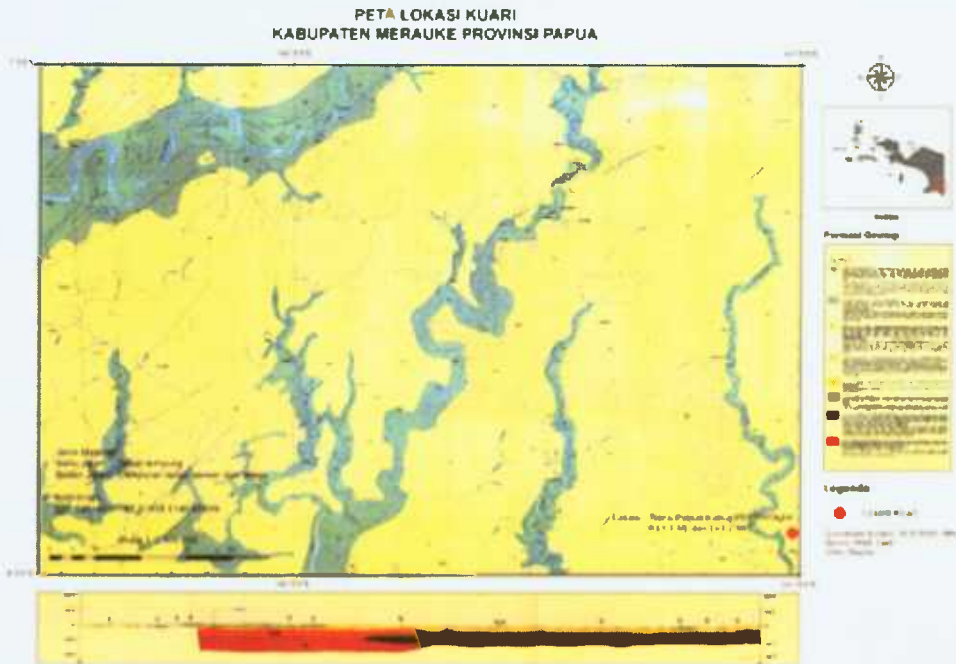


MATERIAL LOKAL KABUPATEN MERAUKE PROVINSI PAPUA

III.1 LOKASI SUMBER DAN JENIS MATERIAL LOKAL KABUPATEN MERAUKE PROVINSI PAPUA

KEGIATAN PENELITIAN TEKNOLOGI MATERIAL LOKAL Kabupaten Merauke Provinsi Papua dilakukan dalam rangka mendukung kegiatan Layanan Teknis dan Alih Teknologi *Low Cost Low Volume Road* di Jalan Trans-Papua Kabupaten Merauke Ruas Tanah Merah - Merauke, KM. 138 + 400 – KM. 139 + 800 (panjang 1,4 km). Oleh karena itu maka di Kabupaten Merauke Provinsi Papua ini, material lokal yang digunakan diambil langsung dari lokasi kegiatan Layanan Teknis dan Alih Teknologi *Low Cost Low Volume Road* tersebut, yaitu dari bahu jalan dan badan jalan eksisting. Adapun material bahu jalan eksisting adalah berupa material tanah yang diperoleh dari daerah sekitar (sisi kiri-kanan) jalan. Demikianpun material badan jalan, berupa material tanah dari daerah sekitar jalan yang sebelumnya telah dicampur atau distabilisasi dengan semen (fondasi semen tanah) dan telah diberi lapis penutup berupa lapis tipis aspal pasir (latasir).

Berdasarkan peta geologi lembar Muting, Irian Jaya (Suwarna dan Kusnama, 1995), lihat Gambar 3.1, lokasi sumber material di Kabupaten Merauke ini berada pada formasi geologi Qs1 – endapan rawa muda, yaitu endapan klastika sangat halus yang tersusun dari lempung, lumpur, lanau dan pasir halus, mengandung karbonan. Jenis endapan rawa muda tersebut tersebar cukup luas, terutama bagian selatan dan timur. Tipikal jenis material ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 – Lokasi sumber material lokal Kabupaten Merauke Provinsi Papua (Suwarna dan Kusnama, 1995)



(a) Material bahu jalan

(b) Material badan jalan

Gambar 3.2 – Tipikal jenis material lokal Kabupaten Merauke Provinsi Papua

Hasil pengujian laboratorium seperti terlihat pada Tabel 3.1, diperoleh bahwa material bahu jalan eksisting dikategorikan sebagai material tanah lempung, termasuk kelompok A-7-6 sesuai AASHTO atau CH sesuai USCS. Sedangkan untuk material dari badan jalan eksisting, dikategorikan sebagai material tanah lempung, termasuk kelompok A-6 sesuai AASHTO dan SC sesuai USCS. Berdasarkan klasifikasinya, kedua jenis material tanah tersebut dikategorikan jelek, dalam arti bahwa material tanah bahu jalan eksisting tidak dapat digunakan sebagai material bahu jalan, dan material tanah badan jalan eksisting tidak dapat digunakan sebagai material lapis fondasi. Dengan demikian maka diperlukan perbaikan sifat dan/atau karakteristiknya, yaitu dengan melakukan stabilisasi. Dengan stabilisasi, diharapkan kedua jenis material tersebut dapat digunakan sesuai peruntukannya masing-masing.

Tabel 3.1 – Hasil pengujian sifat fisik dan klasifikasi material lokal Kabupaten Merauke

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	
		Material Bahu Jalan Eksisting	Material Badan Jalan Eksisting
1	Berat jenis	2,71	2,71
2	Batas Atterberg		
	- Batas cair (LL), %	51	39
	- Batas plastis (PL), %	21	22
	- Indeks plastisitas (PI), %	30	17
3	Anailisis ayakan		
	- Lolos ayakan 19,0 mm (3/4 in)	100	100
	- Lolos ayakan 4,75 mm (No. 4)	84	88,5
	- Lolos ayakan 2,00 mm (No. 10)	69	74,6
	- Lolos ayakan 0,425 mm (No. 40)	65	65,0
	- Lolos ayakan 0,075 mm (No. 200)	52	47,3
4	Klasifikasi tanah		
	- AASHTO	A-7-6	A-6
	- UCSC	CH	SC

III.2 SIFAT DAN/ATAU KARAKTERISTIK KEKUATAN STABILISASI MATERIAL LOKAL KABUPATEN MERAUKE PROVINSI PAPUA

Sebagaimana telah dinyatakan sebelumnya bahwa untuk pemanfaatan material dari bahu jalan dan badan jalan eksisting sesuai peruntukannya pada kegiatan Layanan Teknis dan Alih Teknologi *Low Cost Low Volume Road* di Jalan Trans-Papua Kabupaten Merauke Ruas Sota – Erambu – Bupul, KM. 138 + 400 – KM. 139 + 800, diperlukan perbaikan sifat dan/atau karakteristiknya, yaitu dengan melakukan stabilisasi, dan untuk mengetahui sifat dan/atau karakteristik yang dapat dicapai maka dilakukan pengujian stabilisasi di laboratorium.

Sesuai Austroad, lihat Tabel 2.12, jenis bahan stabilisasi yang sesuai diantaranya adalah kapur. Hal tersebut sesuai dengan spesifikasi yang digunakan terkait kegiatan Layanan Teknis dan Alih Teknologi *Low Cost Low Volume Road*, khususnya untuk bahu jalan (sesuai Skh. 1-4.2: Spesifikasi Khusus Interim Bahu Jalan Tanah-Kapur). Untuk material badan jalan, penggunaan kapur harus dikombinasikan dengan semen (sesuai SKh 1-5.7: Spesifikasi Interim Lapis Fondasi Tanah-Kapur-Semen). Kapur yang digunakan adalah kapur Gresik (LG). Secara visual, kapur tersebut dikategorikan sebagai kapur kembang atau kapur hidup (terasa panas ketika dicampur dengan tanah) dengan kadar CaO sekitar 67,56%. Komposisi kimia kapur seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 – Komposisi kimia kapur Gresik

Unsur	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	HD	H ₂ O
Jumlah, %	2,98	0,20	0,54	67,56	8,15	0,28	0,12	0,03	0,04	0,11	0,01	19,13	0,00

Walaupun berdasarkan spesifikasi bahwa jenis bahan stabilisasi yang digunakan untuk material bahu jalan eksisting adalah kapur namun untuk kepentingan penelitian, juga digunakan jenis bahan stabilisasi yang lain, seperti semen dan kapur yang dikombinasikan dengan semen, dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing jenis bahan stabilisasi tersebut terhadap kekuatan yang dapat dicapai. Demikianpun untuk material badan jalan eksisting, selain kapur yang dikombinasikan dengan semen, kekuatan stabilisasi dengan semen (tanpa kapur) juga ditentukan.

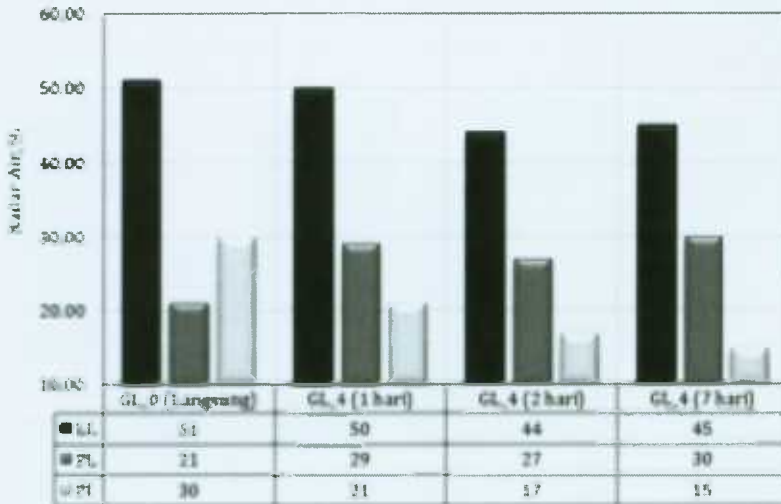
III.2.1 Stabilisasi Material Bahu Jalan Eksisting

III.2.1.1 Stabilisasi dengan Kapur

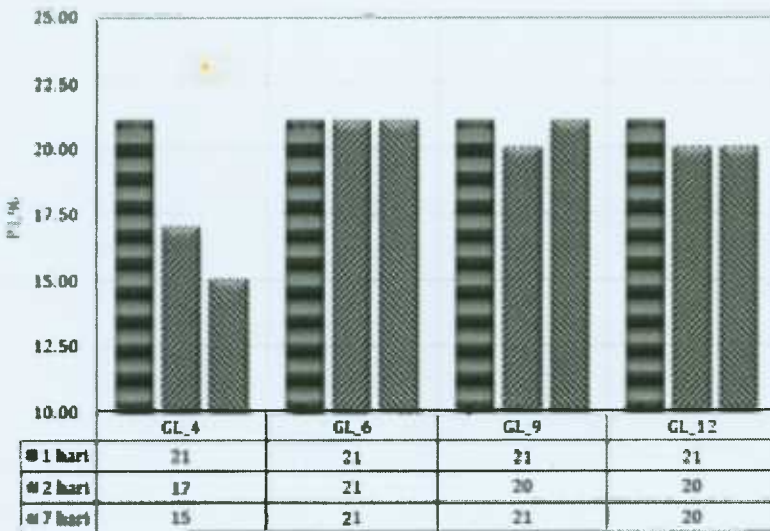
> Sifat plastisitas

Sifat plastisitas stabilisasi material bahu jalan eksisting yang diklasifikasikan sebagai tanah lempung (A-7-6/CH) dengan kapur ditentukan berdasarkan hasil pengujian batas Atterberg, mencakup batas cair (LL), batas plastis (PL) dan indeks plastisitas (PI). Dalam pengujian tersebut, contoh material tanah yang lolos ayakan No. 40 dicampur dengan kapur sesuai yang diperlukan (4%, 6%, 9% dan 12% terhadap berat kering material tanah) dan air sampai mencapai kadar air optimum, yaitu sekitar 22,30%, selanjutnya dilakukan pengujian batas cair dan batas plastis setelah melalui proses pemeraman (*curing time*) selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari. Sifat plastisitas stabilisasi material tanah dengan kapur dinyatakan dengan indeks plastisitas, yaitu adalah selisih antara batas cair dan batas plastis.

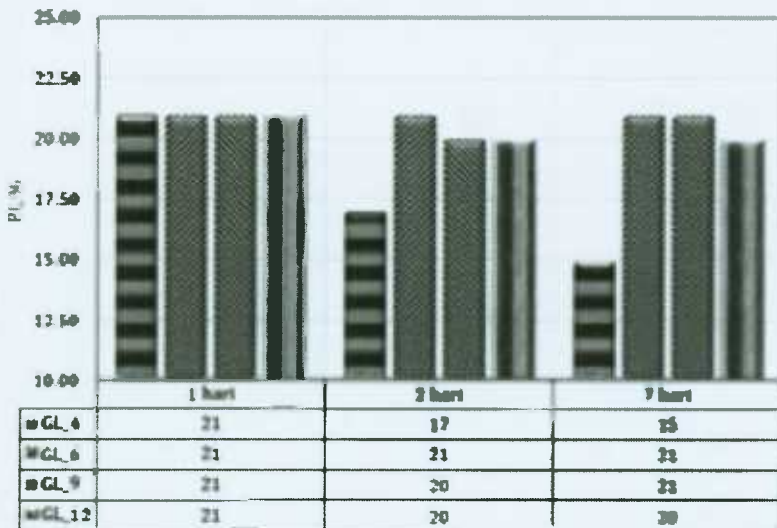
Hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3 menunjukkan bahwa setelah melalui proses *curing time* 1 hari, stabilisasi dengan 4% kapur (GL₄) dapat menurunkan indeks plastisitas material tanah asli (GL₀, *untreated*) dari 30 menjadi 21, dan terus menurun menjadi 17 dan 15 setelah melalui proses *curing time* 2 hari dan 7 hari. Penurunan indeks plastis tersebut disebabkan cenderung menurunnya batas cair dan meningkatnya batas plastis. Setelah melalui proses *curing time* 1 hari, peningkatan kadar kapur dari 4% (GL₄) menjadi 6% (GL₆), 9% (GL₉) dan 12% (GL₁₂) relatif tidak mempunyai pengaruh terhadap sifat plastisitas, dalam arti indeks plastisitas yang dihasilkan relatif sama dengan indeks plastisitas stabilisasi dengan 4% kapur bahkan justru meningkat kembali setelah melalui proses *curing time* 2 hari dan 7 hari, lihat Gambar 3.4. Jadi, untuk stabilisasi dengan 6%, 9% dan 12% kapur, peningkatan *curing time* dari 1 hari menjadi 2 hari dan 7 hari relatif tidak mempunyai pengaruh terhadap indeks plastisitas yang dihasilkan, lihat Gambar 3.5. Hal tersebut diduga akibat tidak cukupnya air yang ada dalam campuran untuk menjamin berlangsungnya reaksi antara kapur dan material tanah.



Gambar 3.3 – Hasil pengujian batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 4% kapur



Gambar 3.4 – Indeks plastisitas stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan kapur setelah melalui proses *curing time* 1 hari, 2 hari dan 7 hari

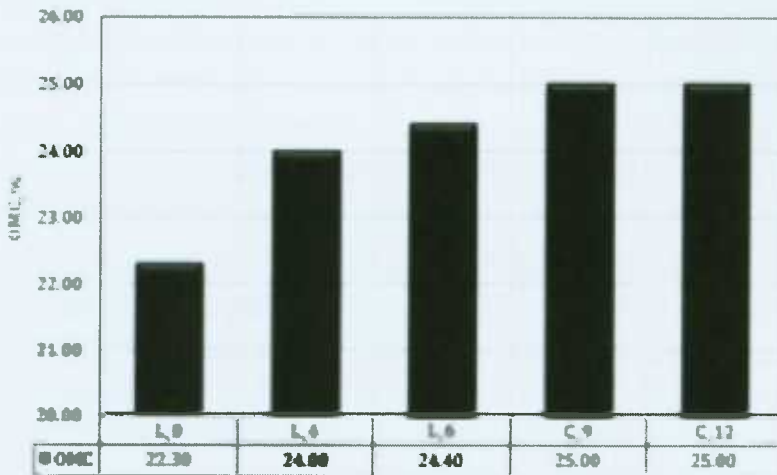


Gambar 3.5 – Pengaruh *curing time* terhadap indeks plastisitas stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan berbagai variasi kadar kapur

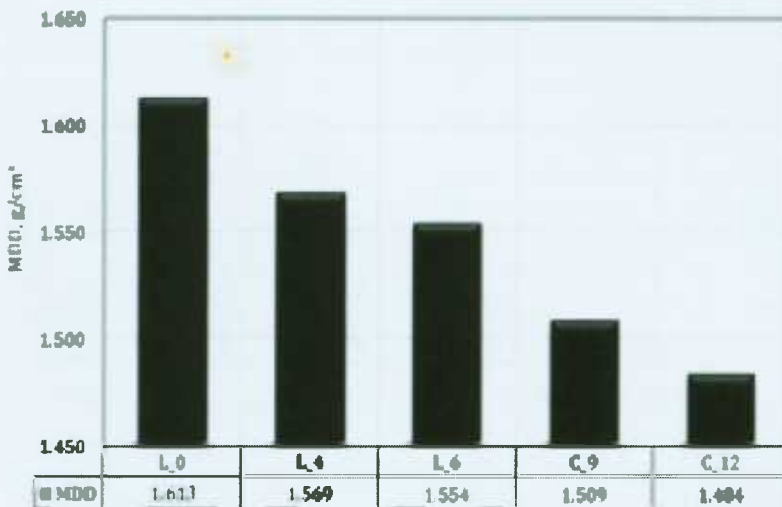
› Karakteristik pemadatan

Pengujian pemadatan dilakukan untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*, OMC) dan kepadatan kering maksimum (*Maximum Dry Density*, MDD) material tanah bahu jalan eksisting, tanpa atau setelah distabilisasi kapur (*untreated* dan *treated*), dan selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk pembuatan benda uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*, UCS). Pengujian pemadatan dilakukan dengan metode pemadatan ringan (*standard proctor*) sesuai SNI 1742:2008.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 4% kapur Gresik (GL_4) menghasilkan OMC sebesar 24,00%, mengalami peningkatan dibandingkan dengan OMC material tanah asli (GL_0, *untreated*), dan cenderung terus meningkat sesuai meningkatnya persentase kadar kapur yang digunakan, lihat Gambar 3.6. Sebaliknya, stabilisasi dengan kapur menurunkan MDD material tanah. Penurunan MDD semakin tinggi sesuai meningkatnya persentase kadar kapur yang digunakan, lihat Gambar 3.7.



Gambar 3.6 – Pengaruh stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan kapur terhadap OMC

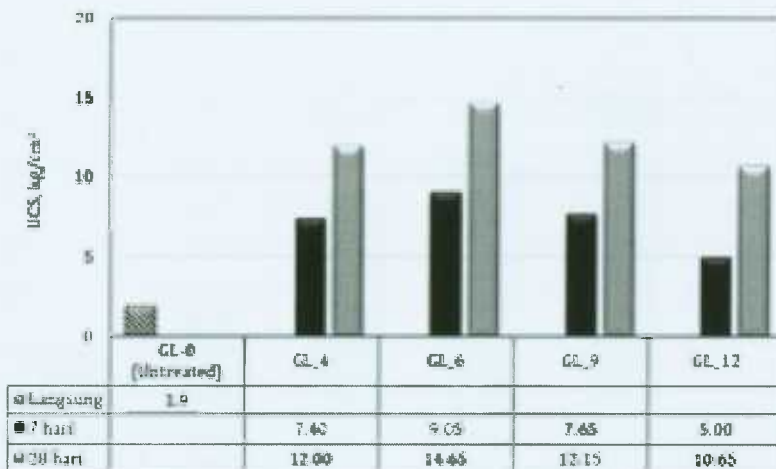


Gambar 3.7 – Pengaruh stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan kapur terhadap MDD

› Karakteristik UCS

Dalam pengujian UCS, material tanah lolos ayakan No. 4 dicampur dengan kapur sesuai yang diperlukan dan air sampai mencapai kadar air optimum, selanjutnya dipadatkan di dalam cetakan silinder berukuran diameter 7,10 cm dan tinggi 14,20 cm sedemikian sehingga menghasilkan kepadatan maksimum sesuai hasil pengujian pemadatan. Pengujian UCS dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 7 hari dan 28 hari. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.8.

Terlihat bahwa untuk pengujian yang dilakukan setelah proses *curing time* 7 hari, stabilisasi dengan 4% kapur (GL_4) dapat menghasilkan UCS sebesar 7,40 kg/cm² dan meningkat menjadi 9,05 kg/cm² untuk stabilisasi dengan 6% kapur (GL_6). Ketika jumlah pemakaian kapur ditingkatkan lagi menjadi 9% (GL_9), menghasilkan UCS sebesar 7,65 kg/cm² (mengalami penurunan jika dibandingkan dengan UCS stabilisasi dengan 6% kapur), dan terus menurun menjadi 5,00 kg/cm² untuk stabilisasi dengan 12% kapur (GL_12). Dari Gambar 3.8 juga terlihat bahwa, untuk setiap variasi jumlah pemakaian kapur, UCS cenderung meningkat sesuai meningkatnya *curing time* dari 7 hari menjadi 28 hari.



Gambar 3.8 – Pengaruh stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan kapur terhadap UCS

Berdasarkan UCS yang dihasilkan dan dibandingkan dengan persyaratan sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Interim Bahu Jalan Tanah-Kapur (SKh. 1-4.3), stabilisasi dengan 4% – 6% kapur Gresik dapat diterapkan,

mampu menghasilkan UCS sesuai persyaratan minimum sebagaimana ditentukan, yaitu minimum 6,00 kg/cm². Stabilisasi dengan kapur Gresik dengan jumlah yang lebih tinggi kurang efektif, diduga tidak cukup air untuk menjamin terjadinya reaksi antara kapur tersebut dengan material tanah.

III.2.1.2 Stabilisasi dengan Semen dan Kapur yang Dikombinasikan dengan Semen

Untuk stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan semen dan kapur yang dikombinasikan dengan semen, pengujian laboratorium mencakup pengujian karakteristik pemadatan dan UCS.

› Karakteristik pemadatan

Oleh karena keterbatasan material yang disediakan, pengujian pemadatan hanya dilakukan untuk stabilisasi dengan 8% semen (C_8). Pengujian pemadatan dilakukan dengan metode pemadatan ringan sesuai SNI 1742:2008. Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 8% semen menghasilkan OMC sebesar 22,20% dan MDD sebesar 1,614 g/cm³. OMC dan MDD yang dihasilkan tersebut relatif sama dengan OMC dan MDD material tanah bahu jalan eksisting tanpa semen (*untreated*).

› Karakteristik UCS

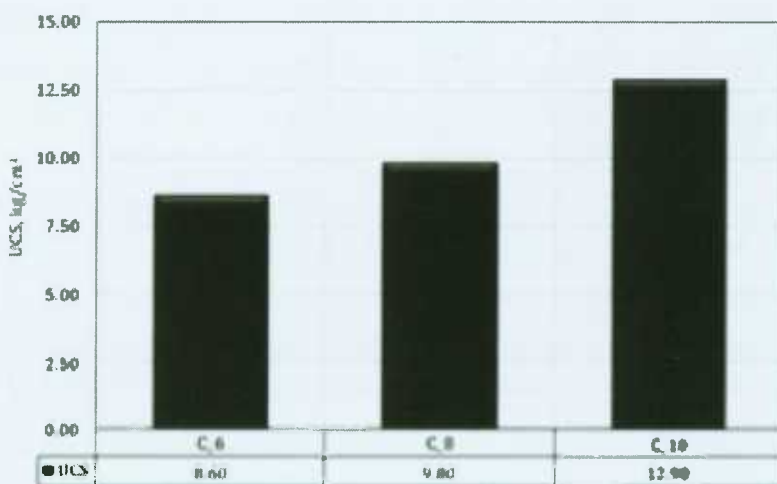
Untuk stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan semen, jumlah semen yang digunakan adalah 6%, 8% dan 10% terhadap berat kering tanah (C_6, C_8 dan C_10). Sedangkan untuk stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen, dua tipe campuran yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Tipe campuran 1, jumlah kapur dengan variasi 4%, 6%, 9% dan 12 % dikombinasikan dengan 4% semen (GL_4 + C_4, GL_6 + C_4, GL_9 + C_4 dan GL_12 + C_4).
- b. Tipe campuran 2, jumlah kapur tetap sebesar 6% yang dikombinasikan dengan 4%, 6% dan 8% semen (GL_6 + C_4, GL_6 + C_6 dan GL_6 + C_8).

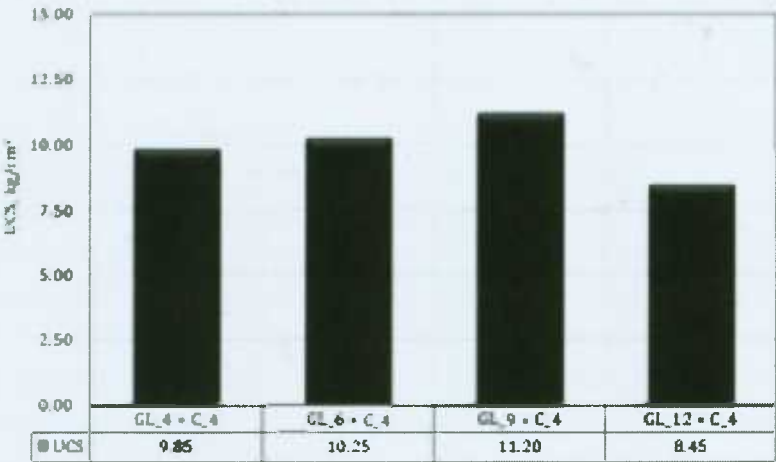
Baik untuk stabilisasi dengan semen maupun untuk stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen, pemadatan dilakukan pada kadar air optimum sampai mencapai kepadatan maksimum sesuai hasil pengujian pemadatan stabilisasi material tanah dengan 8% semen. Untuk stabilisasi dengan kapur

yang dikombinasikan dengan semen, material tanah lolos ayakan No. 4 dicampur terlebih dahulu dengan kapur dan air sesuai yang diperlukan untuk menghasilkan kadar air optimum dan kemudian diperam selama 2 hari. Setelah diperam, ditambahkan semen sesuai yang diperlukan dan dicampur kembali sampai merata, selanjutnya dipadatkan di dalam cetakan silinder berukuran diameter 7,10 cm dan tinggi 14,20 cm sedemikian sehingga menghasilkan kepadatan maksimum sesuai hasil pengujian pemadatan, selanjutnya dilakukan pengujian UCS setelah melalui proses curing time selama 7 hari.

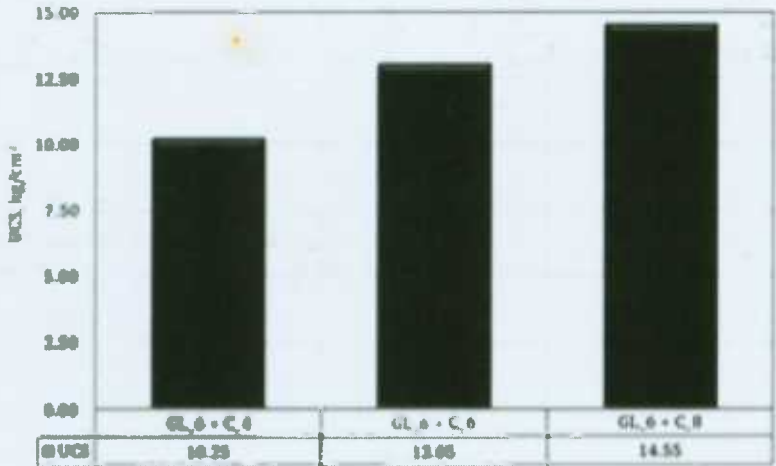
Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 6%, 8% dan 10% semen, lihat Gambar 3.9, secara berturut-turut menghasilkan UCS sebesar 8,60 kg/cm², 9,80 kg/cm², dan 12,90 kg/cm². Berdasarkan UCS yang dihasilkan, stabilisasi dengan 6% – 10% semen belum mampu menghasilkan suatu material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, UCS kurang dari UCS minimum sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 Seksi 5.4 (UCS < 20 kg/cm²), namun berpotensi untuk digunakan sebagai material lapis fondasi bawah jalan lalu lintas ringan sesuai yang direkomendasikan Ingles and Metcalf (1972). Demikianpun stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen, lihat Gambar 3.10 dan Gambar 3.11, hanya mampu menghasilkan material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi bawah dan fondasi jalan lalu lintas ringan.



Gambar 3.9 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan semen



Gambar 3.10 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan kapur yang dikombinasikan dengan 4% semen



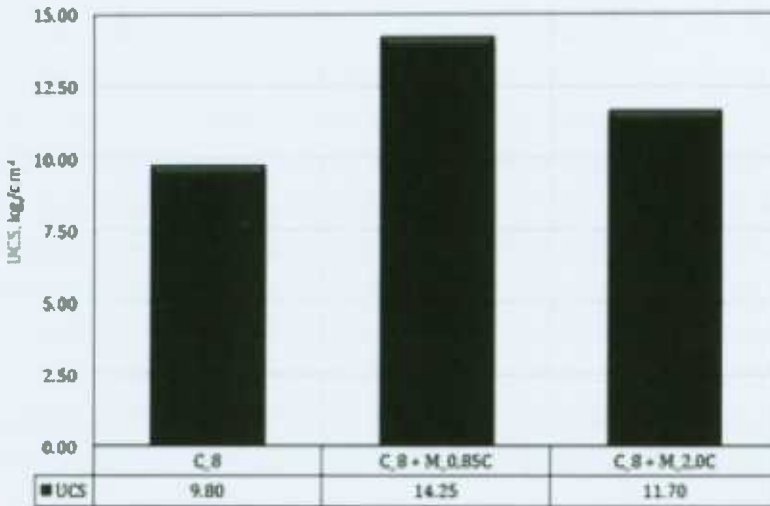
Gambar 3.11 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 6% kapur yang dikombinasikan dengan semen

III.2.1.3 Penggunaan Aditif untuk Stabilisasi dengan Semen

Dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, dinyatakan bahwa untuk stabilisasi dengan semen, jumlah maksimum semen yang digunakan adalah 8%. Apabila sampai kadar semen 8%, UCS yang dihasilkan masih kurang dari UCS minimum sebagaimana ditentukan maka diperlukan penggunaan aditif, maksimum 2%, untuk meningkatkan UCS material yang telah distabilisasi dengan semen tersebut. Atas dasar hasil stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting (A-7-6/CH) dengan semen sebagaimana dijelaskan pada butir III.2.3, dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian UCS penggunaan aditif untuk stabilisasi dengan semen, khususnya untuk stabilisasi dengan 8% semen. Dalam pengujian tersebut, jenis aditif yang digunakan adalah bahan kimia berbasis garam organik yang berbentuk butir namun dapat larut dalam air dengan merk dagang Matos (M), dan dengan jumlah pemakaian 0,85% dan 2% terhadap berat semen. Jumlah pemakaian M sebesar 0,85% terhadap semen setara dengan 1,0 kg/m³.

Dalam pengujian UCS penggunaan aditif tersebut, material tanah dicampur terlebih dahulu dengan semen (tanah-semen). Aditif M dicampur dan dilarutkan dalam air sesuai yang diperlukan untuk menghasilkan kadar air optimum, selanjutnya dicampur dengan material tanah-semen. Campuran dipadatkan di dalam cetakan silinder berukuran diameter 7,10 cm dan tinggi 14,20 cm sedemikian sehingga menghasilkan kepadatan maksimum. Pengujian UCS dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 7 hari.

Hasil pengujian, lihat Gambar 3.12, menunjukkan bahwa untuk stabilisasi dengan 8% semen tersebut, penambahan 0,85% dan 2% aditif M (C_8 + M_0,85C dan C_8 + M_2,0C) secara berturut-turut dapat menghasilkan UCS sebesar 14,25 kg/cm² dan 11,70 kg/cm² atau meningkat sekitar 45% dan 19%. Dengan demikian, untuk stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 8% semen, penambahan aditif M sebesar 0,85% terhadap semen relatif lebih efektif dibandingkan dengan penambahan aditif M sebesar 2% sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Lapis Fondasi Semen Komposit Tanah. Walaupun demikian, penambahan 0,85% aditif M untuk stabilisasi dengan 8% semen tetap tidak mampu menghasilkan UCS minimum sesuai persyaratan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4.



Gambar 3.12 – Pengaruh penggunaan aditif M untuk stabilisasi material tanah bahu jalan eksisting dengan 8% semen terhadap UCS

III.2.2 Stabilisasi Material Badan Jalan Eksisting

Untuk material badan jalan eksisting, yaitu material tanah dari sisi kiri-kanan jalan yang sebelumnya telah distabilisasi dengan semen (A-6/SC) dan diberi lapis penutup latasir, dua jenis bahan stabilisasi yang digunakan adalah kapur yang dikombinasikan dengan semen dan semen, dan jenis pengujian laboratorium yang digunakan mencakup pengujian pemadatan dan UCS. Akan tetapi oleh karena keterbatasan material yang disediakan maka untuk pengujian pemadatan hanya dilakukan untuk material badan jalan eksisting dan setelah distabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 8% semen (GL_o + C_o dan GL_4 + C_8). Pengujian pemadatan dilakukan dengan dua metode, yaitu pemadatan ringan (*standard proctor*) sesuai SNI 1742:2008 dan pemadatan berat (*modified proctor*) sesuai SNI 1743:2008.

III.2.2.1 Stabilisasi dengan Kapur yang Dikombinasikan dengan Semen

› Karakteristik pemadatan

Hasil pengujian pemadatan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.3 menunjukkan bahwa stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 8% semen (GL_4 + C_8) yang dipadatkan dengan metode *standard*

menghasilkan OMC sebesar 18,30% dan MDD sebesar 1,716 g/cm³. Baik OMC maupun MDD yang dihasilkan sedikit mengalami peningkatan dibandingkan OMC dan MDD material badan jalan eksisting (GL_o + C_o). Sedangkan untuk pemadatan yang dilakukan dengan metode *modified*, stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 8% semen menghasilkan OMC sebesar 12,50% dan MDD sebesar 1,838 g/cm³. Untuk pemadatan yang dilakukan dengan metode *modified* tersebut, OMC yang dihasilkan mengalami penurunan jika dibandingkan dengan OMC material badan jalan eksisting, dan MDD sedikit mengalami peningkatan.

Tabel 3.3 – Karakteristik pemadatan stabilisasi material badan jalan eksisting dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen

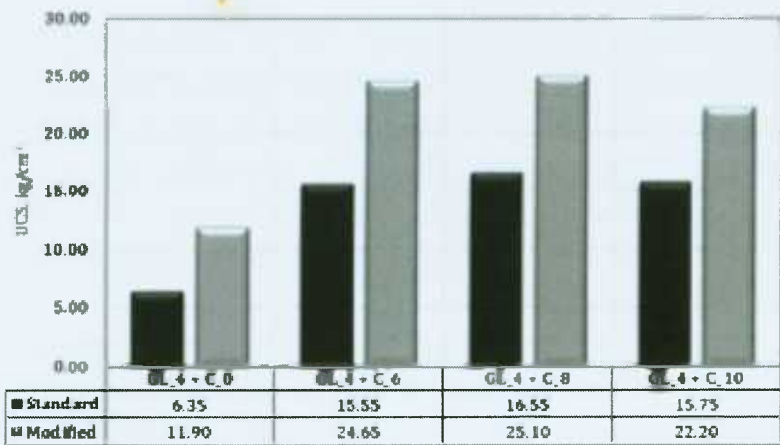
No.	Kapur (GL), %	Semen (C), %	Simbol	Karakteristik Pemadatan			
				Standard (SNI 1742:2008)		Modified (SNI 1743:2008)	
				OMC, %	MDD, g/cm ³	OMC,%	MDD, g/cm ³
1	-	-	GL_o + C_o (untreated)	17,85	1,708	15,00	1,828
2	4	8	GL_4 + C_8	18,30	1,716	12,50	1,838

› **Karakteristik UCS**

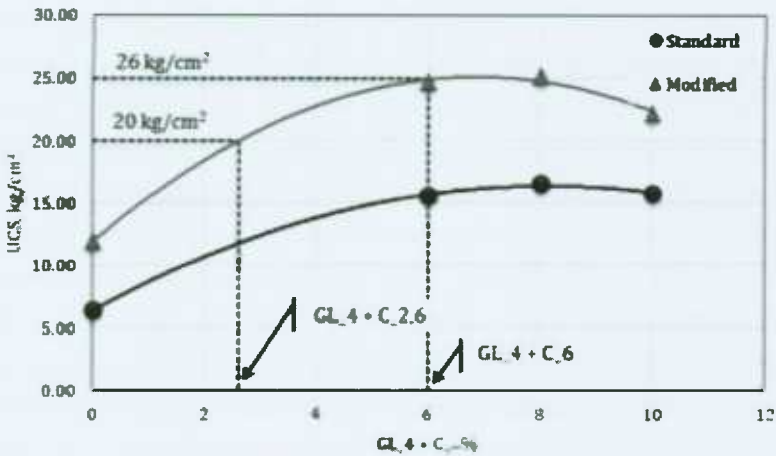
Pengujian UCS dilakukan untuk jumlah pemakaian kapur (GL) sesuai perkiraan awal (4%) yang dikombinasikan dengan semen 6%, 8% dan 10%. Untuk pembuatan benda uji UCS, material tanah lolos ayakan No. 4 dicampur terlebih dahulu dengan 4% kapur dan air sesuai yang diperlukan untuk menghasilkan kadar air optimum dan kemudian diperam selama 2 hari. Setelah diperam, ditambahkan semen sesuai yang diperlukan dan dicampur sampai merata, selanjutnya dipadatkan sedemikian sehingga menghasilkan kepadatan maksimum sesuai hasil pengujian pemadan (*standard* atau *modified*). Pengujian UCS dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 7 hari.

Hasil pengujian UCS sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.13 menunjukkan bahwa untuk pemadatan yang dilakukan dengan metode *standard*, stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 6%, 8% dan 10% semen (GL_4 + C_6, GL_4 + C_8 dan GL_4 + C_10) secara berturut-turut menghasilkan UCS

sebesar 15,50 kg/cm², 16,55 kg/cm² dan 15,75 kg/cm² atau meningkat sekitar 145%, 161% dan 148% dibandingkan UCS material badan jalan eksisting (GL_o + C_o). Sedangkan untuk pemadatan yang dilakukan dengan metode *modified*, stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 6%, 8% dan 10% semen secara berturut-turut menghasilkan UCS sebesar 24,65 kg/cm², 25,10 kg/cm² dan 22.20 kg/cm² atau meningkat sekitar 107%; 111%; dan 87% dibandingkan UCS material badan jalan eksisting. Walaupun stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 6%, 8% dan 10% semen dan dipadatkan sesuai metode *standard* mampu meningkatkan UCS material, namun lebih efektif ketika campuran dipadatkan dengan metode *modified*, mampu menghasilkan UCS sesuai persyaratan sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Interim Lapis Fondasi Tanah Kapur Semen (SKh 1-5.7). Untuk menghasilkan UCS minimum Lapis Fondasi Tanah Kapur Semen tersebut (20 kg/cm²) diperlukan jumlah pemakaian kapur 4% yang dikombinasikan dengan semen sekitar 3% – 6% (GL_4 + C_3 – GL_4 + C_6), lihat Gambar 3.14. Stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan semen lebih dari 6% relatif kurang efektif.



Gambar 3.13 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material badan jalan eksisting dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan semen

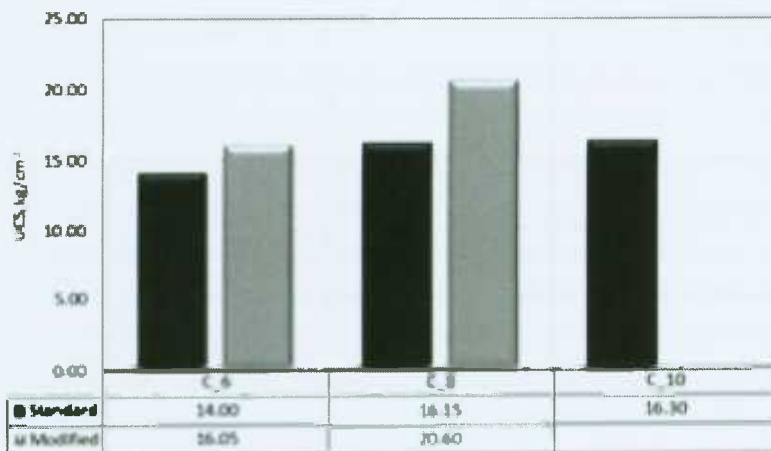


Gambar 3.14 – Desain stabilisasi material badan jalan eksisting dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen untuk lapis fondasi kapur semen tanah

III.2.2.2 Stabilisasi dengan Semen

Untuk stabilisasi material badan jalan eksisting dengan semen, pengujian hanya mencakup pengujian UCS. Untuk pembuatan benda uji UCS tersebut, mengacu pada kadar air optimum dan kepadatan maksimum stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan 8% semen sesuai Tabel 3.4. Untuk pemadatan dengan metode *standard*, jumlah pemakaian semen 6%; 8%; dan 10%, sedangkan untuk pemadatan dengan metode *modified*, karena keterbatasan material yang tersedia, pengujian hanya dilakukan untuk jumlah pemakaian semen 6% dan 8%.

Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.15. Terlihat bahwa untuk pemadatan dengan metode *standard*, stabilisasi dengan semen 6% (C_6); 8% (C_8); dan 10% (C_10) tidak mampu menghasilkan UCS sesuai persyaratan lapis fondasi semen tanah sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, sedangkan untuk pemadatan dengan metode *modified*, stabilisasi dengan 8% semen mampu menghasilkan UCS sebesar 20,60 kg/cm², sedikit lebih tinggi dari UCS minimum lapis fondasi semen tanah sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi.



Gambar 3.15 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material badan jalan eksisting dengan semen

III.3 POTENSI DAN PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL KABUPATEN MERAUKE PROVINSI PAPUA UNTUK PERKERASAN LENTUR

Kriteria utama untuk menentukan potensi dan pemanfaatan material lokal Kabupaten Merauke Provinsi Papua (material bahu jalan dan badan jalan eksisting di Jalan Trans-Papua Kabupaten Merauke, Ruas Sota – Erambu – Bupul, KM. 138+400 – KM. 139+800 sebagai material perkerasan lentur adalah UCS. Mengacu pada kriteria UCS tersebut maka potensi dan pemanfaatan *material lokal Kabupaten Merauke diuraikan berikut ini.*

III.3.1 Material Bahu Jalan Eksisting

Material tanah bahu jalan eksisting yang diklasifikasikan sebagai material tanah lempung, termasuk kelompok A-7-6 sesuai AASHTO atau CH sesuai USCS tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai material bahu jalan. Untuk pemanfaatannya, diperlukan perbaikan sifat dan karakteristiknya dengan melakukan stabilisasi menggunakan kapur sesuai yang ditentukan dalam spesifikasi yang digunakan (Spesifikasi Khusus Interim Bahu Jalan Tanah Kapur, Skh. 1-4.3). Selain menggunakan kapur, dalam penelitian ini juga dilakukan

stabilisasi dengan menggunakan semen dan kapur yang dikombinasikan dengan semen. Khusus stabilisasi dengan semen dan stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen, selain untuk bahu jalan juga dimaksudkan untuk menentukan potensi pemanfaatannya sebagai material lapis fondasi. Hasil pengujian sebagaimana diuraikan pada butir III.2.1.1 dan III.2.1.2 menunjukkan:

- a. Stabilisasi material bahu jalan eksisting dengan kapur setelah melalui proses *curing time* 7 hari dapat meningkatkan UCS material tanah, akan tetapi peningkatan cenderung menurunkan kembali ketika jumlah pemakaian kapur lebih dari 6%. Untuk setiap variasi persentase kadar kapur, UCS cenderung meningkat sesuai meningkatnya *curing time* dari 7 hari menjadi 28 hari. Berdasarkan hasil tersebut maka stabilisasi material bahu jalan eksisting dengan 4% – 6% kapur dapat diterapkan, mampu menghasilkan UCS sesuai persyaratan minimum sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Interim Bahu Jalan Tanah Kapur (SKh. 1-4.3), yaitu minimum sebesar 6,00 kg/cm².
- b. Stabilisasi material bahu jalan eksisting dengan semen dapat menghasilkan UCS sesuai persyaratan minimum untuk bahu jalan namun tidak mampu menghasilkan suatu material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi tanah semen, kecuali sebagai material lapis fondasi bawah jalan lalu lintas rendah (ringan). Demikianpun ketika digunakan aditif M sebesar 0,85% dan 2,0%, walaupun dapat meningkatkan UCS stabilisasi dengan semen tetapi tetap tidak mampu menghasilkan UCS sesuai persyaratan minimum lapis fondasi.
- c. Stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen, walaupun dapat diterapkan untuk bahu jalan namun tidak mampu menghasilkan suatu material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi tanah kapur semen, UCS yang dihasilkan kurang dari UCS minimum sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Interim Lapis Fondasi Tanah Kapur Semen, SKh. 1-5.7, kecuali sebagai lapis fondasi bawah jalan lalu lintas rendah (ringan).

III.3.2 Material Badan Jalan Eksisting

Material badan jalan eksisting yang merupakan campuran material tanah, semen dan latasir, diklasifikasikan sebagai material tanah lempung, termasuk kelompok A-6 sesuai AASHTO dan material tanah pasir lempungan (SC) sesuai

USCS. Material tersebut dikategorikan jelek sebagai material lapis fondasi, dan untuk pemanfaatannya, diperlukan perbaikan sifat dan karakteristiknya dengan melakukan stabilisasi, antara lain dengan menggunakan kapur yang dikombinasikan dengan semen dan dengan semen. Hasil pengujian sebagaimana dijelaskan pada butir III.2.2.1 dan III.2.2.2 menunjukkan:

- a. Untuk pemadatan yang dilakukan dengan metode *standard*, stabilisasi material badan jalan eksisting dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen dapat meningkatkan UCS material tersebut. Demikianpun ketika pemadatan dilakukan dengan metode *modified*, dapat meningkatkan UCS material. Walaupun dengan metode pemadatan *standard*, stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen dapat meningkatkan UCS, namun hanya mampu menghasilkan suatu material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi jalan lalu lintas rendah. Sedangkan ketika campuran dipadatkan dengan metode *modified*, mampu menghasilkan UCS sesuai persyaratan sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Interim Lapis Fondasi Tanah Kapur Semen, SKh 1-5.7. Dengan metode pemadatan *modified* tersebut, untuk menghasilkan UCS minimum lapis fondasi tanah kapur semen ($= 20 \text{ kg/cm}^2$) diperlukan jumlah pemakaian kapur 4% yang dikombinasikan dengan semen sekitar 3% – 6%. Stabilisasi dengan 4% kapur yang dikombinasikan dengan semen lebih dari 6% relatif kurang efektif.
- b. Untuk penerapan stabilisasi dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen, tanah dicampur terlebih dahulu dengan kapur kemudian dipadatkan secukupnya (1 – 2 lintasan alat pemadat) dan dilakukan perawatan (*curing time*) selama 2 hari, selanjutnya dicampur dengan semen dan dipadatkan. Setelah pemadatan, dilakukan perawatan selama 7 hari.
- c. Stabilisasi material badan jalan eksisting dengan semen (tanpa kapur), baik untuk pemadatan dengan metode *standard* maupun *modified* dapat meningkatkan UCS, namun lebih efektif ketika pemadatan dilakukan dengan metode *modified*, mampu menghasilkan UCS sedikit lebih tinggi dari UCS minimum lapis fondasi tanah semen, yaitu sebesar $20,60 \text{ kg/cm}^2$ pada jumlah pemakaian semen 8%. Sedangkan untuk pemadatan dengan metode *standard*, hanya dapat digunakan sebagai material lapis fondasi jalan lalu lintas rendah.

IV

MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAPPI PROVINSI PAPUA

IV.1 LOKASI SUMBER DAN JENIS MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAPPI PROVINSI PAPUA

DI KABUPATEN MAPPI PROVINSI PAPUA, terdapat beberapa lokasi sumber material lokal seperti di Soba, Dagemon dan di Agham (Sp. Moor). Akan tetapi dengan mempertimbangkan jumlah deposit dan potensi pemanfaatannya sebagai material perkerasan lentur, maka survey dan pengambilan contoh material hanya dilakukan di Dagemon dan Agham. Sesuai peta geologi lembar Sarabih, Irian Jaya (Suwarna dan Amin, 1995), lihat Gambar 4.1, kedua lokasi sumber material tersebut berada pada formasi geologi Qs1 – endapan rawa muda, yaitu endapan klastika sangat halus – halus yang tersusun dari lempung, lumpur, lanau dan pasir halus, mengandung karbonan.

Secara visual, material dari Dagemon berupa material tanah pasiran berwarna merah kekuning-kuningan dan dari Agham, jenis material berupa tanah pasiran berwarna putih keabu-abuan. Jenis material tanah pasiran seperti yang terdapat di Dagemon dan di Agham cukup banyak, terutama di bagian tengah wilayah Kabupaten Mappi. Tipikal jenis material ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan sifat kimianya, lihat Tabel 4.1, material dari kedua lokasi tersebut dikelompokkan sebagai material berbasis silika (pasir kwarsa) dengan kandungan SiO_2 masing-masing sebesar 97,67% dan 81,73%.