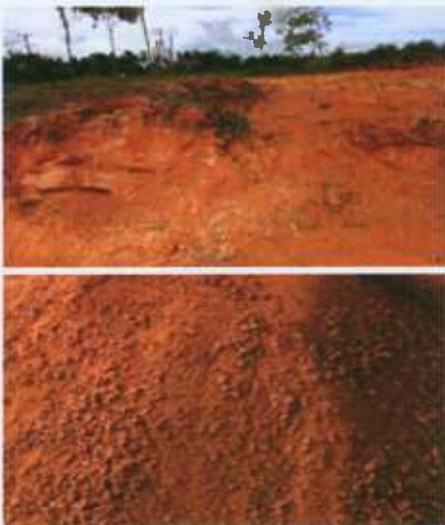


Gambar 4.1 – Lokasi sumber material lokal Kabupaten Mappi Provinsi Papua (Suwarna dan Amin, 1995)



(a) Material tanah pasir Dagemon



(b) Material tanah pasir Agham

Gambar 4.2 – Tipikal jenis material lokal Kabupaten Mappi Provinsi Papua

**Tabel 4.1 –Sifat kimia material lokal Kabupaten Mappi
Provinsi Papua**

No.	Unsur Kimia	Lokasi Sumber Material	
		Dagemon	Agham
1	SiO ₂ , %	97,67	81,73
2	Al ₂ O ₃ , %	0,09	9,31
3	Fe ₂ O ₃ , %	0,40	2,12
4	CaO, %	0,40	2,12
5	MgO, %	0,48	0,48
6	Na ₂ O, %	0,00	0,11
7	K ₂ O, %	0,26	0,28
8	TiO ₂ , %	0,21	0,54
9	MnO, %	0,02	0,02
10	P ₂ O ₅ , %	0,01	0,01
11	SO ₃ , %	0,01	0,02
12	HD, %	0,22	4,34
13	H ₂ O, %	0,20	1,01

Hasil pengujian sifat fisik dan karakteristik kekuatan material di laboratorium, lihat Tabel 4.2, menunjukkan bahwa material dari kedua tersebut dikategorikan sebagai pasir lanauan, bersifat non plastis, termasuk kelompok A-2-4 sesuai AASHTO atau SM sesuai USCS dengan tingkat umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik. Berdasarkan hasil pengujian CBR, kedua material tersebut dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan, memiliki nilai CBR setelah melalui proses perendaman selama 4 hari (*soaked* CBR) sebesar 16% untuk material dari Dagemon dan 13% untuk material dari Agham.

Tabel 4.2 – Hasil pengujian sifat dan karakteristik kekuatan material lokal Kabupaten Mappi Provinsi Papua

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	
		Dagemon	Agham
1	Berat jenis	2,65	2,61
2	Batas Atterberg	NP	NP
3	Anailisis ayakan		
	- Lolos ayakan 4,75 mm (No. 4)	100	100
	- Lolos ayakan 2,00 mm (No. 10)	100	100
	- Lolos ayakan 0,425 mm (No. 40)	97,0	95,3
	- Lolos ayakan 0,075 mm (No. 200)	23,0	13,9
4	Klasifikasi tanah		
	- AASHTO	A-2-4	A-2-4
	- USCS	SM	SM
5	Karakteristik pemadatan		
	- Kadar air optimum (OMC), %	13,5	13,5
	- Kepadatan kering maksimum (MDD), g/cm ³	1,825	1,638
6	CBR, %	16	13
7	UCS, kg/cm ²	1,45	Tidak dapat diuji

Mengingat terbatasnya ketersediaan material (agregat) di Kabupaten Mappi Provinsi Papua maka diperlukan upaya perbaikan karakteristik kekuatan kedua material tersebut agar dapat digunakan atau dimanfaatkan sebagai material perkerasan jalan, khususnya sebagai material lapis fondasi. Adapun upaya perbaikan karakteristik kekuatan kedua material tersebut adalah melakukan stabilisasi menggunakan semen dengan perkiraan rentang kadar semen 5% – 9% terhadap berat kering tanah. Selain karena sesuai untuk stabilisasi kedua material tersebut, semen relatif lebih mudah diperoleh. Untuk stabilisasi dengan semen tersebut, material dicampur dengan semen dan air sesuai yang diperlukan, selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik kekuatan dan daya dukung, mencakup karakteristik pemadatan, UCS dan CBR.

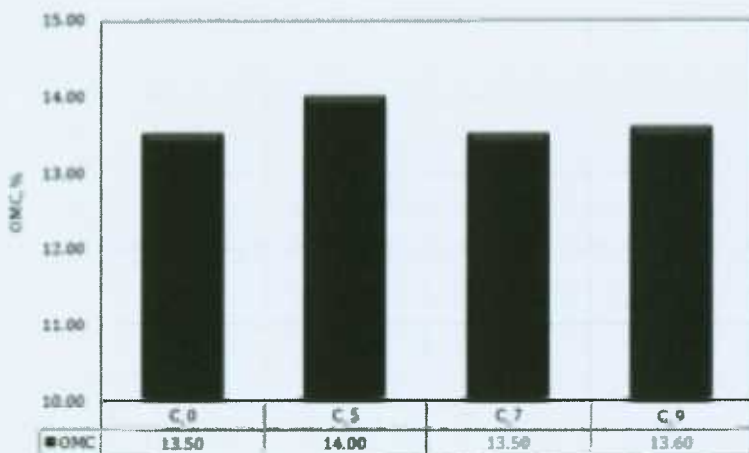
IV.2 KARAKTERISTIK KEKUATAN DAN DAYA DUKUNG STABILISASI MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAPPI PROVINSI PAPUA DENGAN SEMEN

IV.2.1 Karakteristik Kekuatan dan Daya Dukung Stabilisasi Material Pasir Lanauan Dagemon dengan Semen

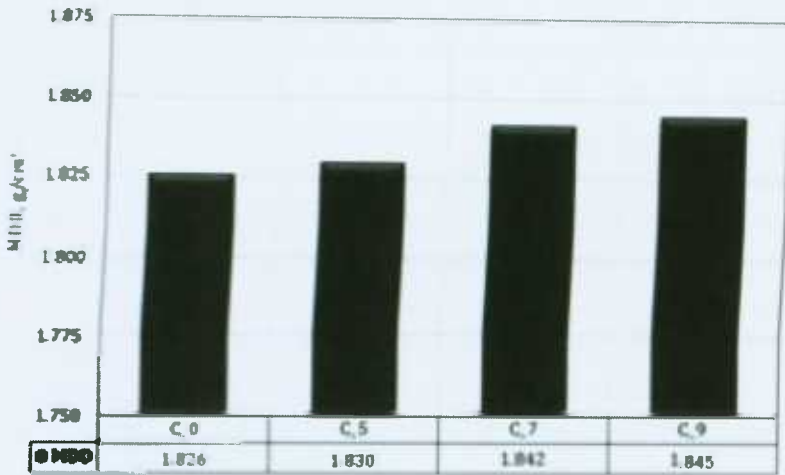
› Karakteristik Pemadatan

Pengujian pemadatan stabilisasi material lokal (pasir lanauan) dari Dagemon dengan semen dilakukan sesuai SNI 1742:2008, dimaksudkan untuk menentukan karakteristik pemadatan yang dinyatakan dengan OMC dan MDD, dan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan benda uji UCS maupun CBR. Untuk pengujian pemadatan tersebut, jumlah pemakaian semen yang digunakan adalah 5%, 7% dan 9% (terhadap berat kering material).

Hasil pengujian pemadatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5, C_7 dan C_9) relatif tidak mempunyai pengaruh terhadap OMC, dalam arti bahwa OMC yang dihasilkan relatif sama dengan OMC material asli (C_o, *untreated*). Sedangkan MDD cenderung meningkat sesuai meningkatnya persentase kadar semen, lihat Gambar 4.4.



Gambar 4.3 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan dari Dagemon dengan semen terhadap OMC



Gambar 4.4 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan dari Dagemon dengan semen terhadap MDD

› Karakteristik Untuk Pengujian UCS

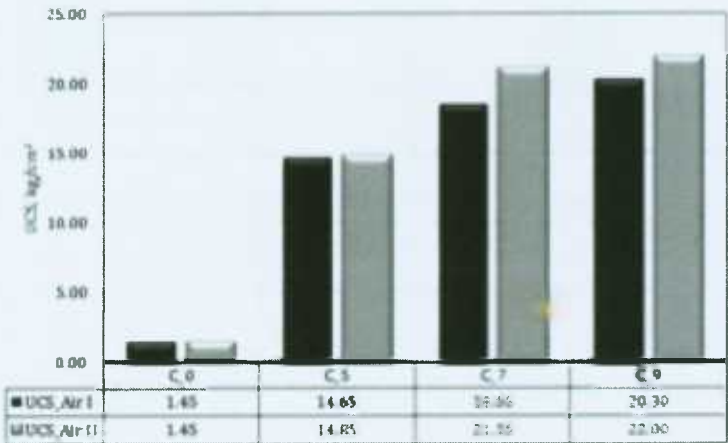
Untuk UCS, air pencampur yang digunakan terdiri dari 2 jenis berdasarkan nilai pH, yaitu:

- Air I, berasal dari Kabupaten Mappi Provinsi Papua (air lokal) dengan pH = 5,8.
- Air II, berasal dari lingkungan Pusjatan Bandung Provinsi Jawa Barat dengan pH = 6,4 (sebagai pembanding).

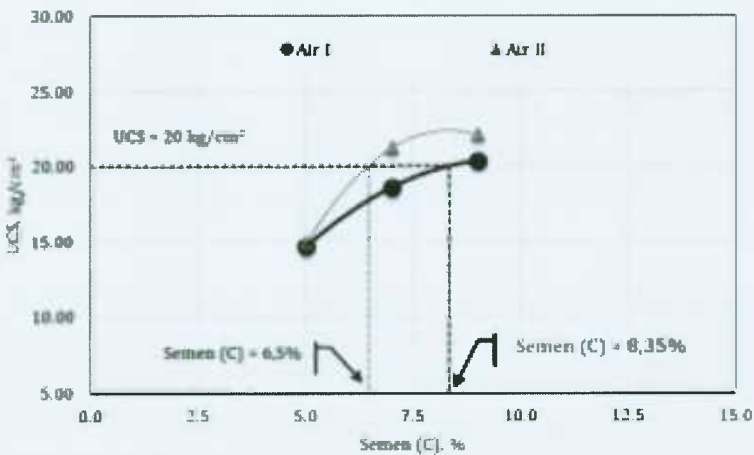
Untuk pengujian UCS tersebut, material lolos ayakan No. 4 dicampur dengan semen dan air sampai mencapai kadar air optimum (OMC) sesuai hasil pengujian pemadatan, selanjutnya dipadatkan di dalam cetakan silinder berukuran diameter 7,10 cm dan tinggi 14,20 cm sedemikian sehingga mencapai kepadatan maksimum (100 MDD). Pengujian UCS dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 7 hari.

Hasil pengujian UCS ditunjukkan pada Gambar 4.5. Terlihat bahwa stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5, C_7 dan C_9) yang menggunakan air I, secara berturut-turut dapat menghasilkan UCS sebesar 14,65 kg/cm², 18,55 kg/cm² dan 20,30 kg/cm². Sedangkan untuk stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen yang menggunakan air II, secara berturut dapat menghasilkan UCS sebesar 14,85 kg/cm², 21,15 kg/cm² dan 22,00 kg/cm². Berdasarkan hasil tersebut, stabilisasi dengan semen yang menggunakan air I cenderung menghasilkan

UCS yang lebih kecil dibandingkan dengan stabilisasi yang menggunakan air II. Walaupun stabilisasi dengan semen yang menggunakan air I masih mampu menghasilkan material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi namun dengan persentase jumlah pemakaian semen yang cukup tinggi, yaitu sekitar 8,35%, lihat Gambar 4.6. Jumlah tersebut melebihi jumlah pemakaian semen maksimum sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, yaitu sebesar 8%.



Gambar 4.5 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen terhadap UCS



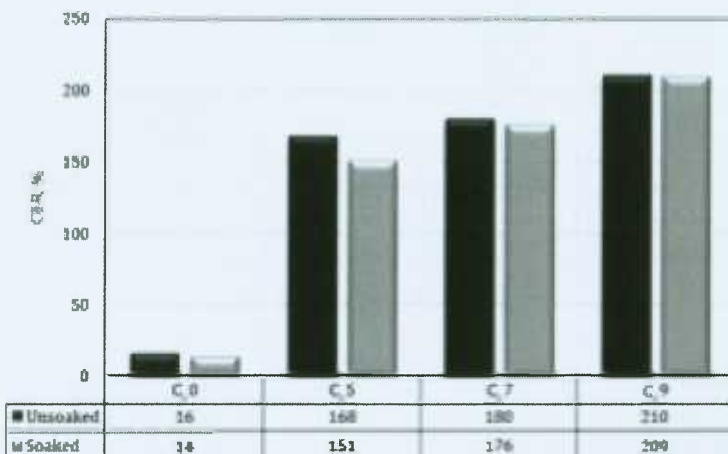
Gambar 4.6 – Desain stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen untuk lapis fondasi

› Karakteristik CBR dan MR

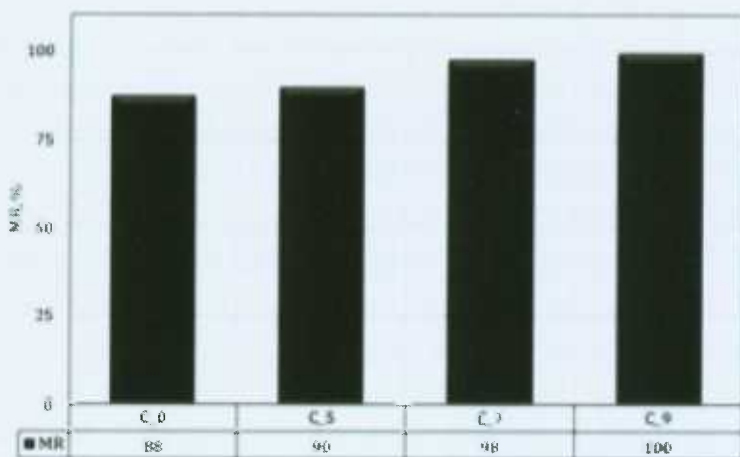
Pengujian CBR hanya dilakukan untuk stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen yang menggunakan air pencampur berupa air I (air lokal Kabupaten Mappi Provinsi Papua). Pengujian CBR dilakukan sesuai SNI 1744:2010. Pengujian CBR dilakukan terhadap benda uji tanpa direndam dalam air (*unsoaked*) dan setelah direndam dalam air (*soaked*).

Untuk pengujian CBR tersebut, material lolos ayakan No. 4 dicampur dengan semen dan air I sesuai yang diperlukan untuk menghasilkan kadar air optimum dan dipadatkan di dalam silinder berukuran diameter 15 cm (6 in) dengan menggunakan alat pemadat (*rammer*) berat 2,5 kg sampai mencapai kepadatan maksimum (100 MDD). Untuk *unsoaked* CBR, pengujian dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 7 hari, sedangkan *soaked* CBR, pengujian dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 3 hari dan dilanjutkan dengan perendaman dalam air selama 4 hari.

Hasil pengujian CBR sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C₅, C₇ dan C₉) secara berturut-turut mampu menghasilkan *unsoaked* CBR sebesar 168%, 180% dan 210%, dan menghasilkan *soaked* CBR sebesar 151%, 176% dan 209% dengan ketahanan terhadap pengaruh perendaman (*moisture resistant*, MR) secara berturut-turut sekitar 90%, 98% dan 100%, lihat Gambar 4.8.



Gambar 4.7 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen yang menggunakan air pencampur berupa air I terhadap CBR



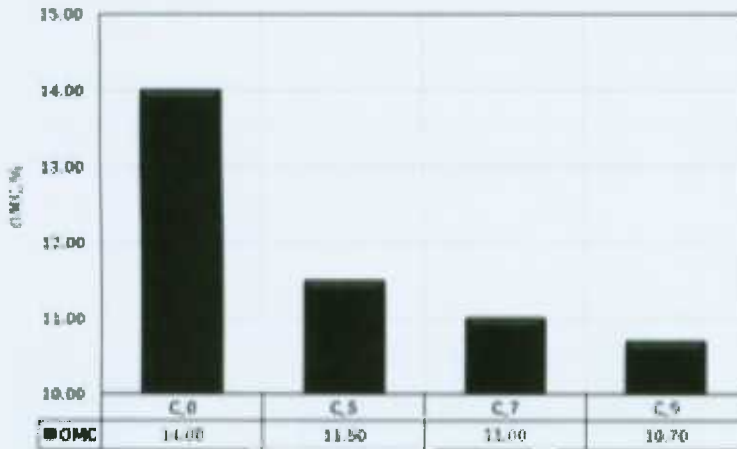
Gambar 4.8 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen yang menggunakan air pencampur berupa air I terhadap MR

IV.2.2 Karakteristik Kekuatan dan Daya Dukung Stabilisasi Material Pasir Lanauan Agham dengan Semen

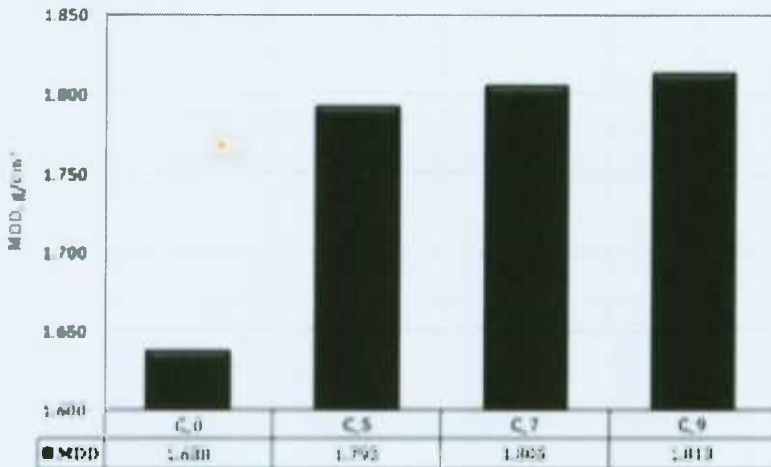
Dengan prosedur yang sama seperti untuk stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen, karakteristik pemadatan, UCS, CBR dan MR stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen diuraikan berikut ini.

› Karakteristik Pemadatan

Hasil pengujian pemadatan stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10. Stabilisasi dengan 5% semen (C₅) menurunkan OMC, dan cenderung terus menurun untuk stabilisasi dengan 7% semen (C₇) dan 9% semen (C₉). Sebaliknya, stabilisasi dengan semen meningkatkan MDD material. Peningkatan MDD cenderung semakin tinggi sesuai meningkatnya persentase kadar semen.



Gambar 4.9 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen terhadap OMC

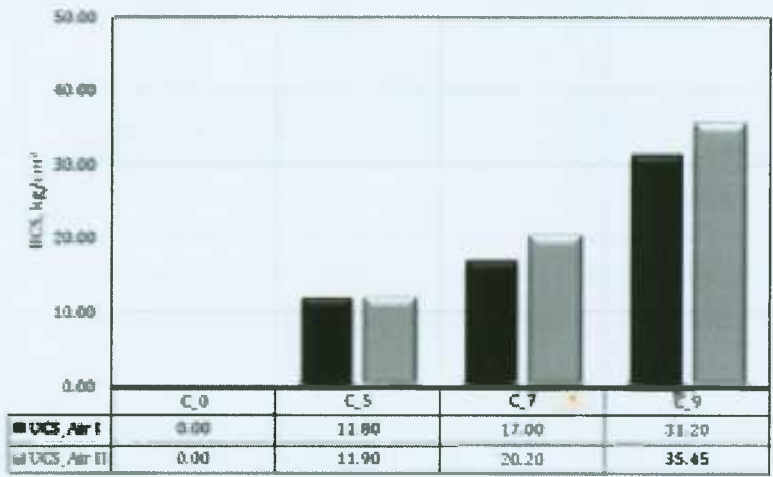


Gambar 4.10 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen terhadap MDD

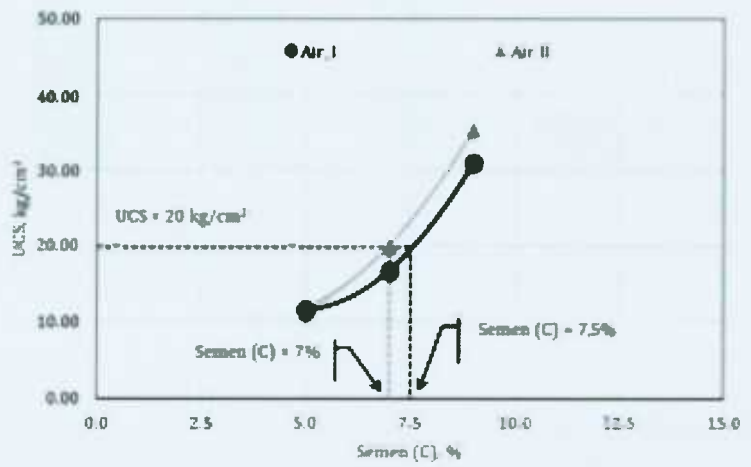
› Karakteristik UCS

Hasil pengujian UCS stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen memiliki kecenderungannya sama dengan stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen, yaitu bahwa stabilisasi dengan semen yang menggunakan air I cenderung menghasilkan UCS yang lebih kecil dibandingkan

dengan stabilisasi yang menggunakan air II, lihat Gambar 4.11. Untuk menghasilkan UCS sesuai UCS minimum lapis fondasi semen tanah ($= 20,00 \text{ kg/cm}^2$) sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 3, Seksi 5.4 diperlukan semen sekitar 7,5%, dan sekitar 7% untuk air pencampur berupa air II (lihat Gambar 4.12).



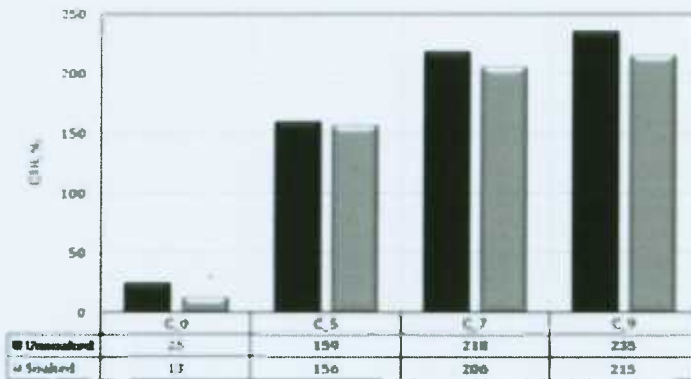
Gambar 4.11 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen terhadap UCS



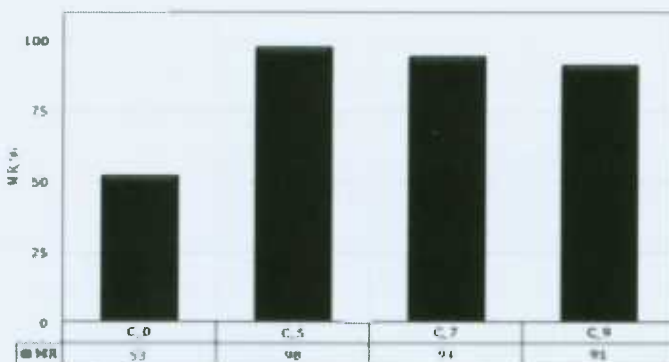
Gambar 4.12 – Desain stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen untuk lapis fondasi

› Karakteristik CBR dan MR

Hasil pengujian CBR menunjukkan bahwa stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5, C_7 dan C_9) secara berturut-turut mampu menghasilkan *unsoaked* CBR sebesar 159%, 218% dan 235%, dan *soaked* CBR sebesar 156%, 206% dan 215%, lihat Gambar 4.13, dengan MR secara berturut-turut sekitar 98%, 94% dan 91%, lihat Gambar 4.14



Gambar 4.13 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen yang menggunakan air pencampuran berupa air I terhadap CBR



Gambar 4.14 – Pengaruh stabilisasi material pasir lanauan Agham dengan semen yang menggunakan air pencampuran berupa air I terhadap MR

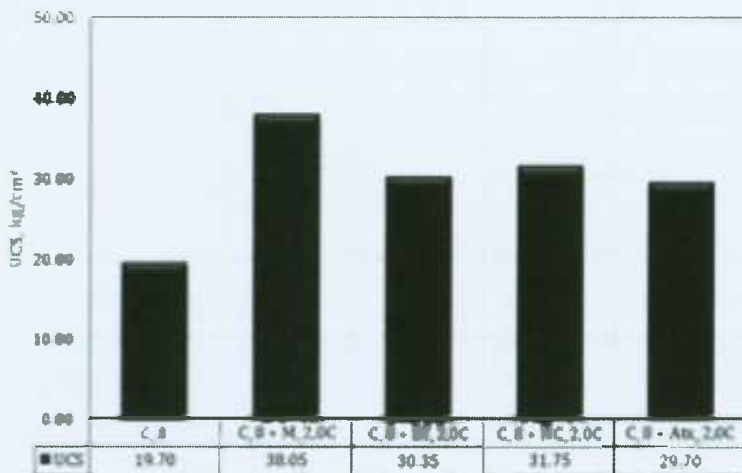
IV.2.3 Karakteristik UCS Penggunaan Aditif untuk Stabilisasi Material Pasir Lanauan Dagemon dengan Semen

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian UCS penggunaan beberapa jenis aditif untuk stabilisasi material lokal Kabupaten Mappi dengan semen, khususnya untuk stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen yang menggunakan air pencampur berupa air I. Untuk stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan semen yang menggunakan air pencampur berupa air I tersebut, diperlukan semen sekitar 8,35% untuk menghasilkan material yang sesuai untuk lapis fondasi semen tanah (lebih dari batas maksimum kadar semen sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, yaitu 8%). Oleh karena itu, pada kadar semen 8% diperlukan penambahan aditif sehingga diharapkan UCS minimum sebagaimana yang ditentukan dapat dicapai. Adapun aditif yang digunakan terdiri dari 4 jenis dengan jumlah pemakaian 2% terhadap berat semen sesuai yang ditentukan dalam Spesifikasi Khusus Interim Lapis Fondasi Semen Komposit Tanah, SKh 2-5.4. Jenis aditif yang digunakan tersebut, sebagai berikut:

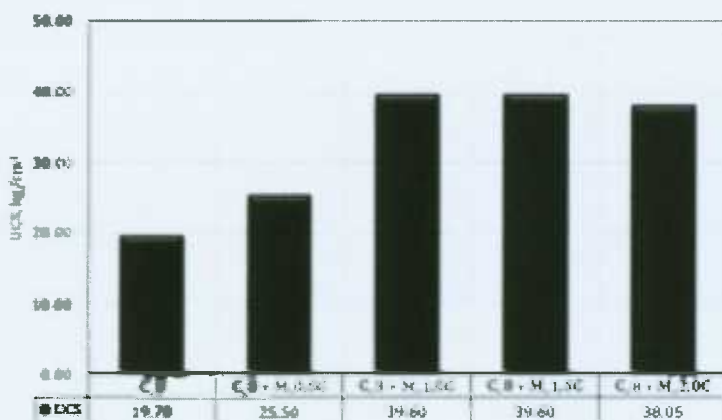
- a. Matos (M), berbentuk butir yang dapat larut dalam air.
- b. Difa (Df), berbentuk butir yang dapat larut dalam air.
- c. NovoCrete (NC), berbentuk serbuk, tidak dapat larut dalam air.
- d. Addttix (Atx), berbentuk serbuk, tidak dapat larut dalam air.

Untuk penggunaan aditif M dan aditif Df, material lolos ayakan No. 4 dicampur terlebih dahulu dengan semen 8% sesuai jumlah maksimum sebagaimana ditentukan dalam spesifikasi. Aditif dilarutkan dalam air sesuai yang diperlukan untuk menghasilkan kadar air optimum dan selanjutnya dicampur dengan campuran tanah dengan semen. Sedangkan untuk penggunaan aditif NC dan aditif Atx, aditif dicampur terlebih dahulu dengan semen sesuai yang diperlukan, kemudian dicampur dengan material lolos ayakan No.4, selanjutnya ditambahkan air sampai mencapai kadar air optimum dan dicampur kembali sampai merata. Campuran 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.

Hasil pengujian UCS penggunaan 4 jenis aditif dengan jumlah pemakaian 2% terhadap semen ditunjukkan pada Gambar 4.15. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan atau penambahan 2% aditif M, aditif Df, aditif NC dan aditif Atx untuk stabilisasi dengan 8% semen secara berturut-turut mampu menghasilkan UCS sebesar 38,05 kg/cm², 30,35 kg/cm², 31,75 kg/cm² dan 29,70 kg/cm² atau meningkat sekitar 95%, 54%, 61% dan 51% dibandingkan dengan UCS stabilisasi dengan 8% semen tanpa aditif. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan atau penambahan 2% aditif untuk stabilisasi dengan 8% semen cukup efektif. Khusus untuk penggunaan aditif Df, NC dan Atx, mampu menghasilkan suatu material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi semen komposit tanah. Untuk penggunaan aditif M, menghasilkan UCS yang lebih tinggi dari batas maksimum UCS lapis fondasi semen komposit tanah sebagaimana ditentukan dalam spesifikasi (> 35 kg/cm²). Berdasarkan hasil tersebut maka untuk penggunaan aditif M juga dilakukan pengujian UCS untuk jumlah penggunaan kurang dari 2%, dalam hal ini adalah 0,5%, 1% dan 1,5%. Hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa untuk menghasilkan UCS sesuai persyaratan hanya dibutuhkan penambahan 0,5% aditif M, dapat menghasilkan UCS sebesar 25,50 kg/cm² (> 20 kg/cm²). Penambahan 1% dan 1,5 % aditif M, justru menghasilkan UCS yang lebih tinggi dari penambahan 2% aditif M.



Gambar 4.15 – Pengaruh penambahan 2% aditif untuk stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan 8% semen



Gambar 4.16 – Pengaruh berbagai variasi jumlah penambahan aditif M untuk stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan 8% semen

IV.3 POTENSI PEMANFATAAN MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAPPI PROVINSI PAPUA UNTUK PERKERASAN LENTUR

Penelitian teknologi material lokal Kabupaten Mappi Provinsi Papua dilakukan dalam rangka mengoptimalkan pemanfaatan material lokal di daerah tersebut sebagai material perkerasan jalan tanpa atau dengan perbaikan sifat dan karakteristiknya. Adapun material lokal tersebut diambil dari dua lokasi sumber material, yaitu dari Dagemon dan Agham.

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan klasifikasi, material dari kedua lokasi tersebut dikategorikan sebagai material berbutir kasar (pasir lanauan), bersifat non plastis, termasuk kelompok A-2-4 sesuai AASHTO atau SM sesuai USCS. Berdasarkan hasil pengujian *soaked* CBR, kedua material tersebut hanya dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium karakteristik kekuatan dan daya dukung material setelah distabilisasi dengan semen (tanpa atau dengan menggunakan aditif) maka potensi dan pemanfaatan material tersebut diuraikan berikut ini.

IV.3.1 Material Pasir Lanauan Dagemon

Berdasarkan kriteria utama (UCS) yang dihasilkan sebagaimana dijelaskan pada butir IV.2.1 dan IV.2.3 maka potensi dan pemanfaatan material pasir lanauan Dagemon adalah sebagai berikut:

- a. Baik yang menggunakan air pencampur berupa air dengan $\text{pH} = 6,4$ maupun yang menggunakan air lokal Kabupaten Mappi dengan $\text{pH} = 5,8$, stabilisasi dengan semen mampu menghasilkan material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, namun untuk yang menggunakan air lokal, membutuhkan semen yang cukup tinggi, yaitu minimum sekitar 8,35% untuk menghasilkan UCS sesuai persyaratan minimum lapis fondasi semen tanah (lebih tinggi dari batas maksimum kadar semen yang diperlukan).
- b. Dengan menambahkan 0,5% aditif M atau 2% aditif Df, NC dan Atx, stabilisasi material pasir lanauan Dagemon dengan 8% semen dapat digunakan sebagai material lapis fondasi (lapis fondasi semen komposit tanah sesuai Spesifikasi Khusus Interim Lapis Fondasi Semen Komposit Tanah, Skh 2-5.4).

IV.3.2 Material Pasir Lanauan Agham

Berdasarkan hasil pengujian UCS sebagaimana diuraikan pada butir IV.2.2, baik yang menggunakan air dengan $\text{pH} = 6,4$ maupun yang menggunakan air lokal Kabupaten Mappi dengan $\text{pH} = 5,8$, stabilisasi dengan semen dapat meningkatkan UCS dan menghasilkan material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi (lapis fondasi semen tanah sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, masing-masing dengan jumlah pemakaian semen sekitar 7% – 8% untuk menggunakan air pencampur dengan $\text{pH} = 6,4$ dan sekitar 7,5% – 8% untuk yang menggunakan air lokal dengan $\text{pH} = 5,8$.



MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAYBRAT PROVINSI PAPUA BARAT

V.1 LOKASI SUMBER DAN JENIS MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAYBRAT PROVINSI PAPUA BARAT

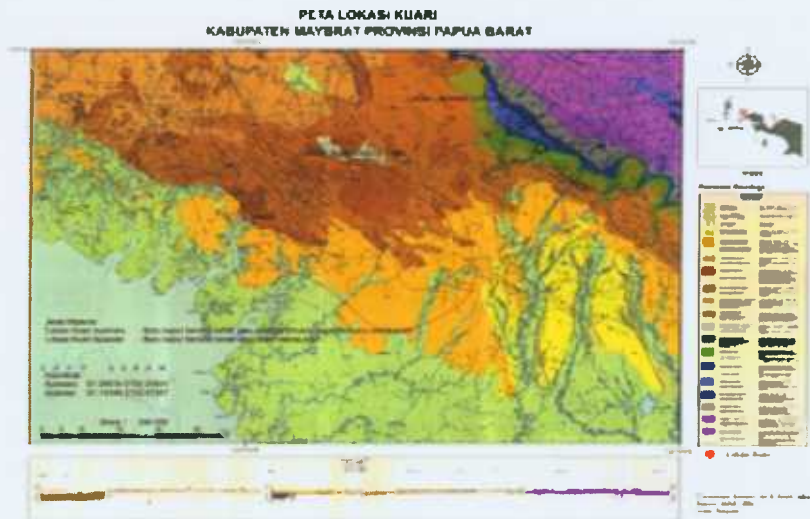
DARI KABUPATEN MAYBRAT PROVINSI PAPUA BARAT, material lokal yang digunakan diambil dari dua lokasi sumber material di sekitar Jalan Trans-Papua Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat, yaitu dari Ayamaru (Lk3.1-Mb) dan Ayawasi (Lk3.2-Mb). Jenis material dari kedua lokasi tersebut adalah batugamping (batukapur), mengandung unsur kimia utama CaCO_3 , secara berturut-turut sebesar 96,12% dan 92,91%, lihat Tabel 5.1. Berdasarkan peta geologi lembar Taminabuan, Irian Jaya (Sukanta dan Pigram, 1989), lihat Gambar 5.1, kedua lokasi sumber material tersebut berada pada formasi Tmka – batugamping (batukapur) Kais, yaitu berupa *boundstone*, *grainstone*, *packstone* dan sedikit *wackestone*.

Walaupun pada awalnya penelitian material lokal di Kabupaten Maybrat Provinsi Papua hanya dilakukan untuk material dari kedua lokasi sebagai disebutkan di atas, namun atas permintaan pihak BPJN Provinsi Papua Barat, penelitian juga dilakukan untuk material dari beberapa lokasi di sekitar Jalan Trans-Papua Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat tersebut, yaitu dari Kambuaya (Lk3.3-Mb), Kumurkek (Lk3.4-Mb), Patah Hati (Lk3.5-Mb) dan Moswaren (Lk3.6-Mb). Oleh karena contoh material dari Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren diambil dan dikirim oleh pihak BPJN Provinsi Papua Barat dan data koordinat tidak tersedia maka keempat lokasi tersebut tidak dapat diproyeksikan dalam bentuk peta. Walaupun demikian, berdasarkan posisi daerahnya, hampir semua lokasi sumber material berada pada formasi geologi yang sama dengan lokasi Ayamaru dan Ayawasi, kecuali

lokasi Moswaren, berada pada formasi geologi TQs – Formasi Steenkool, yaitu berupa batulempung, batulumpur mikaan gampingan dan tidak gampingan, batupasir sela sedikit konglomerat, karbonon, lignit.

Tabel 5.1 – Sifat kimia material batukapur Ayamuru dan Ayawasi Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat

No.	Unsur Kimia	Lokasi Sumber Material	
		Ayamuru (Lk3.1-Mb)	Ayawasi (Lk3.2-Mb)
1	SiO ₂ , %	0,20	0,83
2	Fe ₂ O ₃ , %	0,21	0,53
3	Al ₂ O ₃ , %	0,48	0,55
4	CaO, %	53,85	52,05
5	MgO, %	0,74	1,10
6	SO ₃ , %	0,00	0,00
7	Mn, %	0,00	0,030
8	TiO ₃ , %	0,012	0,00
9	P ₂ O ₅ , %	0,21	0,26
10	K ₂ O, %	1,07	1,27
11	Na ₂ O, %	1,01	1,17
12	HP, %	42,22	42,20
13	H ₂ O, %	2,28	0,05
14	CaCO ₃	96,12	92,91
15	CaMg(CO ₃) ₂	0,00	0,00



Gambar 5.1 – Lokasi sumber material batukapur Ayamaru dan Ayawasi Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat (Sukanta dan Pigram, 1989)

Tipikal material batukapur dari Ayamaru dan Ayawasi maupun dari Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren ditunjukkan pada Gambar 5.2. Khusus untuk batukapur dari Ayawasi, contoh batukapur yang digunakan adalah batukapur yang telah melalui proses pemecahan dengan alat pemecah batu (*stone crusher*).

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan karakteristiknya di laboratorium, lihat Tabel 5.2, menunjukkan bahwa batukapur dari Ayamaru, Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren dikategorikan sebagai material berbutir kasar, termasuk kelompok A-2-4 sesuai AASHTO atau kelompok SM sesuai USCS. Walaupun batukapur tersebut memiliki nilai *soaked* CBR yang cukup tinggi namun karena bersifat lunak (*abrasi* > 50) maka batukapur tersebut hanya dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan. Sedangkan agregat batukapur dari Ayawasi, berdasarkan nilai abrasinya (= 32) dan kelekatan kurang dari 95% (95-) tetapi lebih tinggi dari 90% (90+), agregat batukapur tersebut berpotensi untuk digunakan untuk lapis fondasi maupun untuk campuran beraspal jalan lalu lintas rendah.



(a) Batukapur Ayamaru (Lk3.1-Mb)



(b) Batukapur Ayawasi (Lk3.2-Mb)



(c) Batukapur Kambuaya (Lk3.3-Mb)



(d) Batukapur Kumurkek (Lk3.4-Mb)



(e) Batukapur Patah Hati (Lk3.5-Mb)

(f) Batukapur Moswaren (Lk3.6-Mb)

Gambar 5.2 – Tipikal jenis material batukapur Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat

Tabel 5.2 – Hasil pengujian sifat dan karakteristik material batukapur Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat

No.	Pengujian	Hasil Pengujian							
		Lk3. 1-Mb	Lk3.2-Mb			Lk3. 3-Mb	Lk3. 4-Mb	Lk3. 5-Mb	Lk3. 6-Mb
			Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus				
1	Kekekalan bentuk agregat, %		0,33	1,46	2,35				
2	Abrasi LA, %	62	32			62		63	76
3	Kelekatan terhadap aspal, %		95- (90+)						
4	Angularitas (bidang pecah), %		100/100	100/100					
5	Partikel pipih dan lonjong, %		0	0					
6	Material lolos ayakan 0,075 mm (No. 200), %		0,92	0,61					
7	Angularitas				49				
8	Berat jenis dan penyerapan								
	- Berat jenis <i>bulk</i>		2,424	2,376	2,684				
	- Berat jenis SSD		2,483	2,459	2,688				

	- Berat jenis <i>apparent</i>	2,68	2.576	2,589	2,695	2,68	2,62	2.67	2.67
	- Penyerapan, %		2.431	3,462	0,150				
9	Nilai setara pasir, %				43				
10	Gumpalan lempung, %				0,3				

Tabel 5.2 – Hasil pengujian sifat dan karakteristik material batukapur Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat

No.	Pengujian	Hasil Pengujian							
		Lk3. 1-Mb	Lk3.2-Mb			Lk3. 3-Mb	Lk3. 4-Mb	Lk3. 5-Mb	Lk3. 6-Mb
			Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus				
11	Batas Atterberg								
	- Batas cair (LL), %						26		
	- Batas plastis (PL), %	NP		NP		NP	25	NP	NP
	- Indeks plastisitas (PI), %						1		
12	Anailisis ayakan								
	- Lolos ayakan 3 in (75 mm), %	100	100	100	100	100	100	100	100
	- Lolos ayakan 2 1/2 in (62,5 mm), %	100	100	100	100	100	100	100	100
	- Lolos ayakan 2 in (50 mm), %	100	100	100	100	100	100	100	95,4
	- Lolos ayakan 1 1/2 in (37,5 mm), %	100	100	100	100	100	89,7	98,5	93,4
	- Lolos ayakan 1 in (50,0 mm), %	100	100	100	100	100	86,4	94,8	87,5
	- Lolos ayakan No. 3/4 in (19,0 mm), %	95,6	87,8	100	100	99,6	81,8	90,5	83,6
	- Lolos ayakan 1/2 in (12,5 mm), %	90,9	16,5	99,0	100	97,4	74,6	84,1	77,0
	- Lolos ayakan 3/8 in (9,50 mm), %	87,3	4,64	73,1	100	93,5	70,6	77,8	72,0

- Lolos ayakan No. 4 (4,75 mm), %	77,6	3,62	22,0	92,4	84,1	62,7	64,9	61,1
- Lolos ayakan No. 8 (2,36 mm), %	70,2	3,31	12,5	73,3	71,4	56,7	54,1	52,7
- Lolos ayakan No. 10 (2,00 mm), %	68,2	3,25	11,8	70,1	68,7	55,3	52,4	51,1
- Lolos ayakan No. 16 (1,18 mm), %	62,0	3,04	10,5	59,9	60,6	50,6	47,7	46,6

Tabel 5.2 – Hasil pengujian sifat dan karakteristik material batukapur Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat

No.	Pengujian	Hasil Pengujian							
		Lk3. 1-Mb	Lk3.2-Mb			Lk3. 3-Mb	Lk3. 4-Mb	Lk3. 5-Mb	Lk3. 6-Mb
			Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus				
	- Lolos ayakan No. 30 (0,600 mm), %	53,7	2,78	9,26	48,9	50,9	43,4	42,1	41,0
	- Lolos ayakan No. 40 (0,425 mm), %	49,9	2,64	8,77	44,1	46,6	39,8	39,3	38,9
	- Lolos ayakan No. 50 (0,300 mm), %	46,1	2,49	8,25	39,7	42,4	35,9	36,7	36,7
	- Lolos ayakan No. 100 (0,150 mm), %	39,4	2,17	7,57	32,6	34,6	28,5	31,1	32,0
	- Lolos ayakan No. 200 (0,075 mm), %	33,8	1,90	6,77	27,5	29,2	24,7	27,8	28,7
13	Klasifikasi AASHTO								
	- AASHTO	A-2-4				A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4
	- USCS	SM				SM	SM	SM	SM
14	Karakteristik pemadatan (berat/ modified)								
	- Kadar air optimum (OMC), %	14,10				11,6	16,55	13,00	13,40

	- Kepadatan kering maksimum (MDD), g/cm ³	1,766			
15	CBR setelah direndam 4 hari (100 MDD, modified), %	74,5			

V.2 KARAKTERISTIK KEKUATAN STABILISASI MATERIAL LOKAL KABUPATEN MAYBRAT PROVINSI PAPUA BARAT DENGAN SEMEN

Sama dengan di Kabupaten Merauke dan Kabupaten Mappi Provinsi Papua, di Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat ini, ketersediaan material untuk perkerasan lentur yang berkualitas sesuai yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3 sangat terbatas maka diupayakan pemanfaatan material lokal substandar yang tersedia, antara lain dengan melakukan stabilisasi menggunakan semen, khususnya untuk material batukapur Ayamaru, Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren. Dengan demikian diperlukan pengujian karakteristik kekuatan material batukapur tersebut setelah dicampur atau distabilisasi dengan semen, mencakup karakteristik pemadatan dan UCS. Akan tetapi oleh karena keterbatasan material batukapur yang disediakan maka untuk pengujian pemadatan hanya dilakukan untuk material batukapur tanpa semen (C₀, *untreated*) dan stabilisasi dengan semen sesuai perkiraan awal (berdasarkan klasifikasi material), yaitu 7% terhadap berat kering material. Pengujian pemadatan dilakukan sesuai metode pemadatan *modified* (SNI 1743:2010), kecuali bahwa material yang digunakan adalah campuran material ayakan lolos ayakan 19 mm (3/4 in) dengan semen. Sedangkan untuk pengujian UCS, jumlah pemakaian semen sesuai rentang kadar semen sebagaimana ditetapkan AASHTO (berdasarkan klasifikasi material), yaitu 5%, 7% dan 9% terhadap kering material, kecuali untuk material batukapur Kumurkek, jumlah pemakaian semen sampai 11%. Prosedur pembuatan benda uji dan pengujian UCS mengacu pada ASTM Designation: D 1633 – 00 Pengujian UCS dilakukan setelah melalui proses *curing time* selama 7 hari. Hasil pengujian diuraikan berikut ini.

V.2.1 Karakteristik Kekuatan Material Batukapur Ayamaru

› Karakteristik Pemadatan

Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen yang dinyatakan dengan OMC dan MDD yang diperoleh dari hasil pengujian

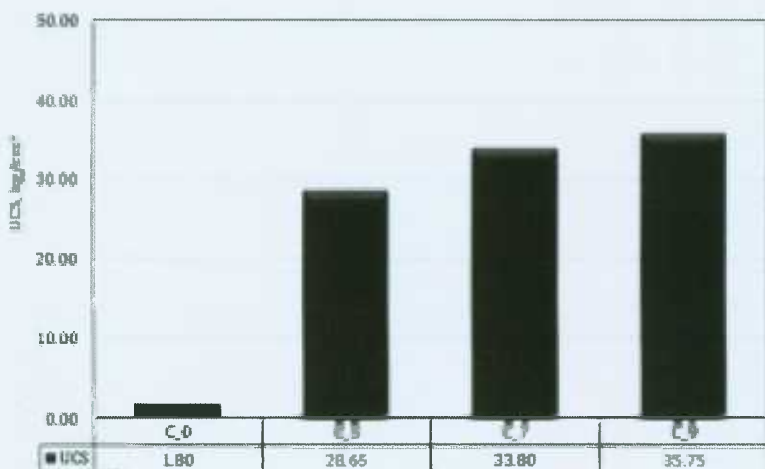
pemadatan berat (*modified*) sesuai SNI 1743:2008 ditunjukkan pada Tabel 5.3. Walaupun tidak cukup signifikan, stabilisasi dengan 7% semen cenderung meningkatkan OMC dan menurunkan MDD.

Tabel 5.3 – Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen

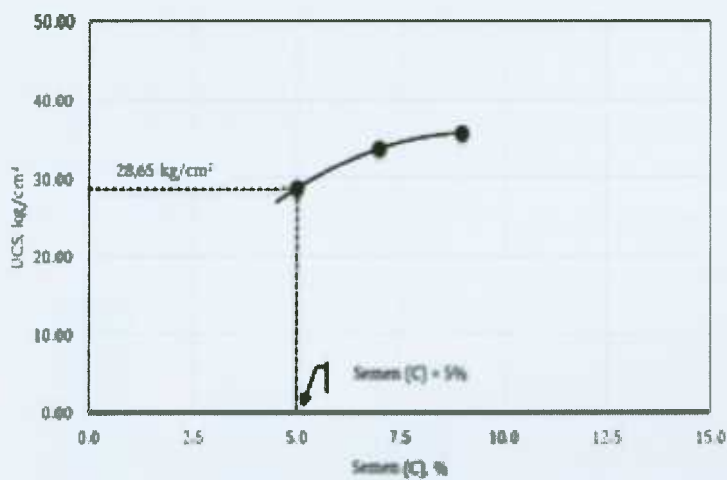
No.	Semen (C), %	Simbol	Karakteristik Pemadatan (SNI 1743:2008)	
			OMC, %	MDD, g/cm ³
1	0	C_0 (<i>untreated</i>)	14.10	1.77
2	7	C_7	14.25	1.75

› Karakteristik UCS

Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen ditunjukkan pada Gambar 5.3. Stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5, C_7 dan C_9), dapat menghasilkan UCS setelah melalui proses *curing time* 7 hari secara berturut-turut sebesar 28,65 kg/cm², 33,80 kg/cm² dan 35,75 kg/cm² atau meningkat sekitar 1492%, 1788% dan 1886% dibandingkan dengan UCS material *untreated* (C_0). Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, yaitu pada jumlah pemakaian semen sekitar 5%, lihat Gambar 5.4.



Gambar 5.3 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen setelah *curing time* 7 hari



Gambar 5.4 – Desain stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen untuk lapis fondasi

V.2.2 Karakteristik Kekuatan Material Batukapur Kambuaya

› Karakteristik Pemadatan

Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Kambuaya dengan semen ditunjukkan pada Tabel 5.4. Stabilisasi dengan 7% semen cenderung meningkatkan OMC dan MDD.

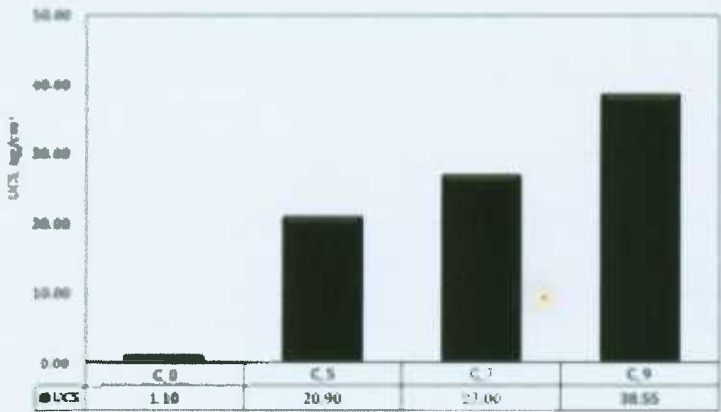
Tabel 5.4 – Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Kambuaya dengan semen

No.	Semen (C), %	Simbol	Karakteristik Pemadatan (SNI 1743:2008)	
			OMC, %	MDD, g/cm ³
1	0	C_0 (<i>untreated</i>)	11.60	1.82
2	7	C_7	11.85	1.85

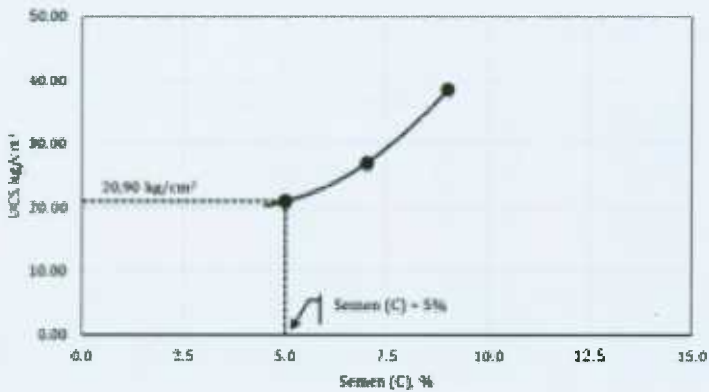
› Karakteristik UCS

Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Kambuaya dengan semen ditunjukkan pada Gambar 5.5. Stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5,

C_7 dan C_9), dapat menghasilkan UCS setelah melalui proses *curing time* 7 hari secara berturut-turut sebesar 20,90 kg/cm², 27,00 kg/cm² dan 38,55 kg/cm² atau meningkat sekitar 1800%, 2355% dan 3405% dibandingkan dengan UCS material *untreated* (C_0). Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, stabilisasi material batukapur Kambuaya dengan semen dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, yaitu pada jumlah pemakaian semen minimum sekitar 5%, lihat Gambar 5.6.



Gambar 5.5 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Kambuaya dengan semen setelah *curing time* 7 hari



Gambar 5.6 – Desain stabilisasi material batukapur Kambuaya dengan semen untuk lapis fondasi

V.2.3 Karakteristik Kekuatan Material Batukapur Kumurkek

› Karakteristik Pemadatan

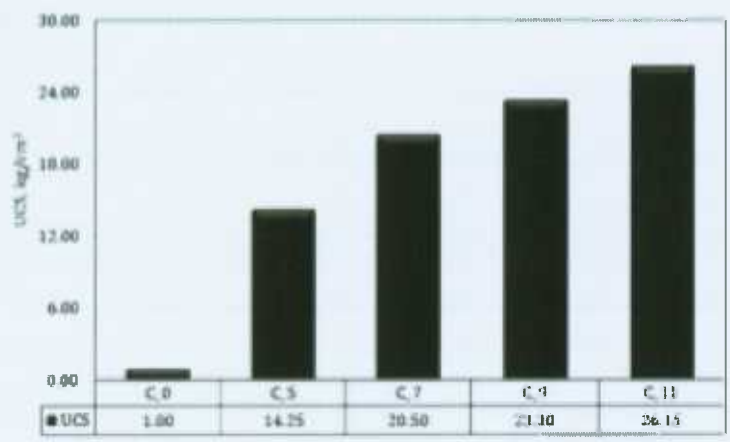
Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Kumurkek dengan semen ditunjukkan pada Tabel 5.5. Terlihat bahwa stabilisasi dengan 7% semen cenderung menurunkan OMC dan MDD.

Tabel 5.5 – Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Kumurkek dengan semen

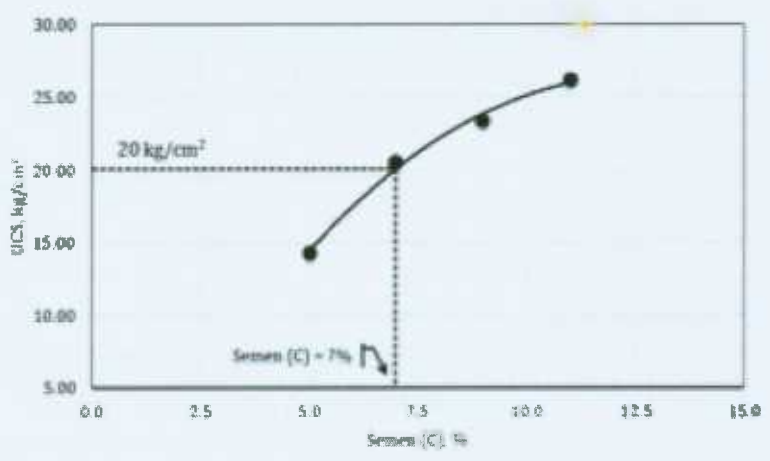
No.	Semen (C), %	Simbol	Karakteristik Pemadatan (SNI 1743:2008)	
			OMC, %	MDD, g/cm ³
1	0	C_0 (<i>untreated</i>)	16.55	1.80
2	7	C_7	15.90	1.76

› Karakteristik UCS

Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Kumurkek dengan semen sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.7 menunjukkan bahwa Stabilisasi dengan 5%, 7%, 9% dan 11% semen (C_5, C_7, C_9 dan C_11), dapat menghasilkan UCS setelah melalui proses *curing time* 7 hari secara berturut-turut sebesar 14,25 kg/cm², 20,50 kg/cm², 23,30 kg/cm² dan 26,15 kg/cm² atau meningkat sekitar 1325%, 1950%, 2230% dan 2515% dibandingkan dengan UCS material *untreated* (C_0). Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, stabilisasi material batukapur Kumurkek dengan semen dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, yaitu pada jumlah pemakaian semen minimum sekitar 7%, lihat Gambar 5.8.



Gambar 5.7 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Kumurkek dengan semen setelah *curing time* 7 hari



Gambar 5.8 – Desain stabilisasi material batukapur Kumurkek dengan semen untuk lapis fondasi

V.2.4 Karakteristik Kekuatan Material Batukapur Patah Hati

› Karakteristik Pemadatan

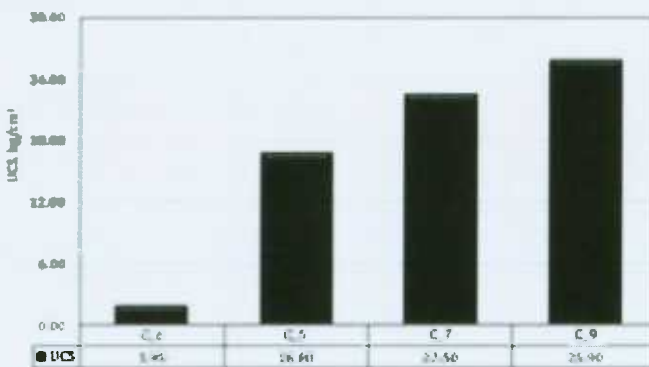
Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Patah Hati dengan semen ditunjukkan pada Tabel 5.6. Stabilisasi dengan 7% semen cenderung meningkatkan OMC dan MDD.

Tabel 5.6 – Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Patah Hati dengan semen

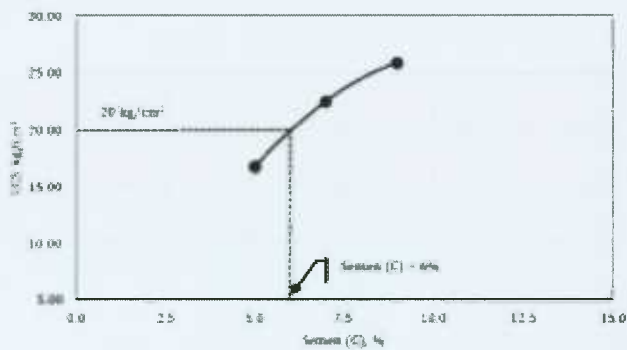
No.	Semen (C), %	Simbol	Karakteristik Pemadatan (SNI 1743:2008)	
			OMC, %	MDD, g/cm ³
1	0	C_0 (<i>untreated</i>)	13.00	1.71
2	7	C_7	13.40	1.72

› Karakteristik UCS

Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Patah Hati dengan semen ditunjukkan pada Gambar 5.9. Terlihat bahwa stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5, C_7 dan C_9) secara berturut-berturut menghasilkan UCS sebesar 16,80 kg/cm², 22,50 kg/cm² dan 25,90 kg/cm² atau meningkat sekitar 762%, 1054% dan 1228% dibandingkan dengan UCS material *untreated* (C_0). Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, stabilisasi material batukapur Patah Hati dengan semen dapat digunakan sebagai material lapis fondasi, yaitu pada jumlah pemakaian semen minimum sekitar 6%, lihat Gambar 5.10.



Gambar 5.9 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Patah Hati dengan semen setelah *curing time* 7 hari



Gambar 5.10 – Desain stabilisasi material batukapur Patah Hati dengan semen untuk lapis fondasi

V.2.5 Karakteristik Kekuatan Material Batukapur Moswaren

› Karakteristik Pemadatan

Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Moswaren dengan semen ditunjukkan pada Tabel 5.7. Stabilisasi dengan 7% semen cenderung meningkatkan OMC dan MDD.

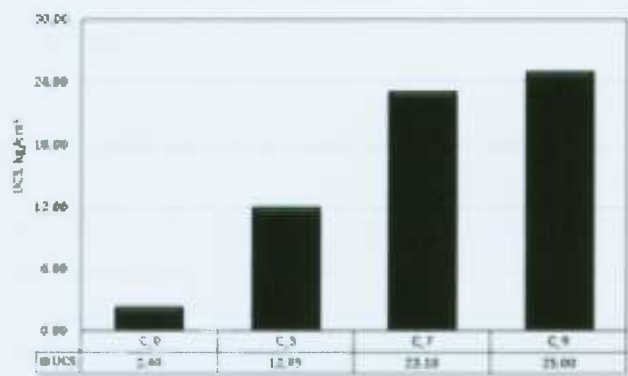
Tabel 5.7– Karakteristik pemadatan stabilisasi material batukapur Moswaren dengan semen

No.	Semen (C), %	Simbol	Karakteristik Pemadatan (SNI 1743:2008)	
			OMC, %	MDD, g/cm ³
1	0	C_0 (<i>untreated</i>)	13.40	1.74
2	7	C_7	14.30	1.76

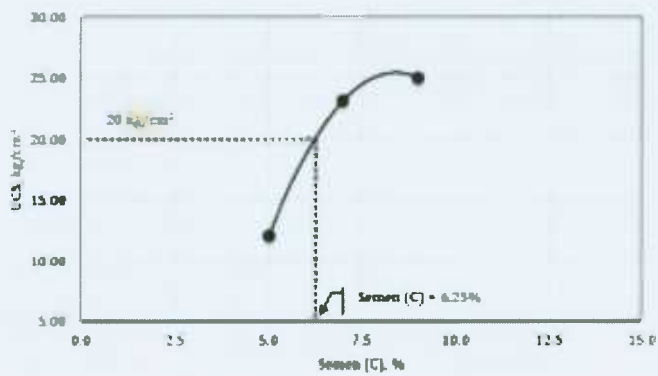
› Karakteristik UCS

Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Moswaren dengan semen, lihat Gambar 5.11, menunjukkan bahwa stabilisasi dengan 5%, 7% dan 9% semen (C_5, C_7 dan C_9) secara berturut-berturut menghasilkan UCS sebesar 12,05 kg/cm², 23,10 kg/cm² dan 25,00 kg/cm² atau meningkat sekitar 402%, 863% dan 942% dibandingkan dengan UCS material *untreated* (C_0). Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3, Seksi 5.4, stabilisasi material batukapur Moswaren dengan semen dapat digunakan

sebagai material lapis fondasi, yaitu pada jumlah pemakaian semen minimum sekitar 6,25%, lihat Gambar 5.12.



Gambar 5.11 – Hasil pengujian UCS stabilisasi material batukapur Moswaren dengan semen setelah *curing time* 7 hari



Gambar 5.12 – Desain stabilisasi material batukapur Moswaren dengan semen untuk lapis fondasi

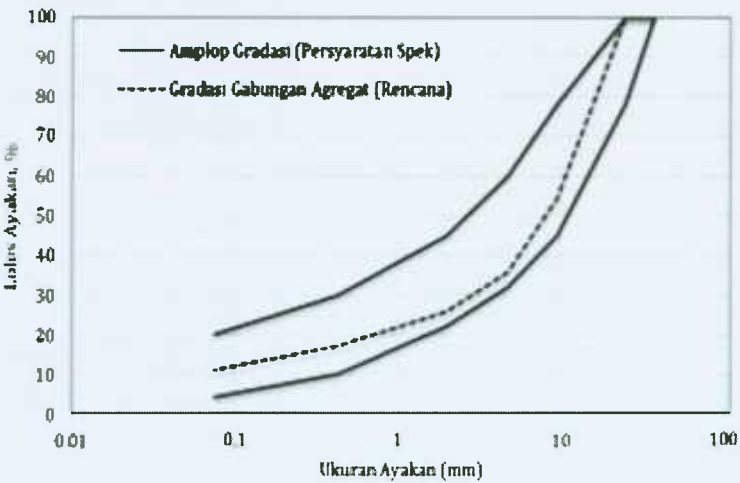
V.3 KARAKTERISTIK AGREGAT BATUKAPUR AYAWASI KABUPATEN MAYBRAT PROVINSI PAPUA UNTUK LAPIS FONDASI DAN CAMPURAN BERASPAL

V.3.1 Karakteristik Agregat Batukapur Ayawasi untuk Lapis Fondasi

Berdasarkan nilai abrasinya, yaitu sekitar 32, lihat Tabel 5.2, agregat batukapur Ayawasi dapat digunakan sebagai material untuk lapis fondasi akan tetapi berdasarkan gradasi dari masing-masing fraksi agregat yang kemudian dikombinasikan (digabungkan) untuk menghasilkan gradasi sesuai persyaratan spesifikasi maka agregat batukapur tersebut hanya berpotensi untuk digunakan sebagai material lapis fondasi agregat batukapur kelas A (untuk jalan lalu lintas rendah), yaitu dengan jumlah atau proposi agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus secara berturut-turut sebesar 40%, 30% dan 30%, lihat Tabel 5.8 dan Gambar 5.13. Dengan mengacu pada gradasi gabungan agregat, dilakukan pengujian pemadatan dengan metode pemadatan *modified* sesuai SNI 1743:2008 dan *soaked* CBR sesuai SNI 1744:2012. Hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.9 menunjukkan bahwa agregat batukapur Ayawasi dapat digunakan sebagai material lapis fondasi agregat batukapur kelas A untuk jalan lalu lintas rendah dengan nilai *soaked* CBR pada 100 MDD sebesar 127% (> 70%).

Tabel 5.8 – Rancangan campuran agregat untuk lapis fondasi agregat batukapur kelas A

Ukuran Ayakan		Gradasi Agregat, % Lolos Ayakan			Persyaratan, % Lolos Ayakan	Campuran Agregat, % Lolos Ayakan			Gradasi Total, % Lolos Ayakan
ASTM	mm	Kasar	Sedang	Halus		Kasar (40%)	Sedang (30%)	Halus (30%)	
1 1/2"	37,5	100	100	100	100	40,0	30,0	30,0	100
1"	25,0	100	100	100	78 – 100	40,0	30,0	30,0	100
3/8"	9,50	4,40	75,5	100	45 – 78	1,76	22,7	30,0	54,4
No. 4	4,75	3,47	21,8	93,0	32 – 60	1,39	6,54	27,9	35,8
No. 10	2,00	3,10	11,7	73,0	22 – 45	1,24	3,51	21,3	26,0
No. 40	0,425	2,52	8,78	44,7	10 – 30	1,01	2,63	13,4	17,0
No. 200	0,075	1,80	6,64	27,9	4 – 20	0,720	1,99	8,36	11,1



Gambar 5.13 – Gradasi gabungan agregat batukapur kasar, sedang dan halus untuk lapis fondasi agregat batukapur kelas A

Tabel 5.9 – Karakteristik pemadatan dan CBR agregat batukapur Ayawasi

No.	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Karakteristik pemadatan (metode <i>modified</i>)	
	- OMC, %	8,55
	- MDD, g/cm3	2,115
2	Soaked CBR (100 MDD), %	127

V.3.2 Karakteristik Campuran Beraspal Menggunakan Batukapur Ayawasi

Selain sebagai material lapis fondasi, dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian untuk menentukan potensi pemanfaatan agregat batukapur Ayawasi untuk campuran beraspal jalan lalu lintas rendah. Dari beberapa alternatif desain campuran agregat maka diketahui bahwa pemanfaatan agregat batukapur Ayawasi hanya berpotensi untuk digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal lapis antara (*AC binder course*, AC-BC) yaitu dengan jumlah atau proporsi agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus secara

berturut-turut sebesar 20%, 45% dan 35%, lihat Tabel 5.10 dan Gambar 5.14. Untuk pemanfaatannya sebagai agregat untuk campuran beraspal lapis aus (*Asphalt Concrete Wearing Course*, AC-WC), gradasi agregat per ayakan diatur sedemikian sehingga menghasilkan gradasi sesuai yang ditetapkan dalam spesifikasi, lihat Tabel 5.11 dan Gambar 5.15.

Selanjutnya dilakukan pengujian campuran beraspal dengan menggunakan metode Marshall, dimaksudkan untuk menentukan persentase kadar aspal optimum, yaitu persentase kadar aspal yang diperlukan untuk menghasilkan karakteristik campuran yang sesuai persyaratan spesifikasi. Dalam pengujian campuran beraspal tersebut, dibuat beberapa contoh campuran dengan kadar aspal yang bervariasi. Berdasarkan perkiraan awal kadar aspal sesuai persamaan (5.1), diperoleh kadar aspal sekitar 6,0%. Kemudian divariasikan 0,5% – 1,5% di atas dan di bawah kadar aspal perkiraan awal sehingga dalam penelitian ini, variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5%. Aspal sesuai yang ditentukan tersebut dicampur dengan agregat dalam keadaan panas (temperatur sekitar 155°C) dan dipadatkan pada temperatur sekitar 145°C di dalam cetakan Marshall dengan jumlah tumbukan per bidang 50 kali. Hasil pengujian campuran ditunjukkan pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13, dan dengan mengacu pada persyaratan spesifikasi, diperoleh kadar aspal optimum, yaitu 6,725% untuk AC-BC dan 7,25% untuk AC-WC dengan sifat dan karakteristik campuran sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.14. Dengan demikian, untuk perkerasan jalan lalu lintas rendah, agregat batukapur Ayawasi dapat digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal AC-BC maupun AC-WC.

$$P = (0,05A + 0,10B + 0,50C) \times (0,70) \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan:

P = persentase kadar aspal residual (terhadap massa kering tanah atau agregat)

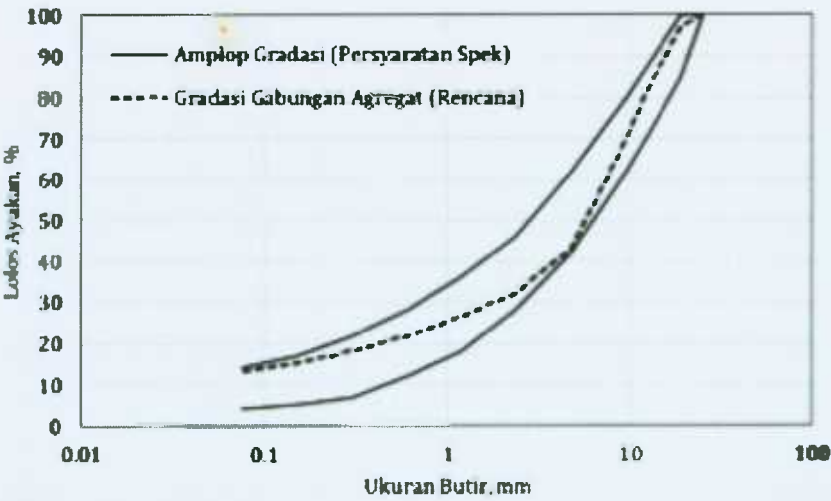
A = persentase partikel tanah atau agregat tertahan saringan 2,36 mm (No. 8)

B = persentase partikel tanah atau agregat lolos saringan 2,36 mm (No. 8) dan tertahan saringan 0,075 mm (No. 200)

C = persentase partikel tanah atau agregat lolos saringan 0,075 mm (No. 200)

Tabel 5.10 – Rancangan campuran agregat batukapur Ayawasi untuk AC-BC

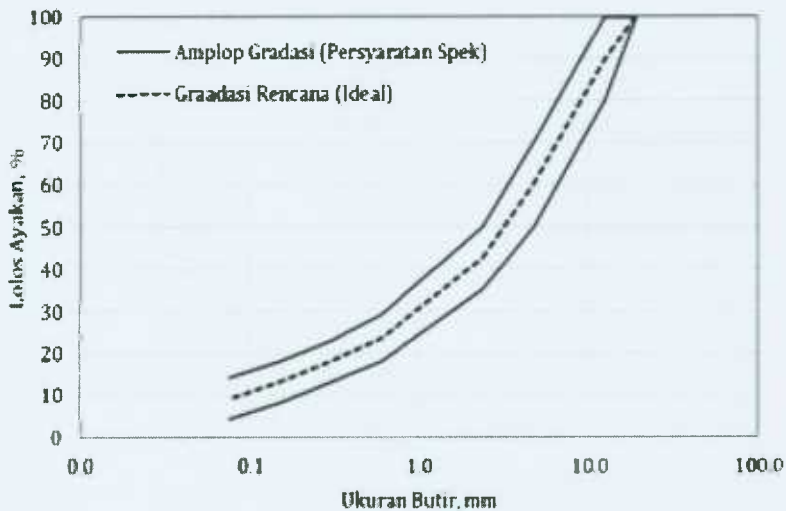
Ukuran Ayakan		Gradasi Agregat, % Lolos Ayakan			Persyaratan, % Lolos Ayakan	Campuran Agregat, % Lolos Ayakan			Gradasi Total, % Lolos Ayakan
ASTM	mm	Kasar	Sedang	Halus		Kasar (20%)	Sedang (45%)	Halus (35%)	
1"	25,0	100	100	100	100	20,0	45,0	35,0	100
3/4"	19,0	86,5	100	100	85 – 100	17,3	45,0	35,0	97,3
1/2"	12,5	14,9	98,9	100	71 – 88	2,98	44,5	35,0	82,5
No. 4	4,75	3,47	21,8	93,0	42 – 62	0,694	9,81	32,6	43,1
No. 8	2,36	3,17	12,4	74,4	28 – 46	0,634	5,58	26,0	32,3
No. 30	0,600	2,66	9,26	49,4	12 – 28	0,532	4,17	17,3	22,0
No. 50	0,300	2,37	8,27	40,2	7 – 22	0,474	3,72	14,1	18,3
No.100	0,150	2,06	7,46	33,0	5 – 17	0,412	3,36	11,6	15,3
No.200	0,075	1,80	6,64	27,9	4 – 14	0,360	2,99	9,77	13,1



Gambar 5.14 – Gradasi gabungan agregat batukapur kasar, sedang dan halus untuk campuran beraspal AC-BC

Tabel 5.11 – Rancangan campuran agregat
batukapur Ayawasi untuk AC-WC

Ukuran Ayakan		Persyaratan, % Lolos Ayakan	Gradasi Total, % Lolos Ayakan
ASTM	mm		
3/4"	19,0	100	100
1/2"	12,5	80 – 100	90.0
No. 4	4,75	50 – 70	60.0
No. 8	2,36	35 – 50	42.5
No. 30	0,600	18 – 29	23.5
No. 50	0,300	13 – 23	18.0
No. 100	0,150	8 – 18	13.0
No.200	0,075	4 – 14	9.00



Gambar 5.15 – Gradasi agregat per ayakan untuk campuran beraspal AC-WC

Tabel 5.12 – Hasil pengujian campuran AC-BC dengan metode Marshall

No.	Sifat dan Mutu Campuran	Nilai Rata-Rata per Variasi Kadar Aspal					
		4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
1	Kepadatan, g/cm ³	2,18	2,18	2,21	2,23	2,23	2,26
2	Rongga dalam campuran agregat (VMA), %	16	17	16	16	16	16
3	Rongga terhadap campuran (VIM), %	10	10	7	6	5	4
4	Rongga terisi aspal (VFB)	38	43	53	61	67	77
5	Stabilitas, kg	1465	1465	1541	1403	1264	1154
6	Pelelehan, mm	4,0	4,1	4,0	3,6	4,0	3,8
7	Marshall <i>quotient</i> , kg/mm	370	359	392	392	316	302
8	Kadar aspal efektif, %	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4

Tabel 5.13 – Hasil pengujian campuran AC-WC dengan metode Marshall

No.	Sifat dan Mutu Campuran	Nilai Rata-Rata per Variasi Kadar Aspal					
		5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%
1	Kepadatan, g/cm ³	2,14	2,16	2,19	2,22	2,27	2,26
2	Rongga dalam campuran agregat (VMA), %	20	20	19	19	17	18
3	Rongga terhadap campuran (VIM), %	12	11	9	7	5	4
4	Rongga terisi aspal (VFB)	39	46	54	62	74	77
5	Stabilitas, kg	1151	1365	1478	1846	1709	1311
6	Pelelehan, mm	4,1	2,7	3,2	3,5	3,2	4,3
7	Marshall <i>quotient</i> , kg/mm	284	530	466	537	557	303
8	Kadar aspal efektif, %	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3

Tabel 5.14 – Kadar aspal optimum dan karakteristik campuran AC-BC dan AC-WC

No.	Sifat dan Mutu Campuran	Nilai		Spesifikasi	Keterangan
		AC-BC	AC-WC		
1	Kadar aspal optimum, %	6,725	7,25	-	
2	Kepadatan, g/cm ³	2,25	2,26	-	
3	Rongga dalam campuran agregat (VMA), %	15,7	17,8	≥ 13	Memenuhi
4	Rongga terhadap campuran (VIM), %	4,4	4,6	3,0 – 5,0	Memenuhi
5	Rongga terisi aspal (VFB)	71,9	74,5	≥ 65	Memenuhi
6	Stabilitas, kg	1232	1525	≥ 550	Memenuhi
7	Pelelehan, mm	3,8	3,8	2,0 – 4,0	Memenuhi
8	Stabilitas sisa, %	72	89	≥ 70	Memenuhi

V.4 Potensi Pemanfaatan Material Lokal Kabupaten Maybrat Provinsi Papua untuk Perkerasan Lentur

Berdasarkan hasil pengujian sifat dan karakteristik material batukapur dari Ayamaru, Ayawasi, Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat tanpa atau dengan perbaikan karakteristik kekuatannya maka potensi dan pemanfaatan material batukapur tersebut diuraikan berikut ini.

V.4.1 Potensi Pemanfaatan Material Batukapur Ayamaru

- a. Batukapur Ayamaru dikategorikan sebagai material berbutir kasar, bersifat non plastis, termasuk kelompok A-2-4 sesuai AASHTO atau SM sesuai USCS. Walaupun memiliki nilai *soaked* CBR yang cukup tinggi namun memiliki abrasi lebih tinggi dari batas maksimum sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3 maupun Spesifikasi Lapis Fondasi Agregat dan Campuran Beraspal Panas Menggunakan Batukarang Kristalin untuk Jalan Lalu Lintas Rendah (SNI 8158:2015). Dengan demikian material batukapur tersebut hanya dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan.

- b. Stabilisasi material batukapur Ayamaru dengan semen dapat meningkatkan kekuatan yang dinyatakan dengan UCS, dan dapat menghasilkan suatu material yang dapat digunakan sebagai material lapis fondasi. Untuk menghasilkan UCS sesuai persyaratan sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3, Seksi 5.4, diperlukan jumlah pemakaian semen sekitar 5 – 7,5%.
- c. Untuk pemakain semen 5%, menghasilkan UCS yang lebih tinggi dari batas minimum sebagaimana ditentukan, oleh karena itu diperlukan pengujian UCS untuk jumlah pemakaian semen kurang dari 5%, dalam hal ini adalah 3% – 4%, untuk mendapatkan jumlah minimum pemakaian semen.

V.4.2 Potensi Pemanfaatan Agregat Batukapur Ayawasi

- a. Berdasarkan sifat dan karakteristiknya maupun berdasarkan gradasi dari masing fraksi yang kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan gradasi sesuai persyaratan spesifikasi maka agregat batukapur tersebut hanya dapat digunakan sebagai material lapis fondasi agregat kelas A lalu lintas rendah, yaitu dengan jumlah atau proposi agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus secara berturut-turut sebesar 40%, 30% dan 30%. Pada komposisi tersebut, diperoleh *soaked* CBR sebesar 127%, lebih tinggi dari CBR sebagaimana ditentukan untuk lapis fondasi agregat batukarang kristalin, yaitu sebesar 70%.
- b. Untuk campuran beraspal, material batukapur Ayawasi dikategorikan sebagai agregat substandar, memiliki kelekatan terhadap aspal kurang dari 95%, penyerapan agregat sedang lebih dari 3%, dan setara pasir agregat halus kurang dari 60%. Walaupun demikian, agregat batukapur Ayawasi tersebut masih dapat digunakan untuk campuran beraspal AC-BC jalan lalu lintas rendah. Untuk campuran beraspal AC-BC tersebut, proporsi agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus yang diperlukan untuk menghasilkan gradasi sesuai persyaratan secara berturut-turut sebesar 20%, 45% dan 35%, dan untuk menghasilkan campuran beraspal AC-BC yang sesuai spesifikasi diperlukan jumlah pemakaian aspal (kadar aspal optimum) sekitar 6,725%.
- c. Agregat batukapur Ayawasi juga berpotensi untuk digunakan sebagai agregat untuk campuran beraspal AC-WC lalu lintas rendah, namun dengan melakukan penyesuaian gradasi agregat agar sesuai dengan gradasi sebagaimana ditetapkan untuk campuran beraspal AC-WC jalan lalu lintas

rendah tersebut. Dengan mengacu pada gradasi ideal sesuai persyaratan spesifikasi, untuk menghasilkan campuran beraspal AC-WC jalan lalu lintas rendah yang sesuai persyaratan, diperlukan jumlah pemakaian aspal (kadar aspal optimum) sekitar 7,25%.

V.4.3 Potensi Pemanfaatan Batukapur Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren

- a. Sebagaimana batukapur Ayamaru, batukapur Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren hanya dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan.
- b. Dengan melakukan stabilisasi menggunakan semen, batukapur Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren tersebut dapat digunakan sebagai material lapis fondasi. Untuk menghasilkan UCS sesuai persyaratan sebagaimana ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3, Seksi 5.4, diperlukan jumlah pemakaian semen yang bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 – Rentang kadar semen yang diperlukan untuk pemanfaatan batukapur Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren sebagai material lapis fondasi

No.	Nama Lokasi	Jenis Material	Rentang Kadar Semen (C), %
Lk3.3-Mb	Kambuaya	Batukapur	5 – 8
Lk3.4-Mb	Kumurkek	Batukapur	7 – 8
Lk3.5-Mb	Patah Hati	Batukapur	6 – 8
Lk3.6-Mb	Moswaren	Batukapur	6,25 – 8

MATERIAL BAHU JALAN EKSISTING pada Jalan Trans-Papua Kabupaten Merauke Provinsi Papua, Ruas Tanah Merah - Merauke KM. 138+400 – KM. 139+800 yang diklasifikasikan sebagai material tanah lempung (A-7-6/CH) dan tidak boleh digunakan sebagai material bahu jalan. Dengan melakukan stabilisasi dengan kapur, semen maupun kapur yang dikombinasikan dengan semen, material tanah bahu jalan tersebut dapat digunakan. Demikianpun material badan jalan eksisting yang merupakan material tanah lempung yang sebelumnya telah distabilisasi semen dan dilapisi lapis tipis aspal pasir (latasir), dengan melakukan stabilisasi dengan semen maupun dengan kapur yang dikombinasikan dengan semen yang dipadatkan sesuai metode pemadatan berat (*modified proctor*), dapat digunakan sebagai material lapis fondasi.

Material lokal dari Dagemon dan Agham Kabupaten Mappi Provinsi Papua yang diklasifikasikan sebagai material pasir lanauan (A-2-4/SM) hanya dapat digunakan sebagai material lapis timbunan pilihan. Material pasir lanauan dari Agham juga dapat digunakan sebagai material lapis fondasi namun setelah melalui proses stabilisasi dengan semen. Sedangkan untuk material pasir lanauan dari Dagemon, oleh karena diperlukan jumlah pemakaian semen cukup tinggi ($> 8\%$), agar dapat digunakan sebagai material lapis fondasi maka diperlukan penambahan aditif untuk mengurangi jumlah pemakaian semen.

Material batukapur Ayamaru, Kambuaya, Kumurkek, Patah Hati dan Moswaren Kabupaten Maybrat Provinsi Papua yang semula hanya dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan, dengan melakukan stabilisasi menggunakan semen, material batukapur dari kelima lokasi tersebut dapat digunakan sebagai

material lapis fondasi, namun harus mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3, Seksi 5.4 (Lapis Fondasi Semen Tanah).

Agregat batukapur Ayawasi Kabupaten Maybrat Provinsi Papua, dengan melakukan penyesuaian gradasi, agregat tersebut dapat digunakan sebagai agregat lapis fondasi kelas A maupun sebagai agregat untuk campuran beraspal panas AC-BC dan AC-WC jalan lalu lintas rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO Designation: M 145 – 91, 2004 (2008). *Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part IA: Specification, 28th Edition, AASHTO, Washington, D.C.
- Arora, P. L., Crowther, L. and Akhter, G. (1986). *Soil Stabilization for Low-volume Roads*. Sheladia Associates, Inc. and Federal Highway Administration.
- ASTM Designation: D 2487 – 06 (2008), *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. Annual Book of ASTM Standards 2010, Volume 04.08.
- Austroroads (1998). *Guide to Stabilization in Roadworks*, Sydney.
- Badan Standar Nasional (2015). *Spesifikasi lapis fondasi agregat dan campuran beraspal panas menggunakan batu karang kristalin*, SNI 8158:2015. Jakarta.
- Bullen, F. (2003). *Design and Construction of Low-Cost, Low-Volume Roads in Australia*. Paper No. LVR8-1116, TRR 1819, School of Engineering, University of Tasmania, Hobart, Australia.
- Cain D. T. (2017). *Pavement Manual (formerly known as the Pavement Design Guide)*. http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/pdm/sup_heavy_load_anal_background.htm (Diakses 19 Januari 2017).
- Cook, J. R. and Gourley, C. S. (2003). *A Framework for the Appropriate Use of Marginal Materials*. World Road Association-(PIARC), Technical Committee C12 Seminar, Mongolia.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2014). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi 3*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Emery, S., Cocks, G., and Keeley, R. (2006). *Selection and Use of Locally Available Pavement Material for Low Volume Roads in Western Australia*. Australia.
- Field Manual 5-410 (1992). *Soil Stabilization for Road and Airfields*. Department of Army and Air force, Washington D.C.
- Gautam, B., Yuan, D., and Nazarian, S. (2010). *Optimum Use of Local Material for Roadway Base and Subbase*. Marino Engineering Associates, Inc. 1101 E. Colorado Avenue Urbana, Illinois 61801, Center for Transportation Infrastructure Systems The University of Texas at El Paso 500 E. University Avenue El Paso, Texas 79968.

- Greening, P. A. K. and Rolt, J. (1997). *The Use of Marginal Materials for Road Base in Kalahari Region of Southern Africa*. International Symposium on Thin Pavements, Surface Treatment and Unbound Roads, University of New Brunswick, Canada.
- Ingles, O. G. and Metcalf, J. B. (1979). *Soil Stabilization Principles and Practice*. Butterworths Pty. Limited, Sydney-Melbourne-Brisbane, Australia.
- Little, D. N. (1999). *Evaluation of Structural Properties of Lime Stabilizes Soil and Aggregates*. Prepared for the National Lime Association.
- Irwanto Info (2016). *Peta Administrasi Kabupaten Merauke*. <http://irwanto.info/gambaran-umum-kabupaten-merauke-provinsi-papua/> (Diakses 07 Agustus 2017).
- Portland Cement Association (1992). *Soil-Cement Laboratory Handbook*. Portland Cement Association, EBO52.
- Sukanta, U. dan Pigram, G. C. (1989). *Peta Geologi Lembar Taminabuan, Irian Jaya*.
- Suwarna, N. dan Amin, C. T. (1995). *Peta Geologi Lembar Sarabih, Irian Jaya*.
- Suwarna, N. dan Kusnama (1995). *Peta Geologi Lembar Muting, Irian Jaya*.
- Thompson, M. R. (1970). *Soil Stabilization of Pavement Systems*. State of the Art, Technical Report - Department of the Army, Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, Illinois.
- The Constructor Civil Engineering Home (.....). *Types of Pavement – Flexible Pavements and Rigid Pavements*. <https://theconstructor.org/transportation/types-of-pavement-flexible-and-rigid-pavement/9570/> (Diakses 19 Januari 2017).
- Widayat, D. (2010). *Pengembangan Teknologi Pemanfaatan Bahan Lokal dan Substandar, Laporan Akhir*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Wikipedia Bahasa Indonesia (2012). *Peta Administrasi Kabupaten Maybrat*. https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Maybrat. (Diakses 07 Agustus 2017).
- Wikipedia Bahasa Indonesia (2015). *Peta Administrasi Kabupaten Mappi*. https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Mappi. (Diakses 07 Agustus 2017).
- Yamin, A. (2011). *Pemanfaatan Batu Karang Kristalin Fak Fak untuk Campuran Beraspal*. Pusat Libang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Yamin, A. (2013). *Potensi Pemanfaatan Agregat Lokal Pulau Karakelong Kabupaten Talaud – Sulawesi Utara*. Pusat Libang Jalan dan Jembatan, Bandung.