

PEMANFAATAN MINERAL ASBUTON SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH

Neni Kusnianti

Puslitbang Jalan dan Jembatan
Jl. A.H. Nasution 264 Bandung 40294
kusnianti@yahoo.com

*) Diterima : 20 Agustus 2008; Disetujui : 19 Nopember 2008

RINGKASAN

Asbuton merupakan aspal alam dari di Pulau Buton dengan deposit yang sangat besar dapat dimanfaatkan sebagai bahan jalan karena disamping mengandung bitumen, mineralnya pun memiliki kandungan kapur (CaCO_3) yang cukup tinggi. Dengan dikembangkannya produk asbuton murni sebagai hasil pemisahan antara bitumen dengan mineralnya, maka mineral asbuton tersebut dimasa yang akan datang apabila tidak dimanfaatkan akan mengganggu lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk memanfaatkan mineral tersebut sebagai alternatif bahan stabilisasi tanah. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik tanah setelah distabilisasi mineral asbuton melalui pengujian di laboratorium, sehingga didapatkan proporsi mineral asbuton yang sesuai untuk meningkatkan daya dukung tanah. Pada penelitian ini, karakteristik tanah hasil stabilisasi tanah dengan mineral asbuton dibandingkan dengan tanah aslinya untuk mengetahui perubahan karakteristik yang terjadi. Karakteristik yang diuji adalah: batas Atterberg, gradasi, kepadatan berdasarkan standar Proctor, CBR dan kuat tekan bebas (Unconfined Compressive Strength, UCS).

Kata kunci: mineral asbuton, stabilisasi tanah, karakteristi tanah, CBR, kuat tekan bebas.

Summary

Asbuton is natural asphalt from Buton Island with great deposits and can be utilized, as a road material because it contains not only bitumen but also

mineral with high lime content (CaCO_3). The development of pure asbuton product, as a result of separation between bitumen and its mineral, so that mineral asbuton will be an environmental problem, if it is not utilized properly. Therefore, research is required to utilize the asbuton mineral as an alternative material for soil stabilization. The purpose of this research is to evaluate soil characteristics by laboratory test after stabilized with mineral asbuton and to find out the right proportion of mineral asbuton to improve soil support. In this research, soil characteristics stabilized mineral asbuton is compared with unstabilized soil to find out soil characteristics changes. The characteristics tested are Atterberg limit, gradation, density based on standard proctor density, CBR and unconfined compressive strength (UCS).

Key words : *asbuton mineral, soil stabilisation, soil characteristics, CBR, UCS*

PENDAHULUAN

Ruas-ruas jalan yang dibangun diatas tanah dasar dengan daya dukung rendah ($\text{CBR} < 6\%$) umumnya lebih cepat mengalami kerusakan terutama pada musim penghujan. Begitu juga untuk ruas-ruas jalan tanpa penutup aspal atau jalan tanah, seperti jalan-jalan di kawasan pulau kecil terpencil dan jalan di kawasan Indonesia Timur. Untuk mengatasi hal ini diperlukan alternatif penanganan yang tersedia antara lain dengan menggunakan teknologi stabilisasi tanah. Sehingga untuk daerah-daerah yang kekurangan agregat dapat mengganti pondasi agregat dengan tanah yang ditingkatkan

daya dukungnya atau tanah yang distabilisasi dan bisa juga untuk meningkatkan ketahanan erosi pada permukaan jalan tanah.

Asbuton merupakan aspal alam yang terdapat di Pulau Buton dengan deposit sangat besar yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan jalan karena disamping mengandung bitumen, mineralnya pun memiliki kandungan kapur (CaCO_3) yang cukup tinggi yaitu sekitar 70% - 80%. Saat ini ada beberapa produsen yang mengembangkan Produk asbuton murni (kandungan mineralnya $< 1\%$) yang diharapkan dapat menggantikan aspal minyak. Untuk itu, mineral asbuton tersebut apabila tidak dimanfaatkan

akan mengganggu lingkungan dimasa yang akan datang.

Dengan permasalahan tersebut di atas, perlu penelitian tentang pemanfaatan mineral asbuton sebagai alternatif bahan stabilisasi untuk meningkatkan daya dukung tanah guna dijadikan lapis pondasi jalan.

KAJIAN PUSTAKA

Aspal Batu Buton (Asbuton)

Aspal alam yang terdapat di Pulau Buton merupakan campuran antara bitumen dan mineral. Aspal alam tersebut terbentuk akibat proses geologi dalam periode waktu yang lama dan berlangsung secara alamiah, yang disebabkan oleh minyak bumi yang terdorong muncul kepermukaan, menyusup di antara batuan yang porus. Jenis aspal alam yang terdapat di Pulau Buton ini adalah aspal batu (*rock asphalt*) yang terdapat di daerah Kabungka dan aspal lunak yang terdapat di daerah Lawele.

Total deposit aspal alam Pulau Buton diperkirakan tidak kurang dari sekitar 150 hingga 300 juta ton. Laporan rinci pertama mengenai geologi Buton disusun oleh Hetzel pada tahun 1936. Deposit asbuton di Kabungka diperkirakan 60 juta ton dengan

kadar mineral rata-rata 80%, sedangkan deposit asbuton di Lawele diperkirakan 62,5 juta ton dengan kadar mineral rata-rata 78% (Alberta, 1989).

Mineral asbuton pada umumnya terdiri dari batuan dasar batu kapur. Berdasarkan jenis mineralnya asbuton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a) mineral dari kapur globegerine (fosil binatang laut): bentuk seperti batu warna hitam, pada udara dingin rapuh dan mudah pecah dan pada udara panas agak plastis sukar dipecah.
- b) mineral dari kapur mergel (kapur mengandung lempung): benda plastis berwarna hitam dan sifatnya plastis sukar ditambang.

Mineral asbuton pada umumnya (hampir 85%) terdiri dari batuan dasar batu kapur (limestone) yang berasal dari endapan binatang laut, sangat porous dan relatif ringan, sedangkan unsur yang mempengaruhi kekerasan butir mineral asbuton adalah Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 (Anon, 1931).

Lapis Pondasi Perkerasan Jalan

Lapis pondasi atas pada perkerasan lentur biasanya terdiri atas lapisan hasil pemadatan batu

pecah, kerikil atau slag yang bergradasi tertentu, atau bahan hasil stabilisasi. Sedangkan lapis pondasi bawah dapat terdiri atas bahan yang sama seperti untuk lapis pondasi atas, tetapi dengan mutu yang lebih rendah. Untuk memastikan bahwa tanah dasar tidak menerima tegangan berlebih, maka lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah harus mempunyai tebal yang memadai.

CBR yang harus dipenuhi bahan lapis pondasi atas biasanya ditetapkan 100 persen. Namun demikian, lapis pondasi pada perkerasan yang melayani lalu-lintas rendah mungkin tidak menuntut bahan bermutu tinggi, tetapi cukup bahan yang bermutu lebih rendah. Lapis pondasi yang terdiri atas bahan yang distabilisasi aspal atau semen dapat menghemat biaya, karena lapis pondasi dengan bahan tersebut akan menjadi lebih tipis.

Untuk lapis pondasi bawah dapat digunakan bahan pilihan, misal kerikil alam. Agar dapat dijadikan lapis pondasi bawah, bahan pilihan perlu distabilisasi atau langsung digunakan dalam kondisi aslinya. Tujuan pemasangan lapis pondasi bawah adalah untuk mendapatkan perkerasan yang relatif tebal tetapi dengan biaya yang lebih murah. Oleh karena itu, bahan untuk lapis pondasi bawah

dapat mempunyai mutu yang rentang batas-batasnya lebar, sejauh persyaratan tebal dapat dipenuhi.

Stabilisasi

Salah satu persoalan yang mungkin dihadapi oleh para perencana dan pelaksana pembangunan jalan adalah cara menangani tanah atau bahan yang jelek agar dapat digunakan sebagai bahan perkerasan. Dalam cakupan yang lebih luas, stabilisasi mengandung arti perbaikan bahan perkerasan yang tersedia agar dapat dijadikan lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, atau pada beberapa kasus yang jarang, sebagai bahan lapis permukaan.

Secara umum dapat dikemukakan bahwa tujuan stabilisasi adalah untuk meningkatkan kinerja perkerasan. Karena kinerja perkerasan tidak semata-mata menyangkut kekuatan, maka dalam rangka memilih cara stabilisasi yang tepat perlu diketahui alasan perlunya stabilisasi.

Adapun beberapa alasan konvensional yang melatarbelakangi perlunya stabilisasi adalah:

- a. Kondisi tanah dasar yang jelek. Stabilisasi tanah dasar adalah untuk meningkatkan mutunya sehingga tebal perkerasan dapat dikurangi.

- b. Bahan lapis pondasi yang terbatas.

Diantara kasus bahan lapis pondasi marginal yang kemungkinan sering dijumpai di lapangan adalah tingginya platisitas bahan. Dalam hal tersebut, platisitas dapat diturunkan dengan menambahkan kapur atau semen ke dalam bahan.

- c. Pengendalian debu.

Meskipun sejauh ini penggunaan bahan stabilisasi untuk mengendalikan debu belum populer di Indonesia, namun beberapa negara telah menggunakannya.

- d. Pengendalian kadar air.

Beberapa bahan kimia dapat menahan air dalam tanah sehingga pada musim kemarau memungkinkan tanah mudah untuk dipadatkan. Pada kasus yang ekstrim, kemungkinan tanah dalam keadaan yang sangat basah sehingga sulit dipadatkan. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat digunakan bahan stabilisasi yang dapat "mengeringkan" tanah.

- e. Mendapatkan bahan lapis pondasi yang lebih unggul.

Penggunaan lapis pondasi yang unggul, misal lapis pondasi distabilisasi semen (*cement treated base*) dan

lapis pondasi beton aspal, sering kali diperlukan, baik pada perkerasan beton aspal maupun perkerasan beton semen. Lapis pondasi tersebut dapat menyumbangkan kekakuan yang berarti terhadap perkerasan, sehingga perkerasan lebih tahan terhadap keruntuhan lelah.

Dengan memperhatikan kondisi dewasa ini, maka perlunya stabilisasi nampaknya tidak semata-mata karena alasan di atas, tetapi juga terdapat beberapa alasan lain, diantaranya adalah:

- Makin meningkatnya beban kendaraan.
- Makin canggihnya peralatan untuk stabilisasi.
- Makin meningkatnya kesadaran terhadap lingkungan.

Seringkali dihadapi persoalan bahwa dalam keadaan aslinya, tanah tidak dapat digunakan sebagai bahan bangunan yang mempunyai persyaratan tertentu. Dalam memecahkan persoalan tersebut dapat diambil beberapa keputusan, diantaranya adalah merubah sifat-sifat tanah yang ada sehingga diperoleh tanah yang mempunyai sifat-sifat yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan, yang dikenal sebagai stabilisasi.

Sifat-sifat tanah dapat diubah melalui beberapa cara, diantaranya adalah melalui proses kimia, pemanasan atau mekanis. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa karena variabilitas tanah, tidak ada satu carapun yang dapat berhasil untuk semua jenis tanah, maka pemilihan bahan stabilisasi sering kali tergantung pada jenis-jenis tanah dimana bahan stabilisasi tersebut dapat berfungsi efektif. Stabilisasi yang tepat akan menuntut pemahaman tentang sifat-sifat tanah yang perlu diperbaiki. Tuntutan teknis tersebut merupakan faktor penting dalam memutuskan perlu-tidaknya tanah distabilisasi. Tabel 1 menunjukkan beberapa jenis bahan stabilisasi serta jenis tanah yang dipandang cocok dan pedoman untuk pemilihan bahan stabilisasi.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih bahan stabilisasi adalah:

- a. Cuaca dan drainase
- b. Penyelidikan perkerasan
- c. Pengambilan contoh dan pengujian bahan
- d. Penilaian awal terhadap jenis stabilisasi yang diperlukan
- e. Pemilihan akhir jenis stabilisasi

Pada Tabel 2 ditunjukkan pedoman untuk pemilihan bahan stabilisasi.

Stabilisasi Kapur (*Lime Stabilization*)

Kapur merupakan bahan yang efektif untuk stabilisasi tanah plastis sehingga tanah tersebut mempunyai kemudahan pengerjaan (*workability*) yang lebih baik serta kekuatan yang meningkat. Namun demikian, kapur tidak efektif digunakan untuk stabilisasi tanah yang tidak berkoheisi atau tanah berkoheisi rendah, apabila tidak disertai dengan penambahan bahan pozzolanik.

Pada umumnya kapur yang digunakan sebagai bahan stabilisasi adalah kapur mati atau kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan kapur hidup atau kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida (CaO) lebih efektif untuk kasus-kasus tertentu, sedangkan dalam pelaksanaan stabilisasi yang sering digunakan adalah kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Untuk kalsium karbonat (CaCO_3) kurang efektif sebagai bahan stabilisasi kecuali sebagai bahan pengisi (Ingles dan Metcalf, 1992).

Reaksi Bahan Perkerasan dengan Kapur

Karena oksida cepat bereaksi dengan air untuk membentuk hidroksida, maka reaksi utama semua jenis kapur dengan bahan yang distabilisasi adalah sama.

Beberapa keuntungan penambahan kapur terhadap tanah adalah:

- Menimbulkan pengaruh yang cepat terhadap tanah, sehingga melalui penggumpalan butir-butir (*flocculation*) akan memperbaiki gradasi dan sifat-sifat yang diperlukan untuk kemudahan pengerjaan. Besarnya pengaruh tersebut bervariasi menurut kandungan aktual mineral yaitu tergantung pada bahan pozzolanik dalam lempung: besar dengan lempung kelompok lempung montmorillonit dan kecil dengan kelompok lempung kaolinit.
- Mempunyai pengaruh jangka panjang terhadap kekuatan, sehingga terjadi peningkatan kekuatan yang menerus.
- Memungkinkan pengurangan tebal perkerasan, karena bahan yang distabilisasi dapat dianggap sebagai lapis pondasi bawah.

Peningkatan kekuatan dalam jangka panjang (reaksi pozzolanik) berlangsung pada lingkungan alkali tinggi ($\text{pH} > 12,3$) sehingga mengakibatkan penguraian lempung, terutama pada ujung-ujung pelat (partikel) lempung dan memungkinkan terbentuknya kalsium silikat dan aluminat pada daerah tersebut. Bahan sementasi tersebut mempunyai komposisi yang sama dengan yang terdapat pada pasta semen. Proses di atas berlangsung relatif lambat, karena kapur yang ada harus menyebar melalui matrik bahan dan bahan sementasi yang awal terbentuk. Reaksi stabilisasi tidak dapat berlangsung terus, karena ada lempung atau sejumlah bahan pozzolanik di dalam bahan perkerasan yang akan bereaksi dengan kapur. Reaksi antara kapur dengan bahan perkerasan diperlambat oleh suhu yang lebih rendah (di bawah 15°C) dan terhambat oleh kandungan organik yang tinggi.

Tabel 1.

Penggunaan beberapa jenis bahan stabilisasi (Sumber: Austroads Inc. 1998)

BAHAN STABILISASI	PROSES	PENGARUH	TANAH YANG COCOK
<ul style="list-style-type: none"> Semen 	<ul style="list-style-type: none"> Sementasi, sehingga terjadi ikatan antara butir 	<ul style="list-style-type: none"> Kandungan bahan stabilisasi rendah (<20%): menurunkan kerentanan terhadap perubahan kadar air Kandungan bahan stabilisasi tinggi: meningkatkan modulus dan kuat tarik secara nyata, sehingga menghasilkan bahan terikat 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak terbatas, kecuali dengan komponen yang mengganggu (bahan organik, sulfat dan bahan lain yang menghalangi rekasi dengan semen) Cocok untuk tanah granular, tetapi tidak efisien tanah berbutir seragah dan lempung berat
<ul style="list-style-type: none"> Kapur, termasuk kapur mati dan kapur hidup 	<ul style="list-style-type: none"> Ikatan sementasi antara butiran, tetapi tingkat pencapaiannya lebih rendah daripada semen Reaksinya tergantung pada suhu dan memerlukan keberadaan pozolan Apabila pozolan tidak ada dalam tanah, maka kapur dapat dicampur dengan pozolan 	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan sifat-sifat tanah kohesif Kandungan bahan stabilisasi rendah (<20%): menurunkan kerentanan terhadap perubahan kadar air, meningkatkan kekuatan sehingga menghasilkan bahan modifikasi atau bahan terikat Kandungan bahan stabilisasi tinggi: meningkatkan modulus dan kuat tarik, menghasilkan bahan terikat 	<ul style="list-style-type: none"> Cocok untuk tanah kohesif Dalam tanah perlu terdapat komponen lempung yang akan bereaksi dengan kapur (yaitu mengandung pozolan) Bahan organik akan menghalangi reaksi
<ul style="list-style-type: none"> Campuran bahan pengikat pematapan lambat: slag/kapur, abu terbang/kapur dan slag/kapur/abu terbang 	<ul style="list-style-type: none"> Kapur dan pozolan merubah gradasi dan menumbuhkan ikatan sementasi 	<ul style="list-style-type: none"> Umumnya mirip semen, tetapi tingkat pencapaian kekuatan mirip kapur Juga memperbiki kemudahan pengerjaan Umumnya mengurangi retak penyusutan 	<ul style="list-style-type: none"> Sebagaimana halnya stabilisasi dengan semen Dapat digunakan apabila tanah tidak bereaksi dengan kapur
<ul style="list-style-type: none"> Aspal: aspal busa, aspal bentur tinggi (<i>high impact</i>), aspal cair dan aspal emulsi 	<ul style="list-style-type: none"> Penggumpalan (<i>agglomeration</i>) butir-butir halus 	<ul style="list-style-type: none"> Menurunkan permeabilitas dan meningkatkan kekuatan kohesi Menurunkan kepekaan terhadap kadar air melalui penyelimutan butir halus 	<ul style="list-style-type: none"> Cocok untuk bahan granular yang mempunyai kohesi dan platisitas rendah
<ul style="list-style-type: none"> Campuran aspal/semen 	<ul style="list-style-type: none"> Penggumpalan (<i>agglomeration</i>) butir-butir halus yang disertai dengan ikatan sementasi 	<ul style="list-style-type: none"> Menurunkan permeabilitas dan meningkatkan kekuatan Semen membantu perolehan dini kekuatan 	<ul style="list-style-type: none"> Cocok untuk bahan granular yang mempunyai kohesi dan platisitas rendah
<ul style="list-style-type: none"> Bahan granular 	<ul style="list-style-type: none"> Mencampur dua atau lebih bahan, untuk mendapatkan gradasi yang diperlukan 	<ul style="list-style-type: none"> Peningkatan terbatas kekuatan, permeabilitas, stabilitas volume dan kemudahan dipadatkan Bahan tetap berbentuk granular 	<ul style="list-style-type: none"> Tanah bergradasi jelek, tanah granular yang tidak memiliki butir berukuran tertentu
<ul style="list-style-type: none"> Bahan kimia lain 	<ul style="list-style-type: none"> Penggumpalan 	<ul style="list-style-type: none"> Secara tipikal meningkatkan kekuatan dalam keadaan kering Merubah permeabilitas dan stabilitas volume 	<ul style="list-style-type: none"> Secara tipikal tanah bergradasi jelek

Tabel 2.
Pedoman umum untuk pemilihan bahan stabilisasi

JENIS BAHAN STABILISASI	LEBIH DARI 25% LOLOS #0,075 mm			KURANG DARI 25% LOLOS #0,075 mm		
	$PI \leq 10$	$10 < PI < 20$	$PI \geq 20$	$PI < 6$ $PI^* \# 0,075 \leq 60$	$PI < 10$	$PI > 10$
SEMEN & BAHAN SEMENTASI LAIN	■	■	□	■	■	■
KAPUR	■	■	□	■	■	■
ASPAL	■	■	□	■	■	■
CAMPURAN ASPAL/ SEMEN	■	■	□	■	■	■
GRANULAR	■	□	□	■	■	■
BERBAGAI BAHAN KIMIA*	□	■	□	■	■	■

BIASANYA COCOK  MERAGUKAN  BIASANYA TIDAK COCOK  *HARUS DIPANDANG SEBAGAI PEDOMAN KASAR

Catatan: Jenis bahan stabilisasi di atas dapat digunakan dalam kombinasi; misal, stabilisasi dengan kapur adalah untuk mengeringkan bahan serta untuk mengurangi plastisitasnya; dengan demikian, hal tersebut cocok juga untuk stabilisasi yang lain.

Kondisi yang Cocok untuk Stabilisasi Kapur

Sebagaimana halnya dengan stabilisasi yang lain, keberhasilan stabilisasi kapur ditentukan oleh faktor bahan, yaitu: menyangkut komposisi bahan yang akan distabilisasi serta perilakunya terhadap kapur. Agar kapur yang digunakan pada stabilisasi dan dapat berfungsi secara efektif, maka bahan yang akan distabilisasi harus mengandung partikel lempung atau bahan pozzolanik. Secara umum dapat dikatakan bahwa makin plastis dan makin tinggi kandungan lempung, maka makin tinggi pula takaran kapur yang diperlukan untuk mendapatkan kekuatan atau sifat

lain yang ditentukan. Namun demikian, tingkat pelekatan yang dapat diberikan oleh kapur dibatasi oleh volume bahan yang dapat bereaksi.

Takaran kapur yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan awal tanah yang distabilisasi harus dievaluasi untuk mengetahui tambahan kapur yang diperlukan setelah reaksi awal selesai, yaitu untuk mendapatkan sifat-sifat jangka panjang yang akan digunakan pada disain. Dibandingkan dengan stabilisasi semen, keuntungan stabilisasi kapur makin meningkat dengan makin tingginya plastisitas dan kandungan partikel halus. Tanah dengan $PI < 10$ umumnya akan mempunyai respon yang

lebih baik terhadap kapur daripada terhadap semen. Namun demikian, perbandingan hasil pengujian dipandang lebih baik.

Untuk menurunkan indeks plastis dan meningkatkan kemudahan pengerjaan pada stabilisasi kapur, kapur hendaknya ditambahkan dalam takaran secukupnya, agar penambahan lebih lanjut kapur tidak mengakibatkan perubahan lebih jauh terhadap nilai indeks plastis.

Pada stabilisasi kapur, pengujian pH untuk mengetahui dapat-tidaknya tanah bereaksi dengan kapur serta untuk memperkirakan takaran kapur, yang ditunjang dengan pengujian kuat tekan bebas pada umur 28 hari, akan menentukan takaran optimum kapur. Takaran atau kandungan optimum kapur untuk disain dapat diperoleh dengan cara menggambar hubungan antara kuat tekan bebas dengan takaran kapur. Penambahan sekitar 1% terhadap takaran optimum biasanya dilakukan untuk mengganti kapur yang mungkin hilang atau untuk mengatasi variasi pencampuran.

Kapur merupakan bahan stabilisasi yang efektif untuk menurunkan plastisitas tinggi pada bahan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dalam praktek, modifikasi bahan lapis pondasi

atas telah diterapkan secara luas dan berhasil. Dengan kandungan kapur kurang dari sekitar 3%, resiko terjadinya retak susut yang tidak dikehendaki adalah rendah, dan dalam kaitannya dengan hal tersebut, jarang dilakukan upaya untuk mengatasi retak refleksi.

Persyaratan Campuran

Perencanaan dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan kadar kapur yang menghasilkan kekuatan campuran maksimum. Kriteria kekuatan stabilisasi tanah dengan kapur harus sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3.

Persyaratan stabilisasi tanah dengan kapur (SNI 03-3638-1994)

PENGUJIAN	BATAS-BATAS SIFAT (Setelah Dirawat 7 hr)
Kuat Tekan Bebas (kPa), SNI 03-6887-2002 - Lapis pondasi atas - Lapis pondasi bawah	Min. 2200 Min. 600
CBR (%), SNI 03-1744-1989 - Lapis pondasi atas - Lapis pondasi bawah	Min. 80 Min. 20

Kriteria untuk perbaikan tanah pondasi disesuaikan dengan keperluan menurut ketentuan yang berlaku, yaitu :

- Kuat tekan bebas : untuk tanah kohesif
- CBR : untuk tanah berbutir

MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud penelitian ini adalah untuk mendapatkan proporsi mineral asbuton yang sesuai untuk meningkatkan daya dukung tanah untuk lapis pondasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik tanah setelah distabilisasi dengan mineral asbuton melalui pengujian di laboratorium.

METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan dari kegiatan ini, maka sebagai pendekatannya yaitu dengan melakukan pengujian di laboratorium melalui percobaan - percobaan. Metoda pengujian yang digunakan dalam penelitian disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Teknik analisis terhadap data-data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium adalah metoda deskriptif yaitu suatu cara dengan membandingkan perubahan yang terjadi dari setiap parameter yang ditinjau, seperti: perubahan nilai IP (Indeks Plastisitas), nilai CBR dan kuat tekan bebas (UCS) dari tanah asli dengan tanah setelah distabilisasi, selain itu dilihat juga pengaruh dari variasi penambahan

mineral asbuton terhadap karakteristik campuran.

KEGIATAN PENELITIAN

Uraian dan penjelasan dari program kerja penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan
- b. Pengujian tanah asli dan mineral asbuton
- c. Perencanaan campuran untuk stabilisasi
- d. Pengujian kekuatan tanah yang distabilisasi
- e. Analisis

Tahap Persiapan Contoh

Contoh tanah yang diambil adalah dari lokasi daerah Tanjungsari, untuk selanjutnya di laboratorium dilakukan persiapan bahan, yaitu dengan melakukan pengeringan di udara terbuka sampai mencapai kering udara. Gumpalan - gumpalan tanah dipecahkan dengan cara sedemikian rupa untuk menghindari hancurnya butiran tanah asli kemudian tanah disaring. Tanah yang lolos saringan no. 4 (4,76 mm), digunakan dalam percobaan ini dimasukkan kedalam karung dan selanjutnya dilakukan pengujian sifat-sifat fisik tanah seperti, berat jenis, batas-batas atterberg,

klasifikasi tanah dan pengujian analisa kimia.

Pengujian Tanah asli dan Mineral Asbuton

Mineral asbuton merupakan hasil dari ekstraksi asbuton yaitu pemisahan bitumen dan mineralnya di laboratorium. Pengujian yang dilakukan pada mineral asbuton adalah analisis saringan, berat jenis dan analisis kimia mineral asbuton. Pengujian analisis saringan dimaksudkan untuk mengetahui susunan butir tanah asli maupun susunan butir mineral asbuton.

Hasil pemeriksaan di laboratorium terhadap sifat-sifat

fisik tanah asli yang diambil dari daerah Tanjungsari dan mineral asbuton, terlihat pada Tabel 4.

Pengujian analisa kimia dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam tanah asli dan mineral asbuton yang akan mempengaruhi sifat-sifat campuran (tanah dengan mineral asbuton). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Keramik, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian.

Hasil analisa kimia unsur-unsur yang terkandung dalam tanah asli dan mineral asbuton tertera pada Tabel 5 .

Tabel 4.
Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Tanah Tanjungsari dan Mineral Asbuton

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan		Satuan
		Tanjungsari	Mineral asbuton	
1	Berat Jenis	2,763	2,46	-
2	Atterberg Limit			
	Batas cair	71	-	-
	Batas plastis	34	-	-
	Indeks plastis	37	-	-
3	Analisa Saringan			
	3/8 "			
	No. 4	100	100	%
	No. 8	99,38	99,10	%
	No. 10	99,00	-	%
	No. 16	98,51	-	%
	No. 20	98,19	-	%
	No. 30	97,73	89,10	%
	No. 40	97,18	-	%
	No. 50	94,70	49,30	%
	No. 80	94,57	-	%
	No. 100	93,91	32,20	%
	No. 200	90,38	10,00	%
4.	Klasifikasi tanah			
	USC	CH	-	
	AASHTO	A - 7 - 5	-	

Tabel 5.
Hasil Analisa Kimia Tanah Asli

Komponen	Hasil Pengujian (% berat)	
	Tanjungsari	Mineral asbuton
SiO ₂	46,44	33,55
Al ₂ O ₃	26,33	2,38
Fe ₂ O ₃	7,47	0,24
TiO ₂	0,11	0,04
CaO	1,12	42,51
MgO	0,54	0,65
Na ₂ O	0,47	0,47
K ₂ O	0,21	0,28
Hilang Pijar	17,31	19,88

Pengujian Campuran Stabilisasi Tanah

Contoh tanah yang diambil dari lokasi Tanjungsari, selanjutnya dibuat campuran dengan berbagai variasi penambahan mineral asbuton adalah 3%; 6%; 9%; dan 12% untuk masing-masing tanah.

a. Hasil Pengujian Atterberg Limit dan berat Jenis

Sesuai dengan variasi persentase penambahan mineral asbuton dalam campuran, hasil pengujian tanah terhadap batas Atterberg, dapat dilihat pada Tabel 6.

b. Hasil Pengujian Pemadatan Proctor

Dari pengujian pemadatan proctor standar ini diperoleh kadar air optimum (ω_{opt}) dan berat isi kering maksimum (Y_{dmaks}) dari tanah asli dan tanah asli + mineral asbuton. Hasil pengujiannya seperti yang tertera pada Tabel 7.

Tabel 6.
Hasil pengujian batas Atterberg dan berat jenis

Tanah	% Variasi	LL	PL	PI	Berat Jenis
Tanjungsari	T+0% min.asb	71	34	37	2,763
	T+3% min.asb	59	34	25	2,606
	T+6% min.asb	67	36	31	2,649
	T+9% min.asb	66	28	38	2,610
	T+12% min.asb	65	30	35	2,608

Tabel 7.
Hasil pengujian pemadatan

Tanah	% Variasi	ω_{opt} (%)	$Y_{d maks}$ (t/m ³)
Tanjungsari	T+0% min.asb	34,60	1,36
	T+3% min.asb	34,10	1,58
	T+6% min.asb	35,00	1,36
	T+9% min.asb	33,30	1,37
	T+12% min.asb	31,80	1,38

c. Hasil Pengujian CBR

Pengujian CBR dilakukan hanya pada CBR Soaked (CBR Rendaman), karena pada pengujian ini dapat dilihat kekuatan daya dukung tanah yang distabilisasi dengan mineral asbuton tersebut setelah direndam. CBR soaked diuji pada tanah dengan waktu perendaman selama 4 hari. Hasil pengujiannya terlihat pada Tabel 8.

d. Hasil pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS)

Pada percobaan UCS, campuran diisi ke dalam cetakan berukuran diameter 7,15 cm dan tinggi 14,30 cm kemudian dipadatkan. Setelah dipadatkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan, selanjutnya diperam sebagaimana pemeraman untuk uji CBR. Pemeriksaan UCS dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan menggunakan alat uji UCS dengan kecepatan pembebanan 0,5% regangan/menit. Hasil pengujian UCS dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8.
Hasil pengujian CBR

Tanah	% Variasi	CBR (%)
Tanjungsari	T+0% min.asb	4,7
	T+3% min.asb	5,7
	T+6% min.asb	5,8
	T+9% min.asb	6,6
	T+12% min.asb	7,2

Tabel 9.
Hasil Pengujian UCS

Tanah	% Variasi	UCS (kg/cm ²)	
		7 hari	28 hari
Tanjungsari	T+0% min.asb	4,06	4,33
	T+3% min.asb	5,20	5,55
	T+6% min.asb	5,45	6,10
	T+9% min.asb	5,80	6,44
	T+12% min.asb	6,05	7,05

PEMBAHASAN DAN ANALISA

Klasifikasi Tanah

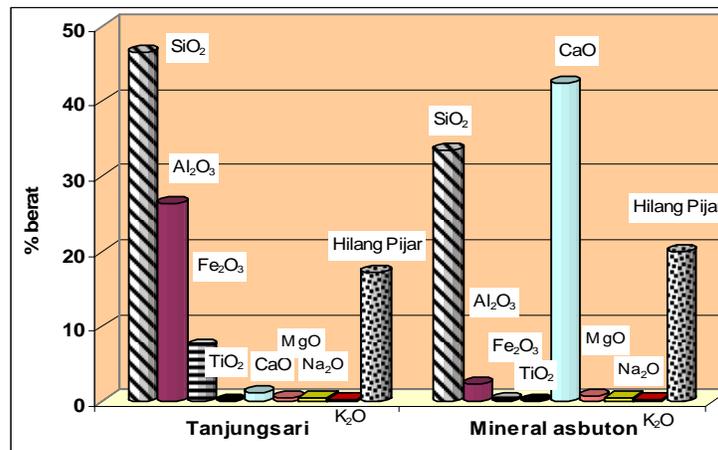
Klasifikasi tanah asli menurut "Unified Soil Classification, USC", untuk tanah dari Tanjungsari termasuk jenis CL (tanah berbutir halus mengandung lempung dengan kompresibility tinggi), sedangkan klasifikasi tanah menurut "AASHTO System" contoh tanah asli dari Tanjungsari adalah A-7-5 (tanah kelempungan).

Dari hasil pengujian terhadap sifat-sifat fisik tanah asli, menunjukkan bahwa contoh tanah yang diambil adalah termasuk tanah yang berbutir halus dan termasuk tanah lempung yang lebih bersifat plastis, sehingga tanah ini mempunyai perubahan volume yang besar. Pengujian batas Atterberg dari contoh tanah tersebut menghasilkan nilai Indeks Plastis (IP) 19, sehingga tanah tersebut mempunyai sifat plastisitas yang tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap sifat-sifat fisik tanah asli tersebut dapat dikatakan bahwa contoh tanah yang diambil dari daerah Tanjungsari, dapat digunakan untuk stabilisasi tanah dengan kapur, karena berdasarkan pemilihan bahan untuk stabilisasi contoh tanah asli tersebut mempunyai IP > 10 dengan butiran tanah > 25% lolos saringan No. 200 sehingga tanah tersebut mengandung komponen lempung yang akan bereaksi dengan kapur (yaitu mengandung pozzolan).

Analisa Kimia Tanah Asli dan Mineral Asbuton

Berdasarkan hasil pengujian analisa kimia tanah asli, mineral asbuton seperti yang tertera pada Tabel 5 dan Gambar 1, terlihat bahwa untuk contoh tanah asli yang diambil dari daerah Tanjungsari, mempunyai unsur yang paling dominan adalah Silika (SiO_2) yaitu sekitar 46%. Untuk mineral asbuton, unsur yang paling dominan yaitu kapur (CaO) sekitar 43%. Mineral dengan unsur kapur yang dominan mempunyai karakteristik material yang porus sehingga terdapat pori yang banyak dalam materialnya. Hal tersebut menyebabkan mineral asbuton mempunyai sifat sementasi yang baik dengan tanah lempung.



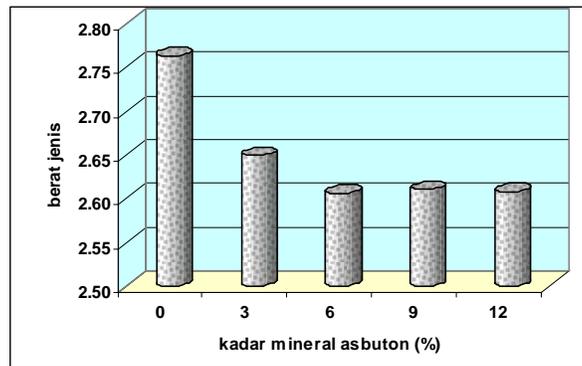
Gambar 1. Susunan kimia tanah asli dan mineral asbuton

Pengaruh Mineral Asbuton terhadap Nilai Berat Jenis dan Batas Atterberg

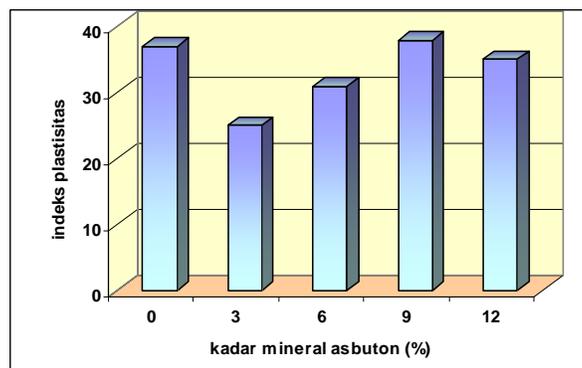
Dari hasil uji berat jenis dengan penambahan 3%; 6%; 9% dan 12 % mineral asbuton seperti yang tertera pada Tabel 6 dan, Gambar 2, menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai berat jenis seiring dengan bertambahnya kadar mineral asbuton pada campuran. Hal ini disebabkan karena bercampurnya dua bahan dengan berat jenis yang berbeda, yaitu berat jenis mineral asbuton sebesar 2,46, sedangkan berat jenis tanah asli sebesar 2,763, sehingga terjadi penurunan berat jenis campuran. Selain itu proses sementasi pada tanah dan mineral asbuton, menyebabkan terjadinya penggumpalan yang merekatkan antar partikel, rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras dan lebih sulit ditembus air. Rongga pori yang terisolasi oleh lapisan sementasi kedap air akan terukur sebagai volume butiran, sehingga memperbesar volume butiran yang akhirnya akan menurunkan nilai berat jenis campuran tanah dan mineral asbuton.

Penurunan nilai berat jenis terbesar terjadi pada penambahan mineral asbuton 3% yaitu sebesar 6 % terhadap tanah asli.

Hasil uji batas Atterberg seperti terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 3, menunjukkan penambahan mineral asbuton pada tanah asli mempunyai kecenderungan menurunkan nilai Indeks Plastisitas (PI). Penurunan nilai PI terbesar terjadi pada penambahan mineral asbuton 3% yaitu sebesar 32 %. Indeks plastisitas adalah batas cair dikurangi batas plastis, hubungan tersebut menunjukkan bahwa nilai PI sangat tergantung pada nilai batas cair dan batas plastis. Penambahan persentase mineral asbuton dapat menurunkan nilai batas cair dan menaikkan batas plastis, sehingga nilai PI akan menurun. Nilai PI ini sangat menentukan klasifikasi potensi pengembangan tanah. Semakin besar nilai PI dari campuran tanah dan mineral asbuton, akan semakin besar potensi pengembangan tanah tersebut. Semakin menurun nilai PI dari campuran tanah dan mineral asbuton maka potensi pengembangan akan semakin berkurang.



Gambar 2. Pengaruh mineral asbuton pada berat jenis



Gambar 3. Pengaruh mineral asbuton pada nilai indeks plastisitas (PI)

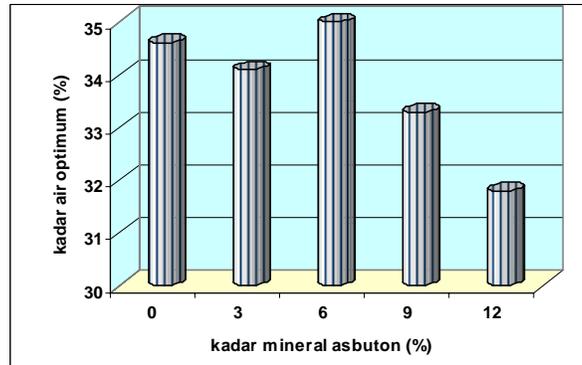
Pengaruh Mineral Asbuton terhadap Kadar Air Optimum dan Kepadatan Kering Maksimum

Selain ditunjukkan pada Tabel 7, kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum hasil percobaan pemadatan proctor standar ditunjukkan juga pada Gambar 4 dan Gambar 5.

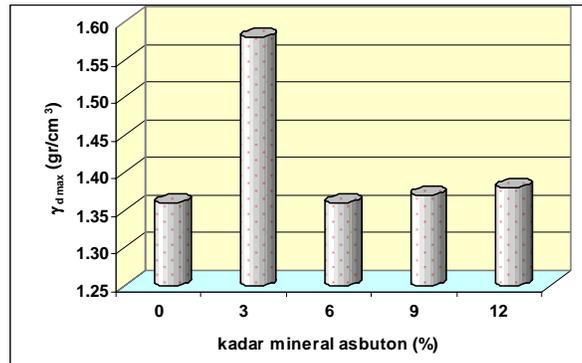
Pada Gambar 4 dan Gambar 5 terlihat bahwa pengaruh penambahan mineral asbuton terhadap tanah asli mempunyai kecenderungan menurunkan kadar air optimum dan menaikkan kepadatan kering maksimum tanah. Hal ini disebabkan karena terjadinya pengecilan rongga-rongga antara partikel campuran tanah akibat pemadatan. Pengecilan rongga yang terjadi

menyebabkan berkurangnya pori-pori tanah yang dapat diisi air, sehingga akan terjadi penurunan kadar air optimum. Penambahan mineral asbuton sebesar 12% terhadap tanah asli memberikan penurunan nilai kadar air optimum

yang terbesar, yaitu sebesar 8 %. Sedangkan pengaruh penambahan mineral asbuton terhadap kepadatan kering maksimum terbesar terjadi pada penambahan mineral asbuton 3%, yaitu peningkatan sebesar 16%.



Gambar 4. Pengaruh mineral asbuton terhadap kadar air optimum



Gambar 5. Pengaruh mineral asbuton dan terhadap kepadatan kering maksimum

Pengaruh Mineral Asbuton terhadap Nilai CBR Rendaman (*Soaked*)

Pengaruh penambahan mineral asbuton terhadap nilai CBR yang direndam selama 4 hari diperlihatkan pada Tabel 8 dan Gambar 6. Terlihat kecenderungan adanya peningkatan nilai CBR seiring dengan bertambahnya persentase mineral asbuton. Hal ini disebabkan karena terjadinya sementasi akibat penambahan mineral asbuton, sehingga terjadi penggumpalan yang akan meningkatkan daya ikat antar butiran, dan akhirnya akan meningkatkan kemampuan saling mengunci (*interlocking*) antar butiran. Rongga-rongga pori yang telah ada akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga akan menghasilkan campuran yang lebih tahan terhadap perubahan bentuk akibat pengaruh air.

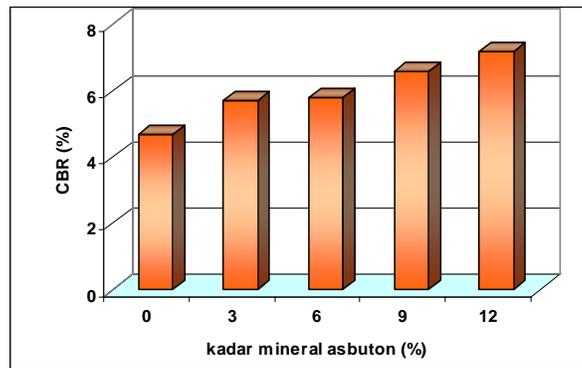
Penambahan 12% mineral asbuton akan meningkatkan sekitar 53% terhadap nilai CBR tanah asli. Dengan kecenderungan tersebut, ada kemungkinan bahwa tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan, semakin lama akan semakin kuat.

Pengaruh Mineral Asbuton terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (UCS)

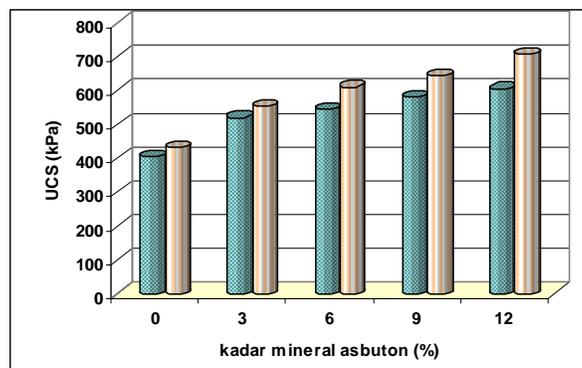
Hasil pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength*, UCS) pada umur 7 hari dan 28 hari diperlihatkan pada Tabel 9 dan Gambar 7. Kecenderungan kuat tekan bebas tanah akibat penggunaan mineral asbuton adalah mirip dengan kecenderungan nilai CBR, yaitu nilai UCS akan meningkat seiring dengan prosentase penambahan mineral asbuton.

Pengaruh pemeraman pada nilai kuat tekan bebas mengalami peningkatan sejalan dengan bertambahnya umur pemeraman yaitu pada umur 7 hari dan 28 hari. Peningkatan pada penambahan 12% mineral asbuton untuk pemeraman 7 dan 12 hari adalah sebesar 49% dan 63% terhadap tanah asli.

Berdasarkan uraian tersebut, maka stabilisasi tanah asli dengan penggunaan mineral asbuton 12% memenuhi persyaratan untuk lapis pondasi bawah, yaitu hasil uji kuat tekan bebas adalah 605 kPa pada umur 7 hari, sedangkan nilai kuat tekan bebas yang dipersyaratkan sebesar minimal 600 kPa atau 6 kg/cm².



Gambar 6. Pengaruh mineral asbuton terhadap nilai CBR soaked



Gambar 7. Pengaruh mineral asbuton pada nilai UCS

KESIMPULAN

Sesuai pembahasan yang telah diuraikan di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Unsur kimia yang dominan dari tanah asli adalah SiO_2 , sedangkan mineral asbuton adalah CaO .
2. Penambahan mineral asbuton pada tanah asli (lempung) dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah asli tersebut.
3. Penambahan mineral asbuton terhadap nilai CBR soaked pada stabilisasi tanah mempunyai kecenderungan yang semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya prosentase penggunaan

mineral asbuton tersebut. Penggunaan 12% mineral asbuton akan meningkatkan nilai CBR sekitar 53% terhadap CBR tanah asli.

4. Peningkatan nilai kekuatan tanah (UCS) untuk mineral asbuton pada campuran, terjadi pada umur 7 hari dan 28 hari, yaitu peningkatan sekitar 49% dan 63% dari nilai UCS tanah aslinya.
5. Penambahan 12% mineral asbuton pada stabilisasi tanah dari Tanjungsari dapat memenuhi persyaratan untuk penggunaan hasil campuran tersebut sebagai lapis pondasi bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- AUSTROAD, 1998, "*Guide to Stabilization in Road Works*", Austroad Publication No.AP-60/98, Sydney.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1996, "*Spesifikasi Kapur Untuk Stabilisasi Tanah*", SNI 03-4147-1996, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 1998, "*Tata Cara Pembuatan Rencana Stabilisasi Tanah dengan Kapur Untuk Jalari*", SNI 03-3437-1994, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- INGLES, O. G. and METCALF, J. B., (1972), "*Soil Stabilization-Principles and Practice*", Butterworths, Australia