



PERTIMBANGAN PADA LAPISAN PONDASI UNTUK PERKERASAN KAKU

Furqon Affandi

RINGKASAN

Pondasi pada perkerasan kaku mempunyai pengaruh yang penting pada masa pelayanan konstruksi tersebut, walaupun secara umum lapisan pondasi pada perkerasan kaku ini bukan ditujukan untuk menaikkan daya dukung dari lapisan tersebut.

Hal penting yang harus dipertimbangkan dari lapisan pondasi ini ialah untuk mencegah pumping yang mungkin terjadi, sehingga diperlukan bahan yang dapat "meloloskan air" atau bahan yang tahan terhadap erosi air atau pumping.

Tulisan ini membahas persyaratan bahan dan gradasi untuk agregat lepas (unbound material) yang dipergunakan pada lapis pondasi pada perkerasan kaku serta cara penggunaannya pada konstruksi perkerasan itu sendiri.

SUMMARY

Pondasi pada perkerasan kaku mempunyai pengaruh yang penting pada masa pelayanan konstruksi tersebut, walaupun secara umum lapisan pondasi pada perkerasan kaku ini bukan ditujukan untuk menaikkan daya dukung dari lapisan tersebut.

Hal penting yang harus dipertimbangkan dari lapisan pondasi ini ialah untuk mencegah pumping yang mungkin terjadi, sehingga diperlukan bahan yang dapat "meloloskan air" atau bahan yang tahan terhadap erosi air atau pumping.

Tulisan ini membahas persyaratan bahan dan gradasi untuk agregat lepas (unbound material) yang dipergunakan pada lapis pondasi pada perkerasan kaku serta cara penggunaannya pada konstruksi perkerasan itu sendiri.

I. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan secara garis besar dapat dibedakan atas dua macam, yaitu perkerasan lentur (beraspal) dan perkerasan kaku atau beton semen. Kedua perkerasan ini pada dasarnya memerlukan lapisan pondasi yang bisa terbuat dari berbagai jenis dan komposisi material. Walaupun perkerasan kaku mempunyai pelat beton dengan tebal dan mutu yang cukup tinggi, namun lapis pondasinya tetap memerlukan perhatian pula.

Lapis pondasi ialah lapis perkerasan yang terletak antara pelat beton dengan lapisan tanah dasar, yang bisa terbuat dari batu pecah, bahan berbutir yang distabilisasi dengan semen, beton kurus atau campuran agregat dengan aspal dalam berbagai tipe.

Fungsi dari lapisan pondasi tergantung pada jenis perkerasannya, dimana pada perkerasan kaku fungsi dari lapisan pondasi ialah untuk :

- Mencegah pumping
- Sebagai lapisan drainase
- Mencegah perubahan volume dari tanah dasar dan
- Sebagai lantai kerja pada pelaksanaan

Untuk Mencegah *pumping* lapisan pondasi harus bersifat dapat mengalirkan air atau tahan terhadap pengaruh erosi akibat air. Untuk menyediakan sifat pengaliran air yang baik, maka lapisan pondasi mungkin bergradasi baik atau tidak, tetapi harus mengandung sedikit atau tidak mengandung material halus.

Bahan pondasi bisa juga tidak perlu bisa mengalirkan air dengan baik guna mendapatkan daya dukung yang memadai, namun bahan tersebut harus bergradasi baik dan mempunyai ketahanan yang baik pula terhadap deformasi akibat beban berulang. Agar bahan tersebut tahan terhadap deformasi, seringkali bahan tersebut harus distabilisasi dengan semen atau aspal.

II. LAPIS PONDASI PERKERASAN JALAN

2.1 Lapisan pondasi untuk perkerasan kaku

Beberapa bahan lapisan pondasi banyak dipengaruhi oleh masalah *pumping* yang sering terjadi pada lapisan tanah dasar yang bersifat plastis. *Pumping* yang terjadi pada lapis pondasi berbutir sama dengan yang terjadi pada tanah yang berbutir halus. Awalnya terjadi rongga yang diakibatkan oleh pembebanan berulang pada lapisan pondasi. Rongga ini bisa diakibatkan oleh kerena pemadatan yang tidak sempurna pada lapisan pondasi dan atau lapisan tanah dasar, atau terlalu banyaknya butiran halus pada lapisan pondasi yang akan menyebabkan deformasi permanen pada bagian atas dari lapisan pondasi ini. Selanjutnya air akan masuk ke dalam rongga tersebut, dan jika material tersebut bersifat gradasi rapat, maka air tersebut akan tetap diatas lapisan pondasi yang mengalami deformasi tersebut, sampai akhirnya akan keluar akibat lendutan dari pelat. Tetapi jika bahan lapisan pondasi tersebut adalah bersifat gradasi terbuka, maka air itu akan terus mengalir, sehingga *pumping* tidak akan terjadi.

Lapisan pondasi yang mudah sekali mengalami *pumping*, selanjutnya akan mengakibatkan kerusakan struktur pada perkerasan. Hal ini biasanya adalah karena bahan tersebut bergrasi jelek sekali dan terlalu banyak mengandung bahan halus. Pengaruh butiran halus dari berbagai jenis material lapis pondasi terhadap pengaruh air *pumping* yang dihasilkan nya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Pengaruh distribusi ukuran agregat terhadap *pumping* dari berbagai macam tipe material lapis pondasi

Tipe pondasi	Prosentase material halus lolos No 200		
	Tidak ada <i>pumping</i>	Air <i>pumping</i> jernih	Material berbutir keluar dari tepi perkerasan
Gravel	7	12	12
Batu pecah	10	14	16
Pasir	17	19	19

Dari berbagai tempat sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1, bahwa *pumping* itu terjadi bila prosentase bahan halus lolos saringan no. 200 antara 3 dan 4 % dari bahan yang tidak mengalami *pumping*. Selanjutnya pengalaman di beberapa tempat, menunjukkan bahwa ketinggian muka air tanah tidak terlalu berpengaruh terhadap *pumping* dari lapisan pondasi jalan tersebut. Bahan yang distabilisasi dengan semen dengan perencanaan yang baik secara umum memberikan kinerja yang cukup memuaskan terhadap pengaruh *pumping*.

2.2 Tipe gradasi lapis pondasi

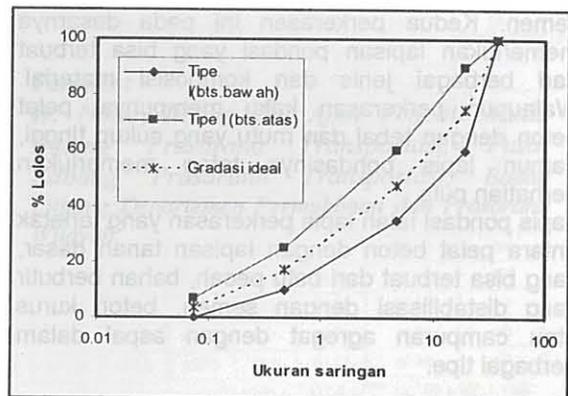
Lapisan pondasi seringkali dipergunakan pada perkerasan kaku untuk jalan raya, dimana pemilihan tipe pondasi pada umumnya tergantung pada lokasi dan faktor ekonomis dimana proyek pembangunan jalan tersebut akan dilaksanakan. Fungsi utama dari lapisan pondasi pada perkerasan kaku ialah untuk mencegah *pumping*, karenanya harus bersifat dapat mengalirkan air atau mempunyai ketahanan yang sangat kuat terhadap erosi akibat pengaruh air.

Agar pengaliran air pada lapisan pondasi dapat berjalan dengan baik, maka jumlah material halus harus sangat sedikit, atau disisi lain lapisan pondasi dengan gradasi rapat dapat digunakan asal dapat diyakini mempunyai ketahanan terhadap erosi akibat air yang cukup baik.

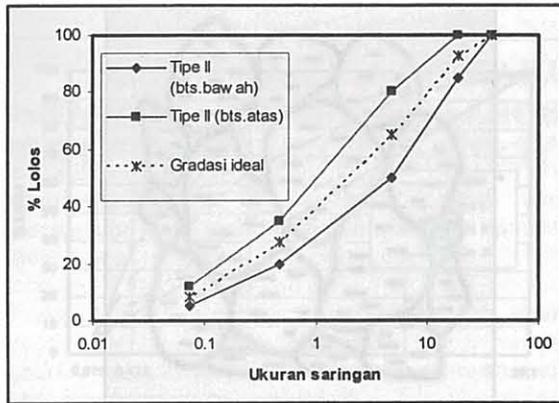
Berikut ini disajikan persyaratan dari beberapa jenis lapisan pondasi untuk perkerasan kaku, sebagaimana terlihat pada Tabel 2 dan kurva gradasinya diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 2.
Persyaratan bahan lapis pondasi untuk perkerasan kaku

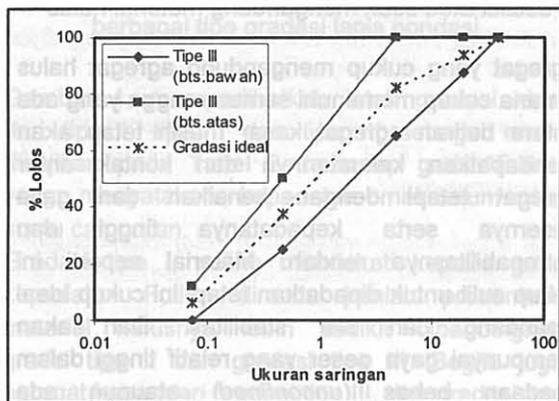
Spesifikasi	Tipe I Gradasi Terbuka	Tipe II Gradasi rapat	Tipe III Granular
Analisa saringan % lolos			
1 1/2 "	100	100	100
3/4 "	60 – 90	85 – 100	-
No 4	35 – 60	50 – 80	65 – 100
No 40	10 – 25	20 – 35	25 – 50
No 200	0 – 7	5 – 12	0 – 15
Sifat sifat tanah			
Liquid limit	25 max	25 max	25 max
Plastisitas Index	N.P	N.P	6 max



(a) gradasi terbuka (tipe I)



(b) gradasi rapat (tipe II)



(c) gradasi rapat (tipe III)

Gambar 1. Gradasi dari beberapa tipe lapisan pondasi untuk perkerasan kaku

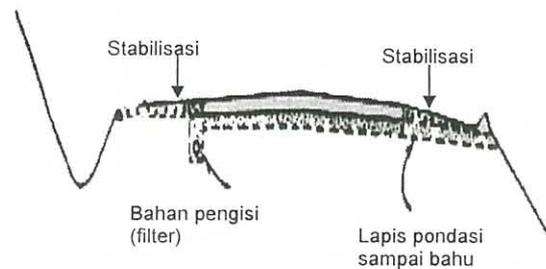
Lapisan pondasi dari bahan granular yang tidak distabilisasi dan diletakkan dibawah pelat perkerasan guna mengontrol *pumping*, harus harus memenuhi dua tuntutan, yaitu harus mencegah tanah dasar dari masalah *pumping* yang melewati lapis pondasi, serta dirinya sendiri harus tahan terhadap *pumping*. Agar bahan ini lebih tahan terhadap *pumping*, maka bahan tersebut harus sedikit sekali atau tidak mengandung material halus yang lolos saringan no 200 dan harus lebih bersifat terbuka dari pada material yang mengarah kepada sifat yang mempunyai kepadatan maksimum.

Jika tipe gradasi yang dipilih untuk lapisan pondasi perkerasan kaku ialah yang bersifat gradasi terbuka (*open graded*), maka harus dilengkapi dengan fasilitas drainase sehingga air dapat meninggalkan bagian bawah lapisan perkerasan. Hal ini dapat dilakukan dengan memperlebar lapisan pondasi sampai ke bagian luar bahu jalan, atau menyiapkan saluran tepi tergantung pada keadaan setempat dan pertimbangan masalah ekonomisnya, sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 2.

Untuk kepentingan ketahanan terhadap *pumping* sendiri, tebal lapis pondasi cukup antara 7,5 cm sampai 15 cm saja, namun lapisan pondasi yang terlalu tipis akan menghasilkan kinerja yang kurang baik, dikarenakan sangat sulit pada waktu pelaksanaan. Bilamana tipe gradasi terbuka digunakan sebagai lapis pondasi pada perkerasan kaku, maka perlu dibuatkan lapisan perata (*leveling course*) di atasnya sebelum penempatan pelat betonnya sendiri.

Secara umum penggunaan jenis lapis pondasi berdasarkan beban lalu lintas untuk perkerasan kaku, dapat dibedakan sebagai berikut :

- Untuk lalu lintas berat, disarankan untuk menggunakan gradasi terbuka dan drainase, dimana tipikal drainase dapat dilihat pada Gambar 2. Jika untuk lalu lintas berat, bahan yang tersedia hanya gradasi rapat, maka lapis pondasi yang dipergunakan hendaknya yang distabilisasi.
- Untuk lalu lintas rendah, lapis pondasi dengan gradasi rapat bisa dipergunakan.



Gambar 2. Tipikal pemasangan lapis pondasi untuk jalan raya

Bilamana ada keraguan mengenai penggunaan hal tersebut, maka sebaiknya lapisan pondasi dengan gradasi terbuka serta dilengkapi dengan sistim drainase yang dipilih. Yang dimaksud dengan gradasi terbuka disini ialah lapisan pondasi yang bisa dilewati air untuk segala macam kondisi. Minimum koefisien permeabilitas dari lapisan pondasi ini ialah 310 m per hari dengan syarat bahwa sistim drainase dipasang pada perkerasan tersebut.

Penggunaan bahan lapis pondasi yang bisa dirembesi (*permeable*) air, dengan pemasangan drainase bawah tanah (*subdrain*) sangat disarankan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang berat.

Pada saat pelaksanaan lapis pondasi dilapangan, lapisan filter harus dipasang antara lapisan gradasi terbuka dengan lapisan tanah dasar untuk mencegah intrusi kedalam lapisan gradasi terbuka. Intrusi dari lapisan tanah dasar ke lapisan gradasi terbuka sangat kritis khususnya pada masa pelaksanaan.

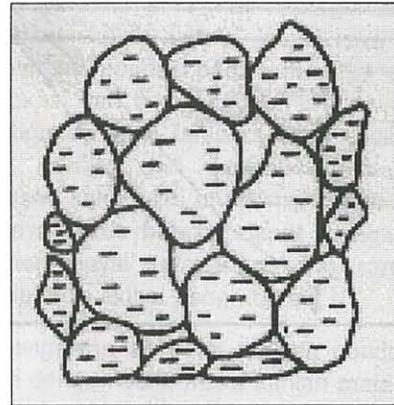
Hal lain yang perlu mendapat perhatian ialah mengenai bahu jalan, karenanya perencanaan dan pemeliharaan bahu jalan sangat harus diperhatikan. Bahu jalan yang tidak dipelihara atau pemeliharaannya kurang sempurna akan menghasilkan infiltrasi yang parah dari aliran air permukaan pada bagian tepi dari perkerasan dan selanjutnya akan mengurangi daya dukung lapisan tanah dasar, dan kemudian terjadi *pumping*. Bahu yang diperkeras atau yang distabilisasi direkomendasikan untuk kestabilan perkerasan dan juga untuk menyiapkan lahan yang stabil untuk parkir atau perbaikan kendaraan. Penggunaan bahu jalan yang diperkeras atau distabilisasi tentunya harus mempertimbangkan masalah biaya. Bahu dari beton sangat menguntungkan karena bisa mengurangi lendutan perkerasan yang selanjutnya akan mengurangi kerusakan perkerasan itu sendiri. Bahu yang terbuat dari beton bisa lebih tipis dari tebal pelat perkerasannya dan harus diikatkan kepada pelat beton yang merupakan bagian perkerasan tersebut.

2.3 Sifat sifat umum dari campuran agregat tanpa stabilisasi

2.3.1 Kepadatan dan stabilitas

Stabilitas dari campuran antara agregat kasar dan butiran halus tergantung pada distribusi ukuran butir, bentuk partikel, gesekan dan kohesi. Material berbutir direncanakan untuk mencapai stabilitas maksimum hendaknya memiliki gesekan yang tinggi untuk menahan deformasi akibat beban. Tahanan gesek dan tahanan geser tergantung pada kepadatan, bentuk partikel, dan distribusi ukuran material. Dari faktor faktor tersebut, distribusi ukuran agregat, khususnya proporsi dari agregat halus terhadap agregat kasar dipandang merupakan faktor yang sangat penting.

Agregat yang hanya mengandung sedikit atau tidak mengandung material halus sebagai mana terlihat pada Gambar 3 mendapatkan stabilitasnya dari kontak antar agregat. Suatu agregat yang tidak mengandung agregat halus (lolos saringan no. 200) biasanya mempunyai kepadatan yang rendah, namun dapat meloloskan air (tidak kedap). Namun material seperti ini sulit ditangani pada waktu pelaksanaan sebab secara alami tidak mempunyai kohesi.



Gambar 3. Agregat yang hanya mengandung sedikit atau tidak mengandung material halus

Agregat yang cukup mengandung agregat halus dimana cukup memenuhi semua rongga yang ada antara butiran agregat kasar masih tetap akan mendapatkan kekuatannya dari kontak antar agregat tetapi dengan kenaikan dari gaya gesernya serta kepadatannya tinggi dan permeabilitasnya rendah. Material seperti ini cukup sulit untuk dipadatkan tetapi ini cukup ideal dipandang dari sisi stabilitas. Dan akan mempunyai gaya geser yang relatif tinggi dalam keadaan bebas (*unconfined*) ataupun ada tahanan disekelilingnya (*confined*).

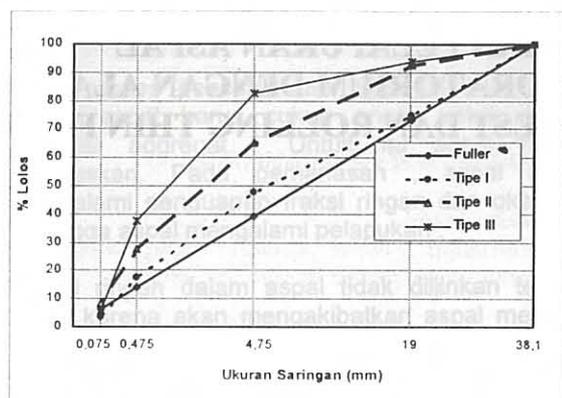
Distribusi ukuran butir dari suatu material dapat direpresentasikan dengan persamaan 1,

$$p = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^n \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- d = menyatakan ukuran saringan yang dicari presentase lolosnya
- D = ukuran maksimum agregat
- p = prosentase lolos dari material pada saringan dengan ukuran d

Maksimum kepadatan dicapai bila nilai n sama dengan 0,5. Ini akan menghasilkan prosentase material yang lolos saringan no 200 sekitar 6,5 % untuk ukuran agregat maksimumnya 19,5 mm.



Gambar 4. Gradasi Fuller dan gradasi ideal dari berbagai tipe gradasi lapis pondasi

Gambar 4, memperlihatkan letak gradasi ideal dari tipe I, tipe II dan tipe III sebagai mana disajikan pada Tabel 2, terhadap garis "Fuller" yang menyatakan kepadatan maksimum dari suatu campuran.

Gradasi tipe I, paling mendekati kepada garis kepadatan Fuller, dimana jumlah prosentase material halus nya lebih sedikit dibandingkan gradasi tipe II dan gradasi tipe III. Begitu juga agregat kasar dari gradasi tipe III, dan gradasi tipe II, lebih sedikit dibandingkan gradasi tipe I.

2.3.2 Pengaruh partikel pecah dan plastisitas

Pengujian laboratorium dan lapangan menunjukkan bahwa partikel pecah secara umum lebih stabil daripada material yang bulat, hal ini disebabkan adanya penambahan saling kunci antar agregat. Selanjutnya, untuk satu gradasi tertentu dan batu pecah juga memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi dan selanjutnya lebih mudah melakukan "pengaliran" air. Umumnya spesifikasi menuntut bahwa material untuk lapis pondasi memiliki jumlah prosentase minimum batu pecah. Kinerja dari bahan dengan batu pecah menunjukkan kinerja yang baik, sehingga umumnya sangat disukai.

Pengaruh dari bahan halus atau tanah yang bersifat mengikat mempunyai pengaruh yang besar terhadap stabilitas, khususnya bila kontak antara agregat kasar terganggu. Pengaruh plastisitas tergantung pada jumlah material halus dalam campuran. Untuk campuran dengan jumlah material halus yang sedikit, plastisitas mempunyai pengaruh yang kecil.

III. KESIMPULAN

1. Persyaratan yang diperlukan pada suatu lapis pondasi tidak dapat diberlakukan secara umum. Karena itu hal yang perlu kita ingat ialah, maksud dari lapisan pondasi tersebut dan faktor faktor yang mempengaruhinya. Bila hal ini telah kita lakukan, maka sangat memungkinkan penggunaan berbagai bahan yang akan memenuhi keinginan akhir yang disyaratkan. Hal yang perlu mendapat perhatian ialah gradasi serta batasan plastisitas material tersebut.
2. Untuk lapis pondasi perkerasan kaku batas minimum dari prosentase agregat halus harus ditetapkan, dimana jumlah pastinya tergantung pada ukuran agregat maksimumnya. Bahan tersebut harus memenuhi sifat gradasi terbuka dimana rongganya cukup dan terjadi kontak antara agregat kasar, sehingga pada beberapa bahan gravel perlu melalui pemecahan terlebih dahulu dengan menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*).
3. Pemasangan lapisan pondasi yang menerus sampai ke bahu jalan, dan dapat "mengalirkan air" serta pemasangan sistem drainase sangat disarankan, khususnya untuk jalan yang dilewati lalu lintas berat.
4. Stabilitas dari lapis pondasi tergantung pada kepadatan, sehingga pemadatan yang memadai perlu dilakukan. Tuntutan kepadatan lapis pondasi untuk perkerasan kaku sedikit lebih longgar dari lapis pondasi untuk perkerasan lentur. Keseragaman komposisi serta keseragaman kepadatan merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan pada lapis pondasi perkerasan kaku.

DAFTAR PUSTAKA

1. Department of Scientific and Industrial Research, Road Research Laboratory; Concrete Roads, Design and Construction.
2. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah; Pelaksanaan perkerasan jalan beton semen.
3. U.S. ARMY Engineer School – Fort Belvoir, Virginia; Concrete and Rigid Pavements, Section III.
4. Yoder & Witczak; Principles of Pavement Design

Penulis :

DR. Ir. Furqon Affandi, MSc. Ahli Peneliti Madya, serta Kepala Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Pada Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang Departemen Kimpraswil.