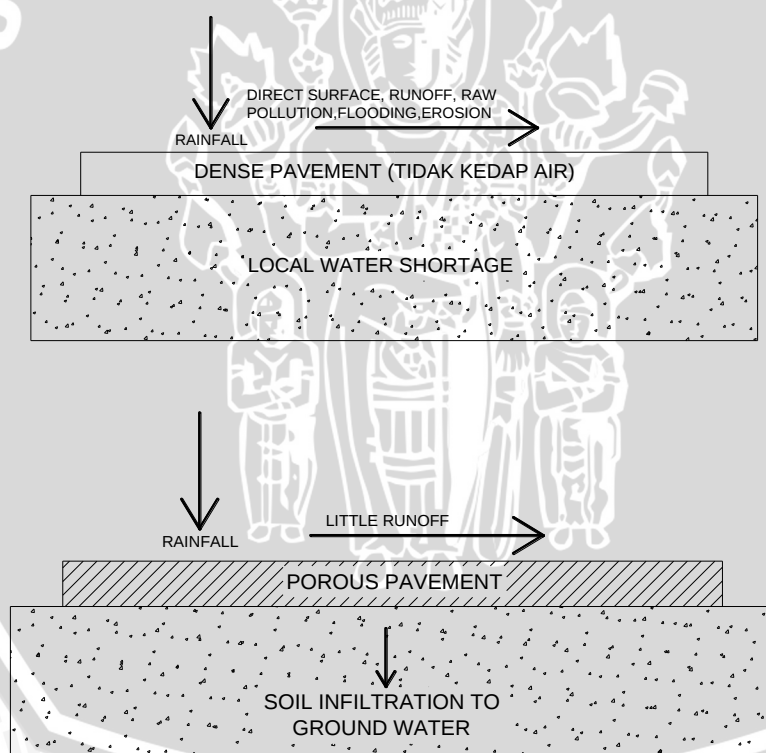


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Porous pavement*

Porous pavement (Perkerasan Tembus Air) adalah perkerasan yang dibuat dengan menggunakan material yang memungkinkan terjadinya perembesan aliran air ke dalam lapisan tanah di bawahnya. *Porous pavement* merupakan perkerasan yang dibuat dengan memberikan ruang kosong untuk aliran air dan udara (Ferguson, 2005). Ini merupakan cara yang paling radikal dan yang paling cepat berkembang untuk mengembalikan sebagian besar lingkungan perkotaan. seperti ditunjukkan pada **gambar 2.1**, *porous pavement* menghasilkan limpasan air hujan lebih sedikit dibandingkan perkerasan konvensional (Maria Cahill, 2008).



Gambar 2.1 Pengaruh hidrologi perkerasan kaku dan perkerasan porous.

Sumber : K. Ferguson (2005)

Dari segi ekonomi, penggunaan *porous pavement* akan mengurangi biaya drainase karena penggunaan *porous pavement* akan mengalirkan air ke permukaan tanah tanpa perlu saluran drainase dengan ukuran yang besar.

Keuntungan lain yang didapatkan dari penggunaan perkerasan tembus air menurut buku *Landscape Architect Second Edition* antara lain:

1. Menghadirkan tingkat pengisian kembali air tanah (cadangan air tanah) yang lebih tinggi
2. Mengontrol tingkat maupun volume aliran air di permukaan dengan daya resap permukaan serta mengurangi genangan air di permukaan.
3. Mengurangi potensi terjadinya erosi atau pengikisan tanah akibat aliran air di permukaan.
4. Mengurangi vegetasi yang ada dengan menjaga tingkat kelembapan tanah serta mendukung pembuangan/ pembersihan polutan pada tanah.
5. Mengurangi biaya konstruksi karena tidak diperlukan pengadaan infrastruktur seperti piao, parit, atau saluran khusus untuk mengalirkan air permukaan.

Sedangkan untuk kekurangan yang ditimbulkan oleh perkerasan tembus air ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaannya terbatas hanya pada area yang daya resap airnya baik, (daya resap hanya tergantung pada jenis tanah)
2. Memerlukan pemeliharaan yang lebih sering, terutama pada celah atau void-nya agar tidak tersumbat oleh kotoran
3. Tidak dianjurkan digunakan pada area dengan polusi tanah yang tinggi karena dikhawatirkan akan terjadi penumpukan zat pada celah perkerasan. Selain itu, kemungkinan terjadi pengumpulan penyumbatan oleh kotoran atau zat-zat limbah pada rongga conblok atau pada celah diantara material (Harris dan Nicholas, 1998).

Porous pavement cocok untuk tempat parkir, jalur berjalan, trotoar, taman bermain, plaza, lapangan tenis, dan kegunaan sejenis lainnya. Jika dibangun dengan benar dan diperlihara dengan baik, *porous pavement* memiliki rentang hidup yang signifikan dan dapat berfungsi hingga 20 tahun (BMPs section 6 p.204). Berdasarkan material yang digunakan dan cara pemasangnya, *porous pavement* dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu :

1. Tipe *infiltration*, yaitu air permukaan merembes secara langsung ke dalam tanah melalui celah antara unit paving. Tipe ini merupakan tipe *porous pavement* yang

banyak di jumpai. Celah antar material ini diisi penuh atau tidak penuh dengan material yang tembus air seperti pasir atau rumput. Material *paving* yang digunakan dapat berupa unit material yang kedap air maupun material yang tembus air.

2. Tipe *porous*, yaitu air permukaan yang merembes ke dalam perkerasan jalan melalui permukaan unit paving itu sendiri. Unit paving dapat dipasang rapat tanpa jarak antara dan material paving yang digunakan harus merupakan material yang berpori dan tembus air.

2.2 Komponen *Porous pavement*

Porous pavement memiliki beberapa lapisan, hampir sama dengan perkerasan lentur, terdapat lapisan permukaan atas, lapisan pondasi dan lapisan tanah asli. Material dan bentuknya harus di pilih sesuai dengan kebutuhan masing masing pekerjaan. Material yang digunakan pada *porous pavement* pada dasarnya hampir mirip dengan material perkerasan kedap air. Hanya saja material tersebut telah didesain atau direkayasa secara khusus sehingga memiliki kemampuan untuk meresapkan air.

2.2.1 Lapisan permukaan atas

Ada empat macam material lapisan permukaan atas perkerasan porous, masing masing memiliki biaya, metode pemasangan, tingkat kinerja, persyaratan pemeliharaan, keuntungan dan kerugian yang berbeda beda, berikut sebagai contoh:

1. Tanah berumput, penggunaanya paling banyak dijumpai. Menghadirkan permukaan yang tampak seperti padang rumput biasa dan jika dipasang secara baik dapat digunakan sebagai perkerasan untuk menanggung beban lalu lintas yang cukup berat seperti lahan parkir.
2. *Open-jointed block*, merupakan unit balok *paving* beton atau *conblok* yang memiliki rongga sebagai tempat mengalirnya air. Penggunaanya dapat divariasikan dengan penamaan rumput dan memberikan tekstur arsitektural yang lebih indah.
3. *Porous concrete*, merupakan beton yang hanya memakai sedikit pasir sebagai campuranya sehingga menimbulkan rongga sehingga dapat mengalirkan air kedalam tanah
4. Teknologi *Porous asphalt* merupakan aspal yang tidak menggunakan agregat halus untuk menimbulkan rongga sehingga dapat mengalirkan air ke dalam tanah.

Lapisan permukaan atas langsung menerima beban lalu lintas dan mengalami efek abrasi akibat lalu lintas. Lapisan permukaan dibuat dengan bahan khusus dan relatif

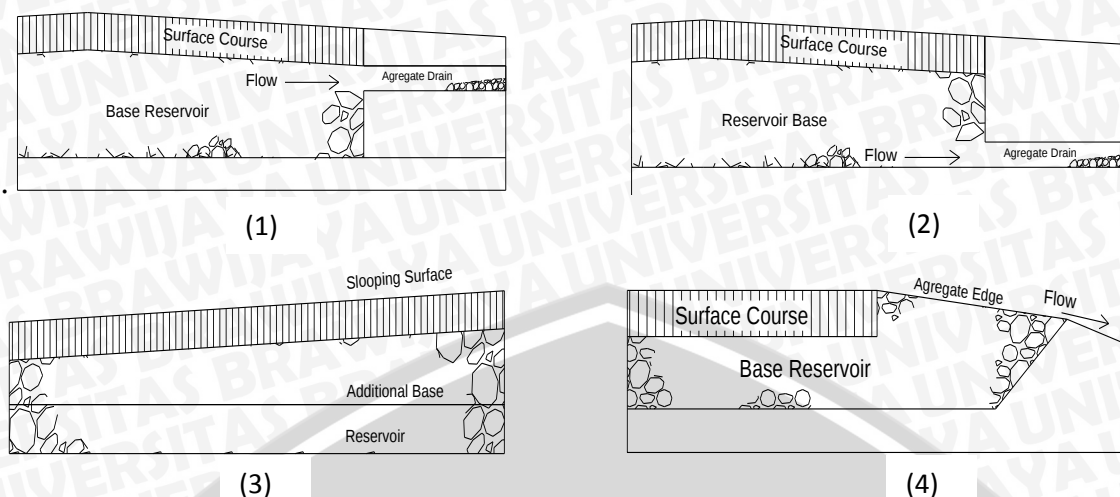
mahal untuk menahan abrasi dan memberikan kualitas penampilan dan aksesibilitas yang baik. Sangat penting untuk memilih tipe perkerasan yang tepat. Lokasi pembangunan harus dianalisis secara rinci untuk mendapatkan bahan perkerasan yang optimal dan dapat digunakan. Setiap lapisan harus dioptimalkan untuk melayani fungsi jalan dan struktur secara keseluruhan yang akan dibangun dengan biaya paling memungkinkan.

2.2.2 *Subbase / Reservoir Course pada Porous Pavement*

Dalam rekayasa jalan raya, *subbase* merupakan lapisan material agregat yang diletakkan pada tanah dasar. Berfungsi untuk menyebarkan beban merata di atas tanah dasar, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas tinggi dan pelaksanaan konstruksi harus dilakukan secara cermat. Bahan yang digunakan dapat berupa batu pecah, batu kapur, ataupun material lain yang memiliki ketahanan material yang tinggi.

Dalam struktur *porous pavement*, lapisan *subbase* bisa juga disebut lapisan *reservoir*. Disebut demikian karena fungsi utamanya selain untuk menahan beban jalan, tapi juga digunakan untuk tempat mengalirnya air dari permukaan atas jalan hingga tanah asli paling bawah (Ferguson, 2005). Saat air berinfiltrasi kedalam tanah, limpasan air akan berkurang, selain itu juga dapat mempertahankan akuifer air tanah. Selain itu, lapisan *reservoir* juga berfungsi untuk menyimpan air sebelum mengalir menuju pipa drainase atau kedalam tanah. Volume penyimpanan air merupakan pori-pori udara antara partikel-partikel agregat. Semakin besar volume pori udara, semakin besar volume air yang dapat ditampung. Secara umum, fungsi hidrologi dan struktural dari bahan perkerasan digabung menjadi suatu lapisan yang disebut lapisan *base reservoir*.

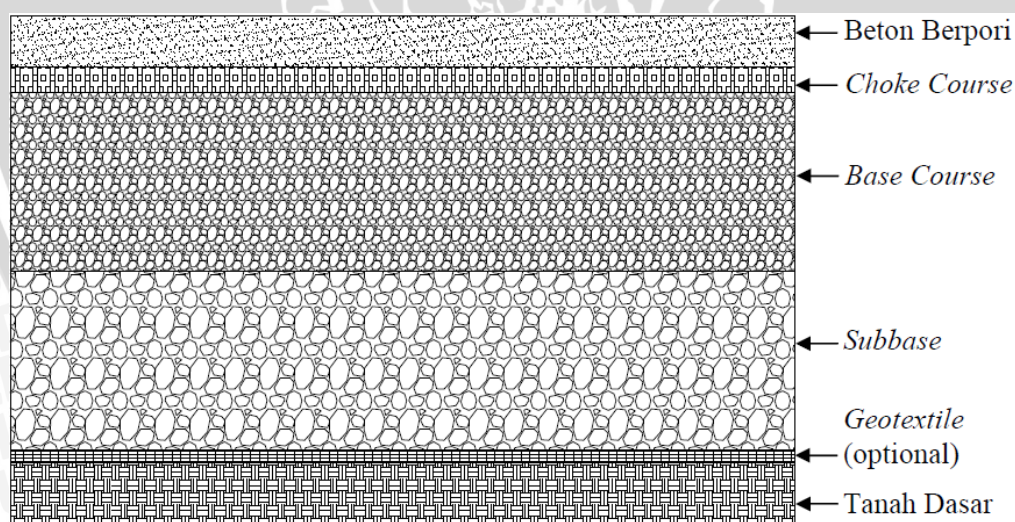
Lapisan *base reservoir* memberikan ketebalan perkerasan jalan dengan bahan yang relatif murah untuk menyebarkan beban lalu lintas. Jika perlu, *subbase* ditambahkan penebalan struktur perkerasan untuk menyimpan lebih banyak air sebelum dibuang ke pipa atau meresap ke tanah. **Gambar 2.2** menunjukkan beberapa variasi bentuk dari *reservoir*, *underlevel* dan permukaan perkerasan miring. Secara umum, perkerasan *porous pavement* dapat ditunjukkan pada **gambar 2.3**



Gambar 2.2 Gambar Berbagai macam bentuk lapisan *subbase reservoir*.

Sumber : K. Ferguson (2005)

Pada **gambar 2.2** (1) dan (2) air hujan yang jatuh dari atas selain diserap dan dialirkan kebawah juga dialirkan kesamping ke saluran drainase. Hal ini lebih memaksimalkan kerja dari *porous pavement* dalam pendistribusian air sendiri sehingga tidak ada limpasan air yang tergenang diatas jalan. **Gambar 2.2** (3) dan (4) menunjukkan air hanya dialirkan ketanah asli sehingga masih memungkinkan adanya limpasan akibat daya serap air yang tergantung pada kondisi tanah.



Gambar 2.3 Potongan Melintang Perkerasan *Porous*.

Sumber : BMP Manual (2004)

Pada **gambar 2.3** beton berpori atau yang biasa digunakan paving merupakan struktur paling atas dimana menerima beban langsung kendaraan. Lapisan *choke course* merupakan lapisan untuk memperat ikatan antara lapisan beton berpori dan *base course*.

Base course merupakan lapisan pondasi atas dimana terletak diantara lapisan pondasi bawah dan permukaan perkerasan jalan. *Subbase* merupakan lapisan pondasi bawah yang berfungsi untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. *Geotextile* pada **gambar 2.3** berfungsi sebagai tambahan jika diperlukan atau sifatnya tergantung kondisi tanah, jika kondisi dinilai cukup baik dan mampu menahan beban maka *geotextile* tidak perlu digunakan. Untuk lapisan bawah adalah tanah dasar yaitu tanah asli tempat perkerasan jalan tersebut dibuat.

2.3 Material Penyusun *Porous pavement*

Material penyusun komponen *porous pavement* harus di pilih sesuai dengan kebutuhan masing masing pekerjaan. Dilihat dari jenisnya, agregat untuk konstruksi jalan terdiri dari dua macam, yaitu : Asli, dalam bentuk pasir , kerikil, atau batu sungai. Buatan pabrik meliputi letusan bara api dan berbagai produk dari tanah lempung, atau batuan gunung. Dari **tabel 2.1** menunjukan gradasi dari standart ASTM sedangkan **tabel 2.2** menunjukan gradasi dari standart Bina Marga.

Tabel 2.1 Gradasi dan pemadatan lapisan *choker, filter dan reservoir*.

US Standart Sieve Size (Inches/mm)	Percent Passing (%)	
	Reservoir Course (AASHTO No. 3)	Reservoir Course (AASHTO No. 5)
6/150	-	-
2,5/64	100	-
2/50	90-100	100
1,5/37,5	35-70	90-100
1/25	0-15	20-55
0,75/19	-	0-10
0,5/12,5	0-5	0-5
3/8 /9,5	-	
#4/4,75	-	
% <i>Compaction</i>	95	95

Sumber : UNHSC (2009)

Tabel 2.2 Gradasi agregat standart Bina Marga

Susunan ayakan		Persentasi Lolos		
No	Bukaan (mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2"	38,1	-	100	-
1,5"	19	100	88 – 95	100
1"	9,5	79 – 85	70 – 85	-
3/8 "	4,75	44 – 48	30 – 65	51-75
No.4	2,36	29 – 44	25 – 55	-
No.10	1,18	17 – 30	15 – 40	-
No.40	0,425	7 – 17	8 – 20	18-36
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8	10-22

Sumber : Bina marga

Berbagai gradasi pada **tabel 2.1** dan **tabel 2.2** memiliki *range* masing masing yang dapat digunakan sebagai variasi benda uji. Material yang digunakan harus dibersihkan dulu dari debu dan partikel-partikel yang menempel di agregat kasar, supaya tidak berpotensi menghambat laju air. Material yang digunaan dibatasi hingga yang tertinggal disaringan nomer 4. Karena yang lolos saringan nomer 4 berupa butiran halus yang mengisi pori.

Tabel 2.3 Sifat sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat Sifat	Kelas A	Kelas B
Abrasi dari agregat kasar (SNI – 03 – 2417 - 1990)	0 – 40%	0- 40%
Indeks Plastisitas	0 – 6	0 – 10
Batas Cair (SNI 03 – 1967 – 1990)	0 – 25	0 – 25
CBR (SNI 03 – 1744 – 1989)	Min 90%	Min 60%

Sumber : Spesifikasi umum div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga

Material yang digunakan sebagai lapisan pondasi *porous pavement* harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Material harus memiliki kapasitas penyimpanan air yang memadai dan mampu mengalirkan air dalam jangka waktu tertentu tanpa terjadi erosi.
2. Material harus memiliki kekakuan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas.
3. Material harus mampu mengalirkan kotoran melewati perkerasan.

4. Material harus memenuhi kriteria penyaringan yang mencegah pergeseran antara base dan subbase serta subbase dengan tanah dasar.

2.4 Agregat

Pemilihan agregat untuk memenuhi kriteria material lapisan pondasi *porous pavement* harus dipilih dengan benar untuk mengurangi adanya resiko kerusakan sebelum umur rencana tercapai. Komposisi agregat yang baik akan menunjang infrastruktur jalan sesuai kriteria yang ditentukan. Telah dijelaskan bahwa agregat dapat berupa agregat alami seperti batu kali, kerikil dan pasir sedangkan untuk agregat buatan dapat berupa letusan bara api dan limbah baja.

2.4.1 Slag baja

Slag baja adalah batuan kasar berbentuk kubikal tidak teratur. Batuan ini terbentuk dari mineral-mineral yang digunakan sebagai pemurnian baja dari tanur tinggi. Batuan *slag* baja mempunyai kekerasan yang tinggi dan digabung dengan permukaan yang kasar menyebabkan batuan ini menguntungkan bila dipergunakan sebagai material perkerasan.

Pemrosesan *slag* baja adalah proses pelaburan baja yang mengakibatkan terbentuknya *slag* dibagian atas, kemudian *slag* dialirkan dan ditampung dalam *slag* pot pada kondisi cair. Dalam waktu 5 menit *slag* membeku. Agar terbentuk serpihan, *slag* yang terhampar disemprot dengan air. Perubahan suhu yang mendadak membuat *slag* pecah, kemudian *slag* yang berbentuk serpihan dimasukkan ke dalam *processing plant* agar menjadi granular.

Batuan *slag* baja lebih berat dari batu gunung. Permukaan *slag* yang kasar dan berlubang disebabkan terperangkapnya gas ketika *slag* panas mengalami proses pendinginan, bila *slag* terbelah karena proses pemecahan, maka kekerasan tidak hilang sampai butir terkecil sekalipun, karena agregat *slag* mempunyai kekerasan yang tinggi sehingga agregat *slag* baik untuk bahan perkerasan jalan.. *Slag* baja juga lebih tahan terhadap reaksi kimia dan perubahan suhu, karena logamnya telah dikeluarkan melalui pembakaran yang tinggi pada dapur tinggi lebih kurang 1600 °C (Yus Anshari, 1998).



Gambar 2.4 Slag Baja dari Industri Baja

2.4.2 Abu batu

Abu batu memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari *slag* baja. Abu batu merupakan hasil serpihan atau limbah pemecahan batu gunung atau batu kali yang biasa dilakukan oleh industri pemecah batu untuk agregat kasar. Penggunaan abu batu mulai dikesampingkan oleh para konsumen karena lebih memilih pasir sebagai agregat halus.

Abu batu berfungsi sebagai material pengisi rongga (*filler*) untuk memperkuat susunan material sehingga keutuhan material terjaga meskipun diberikan beban. Penggunaan material abu batu sebagai *filler* dapat meningkatkan daya dukung struktur perkerasan jalan. Partikel-partikelnya yang berukuran kecil akan mengurangi rongga yang terjadi akibat bervariasinya ukuran agregat kasar.



Gambar 2.5 Abu batu

2.5 Struktur Perkerasan

Pemilihan bahan perkerasan yang cocok untuk beban lalu lintas sangatlah diperlukan untuk menjaga kondisi perkerasan jalan. Kondisi perkerasan cenderung menurun dari waktu ke waktu dalam beberapa periode, perkerasan memerlukan semacam perawatan (Ferguson, 2005). Jika perkerasan jalan rusak sebelum waktunya

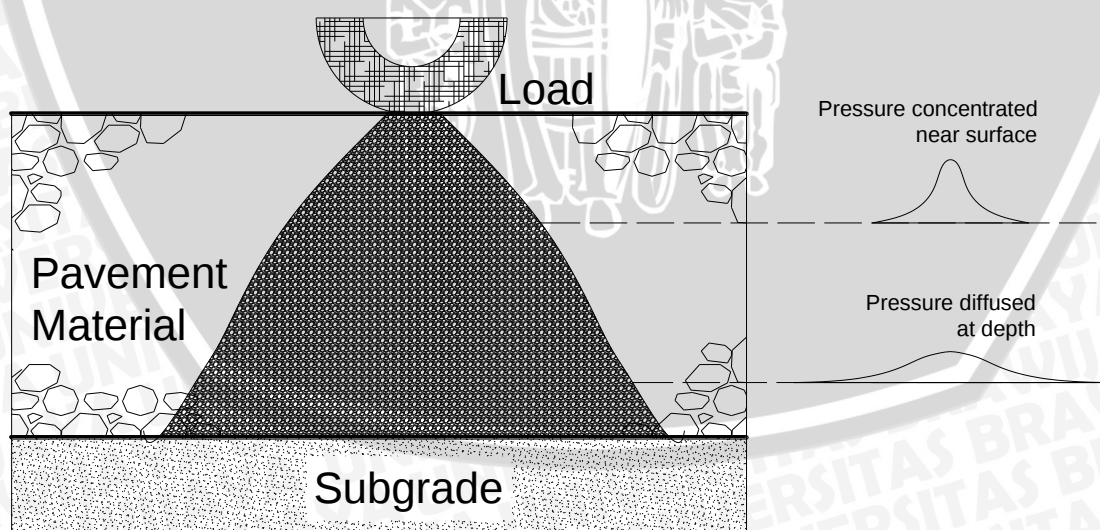
itu tidak akan menjadi bencana seperti runtuhnya bangunan tapi itu merupakan kerugian dan gangguan kepada masyarakat pengguna jalan. Tujuan desain struktur perkerasan adalah untuk menghasilkan sebuah struktur perkerasan yang akan mempertahankan kondisi seperti yang diinginkan untuk waktu yang lama. **Tabel 2.4** menunjukkan beberapa kerusakan perkerasan jalan

Tabel 2.4 Berbagai macam kerusakan perkerasan jalan

<i>Mode of Distress</i>	<i>Contributing Factors</i>
Penurunan atau retak lebar	Beban berulang akibat kendaraan, temperatur dan perubahan kadar air
Distortion	Beban berulang, tanah swelling, penurunan parsial, temperatur dan perubahan kadar air
Disintegration	Abrasi akibat lalu lintas, reaksi kimia, cuaca, kehilangan daya ikat

Sumber : K. Ferguson (2005)

Salah satu tujuan utama dari struktur perkerasan adalah untuk melindungi tanah dasar dari beban. (Ferguson, 2005). Konsep utamanya, beban menyebar kebawah sejauh ketebalan perkerasan. Seperti ditunjukan pada **gambar 2.4**, semakin dalam perkerasan, tegangan yang terjadi semakin kecil.



Gambar 2.6 Penyebaran beban lalu lintas pada kedalaman perkerasan.

Sumber K. Ferguson (2005)

Pengukuran nilai daya dukung yang relatif mudah dimengerti adalah California Bearing Ratio (CBR), dikembangkan oleh Departement Jalan Raya California tahun 1920. CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban Standar (Standard Load) dan dinyatakan dalam persentase.

$$CBR = \frac{p}{p_s} \times 100\% \quad (2 - 1)$$

Dimana : p = beban percobaan (test load)

p_s = beban standart (standart load)

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban. Prosedure pelaksanaan percobaan CBR mengacu pada Bina Marga, PB –Q113 – 76 , ASTM D-1883-73 dan AASHTO T-193-81.

Nilai CBR dikembangkan untuk mengukur kapasitas daya dukung beban tanah yang digunakan sebagai jalan. CBR juga dapat digunakan untuk mengukur kapasitas daya dukung beban perkerasan jalan. Semakin keras suatu material, semakin tinggi rating CBR. CBR dari 3 sama dengan tanah pertanian, CBR 4,75 setara dengan tanah liat lembab, sementara pasir lembab memiliki CBR 10. batu hancur memiliki CBR lebih dari 80. Bahan standar untuk tes ini dihancurkan California batu kapur yang memiliki nilai 100. **Tabel 2.5** menunjukan beberapa nilai CBR masing masing material

Tabel 2.5 Nilai umum CBR berbagai material

Material	CBR %
Agregat pecah padat-bergradasi biasanya digunakan untuk dasar perkerasan	100
Agregat alami padat-bergradasi biasanya digunakan untuk dasar perkerasan	80
Batu Kapur	80
Pasir campuran	50 – 80
Pasir berbutir kasar	20 – 50
Pasir berbutir halus	10 – 20
Tanah Lempung	<3

Sumber : Rollings and Rollings (1996)

Tabel 2.6 merupakan daftar penilaian relatif nilai CBR pada struktur lapisan perkerasan jalan, dimana beban lalu lintas yang paling dominan. Nilai CBR rendah pada lapisan *subgrade* dapat diterima karena lapisan *subgrade* terlindungi dari beban lalu lintas oleh lapisan lapisan di atasnya. CBR sangat berguna di berbagai aspek desain perkerasan jalan karena sederhana dan memiliki ukuran yang tetap.

Tabel 2.6 Rating relatif nilai CBR pada lapisan struktur perkerasan jalan

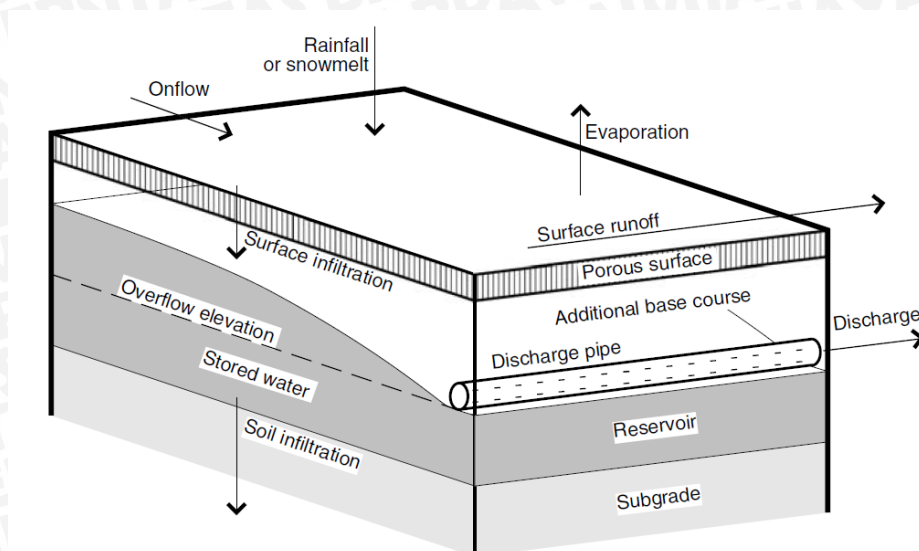
	<i>CBR in Base</i>	<i>CBR is Subbase</i>	<i>CBR in Subgrade</i>
Excellent	100	50	-
Good	80	40	12+
Fair	-	30	9 – 12
Poor	50	-	4 – 8
Very poor	-	-	<4

Sumber : Rollings and Rollings (1992)

2.6 Hidrologi *Porous pavement*

Proses hidrologi perkerasan jalan porous dimulai dari air hujan di atas permukaan, sebagian kecil dilimpaskan keluar menuju sistem drainase, sebagian besar masuk kedalam struktur perkerasan hingga masuk kedalam tanah asli. penyimpanan dalam perkerasan reservoir membutuhkan waktu antara kecepatan arus masuk dan keluar. Penguapan mengangkat air kembali ke atmosfer pada setiap lapisan. **Gambar 2.5** merangkum fungsi utama hidrologi dan proses yang dapat terjadi dalam sebuah *porous pavement*.

Infiltrasi merupakan proses turunya aliran air dari permukaan tanah kedalam struktur tanah. Laju maksimal gerakan air masuk kedalam tanah dinamakan kapasitas infiltrasi. Ketika air hujan jatuh pada permukaan tanah, sebagian air hujan akan masuk kedalam tanah melalui pori pori permukaan tanah yang sangat tergantung pada kapasitas infiltrasi tanah, dimana kapasitas infiltrasi tergantung pada permeabilitas dan diameter pori pori tanah (Asdak, 1995)



Gambar 2.7 Proses hidrologi porous pavement.

Sumber : K. Ferguson (2005)

Permeabilitas tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Struktur dan tekstur serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menaikkan laju permeabilitas tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi menaikkan laju infiltrasi dan dengan demikian, menurunkan laju *runoff*. Ada dua cara untuk menentukan koefisien permeabilitas, yaitu dengan metode *falling head* dan *constant head*. *Falling head* digunakan untuk tanah yang memiliki butiran halus dan memiliki koefisien permeabilitas yang rendah. Sedangkan *constant head* digunakan untuk tanah yang memiliki butiran kasar dan memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi.

2.5.1. Pengujian *Constant Head*

Kecepatan permeabilitas perkerasan diukur dengan beberapa standart ASTM seperti *falling head* atau *constant head*. Konsep dari pengujian *constant head* adalah berapa waktu yang diperlukan untuk mengisi sejumlah volume gelas ukur. Selain itu, tinggi benda uji, beda tekan aliran air, dan luas penampang juga berpengaruh dalam perhitungan nilai permeabilitas yang dituliskan seperti persamaan 2-2

$$k = \frac{V \cdot L}{A \cdot t \cdot h} \quad (2 - 2)$$

Dengan :

V = Volume air yang melewati benda uji (cm³)

L = Tinggi benda uji (cm)

- A = Luas Potongan melintang benda uji (cm²)
 t = Waktu pengisian gelas ukur (sec)
 h = Tinggi jatuh / *head* (cm)

Kecepatan permeabilitas permukaan perkerasan jalan berubah ubah seiring dengan waktu bergantung pada proses pemadatan, sedimentasi, *migration of pavement binder*, dan pertumbuhan vegetasi (Ferguseon, 2005). **Tabel 2.7** menunjukkan kecepatan peremabilitas beberapa permukaan perkerasan porous dalam keadaan jenuh air.

Tabel 2.7 Tabel kecepatan peremabilitas pada beberapa material perkerasan jalan

Gradasi	Koefisien Permeabilitas (inches per hour)
1 inch aggregate (uniform size)	25000
1/2 inch aggregate (uniform size)	7500
1/4 inch aggregate (uniform size)	1250
Coarse Sand	50
Dense-graded sand and gravel	0.25

Sumber : K. Ferguson (2005)

2.5.2. Pengujian Porositas

Susunan gradasi pada agregat akan menimbulkan rongga udara karena bentuk yang tidak teratur dari suatu agregat. Porositas sebuah gradasi erat kaitannya dengan kepadatan dari gradasi tersebut. Semakin padat gradasi agregat yang terbentuk semakin sulit untuk menyerap air, maka porositas dari gradasi tersebut semakin kecil. Semakin cepat gradasi tersebut menyerap air maka gradasi tersebut memiliki nilai porositas yang besar. Berikut 5 macam porositas :

1. Porositas primer yang merupakan ruang-ruang pori yang dimiliki pada batuan tersebut sehingga dapat menampung dan menyerap fluida. Contohnya Batu pasir.
2. Porositas sekunder: yang merupakan ruang-ruang atau pori yang dapat menyerap air atau menampung fluida tapi terbentuknya karena adanya proses lanjutan setelah pengendapan berupa disolusi atau kekar pada batuan tersebut. Contohnya adalah batuan gamping dan dolomit, pada gamping karena merupakan batuan yang dapat larut sehingga sering adanya gerohong pada batuan tersebut, gerohong tersebut yang berfungsi sebagai porositas di dukung dengan adanya kekar pada batuan tersebut.

3. Porositas bersambung merupakan porositas yang saling berhubungan dan membentuk jalur pada ruang porinya sehingga dapat memberikan aliran pada fluida dengan batasan tertentu.
4. Porositas Potensial merupakan porositas yang dapat memberikan aliran pada fluida pada batasan tertentu tergantung dari ukuran pori.
5. Porositas efektif merupakan porositas yang dapat memberikan aliran bagi fluida bebas bukan merupakan porositas yang bersambung dalam hal ini saya mengartikannya adalah porositas yang mempunyai *permeabilitas*.

Nilai porositas sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Keseragaman butiran : semakin seragam butir penyusun batuan maka nilai porositasnya akan semakin besar, dilain pihak apabila ukuran butiran tidak seragam maka butiran yang lebih kecil akan mengisi ruang kosong diantara butiran yang lebih besar sehingga nilai porositas akan turun.
2. Derajat sementasi : semakin tinggi derajat sementasi maka pori-pori batuan yang tertutup semen akan semakin kecil, sehingga nilai porositas akan semakin kecil pula
3. Derajat kompaksi : semakin besar tekanan yang diberikan ketika proses pemadatan batuan maka akan membuat ukuran pori-pori semakin kecil dan akibatnya nilai porositas juga akan semakin kecil
4. Derajat angularitas : pada umumnya batuan dengan butiran yang memiliki *roundness* yang baik akan memiliki nilai porositas yang lebih baik daripada batuan dengan bentuk yang melancip.

Dalam penelitian ini porositas yang digunakan merupakan porositas efektif dimana bertujuan untuk mendukung dari pengujian permeabilitas. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui prosentase antara volume ruang kosong/ rongga dengan volume keseluruhan batuan atau tanah yang ada didalam mold.

2.7 Hipotesa

Hubungan antara porositas dan permeabilitas pada masing-masing variasi gradasi agregat *slag* baja untuk lapisan *subbase porous pavement* adalah semakin besar porositas maka nilai permeabilitasnya semakin besar pula hal ini disebabkan karena semakin besarnya rongga pori maka semakin besar pula nilai rembesan yang melewati

gradasi tersebut. Sedangkan besarnya rongga pori mengakibatkan besarnya nilai CBR akan menurun dikarenakan kekuatan ikatan antar partikel akan berkurang dan berpotensi mengalami keruntuhan jika tidak ada material pengisi (*filler*). Gradasi yang mempunyai nilai porositas dan permeabilitas cukup besar namun mempunyai nilai CBR yang besar pula dapat dikatakan gradasi yang cocok untuk *porous pavement* karena tidak menyebabkan tergenangnya air dipermukaan jalan dan dapat menahan beban lalu lintas.

2.8 Penelitian Terdahulu

Chilingarian. 1963 . *Effect of particle size on the permeability - porosity relationship in uniformly coarsed grained sampel*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan antara permeabilitas dan porositas dalam berbagai jenis benda uji, salah satunya agregat kasar.

Dian Indah Purnama Sari. 2008, Teknik Sipil Universitas Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat ukur untuk mengetahui technical properties dari *permeable pavement* untuk kelas jalan lingkungan dengan penggunaan material material yang tersedia di Indonesia. Alat ini didesain untuk mengukur kapasitas infiltrasi dan perubahan daya dukung jalan setelah terjadinya infiltrasi hujan.

DOT Florida . 2007 . *compressive strenght of pervious concrete pavement*. Referensi ini merupakan panduan dalam mendesain perkerasan *porous concrete*. Disalah satu bab didalam panduan ini terdapat bab yang membahas hubungan antara CBR dan permeabilitas agregat kasar.

Eka Rizki Sujono. 2012, Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang gradasi yang paling optimum digunakan untuk *porous pavement* dengan penggunaan material material yang tersedia di Malang dan sekitarnya.