

KAJIAN
PENGARUH
**DRAINASE DAN
MUKA AIR TANAH**
TERHADAP
PERKERASAN JALAN

Salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan adalah karena adanya air yang meresap ke dalam perkerasan jalan. Air yang meresap ke dalam perkerasan jalan akan menyebabkan perkerasan jalan menjadi lunak dan mudah rusak. Oleh karena itu, drainase yang baik sangat penting untuk menjaga kualitas perkerasan jalan. Drainase yang baik akan membantu air mengalir dengan lancar dan tidak tertahan di atas permukaan perkerasan jalan. Hal ini akan mencegah air meresap ke dalam perkerasan jalan dan menjaga kualitas perkerasan jalan tetap baik.

Salah satu cara untuk meningkatkan drainase pada perkerasan jalan adalah dengan memasang drainase yang baik. Drainase yang baik akan membantu air mengalir dengan lancar dan tidak tertahan di atas permukaan perkerasan jalan. Hal ini akan mencegah air meresap ke dalam perkerasan jalan dan menjaga kualitas perkerasan jalan tetap baik.

KAJIAN
PENGARUH
**DRAINASE DAN
MUKA AIR TANAH**
TERHADAP
PERKERASAN JALAN

KATA PENGANTAR
DAFTAR ISI
BAB I PENDAHULUAN
BAB II TINJAUAN UMUM
BAB III METODE PENELITIAN
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
BAB V PENUTUP

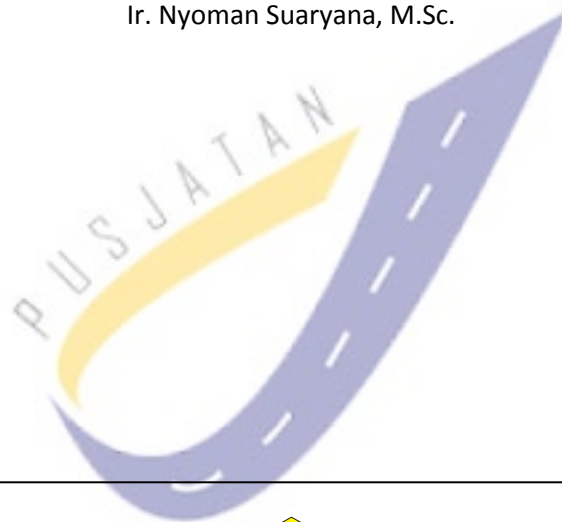
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
KARTU PENGANTAR





KAJIAN PENGARUH DRAINASE DAN MUKA AIR TANAH TERHADAP PERKERASAN JALAN LENTUR

Tedi Santo Sofyan, ST
Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc.



INFORMATIKA
Bandung

KAJIAN PENGARUH DRAINASE DAN MUKA AIR TANAH TERHADAP PERKERASAN JALAN LENTUR

Desember, 2011

Cetakan ke-1, 2011, (xiv + 58 halaman)

©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-8758-74-1
Kode Kegiatan : 04-PPK3-01-141-11
Kode Publikasi : IRE-TR-043/ST/2011
Kata kunci : drainase, muka air tanah, kinerja perkerasan jalan lentur,
perencanaan perkerasan jalan lentur.

Penulis:

Tedi Santo Sofyan, ST
Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc.

Editor:

Dr. Djoko Widayat, M.Sc

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Tahun 2011, pada paket pekerjaan Kajian Pengaruh Drainase dan Muka Air Tanah Terhadap Perkerasan Jalan Lentur.

Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini tidak menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun institusi pemerintah lainnya.

Kementerian Pekerjaan Umum tidak menjamin akurasi data yang disampaikan dalam publikasi ini, dan tanggung jawab atas data dan informasi sepenuhnya dipegang oleh penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum.

Diterbitkan oleh:

Penerbit Informatika - Bandung

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan

info@pusjatan.pu.go.id

TENTANG PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN

Puslitbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah institusi riset yang dikelola oleh Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini mendukung Kementerian PU dalam menyelenggarakan jalan dengan memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi dan nilai – nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

Pusjatan memfokuskan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna.

KEANGGOTAAN TIM TEKNIS DAN SUBTIM TEKNIS

TIM TEKNIS:

1. Prof (R) Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.
2. Ir. Agus Bari Sailendra. MT
3. Ir. I. Gede Wayan Samsi Gunarta, M.Appl.Sc.

4. Prof (R) Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc.
5. Prof (R) Ir. Lanneke Tristanto, APU
6. Ir. GJW Fernandez
7. Ir. Soedarmanto Darmonegoro
8. DR. Djoko Widayat, MSc.

SUBTIM TEKNIS:

1. Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc.
2. Prof (R) Dr. Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc.
3. Prof (R) Dr. Ir. Furqon Affandi, M.Sc.
4. Dr. Djoko Widayat, M.Sc.
5. Ir. Kurniadji, MT.
6. Dr. Ir. Siegfried, M.Sc.
7. Dr. Ir. Anwar Yamin, M.Sc.



Kata Pengantar

Isu utama yang dibahas pada kajian ini adalah mengenai pengaruh air yang terdapat dalam sistem perkerasan jalan terhadap kinerja perkerasan jalan serta mengkaji mengenai parameter-parameter yang berhubungan dengan drainase dan muka air tanah yang akan digunakan sebagai input dalam perencanaan perkerasan jalan. Makalah ini memuat tentang cara menentukan nilai koefisien drainase m sesuai dengan karakteristik drainase yang akan digunakan dan kondisi aktual di lapangan.

Kajian ini diharapkan dapat menjadi masukan umumnya bagi pembaca dan khususnya bagi para perencana perkerasan jalan. Akhir kata kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian naskah ilmiah ini.

Bandung, Desember 2011

Tim Penelitian



Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar.....	xi
Glosari	xiii
1. Pendahuluan.....	1
2. Tinjauan Umum Mengenai Pengaruh Air terhadap Kinerja Perkerasan Jalan Lentur	3
3. Pendekatan yang Digunakan untuk Mengurangi Masalah yang Disebabkan oleh Air pada Perkerasan Jalan.....	11
3.1 Drainase Permukaan (<i>surface drainage</i>).....	13
3.2 Drainase Bawah Permukaan (<i>subsurface drainage</i>)	15
4. Parameter Drainase dan Muka Air Tanah dalam Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur.....	19
5. Perencanaan Drainase Bawah Permukaan Perkerasan Jalan.....	23
6. Presentasi Data	35
6.1 Data Struktur Perkerasan	35
6.2 Data Ketinggian Muka Air Tanah	37

6.3 Data Lendutan	38
7. Analisis Data dan Diskusi	41
7.1 Analisis ketinggian MAT Vs Nilai Lendutan Maksimum	41
7.2 Modulus Resilien Tanah Dasar dan Modulus Efektif Hasil Perhitungan Balik	45
7.3 Perkiraan Nilai <i>Structural Number</i> (SNeff) Hasil Perhitungan Balik	48
8. Kesimpulan dan Saran	51
8.1 Kesimpulan	51
8.2 Saran	53
Daftar Pustaka	55



Daftar Tabel

Tabel 4-1	Definisi kualitas drainase menurut AASHTO 1993	20
Tabel 4-2	Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material <i>untreated base</i> dan <i>subbase</i>	20
Tabel 5-1	Pendekatan Nilai m berdasarkan kondisi lapangan	32
Tabel 6-1	Data Ketinggian Muka Air Tanah.....	37
Tabel 6-2.	Rangkuman Data Lendutan pada Pusat Beban	38
Tabel 7-1	Rangkuman Nilai Modulus Tanah Dasar dan Modulus Efektif Perkerasan Hasil Perhitungan Balik.....	45
Tabel 7-2	Rangkuman nilai SN hasil perhitungan balik	48



Daftar Gambar

Gambar 2-1	Variasi kualitas material dan karakteristik drainase	6
Gambar 2-2	Ilustrasi sumber air yang dapat masuk ke perkerasan..	7
Gambar 2-3	Pengaruh kejenuhan pada umur rencana sistem perkerasan.....	10
Gambar 3-1	Tipikal sistem drainase permukaan jalan.....	14
Gambar 3-2	Tipikal sistem drainase jalan pada perkerasan porous .	14
Gambar 3-3	Sistem drainase jalan untuk mengontrol pengaliran di sisi bukit.....	16
Gambar 3-4	Sistem drainase jalan untuk mengontrol air bawah permukaan	16
Gambar 3-5	Sistem drainase jalan untuk melindungi air bawah permukaan	16
Gambar 3-6	Sistem drainase bawah permukaan melintang jalan	17
Gambar 4-1	Sensitifitas metoda perencanaan AASHTO 1993	21
Gambar 5-1	Tipikal konstruksi ideal lapisan drainase.....	24
Gambar 5-2	Geometri jalan (ERES, 1999)	26
Gambar 5-3	Grafik <i>time factor</i> untuk derajat kejenuhan 50% (ERES, 1999)	27
Gambar 5-4	Bagan alir perhitungan nilai koefisien drainase m	31
Gambar 6-1	Data ketebalan lapisan perkerasan jalan	36

Gambar 6-2	Grafik resume ketinggian MAT.....	38
Gambar 7-1	Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalengka KM 71+500 CN.....	41
Gambar 7-2	Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalengka KM 73+800 CN.....	42
Gambar 7-3	Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalengka KM 74+600 CN.....	42
Gambar 7-4	Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Soreang KM 19+000 BDG	43
Gambar 7-5	Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Soreang KM 20+000 BDG	43
Gambar 7-6	Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalaya KM 29+000 BDG	44
Gambar 7-7	Grafik resume nilai modulus efektif perkerasan.....	47



Glosari

Ca	Faktor koreksi musim (fluktuasi muka air tanah)
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i> (alat untuk mengukur lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan)
MAT	Muka air tanah (perkiraan level air tanah diukur dari permukaan perkerasan jalan)
m	Koefisien Drainase
<i>time-to-drain</i>	Waktu yang dibutuhkan oleh perkerasan untuk mengalirkan air dari kondisi jenuh ke kondisi jenuh tertentu.
T₅₀	Waktu yang dibutuhkan oleh perkerasan untuk mengalirkan air dari kondisi jenuh ke 50% kondisi jenuh.



1

PENDAHULUAN

Kegiatan kajian pengaruh drainase dan muka air tanah terhadap perkerasan jalan ini adalah merupakan bagian dari penelitian perencanaan perkerasan jalan baik perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Isu utama dari kajian ini adalah mengenai pengaruh air yang terdapat dalam sistem perkerasan jalan terhadap kinerja perkerasan jalan dan parameter-parameter yang berhubungan dengan air yang akan digunakan sebagai input dalam perencanaan perkerasan jalan. Keberadaan suatu jalan akan dapat dimanfaatkan sepanjang umur rencananya sesuai dengan perencanaan apabila dirancang dengan memperhatikan berbagai aspek. Salah satu aspek penting dalam perencanaan konstruksi jalan adalah memberikan perlindungan perkerasan jalan tersebut terhadap perubahan yang diakibatkan oleh faktor lingkungan.

Faktor lingkungan memberikan pengaruh langsung terhadap struktur dan kinerja perkerasan jalan, dua faktor utama yang berpengaruh dari lingkungan adalah temperatur dan air (air tanah dan air hujan) dimana tanah dasar dan material tanpa bahan pengikat sensitif terhadap variasi kadar air sedangkan lapisan beraspal yang bersifat termoplastis lebih sensitif terhadap variasi temperatur. Mengkuantifikasi pengaruh faktor

lingkungan terhadap kinerja perkerasan jalan dimaksudkan agar efek-efek yang disebabkan oleh faktor lingkungan terakomodasi dalam perencanaan perkerasan jalan, baik untuk jalan baru maupun rehabilitasi.

Salah satu faktor yang akan dibahas dalam kajian ini adalah mengenai pengaruh keberadaan air didalam sistem perkerasan jalan lentur, pengaruh drainase khususnya drainase bawah permukaan jalan lentur dan pengaruh ketinggian muka air tanah terhadap kinerja perkerasan jalan lentur serta kajian mengenai parameter-parameter yang berhubungan dengan drainase dan muka air tanah yang akan dijadikan sebagai input dalam perencanaan perkerasan lentur.

Metode perencanaan perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia pada umumnya mengadopsi perencanaan dari luar negeri seperti AASHTO, AUSROAD dan Asphalt Institute yang seperti kita ketahui memiliki kondisi wilayah dan iklim yang berbeda. Oleh sebab itu, ada beberapa hal dalam metoda perencanaan tersebut khususnya hal yang berhubungan dengan faktor lingkungan yang perlu dikaji ulang agar dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan perkerasan jalan yang mengakomodasi lingkungan sesuai dengan kondisi wilayah dan iklim di Indonesia.

Faktor-faktor lingkungan khususnya mengenai drainase dan muka air tanah yang akan digunakan sebagai input dalam perencanaan perkerasan jalan dirasa kurang terakomodasi dan kurang merepresentasikan dengan kondisi sebenarnya dilapangan. Tujuan yang ingin dicapai pada tahun 2011 adalah mengkaji seberapa besar pengaruh dari drainase dan muka air tanah terhadap perkerasan jalan lentur, sedangkan tujuan yang ingin dicapai pada tahun 2012 adalah validasi dari nilai koefisien drainase (m) dan faktor koreksi akibat pengaruh muka air tanah (Ca) yang akan digunakan sebagai input dalam perencanaan perkerasan lentur.

2

TINJAUAN UMUM MENGENAI PENGARUH AIR TERHADAP KINERJA PERKERASAN JALAN LENTUR

Tujuan dan fungsi dari sistem perkerasan adalah untuk memberikan permukaan yang rata dimana kendaraan dapat lewat dengan aman dalam berbagai kondisi cuaca untuk periode kinerja tertentu dari perkerasan. Dalam rangka melaksanakan fungsi ini berbagai sistem perkerasan telah dikembangkan, seperti perkerasan lentur, perkerasan kaku, perkerasan komposit dan *unpaved road*. Komponen-komponen yang terdapat dalam suatu perkerasan jalan membentuk suatu sistem perkerasan yang apabila ada kesalahan perencanaan atau salah satu komponen tersebut mengalami kegagalan, maka akan menyebabkan berkurangnya *serviceability* atau kerusakan dini dari sistem perkerasan jalan.

Kerusakan jalan menurut Yoder dan Witczak, 1975 secara umum dibagi menjadi dua, yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional.

Kerusakan struktural adalah runtuhnya seluruh struktur atau rusaknya komponen perkerasan sehingga membuat perkerasan tersebut tidak dapat menerima beban yang ada di atasnya, sedangkan kerusakan fungsional adalah dimana perkerasan tidak dapat melaksanakan fungsinya dari segi faktor kenyamanan pengguna jalan. Penyebab dari kerusakan ini kemungkinan dikarenakan pemeliharaan yang tidak memadai, beban berlebihan, kondisi iklim dan lingkungan, drainase yang buruk menyebabkan kondisi tanah dasar buruk, dan lain-lain.

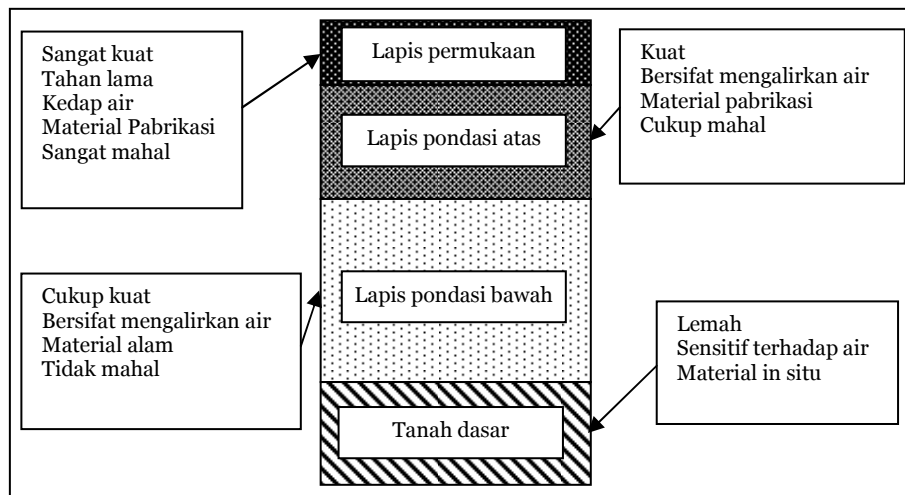
Kinerja dari suatu perkerasan jalan tergantung kepada perencanaan dan fungsi dari seluruh komponen utama yang membangun suatu sistem perkerasan, secara umum antara lain:

- Lapisan permukaan, adalah suatu lapisan dari struktur perkerasan jalan yang berfungsi untuk mengakomodasi beban lalu lintas di mana lapisan ini berhubungan langsung dengan roda kendaraan sehingga harus mempunyai kerataan yang memadai, ketahanan terhadap gaya gesek, kedap air atau sebagai drainase air permukaan. Lapis permukaan dapat terdiri dari lapisan beraspal (perkerasan lentur), beton semen (perkerasan kaku), dan perkerasan komposit. Lapis permukaan biasanya dihampar diatas lapisan pondasi atas yang terdiri dari agregat kasar tanpa bahan pengikat atau bahkan untuk jalan dengan lalu lintas volume rendah dapat langsung dihampar diatas tanah dasar yang telah dipersiapkan.
- Lapisan pondasi atas, adalah suatu lapisan perkerasan yang terdiri dari material tertentu sesuai spesifikasi yang ditentukan dan tebal yang telah direncanakan dimana lapisan ini dihampar diatas lapisan pondasi bawah atau tanah dasar (jika lapisan pondasi bawah tidak digunakan). Lapis pondasi atas memberikan tambahan kekuatan struktural perkerasan lentur dan meningkatkan kekakuan pondasi perkerasan kaku. Selain memberikan kontribusi kekuatan struktur perkerasan jalan, lapis pondasi bawah mempunyai fungsi lain, antara lain:

- Mencegah intrusi dari material halus ke lapis pondasi atas. Gradasi material dari lapis pondasi sangat berpengaruh dalam hal ini.
 - Sebagai lapisan drainase untuk air yang masuk ke sistem perkerasan jalan. Dalam hal ini material lapis pondasi atas harus bersifat *free draining* untuk mengumpulkan dan mengalirkan air yang terakumulasi dalam sistem perkerasan. Parameter ini harus dimasukkan dalam perencanaan perkerasan jalan.
- Lapisan pondasi bawah, adalah suatu lapisan perkerasan yang terdiri dari material tertentu sesuai spesifikasi yang ditentukan dan tebal yang telah direncanakan di mana lapisan ini memberikan dukungan kekuatan pada lapis pondasi atas. Kualitas dari lapis pondasi bawah biasanya lebih rendah dari lapis pondasi atas. Dalam kondisi tertentu lapis pondasi bawah dapat distabilisasi dengan semen, aspal, kapur, *flyash* untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuannya. Lapis pondasi bawah tidak selalu harus digunakan terutama untuk perkerasan kaku. Lapis pondasi bawah digunakan jika tanah dasar mempunyai kualitas yang jelek dan/atau tidak tersedia material lapis pondasi atas di lokasi pekerjaan. Lapis pondasi bawah juga dapat berfungsi sebagai lantai kerja untuk operasional konstruksi pekerjaan jika kekuatan tanah dasar sangat lemah.
 - Tanah dasar, sebagai dasar dari konstruksi perkerasan jalan sehingga harus mempunyai kekuatan dan kekakuan yang seragam dan stabil.
 - Sistem drainase, berfungsi untuk mengalirkan air dari sistem perkerasan sebelum merusak lapisan *unbound* dan tanah dasar.
 - Tindakan khusus, dibutuhkan dalam beberapa kasus seperti perbaikan tanah/stabilisasi atau pemasangan geosintetis untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan dan atau sebagai drainase antar lapisan.

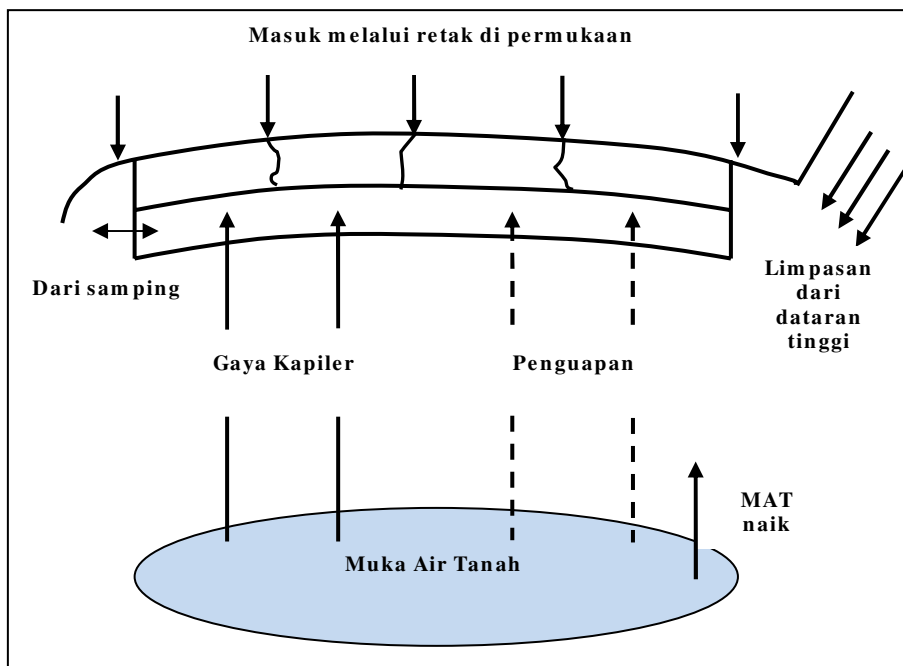
Komponen-komponen yang membentuk suatu sistem perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang mempunyai kekuatan dan karakteristik drainase yang berbeda sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pada **Gambar 2-1** di

bawah ini dapat dilihat variasi dari kualitas material dengan karakteristik fungsi drainase yang ideal pada tiap lapisan.



Gambar 2-1 Variasi kualitas material dan karakteristik drainase dari lapisan perkerasan

Faktor lingkungan memberikan pengaruh langsung terhadap struktur dan kinerja perkerasan jalan, dua faktor utama yang berpengaruh dari lingkungan adalah temperatur dan air dimana tanah dasar dan material tanpa bahan pengikat sensitif terhadap variasi kadar air sedangkan lapisan beraspal lebih sensitif terhadap variasi temperatur. Air yang masuk ke dalam sistem perkerasan baik melalui infiltrasi dari permukaan (misalnya melalui retakan di lapis permukaan), infiltrasi dari tepi perkerasan (misalnya dari parit atau bahu yang tidak memadai drainasenya) dan dari muka air tanah melalui gaya kapiler dari tanah dasar. Ilustrasi dair sumber dari air yang masuk pada system perkerasan dapat dilihat pada **Gambar 2-2** berikut.



Gambar 2-2 Ilustrasi sumber air yang dapat masuk ke perkerasan (NHI 13126)

Dalam lingkungan yang sangat dingin dapat terjadi kondisi siklus membeku dan mencair tergantung pada musim. Air dalam sistem perkerasan hampir selalu mempunyai efek yang buruk terhadap kinerja perkerasan tersebut, di mana dapat mengurangi kekuatan dan kekakuan dari lapisan perkerasan jalan.

Kadar air yang berlebihan dalam suatu struktur perkerasan dan kombinasinya dengan beban lalu lintas yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja perkerasan tersebut. Suatu perkerasan jalan dapat stabil pada kondisi kadar air tertentu, tetapi mungkin menjadi tidak stabil jika material jalan tersebut menjadi jenuh. Tekanan air yang tinggi dapat berkembang dalam tanah jenuh ketika mengalami pembebanan dinamis. Tekanan air dapat menyebabkan pergerakan partikel tanah dan menyebabkan sejumlah masalah yang berbeda, termasuk penyumbatan saluran, mengikis tanggul,

dan kemungkinan terjadinya *pumping*. Keadaan ini harus dikenali dan diperhitungkan dalam desain perkerasan jalan.

Efek merugikan yang diakibatkan oleh keberadaan air dalam sistem perkerasan jalan telah lama diidentifikasi. Air masuk ke dalam sistem perkerasan dapat melalui berbagai sumber. Jika air telah masuk ke dalam perkerasan lalu dikombinasikan dengan beban lalu lintas yang tinggi maka akan menyebabkan efek yang negatif bagi lapisan-lapisan perkerasan tersebut yang akan berpengaruh pada kinerja keseluruhan dari sistem perkerasan.

Air dapat masuk kedalam sistem perkerasan jalan melalui berbagai sumber seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sumber air yang masuk ke perkerasan dapat melalui akibat naiknya air dari muka air tanah yang tinggi, atau dapat juga mengalir secara lateral dari tepi perkerasan dan bahu jalan. Pengetahuan tentang muka air tanah dan pergerakannya sangat penting dalam menentukan kinerja perkerasan jalan terutama untuk jalan yang berada di daerah dataran rendah. Dalam hal ini, diperlukan upaya pencegahan agar air yang berasal dari muka air tanah tidak masuk ke dalam perkerasan, hal ini merupakan bagian dari perencanaan. Dalam beberapa kasus, sebuah jalan harus dibangun di bawah ketinggian muka air tanah permanen atau musiman. Dalam hal ini sistem drainase mutlak diperlukan karena jika tidak maka kerusakan dini dipastikan akan terjadi.

Sumber air yang paling signifikan yang masuk kedalam sistem perkerasan adalah air yang berasal dari infiltrasi permukaan. Retak, lubang, sambungan yang tidak sempurna dan jenis kerusakan permukaan lainnya dapat mempermudah infiltrasi air. Suatu studi yang dilakukan Hagen dan Cochran, 1995 mengindikasikan bahwa 40% dari air hujan masuk ke dalam struktur perkerasan. Jika perkerasan jalan telah mengalami kerusakan maka seiring dengan berjalannya waktu, perkerasan akan mengalami *aging* dan kondisinya akan makin memburuk sehingga air akan semakin mudah masuk ke dalam struktur perkerasan.

Air yang berlebihan dalam suatu struktur perkerasan akan berpengaruh negatif terhadap keseluruhan kinerja perkerasan jalan. Suatu jalan dapat stabil dalam kondisi kadar air tertentu dan akan menjadi tidak stabil jika materialnya dalam kondisi jenuh air. Tekanan air yang tinggi dapat terjadi pada lapisan yang jenuh air jika dilakukan pembebanan dinamis. Air dalam pergerakannya dalam struktur perkerasan dapat membawa partikel-partikel halus dan dapat menyebabkan masalah-masalah seperti tersumbatnya saluran drainase, longsornya tanah timbunan dan *pumping* butiran halus. Kondisi ini harus menjadi perhatian dan diperhitungkan dalam perencanaan perkerasan jalan.

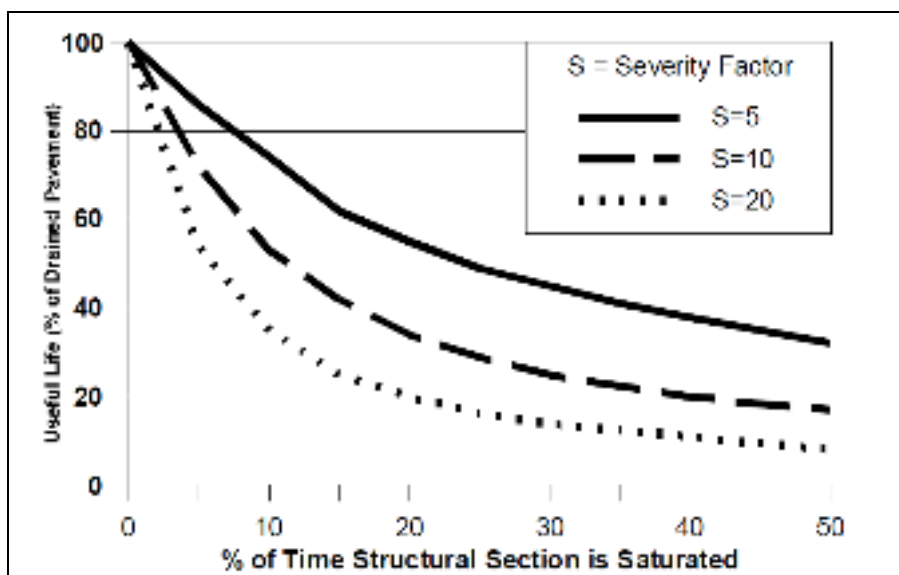
Efek merugikan yang disebabkan oleh air pada perkerasan jalan (AASHTO, 1993) adalah sebagai berikut:

- Air di permukaan aspal dapat menyebabkan berubahnya kadar air, pengurangan nilai modulus, dan kehilangan kekuatan tarik. Kejenuhan dapat mengurangi modulus aspal sebesar 30% atau lebih.
- Kadar air yang bertambah pada agregat *unbound* di lapisan *base* dan *subbase* harus diantisipasi karena akan menyebabkan hilangnya kekakuan sebesar 50% atau lebih.
- Pada lapisan *asphalt treated base* nilai modulus dapat berkurang sampai 30% atau lebih dan meningkatkan kerentanan terhadap erosi pada lapisan *cement treated base* atau *lime treated base*.
- Butiran tanah halus yang jenuh pada *roadbed soil* dapat mengalami pengurangan modulus lebih dari 50%

Dapat disimpulkan bahwa kerusakan jalan yang disebabkan oleh air dapat mengurangi nilai modulus lapisan perkerasan jalan. Sementara kita ketahui bahwa nilai modulus merupakan kunci utama dalam perencanaan. Oleh sebab itu parameter-parameter yang berhubungan dengan air harus benar-benar diperhitungkan.

Suatu studi juga mengkaji mengenai pengaruh kejenuhan perkerasan jalan terhadap umur perkerasan (Cedegren, 1987). Seperti ditunjukkan dalam

Gambar 2-3 jika suatu perkerasan jalan dengan *stability factor* moderat mengalami kejenuhan selama 10% dari umurnya (kira-kira 1 bulan dalam 1 tahun), maka perkerasan jalan tersebut hanya mampu melayani lalu lintas selama 50% dari umur perkerasan yang tidak mengalami kejenuhan. *Severity factor* adalah antisipasi kerusakan relatif selama periode basah dan kering untuk tipe jalan tertentu.



Gambar 2-3 Pengaruh kejenuhan pada umur rencana sistem perkerasan (Cedegren, 1987)

3

PENDEKATAN YANG DI GUNAKAN UNTUK MENGURANGI MASALAH YANG DI SEBABKAN OLEH AIR PADA PERKERASAN JALAN

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perencanaan yang baik. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan *base*, *subbase* dan *subgrade* terhindar dari kondisi jenuh. Pendekatan yang dapat digunakan untuk menghindari masalah yang disebabkan oleh air adalah sebagai berikut:

- Mencegah masuknya air ke sistem perkerasan. Teknik untuk mencegah air masuk perkerasan ini antara lain memberikan kemiringan melintang pada jalan dan bahu jalan yang memadai sehingga air permukaan dapat cepat dialirkan dan penutupan semua retak, sendi, dan diskontinuitas lainnya untuk meminimalkan infiltrasi permukaan air.

- Gunakan material dan metode desain yang tidak sensitif terhadap efek air. Bahan yang relatif tidak sensitif terhadap efek air termasuk bahan granular dengan material halus, material stabilisasi dengan semen dan beton kurus, serta material pondasi stabilisasi dengan aspal. Metode desain yang tepat untuk perkerasan kaku termasuk *dowel* dan *slab* untuk mengurangi patahan dan termasuk pemakaian lapisan pondasi bawah diantara lapisan pondasi atas dan tanah dasar untuk mengurangi erosi dan meningkatkan drainase bawah. Metode perencanaan untuk perkerasan lentur meliputi seluruh lebar perkerasan untuk menghilangkan sambungan longitudinal, dan penggunaan lapisan pondasi bawah untuk mengurangi erosi dan meningkatkan drainase.
- Secepatnya menghilangkan air yang telah terlanjur masuk ke dalam sistem perkerasan. Pada saat ini telah tersedia berbagai metode untuk menghilangkan kelebihan air yang ada dalam sistem perkerasan. Dengan pemakaian drainase bawah permukaan dan saluran drainase yang didesain untuk secara permanen menurunkan muka air tanah dibawah perkerasan. Selain itu dapat digunakan lapis pondasi yang bersifat permeable dan saluran samping yang didesain untuk menghilangkan air yang masuk melalui infiltrasi dari permukaan.

Sebenarnya belum ada satu pun pendekatan yang dapat meniadakan efek negatif yang disebabkan oleh air pada perkerasan jalan dengan beban lalu lintas yang besar. Sebagai contoh, secara praktis tidak mungkin untuk menghindari air yang masuk ke sistem perkerasan, terutama air yang berasal dari samping dan bawah perkerasan. Jika kita memakai material yang tidak sensitif terhadap air konsekwensi nya adalah biaya konstruksi yang mahal dan dalam banyak hal ini tidak mungkin untuk dilakukan. Pendekatan selanjutnya adalah dengan memakai sistem drainase. Dengan menggunakan sistem drainase konsekwensinya adalah menambah biaya konstruksi. Akan tetapi penambahan biaya konstruksi tersebut terkadang menjadi hal yang kecil jika dibandingkan dengan kinerja yang akan dicapai. Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah

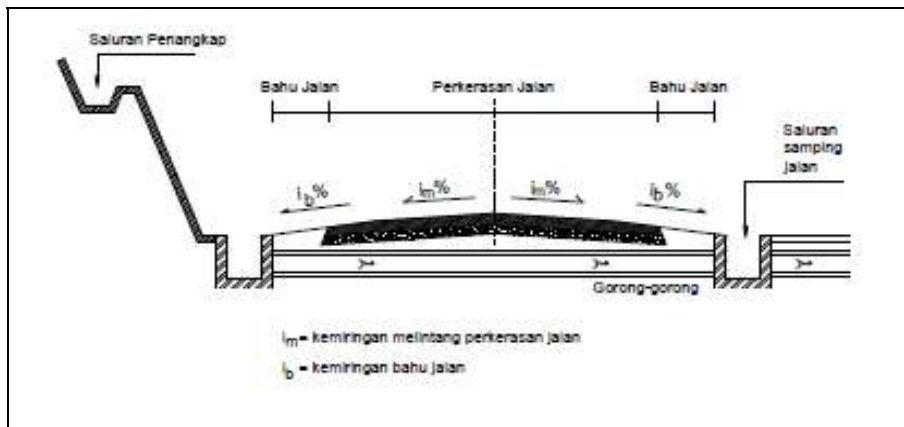
permukaan (sub surface drainage). Perencanaan kedua jenis drainase diatas harus memiliki keterpaduan tujuan agar perencanaan drainase jalan tercapai.

3.1 Drainase Permukaan (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan adalah sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air permukaan. Sistem drainase permukaan berguna untuk mengendalikan limpasan air hujan di permukaan jalan, seperti kerusakan karena air banjir yang melimpas di atas perkerasan jalan atau kerusakan pada badan jalan akibat erosi. Sistem drainase permukaan pada jalan mempunyai fungsi, yaitu:

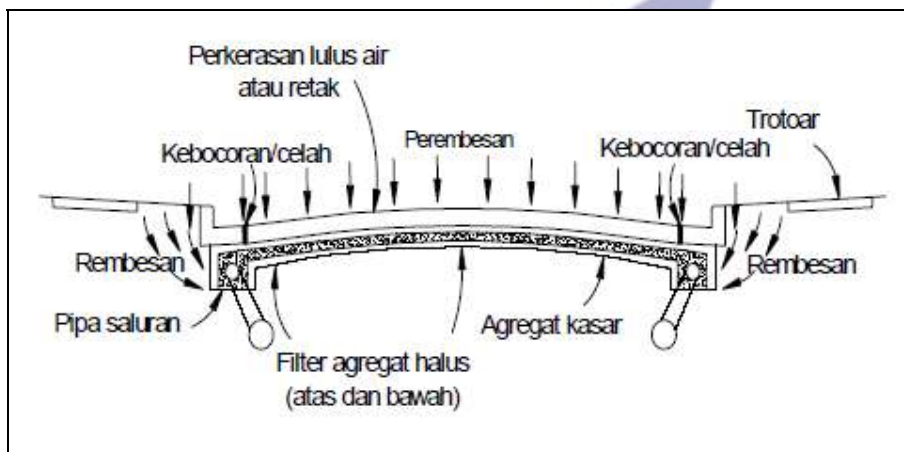
- a. Membawa air dari permukaan jalan ke pembuangan air.
- b. Menampung air tanah dan air permukaan yang mengalir menuju jalan.
- c. Membawa air menyeberang jalan melalui gorong-gorong dan bangunan lainnya secara terkendali.

Debit pengaliran dari saluran samping jalan yang memanfaatkan saluran samping jalan tersebut untuk menuju badan air atau resapan harus juga diperhitungkan. Sistem drainase permukaan jalan terdiri atas kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, saluran samping jalan, drainase lereng dan gorong-gorong. Gambar tipikal sistem drainase permukaan jalan dapat dilihat pada Gambar 3-1 berikut.



Gambar 3-1 Tipikal sistem drainase permukaan jalan (Departemen Pekerjaan Umum)

Sistem drainase jalan pada perkerasan *porous* atau daerah yang memiliki perkerasan yang bersifat lolos air ataupun retak yang memungkinkan air untuk terserap ke dalam badan jalan maka digunakan sistem drainase seperti pada Gambar 3-2 berikut.



Gambar 3-2 Tipikal sistem drainase jalan pada perkerasan *porous* (Departemen Pekerjaan Umum)

3.2 Drainase Bawah Permukaan (*Subsurface Drainage*)

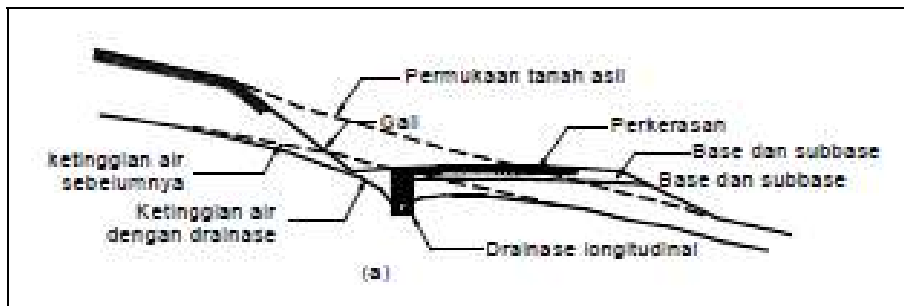
Drainase bawah permukaan adalah sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian aliran air di bawah permukaan tanah, bertujuan menjaga *subgrade* dan *base* agar tetap memiliki kandungan air yang diinginkan, dengan cara yang ditunjukkan berikut ini:

- a. Menurunkan muka air tanah sampai kedalaman min 1,0 meter di bawah permukaan tanah.
- b. Mencegah air rembesan dari daerah sekitarnya ke urugan tanah.

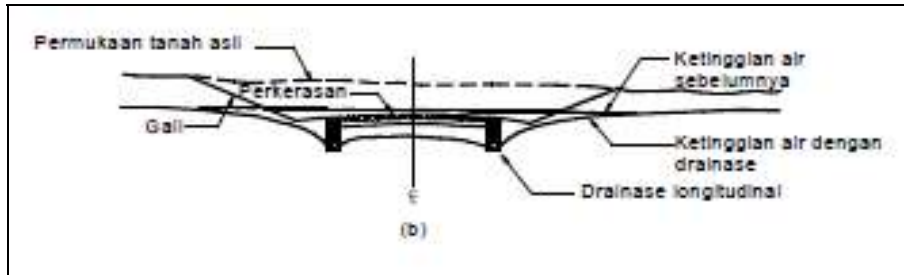
Adapun pengaruh air yang terperangkap di dalam struktur jalan antara lain:

- a. Air menurunkan kekuatan material butiran lepas dan tanah *subgrade*.
- b. Air menyebabkan penyedotan pada perkerasan beton yang dapat menyebabkan retakan dan kerusakan bahu jalan.
- c. Dengan tekanan hidrodinamik yang tinggi akibat pergerakan kendaraan, menyebabkan penyedotan material halus pada lapisan dasar perkerasan fleksibel yang mengakibatkan hilangnya daya dukung.
- d. Kontak dengan air yang menerus dapat menyebabkan penelanjangan campuran aspal dan daya tahan keretakan beton.
- e. Air menyebabkan perbedaan peranan pada tanah yang bergelombang

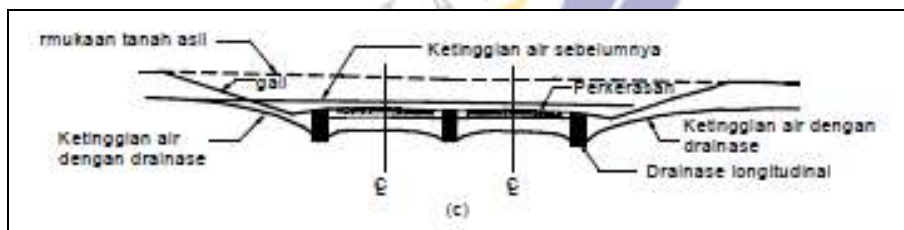
Gambar tipikal sistem drainase bawah permukaan samping jalan dapat dilihat pada Gambar 3-3 sampai Gambar 3-5, sedangkan untuk gambar tipikal sistem drainase bawah permukaan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 3-6.



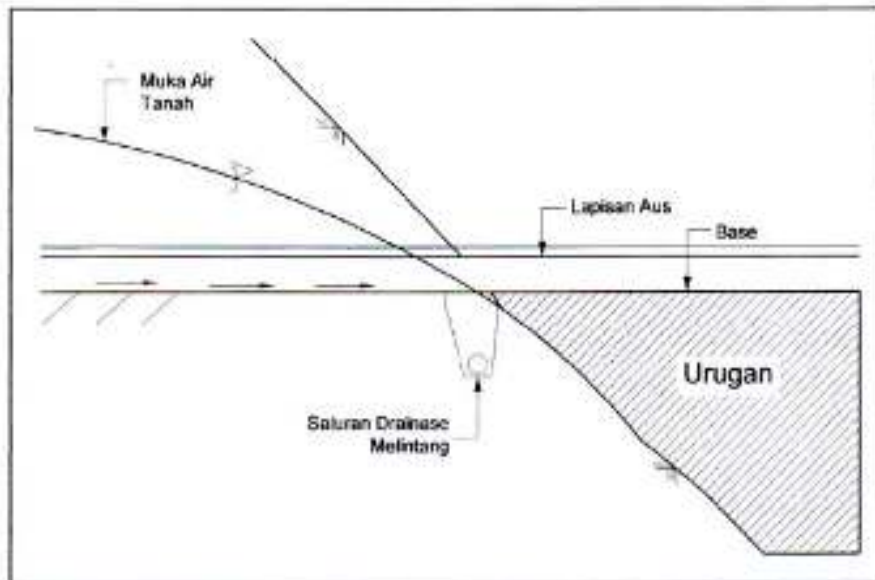
Gambar 3-3 Sistem drainase jalan untuk mengontrol pengaliran di sisi bukit



Gambar 3-4 Sistem drainase jalan untuk mengontrol air bawah permukaan



Gambar 3-5 Sistem drainase jalan untuk melindungi air bawah permukaan keluar bagian struktur



Gambar 3-6 Sistem drainase bawah permukaan melintang jalan (Departemen Pekerjaan Umum)





4

PARAMETER DRAINASE DAN MUKA AIR TANAH DALAM PERENCANAAN PERKERASAN JALAN LENTUR

Mengalirkan air yang masuk ke dalam perkerasan dapat dilakukan dengan mengalirkan air secara vertikal ke tanah dasar atau secara lateral melalui lapisan drainase menuju pipa pengumpul. Pada umumnya digunakan dalam perkerasan jalan digunakan kedua proses tersebut (AASHTO,1993).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun NCHRP 1-37A berdasarkan pada metode *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan tertentu. Dalam AASHTO digunakan derajat kejenuhan 50%). Definisi dari kualitas drainase menurut AASHTO 1993 disajikan dalam Tabel 4-1 berikut dan kriteria tersebut berlaku untuk perkerasan lentur maupun perkerasan kaku.

Tabel 4-1 Definisi kualitas drainase menurut AASHTO 1993

Kualitas drainase	Air yang hilang dalam	
	Hasil perhitungan	Rekomendasi
Baik sekali	2 – 4 jam	2 jam
Baik	½ - 1 hari	1 hari
Sedang	3 – 6 hari	1 minggu
Jelek	18 – 36 hari	1 bulan
Jelek sekali	Lebih dari 36 hari	air tidak akan mengalir

Berdasarkan 50% *time-to-drain*.

Efek dari drainase terhadap kinerja perkerasan jalan tercakup dalam perencanaan perkerasan jalan. Dalam perencanaan dengan metode AASHTO 1993, efek drainase dipertimbangkan dalam perencanaan dengan memodifikasi koefisien struktural lapisan (perkerasan lentur) dan koefisien transfer beban (perkerasan kaku) sebagai fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu dimana kondisi struktur perkerasan mendekati jenuh. Nilai *m* yang direkomendasikan AASHTO 1993 disajikan pada Tabel 4-2 berikut.

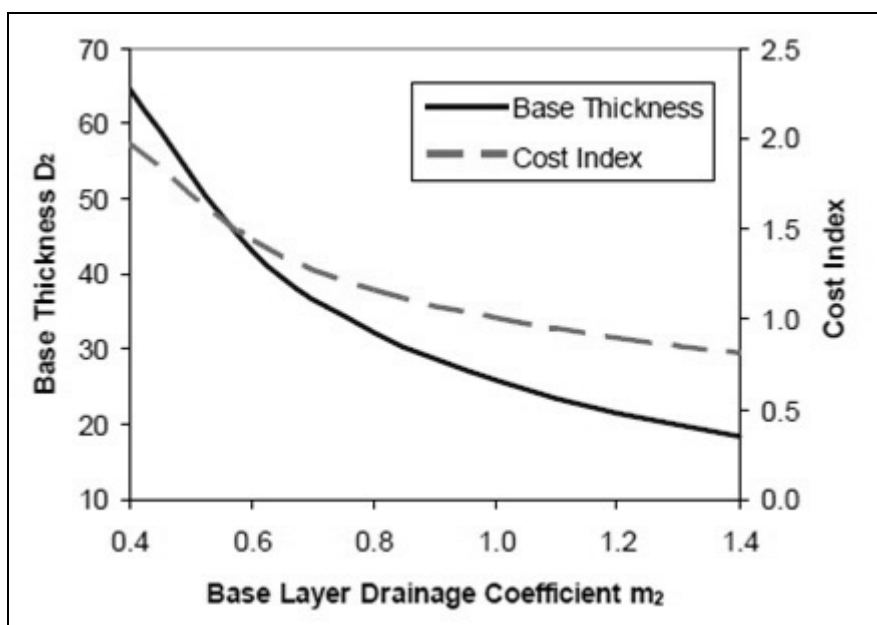
Tabel 4-2 Koefisien drainase (*m*) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif *material untreated base dan subbase*

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Sumber: AASHTO 1993

Faktor drainase memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada perencanaan perkerasan jalan. Contohnya pada area dengan curah hujan tinggi, kualitas drainase yang baik sekali dapat mengurangi ketebalan lapisan pondasi dibandingkan dengan kualitas drainase yang jelek sekali. Suatu analisis sensitivitas dalam suatu kajian yang dilakukan FHWA

(*Geotechnical aspect of pavement*, 2006) menunjukkan bahwa perubahan nilai koefisien drainase dari lapisan granular *base* berpengaruh signifikan terhadap efektifitas struktural lapisan *base*, yang akan berpengaruh juga terhadap ketebalan dan biaya konstruksi. Pada Gambar 4-1 menunjukan bahwa pengurangan nilai m_2 dari nilai maksimum 1,4 menjadi nilai minimum 0,4 membutuhkan hampir 3 kali ketebalan lapisan *base* yang dibutuhkan. Dengan kondisi ini akan menyebabkan kenaikan keseluruhan biaya konstruksi sebesar 150%.



Gambar 4-1 Sensitivitas metode perencanaan AASHTO 1993 terhadap kondisi drainase (FHWA, 2006)

Untuk memperoleh kualitas drainase yang baik sekali dibutuhkan lapisan *base* dan *subbase bergradasi terbuka* yang lebih permeable sebagai bagian dari suatu sistem drainase bawah permukaan. Akan tetapi, hal ini hanya berlaku untuk perkerasan baru atau rekonstruksi.

Pada pedoman perencanaan tebal lapis tambah dengan metode lendutan (Pd T-05-2005-B) dengan alat FWD maupun *Benkelman Beam*, nilai lendutan yang akan digunakan untuk perencanaan harus dikoreksi terlebih dahulu. Salah satunya adalah koreksi akibat muka air tanah Ca (faktor musim). Faktor koreksi ini mengakomodasi musim dimana musim kemarau diasumsikan kondisi muka air tanah rendah dan musim hujan diasumsikan kondisi muka air tanah tinggi. Nilai Ca yang digunakan adalah:

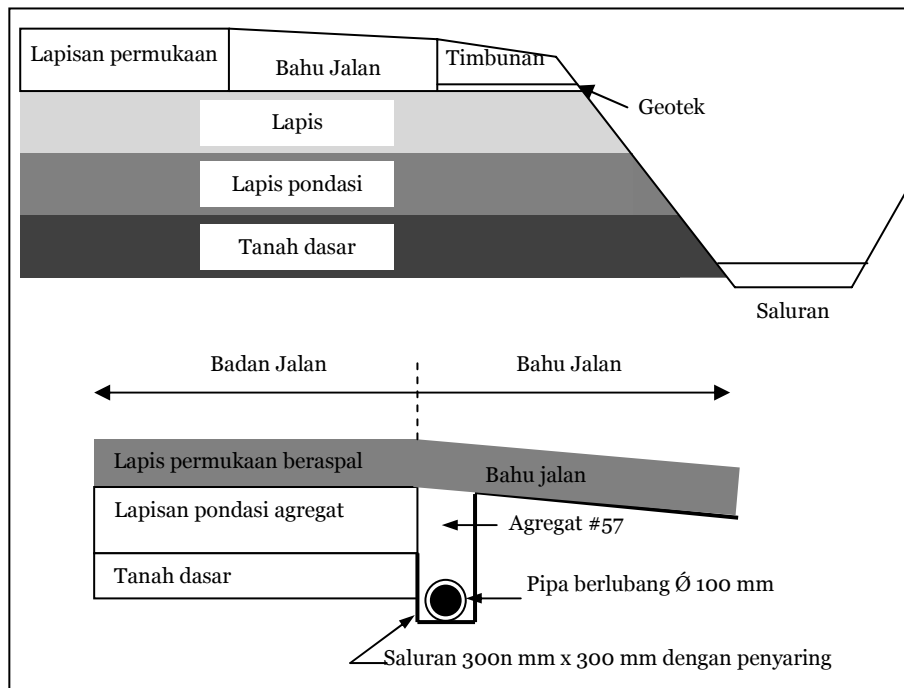
- 1,2 bila pemeriksaan dilakukan pada musim kemarau atau muka air tanah rendah.
- 0,9 bila pemeriksaan dilakukan pada musim hujan atau muka air tanah tinggi.



5

PERENCANAAN DRAINASE BAWAH PERMUKAAN PERKERASAN JALAN

Perencanaan drainase bawah permukaan merupakan hal yang tidak dapat diabaikan terutama untuk perkerasan yang diindikasikan akan terekspos air baik air dari permukaan atau air bawah permukaan. Drainase bawah permukaan menggunakan lapisan permeable base sebagai lapisan drainase yang berfungsi mengalirkan air yang masuk secepat mungkin keluar struktur perkerasan. Agar lapisan drainase berfungsi sesuai dengan tujuannya yaitu mengalirkan air yang masuk ke perkerasan secepat mungkin, maka konstruksi lapisan drainase harus memenuhi aspek persyaratan. Pada Gambar 5-1 disajikan beberapa tipikal konstruksi lapisan drainase yang ideal.



Gambar 5-1 Tipikal konstruksi ideal lapisan drainase (ERES, 1999)

Pada tipikal konstruksi ideal dari lapisan drainase seperti gambar di atas untuk lapisan drainase tanpa edgedrain konstruksi lapisan drainase antara badan jalan dan bahu jalan harus menerus dan mempunyai kualitas material yang sama serta ada *outlet* ke saluran samping jalan. Hal ini bertujuan agar air yang masuk ke dalam sistem perkerasan dapat dialirkan keluar. Pada konstruksi lapisan drainase dengan *edgedrain* air yang masuk ke dalam perkerasan akan dialirkan ke pipa *edgedrain* dan selanjutnya akan dialirkan keluar sistem perkerasan. Konstruksi lapisan drainase dengan *edgedrain* juga berfungsi untuk menurunkan muka air tanah.

Pada kenyataannya banyak kondisi jalan di Indonesia yang tidak pada kondisi ideal dimana konstruksi antara badan jalan dan bahu jalan terpisah

dan mempunyai kualitas material yang berbeda serta tidak menggunakan *edgedrain*. Hal ini dapat menyebabkan air terperangkap dalam sistem perkerasan sehingga akhirnya akan air akan menuju tanah dasar dan akan memperlemah kekuatan tanah dasar. Kondisi seperti ini harus menjadi perhatian dan harus diakomodasi dalam perhitungan nilai koefisien drainase.

Salah satu aspek lainnya dalam perencanaan drainase bawah permukaan adalah persyaratan hidrolis. Pada dasarnya ada dua pendekatan yang digunakan dalam memenuhi persyaratan hidrolis yaitu metode *time-to-drain* dan *steady-state flow*. Dalam perencanaan AASHTO 1993 digunakan metode *time-to-drain* sebagai pendekatannya.

Metode *time-to-drain* mengasumsikan bahwa pada keadaan hujan, aliran air akan masuk ke dalam sistem perkerasan (lapisan drainase dan lapisan diatasnya) sampai keadaan jenuh. Setelah jenuh air akan dialirkan melalui permukaan perkerasan. Setelah hujan berhenti maka lapisan drainase akan mengalirkan air yang masuk ke saluran pengumpul untuk dialirkan keluar. Para perencana jalan harus merencanakan lapisan pondasi yang *permeable* agar dapat mengalirkan air secepat mungkin untuk mencegah kerusakan pada perkerasan jalan.

Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan rumus dibawah ini.

$$t = T \times m \times 24 \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

t = *time-to-drain* (jam)

T = *time factor*

m = faktor "m"

Nilai *time factor* (T) ditentukan oleh geometri dari lapisan drainase. Geometri lapisan drainase terdiri dari *resultant slope* (S_R), *resultant length*

(L_R) dan ketebalan dari lapisan drainase. Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada Gambar 5-2. Nilai S_R dan L_R diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (S_x) dan kemiringan longitudinal (S). faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai *slope factor* (S_1) dengan rumus berikut.

$$S_1 = \frac{L_R \times S_R}{H} \dots\dots\dots (2.2)$$

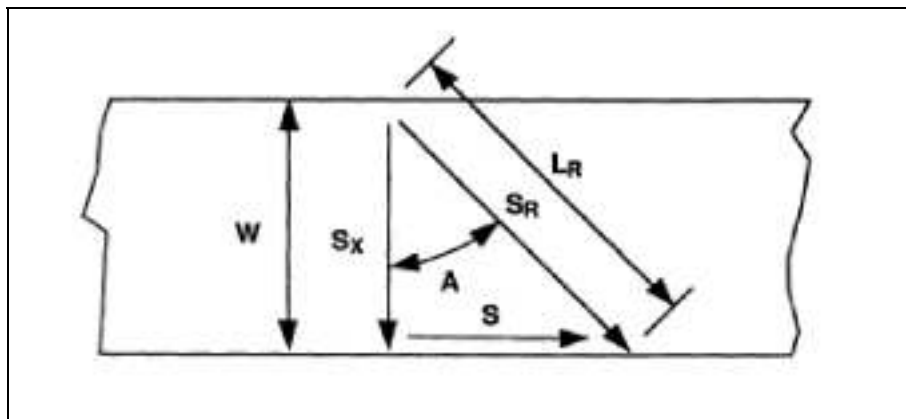
dengan:

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

$$L_R = W [1 + (S/S_x)^2]^{1/2}$$

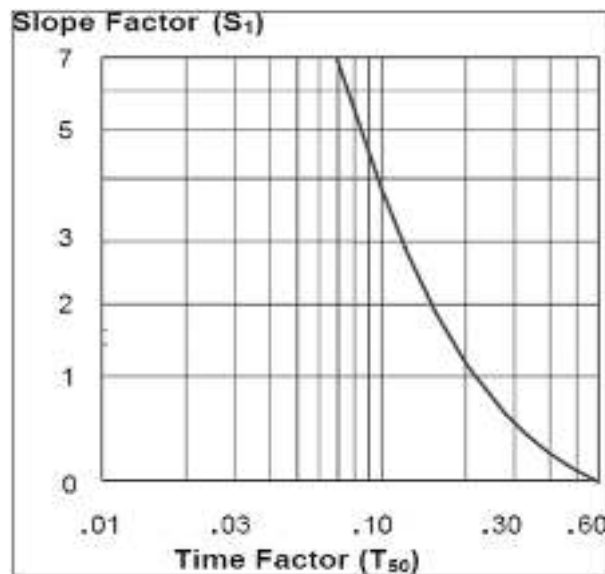
W = lebar dari lapisan *permeabel* (dalam m atau ft)

H = tebal dari lapisan *permeabel* (dalam m atau ft)



Gambar 5-2 Geometri jalan (ERES, 1999)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 5-3, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 5-3 Grafik *time factor* untuk derajat kejenuhan 50% (ERES, 1999)

Nilai “m” pada persamaan 2.1 dihitung dengan rumus:

$$m = \frac{N_0 L_R^2}{kH} = \frac{N_0 L_R^2}{\psi} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

- N_0 = pororsitas efektif lapisan drainase
- k = permeabilitas lapisan drainase dalam m/hari (ft/hari)
- H = tebal lapisan drainase dalam m (ft)
- ψ = transmisivitas lapisan drainase dalam m^2 /hari (ft^2 /hari)

Kerusakan prematur perkerasan jalan dapat terjadi akibat banyak faktor. Salah satunya adalah kesalahan dalam perencanaan. Perencanaan perkerasan jalan yang tidak benar memiliki konsekuensi yang serius jauh ke masa depan. Hal ini penting untuk mencapai umur pakai jalan sesuai dengan umur desain yang diharapkan. Salah satu variabel penting yang mempengaruhi desain perkerasan jalan khususnya dengan metode AASHTO

1993 adalah nilai koefisien drainase yang digunakan untuk memodifikasi lapisan pondasi dasar agregat.

Kesalahan umum yang biasa terjadi dalam perencanaan adalah mengasumsikan nilai koefisien drainase sama dengan 1 tanpa menilai karakteristik dari drainase yang akan digunakan. Hal ini menyebabkan sistem perkerasan menjadi *under designed* yang akan mengakibatkan terjadinya kegagalan prematur perkerasan jalan.

Kajian ini dimaksudkan untuk membantu para perencana jalan dalam menentukan koefisien drainase (m) yang realistis berdasarkan pada kualitas drainase dari lapisan pondasi agregat yang akan digunakan.

Data yang harus tersedia dalam penentuan koefisien drainase ini meliputi:

- a. Data geometrik lapisan drainase, meliputi:
 - Tebal dari lapisan drainase, H (meter atau feet)
 - Lebar dari lapisan drainase, W (meter atau feet)
 - Kemiringan longitudinal lapisan drainase, S (%)
 - Kemiringan melintang lapisan drainase, S_x (%)
 - Ilustrasi mengenai data geometrik dapat dilihat pada Gambar 5-2
- b. Data properties material lapisan drainase, meliputi:
 - Kepadatan kering, γ_d
 - Kepadatan partikel dari butiran padat, γ_s (biasanya diambil nilai sekitar 165 lb/cu.ft (gram/cm³ atau lb/cu.ft))
 - Porositas material, N (ditentukan dengan rumus: $N = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{\gamma_s}\right)$)
 - Permeabilitas lapisan drainase, k (m/hari atau ft/day)
 - Rasio dari air yang dapat dialirkan dan volume sampel, WL (ditentukan dengan cara membuat sampel material yang dikondisikan jenuh air dan diukur seberapa besar air yang dapat dialirkan lalu dibandingkan dengan volume sampel tersebut)

Rumus-rumus perhitungan yang akan digunakan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan dalam perencanaan jalan menurut AASHTO 1993 meliputi:

- a) Rumus untuk menghitung porositas material.

$$N = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{\gamma_s} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan pengertian:

N adalah porositas material (tanpa satuan, nilai rasio dari volume relatif dan total volume.

γ_d adalah kepadatan kering (gram/cm³ atau lb/cu.ft)

γ_s adalah kepadatan partikel dari butiran padat, biasanya diambil nilai sekitar 165lb/cu.ft (gram/cm³ atau lb/cu.ft)

- b) Rumus untuk menghitung porositas efektif lapisan drainase.

$$N_e = N \times WL \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan pengertian:

N_e adalah porositas efektif, rasio dari volume air yang dapat mengalir secara gravitasi dengan volume total sampel (tanpa satuan)

N adalah porositas material (tanpa satuan)

WL adalah perkiraan dari rasio volume air yang dapat dialirkan.

- c) Rumus untuk menghitung *slope resultant*.

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan pengertian:

S_R adalah *slope resultant* (%)

S adalah kemiringan longitudinal lapisan drainase (%)

S_x adalah Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- d) Rumus untuk menghitung *length resultant*

$$L_R = W [1 + (S/S_x)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan pengertian:

L_R adalah *length resultant* (meter atau *feet*)

W adalah lebar dari lapisan drainase (meter atau *feet*)

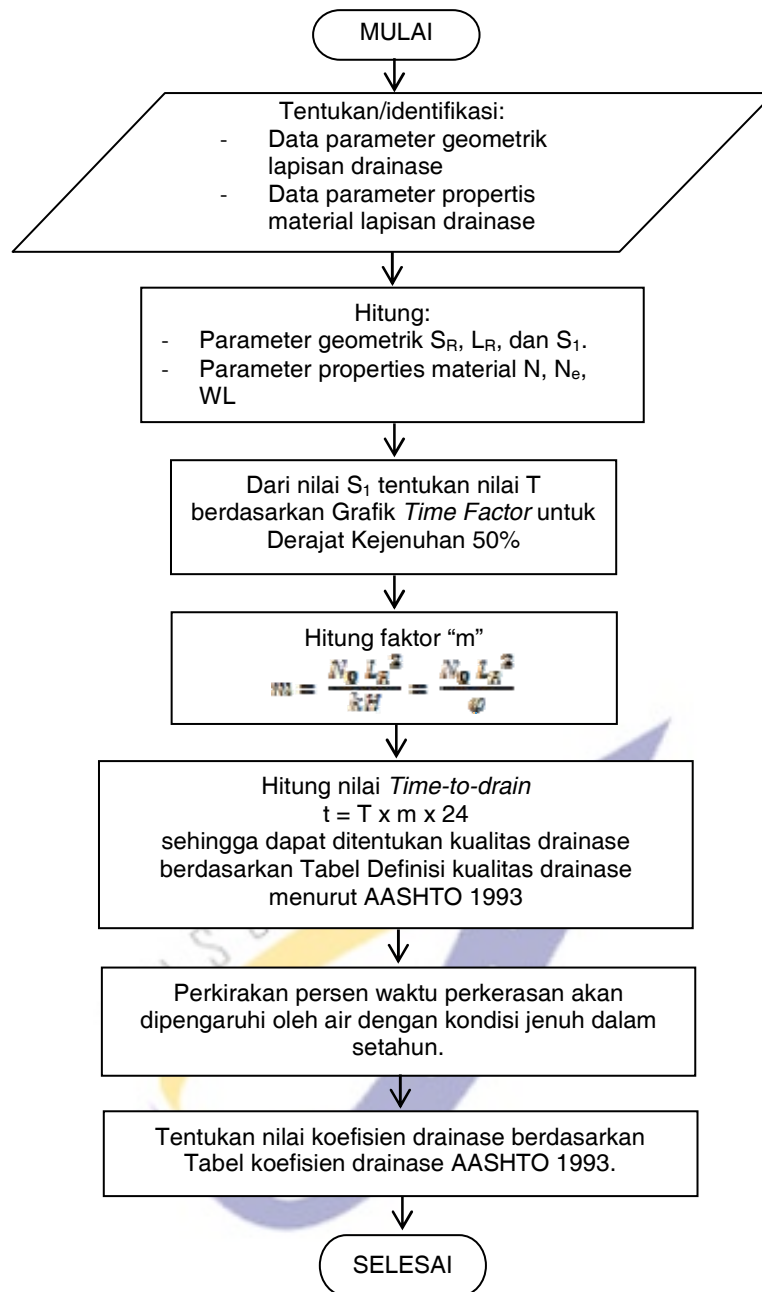
S adalah kemiringan longitudinal lapisan drainase (%)

S_x adalah Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- e) Rumus untuk menghitung *slope factor* (S_1) menggunakan persamaan 2.2
- f) Rumus untuk menghitung faktor “ m ” digunakan persamaan 2.3.
- g) Rumus untuk menghitung nilai *Time-to-drain* digunakan persamaan 2.1

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase (m) adalah sebagai berikut:


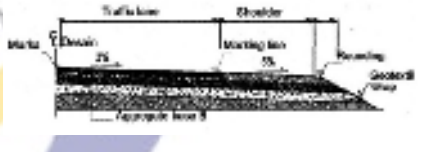
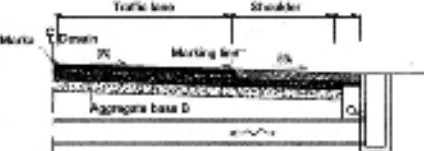
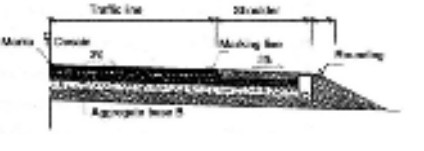
- Hitung nilai pororsitas material (N) dengan menggunakan persamaan (2.4)
- Hitung nilai pororsitas efektif lapisan drainase (N_e) dengan menggunakan persamaan (2.5).
- Hitung *slope resultant* (S_R) dengan menggunakan persamaan (2.6)
- Hitung *length resultant* (L_R) dengan menggunakan persamaan (2.7)
- Hitung *slope factor* (S_1) dengan menggunakan persamaan (2.2)
- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50}) dari hasil perhitungan S_1 berdasarkan pada Gambar 5-3.
- Hitung faktor “ m ” dengan menggunakan persamaan (2.3)
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t) dengan menggunakan persamaan (2.1)
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian ditentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 4-1.
- Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perencanaan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan diatas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh sesuai dengan Tabel 4-2.



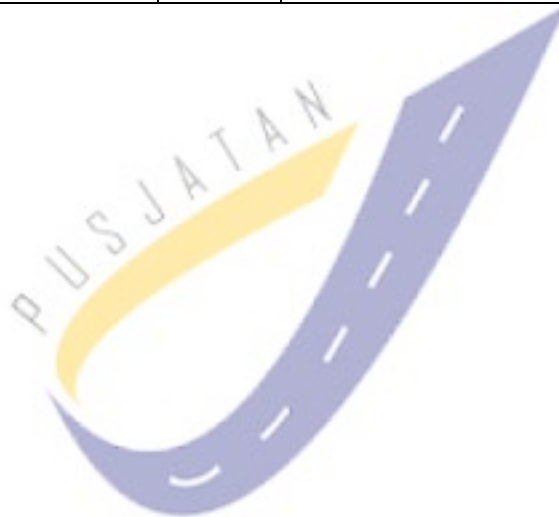
Gambar 5-4 Bagan alir perhitungan nilai koefisien drainase m

Keberadaan drainase bawah permukaan harus tersedia terutama bagi jalan yang diindikasikan ada potensi mengalami tekanan *uplift* dari muka air tanah. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Indonesia *Infrastructure Initiative*, dalam penentuan nilai koefisien drainase (m) dapat ditentukan melalui pendekatan dari kondisi lapangan dimana perkerasan tersebut berada. Pendekatan nilai koefisien drainase (m) berdasarkan kondisi lapangan disajikan dalam Tabel 5-1 di bawah ini.

Tabel 5-1 Pendekatan nilai m berdasarkan kondisi lapangan
(Indonesia *Infrastructure Initiative*, 2011)

No	Kondisi Lapangan	Nilai m untuk Desain	
1	Jalan didaerah galian, mempunyai drainase bawah permukaan dan <i>free draining</i> . (drainase bawah permukaan selalu berada di atas muka air banjir)	1,2	
2	Jalan di atas tanah timbunan dengan <i>day-lighting subbase</i> (dianggap tidak akan tergenangi air)	1,2	
3	Jalan berada pada daerah relatif datar dan level tanah asli dan mempunyai drainase bawah permukaan,	1,0	
4	Jalan di atas tanah timbunan dengan tepi yang bersifat permeabel rendah serta <i>boxed subbase</i> .	0,9	

No	Kondisi Lapangan	Nilai m untuk Desain	
5	Jalan yang tidak mempunyai drainase bawah permukaan berada pada daerah galian, pada tanah asli ataupun daerah timbunan dengan lebar impermeable tepi >500 mm	0,7	<p>The diagram shows a cross-section of a road in a cut area. It includes a traffic lane, a shoulder, and a drainage layer (D) with a thickness of 2% and a permeability coefficient of 0.7. The drainage layer is located below the subgrade (Base B). The road is shown in a cut area with a slope of 1:1. The drainage layer is shown as a horizontal line with a downward arrow indicating water flow. The road surface is shown as a horizontal line with a downward arrow indicating water flow. The drainage layer is shown as a horizontal line with a downward arrow indicating water flow.</p>
6	Jalan di mana tanah dasarnya selalu dalam keadaan jenuh pada waktu musim hujan. Tidak mempunyai titik pembuangan untuk drainase bawah permukaan.	0,4	<p>The diagram shows a cross-section of a road in a fill area. It includes a traffic lane, a shoulder, and a drainage layer (D) with a thickness of 2% and a permeability coefficient of 0.4. The drainage layer is located below the subgrade (Base B). The road is shown in a fill area with a slope of 1:1. The drainage layer is shown as a horizontal line with a downward arrow indicating water flow. The road surface is shown as a horizontal line with a downward arrow indicating water flow. The drainage layer is shown as a horizontal line with a downward arrow indicating water flow.</p>



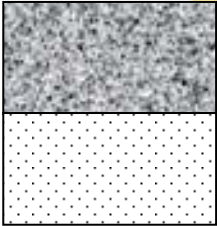
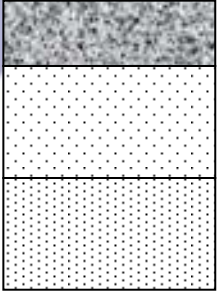


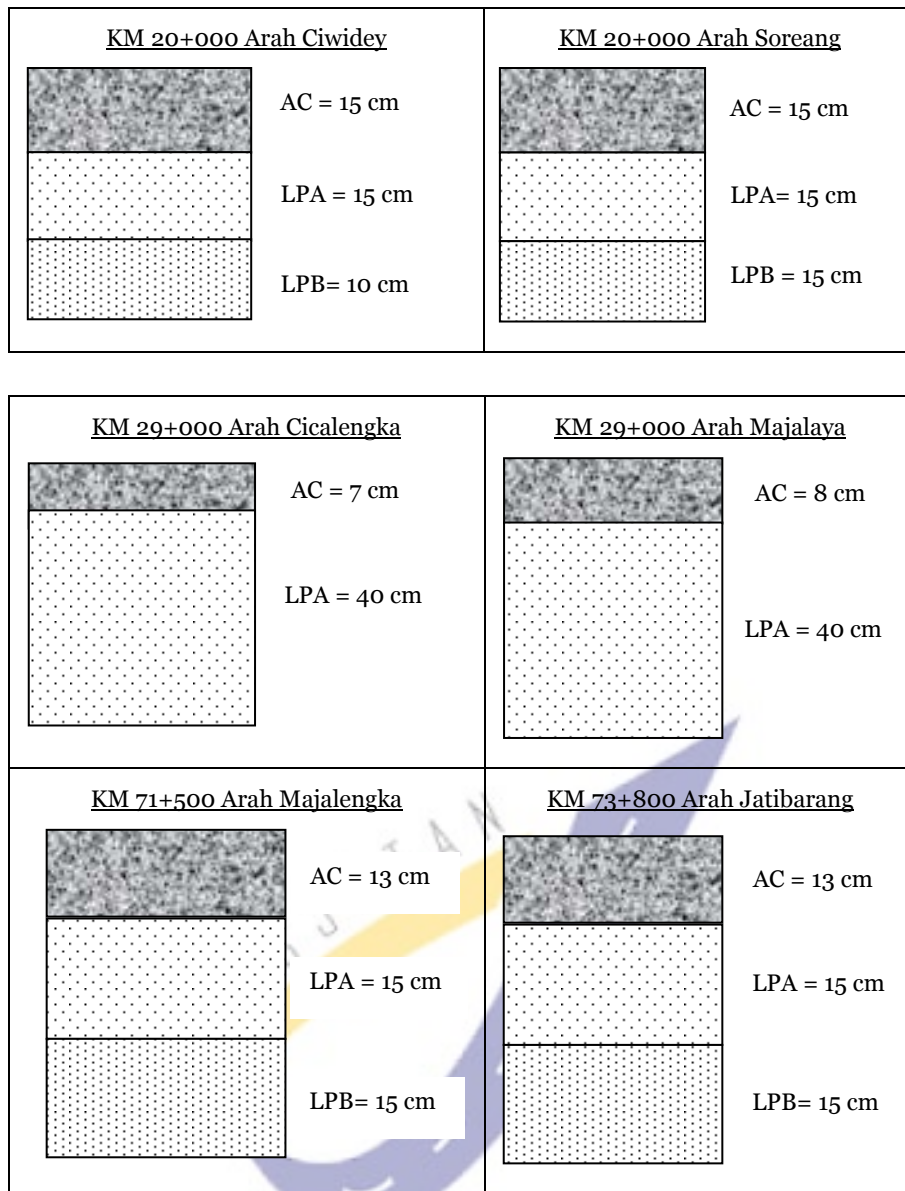
6

PRESENTASI DATA

6.1 Data Struktur Perkerasan

Pengukuran data ketebalan tiap lapisan perkerasan dilakukan disetiap ruas jalan di mana lokasi penelitian, yaitu Kecamatan Jatitujuh Majalengka KM 71+500 CN, 73+800 CN, 74+600 CN, Soreang KM 19+000 BDG, KM 20+000 BDG, serta Majalaya KM 29+000 BDG. Pengukuran dilakukan dari bahu jalan dimaksudkan agar tidak merusak perkerasan jalan. Diasumsikan bahwa dalam satu ruas memiliki ketebalan **tiap** lapisan yang sama. Adapun data mengenai ketebalan lapisan perkerasan disajikan pada Gambar 6-1 berikut.

<u>KM 19+000 Arah Ciwidey</u>	<u>KM 19+000 Arah Soreang</u>
	



Gambar 6-1 Data ketebalan lapisan perkerasan jalan

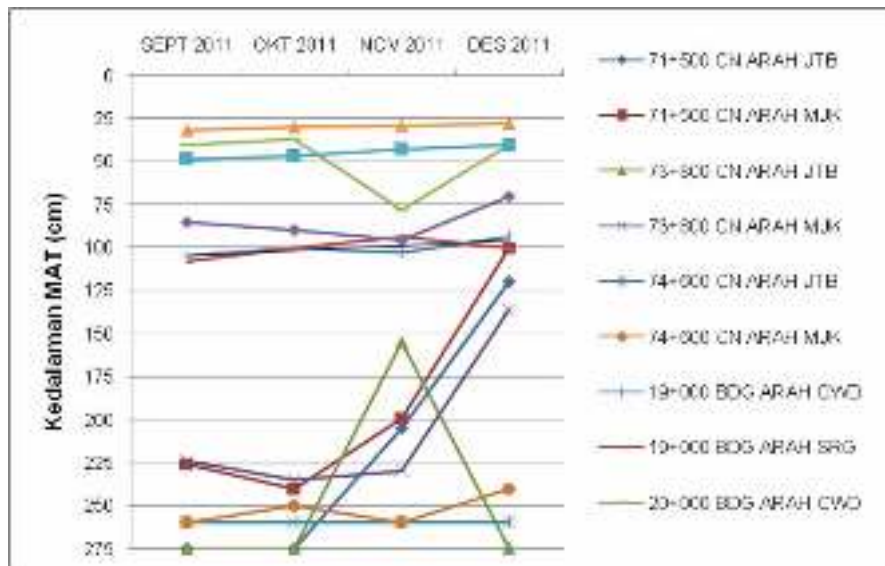
6.2 Data Ketinggian Muka Air Tanah

Pengukuran ketinggian muka air tanah dilakukan setiap kali pengujian FWD. Ketinggian muka air tanah dilapangan diasumsikan sama dengan ketinggian air yang ada dalam sumur piezometer terbuka. Data ketinggian muka air tanah diperoleh dari 4 kali pengamatan, yaitu bulan September, Oktober, November dan Desember 2011. Di mana pada bulan September, Oktober dan November merupakan musim kemarau dan pada bulan Desember mulai memasuki musim hujan. Pengukuran ketinggian muka air tanah dengan metode observasi mengacu pada SNI 03-3443-1994. Pada Tabel 6-1 dan Gambar 6-2 disajikan mengenai data ketinggian muka air tanah di lokasi pengujian.

Tabel 6-1 Data ketinggian muka air tanah

No	Lokasi	Sta	Kedalaman pipa piezometer (cm)	Kedalaman MAT dari permukaan jalan (cm)				Kondisi lingkungan sekitar
				Sep 2011	Okt 2011	Nov 2011	Des 2011	
1	Majalengka	71+500 CN Arah JTB	275	275	275	205	120	Sawah
		71+500 CN Arah MJK	275	226	240	199	100	Sawah & Saluran irigasi
2	Majalengka	73+800 CN Arah JTB	275	275	275	155	275	Sawah
		73+800 CN Arah MJK	275	224	235	230	136	Sawah & Saluran irigasi
3	Majalengka	74+600 CN Arah JTB	260	260	260	260	260	Sawah
		74+600 CN Arah MJK	260	260	250	260	240	Sawah & Saluran irigasi
4	Soreang	19+000 BDG Arah CWD	200	105	100	103	94	Pemukiman
		19+000 BDG Arah SRG	200	108	100	94	100	Pemukiman
5	Soreang	20+000 BDG Arah CWD	120	40	37	78	40	Sawah
		20+000 BDG Arah SRG	120	85	90	96	70	Pemukiman
6	Majalaya	29+000 BDG Arah CCLK	230	49	47	43	40	Sawah
		29+000 BDG Arah MJLY	120	32	30	29	28	Sawah





Gambar 6-2 Grafik resume ketinggian MAT

6.3 Data Lendutan

Dari hasil pengujian menggunakan FWD diperoleh nilai lendutan dari berbagai lokasi pengujian. Adapun rangkuman data lendutan terkoreksi pada pusat beban disajikan pada Tabel 6-2 berikut.

Tabel 6-2. Rangkuman data lendutan pada pusat beban

No	Lokasi Pengujian	Waktu pengujian	Ketinggian MAT (cm)	d0 terkoreksi (μm)		
			Top Surface	Max	Min	Rata-rata
1	Majalengka KM 71+500 CN Arah Majalengka	September 2011	-226	555,10	316,80	430,13
		Oktober 2011	-240	584,74	334,21	472,17
		November 2011	-199	587,22	373,00	458,96
		Desember 2011	-100	555,49	353,57	441,93
2	Majalengka KM 71+500 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -275	464,53	180,96	258,71
		Oktober 2011	> -275	466,59	176,11	266,72
		November 2011	-205	434,00	217,80	291,96
		Desember 2011	-120	417,79	222,90	296,39

No	Lokasi Pengujian	Waktu pengujian	Ketinggian MAT (cm)	d0 terkoreksi (μm)		
			Top Surface	Max	Min	Rata-rata
3	Majalengka KM 73+800 CN Arah Majalengka	September 2011	-224	389,80	208,99	309,28
		Oktober 2011	-235	486,47	234,06	361,06
		November 2011	-230	458,05	209,22	338,36
		Desember 2011	-136	447,09	189,47	329,23
4	Majalengka KM 73+800 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -275	395,51	261,38	320,19
		Oktober 2011	> -275	488,04	239,37	305,76
		November 2011	-155	542,53	256,24	360,59
		Desember 2011	> -275	583,48	252,04	347,98
5	Majalengka KM 74+600 CN Arah Majalengka	September 2011	> -260	488,01	264,05	355,37
		Oktober 2011	-250	540,89	340,57	451,82
		November 2011	> -260	540,33	358,07	454,87
		Desember 2011	-240	581,01	368,87	478,82
6	Majalengka KM 74+600 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -260	508,82	274,40	366,62
		Oktober 2011	> -260	381,75	235,38	318,11
		November 2011	> -260	437,83	247,70	363,13
		Desember 2011	> -260	546,58	261,41	400,19
7	Soreang KM 19+000 BDG Arah Ciwidey	September 2011	-105	382,07	168,52	244,03
		Oktober 2011	-100	325,55	139,97	213,93
		November 2011	-103	373,71	163,96	240,88
		Desember 2011	-94	442,36	169,24	272,43
8	Soreang KM 19+000 BDG Arah Soreang	September 2011	-108	406,40	217,38	286,30
		Oktober 2011	-100	446,59	132,78	310,13
		November 2011	-94	380,02	150,07	279,21
		Desember 2011	-100	441,17	157,45	316,88
9	Soreang KM 20+000 BDG Arah Ciwidey	September 2011	-40	318,96	126,02	193,03
		Oktober 2011	-37	361,61	177,98	249,54
		November 2011	-78	300,33	175,05	226,91
		Desember 2011	-40	398,09	201,92	276,25

No	Lokasi Pengujian	Waktu pengujian	Ketinggian MAT (cm)	d0 terkoreksi (μm)		
			<i>Top Surface</i>	Max	Min	Rata-rata
10	Soreang KM 20+000 BDG Arah Soreang	September 2011	-85	545,14	174,66	361,92
		Oktober 2011	-90	374,97	192,32	265,06
		November 2011	-96	353,31	184,38	246,53
		Desember 2011	-70	443,68	217,54	299,22
11	Majalaya KM 29+000 BDG Arah Cicalengka	September 2011	-49	277,47	181,53	234,20
		Oktober 2011	-47	309,62	224,96	268,03
		November 2011	-43	329,55	230,78	272,87
		Desember 2011	-40	287,15	227,60	260,70
12	Majalaya KM 29+000 BDG Arah Majalaya	September 2011	-32	313,60	203,97	270,46
		Oktober 2011	-30	349,01	235,46	286,07
		November 2011	-29	381,94	237,51	318,25
		Desember 2011	-28	340,27	259,69	295,80

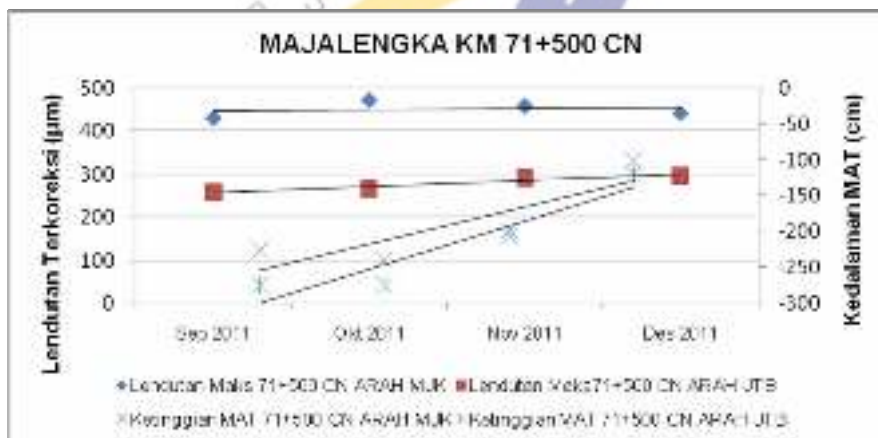


7

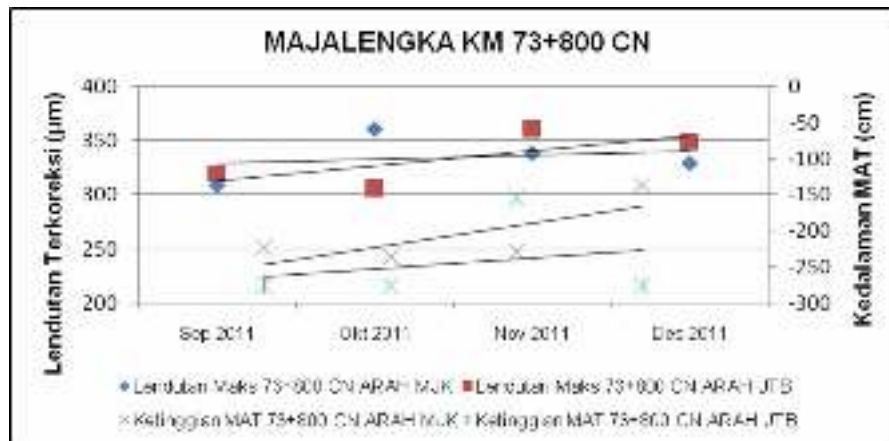
ANALISIS DATA DAN DISKUSI

7.1 Analisis Ketinggian MAT Vs Nilai Lendutan Maksimum

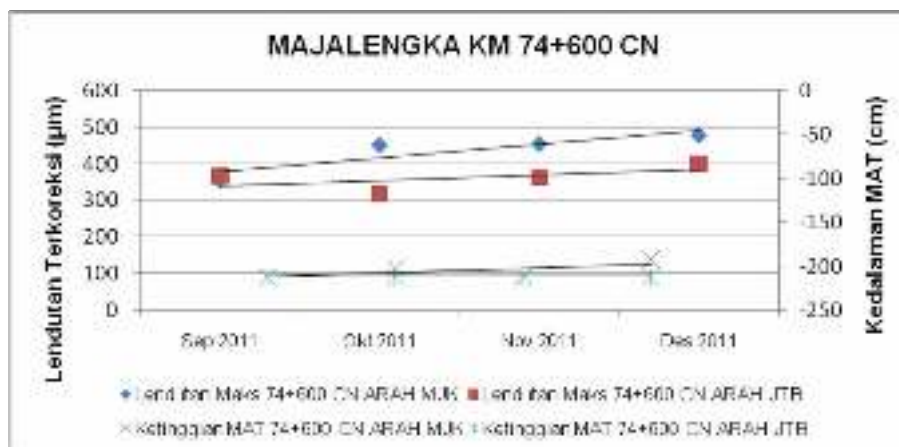
Berdasarkan nilai data lendutan rata-rata dan ketinggian muka air tanah yang diperoleh dari pengujian di lapangan kemudian dibuat suatu grafik hubungan sehingga lebih jelas terlihat pengaruh fluktuasi ketinggian MAT terhadap nilai lendutan langsungnya. Gambar 7-1 sampai Gambar 7-6 menjelaskan hubungan fluktuasi muka air tanah terhadap nilai lendutan perkerasan jalan di berbagai lokasi pengujian.



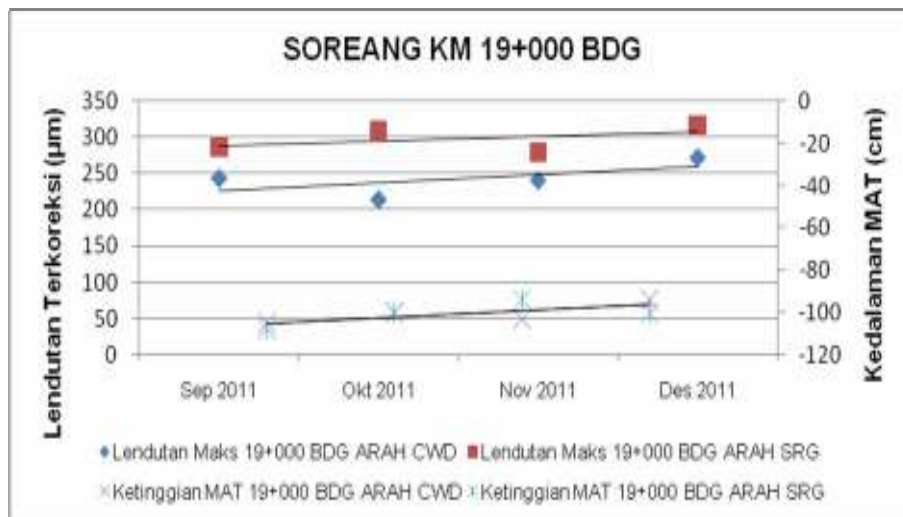
Gambar 7-1 Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalengka KM 71+500 CN



Gambar 7-2 Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalengka KM 73+800 CN



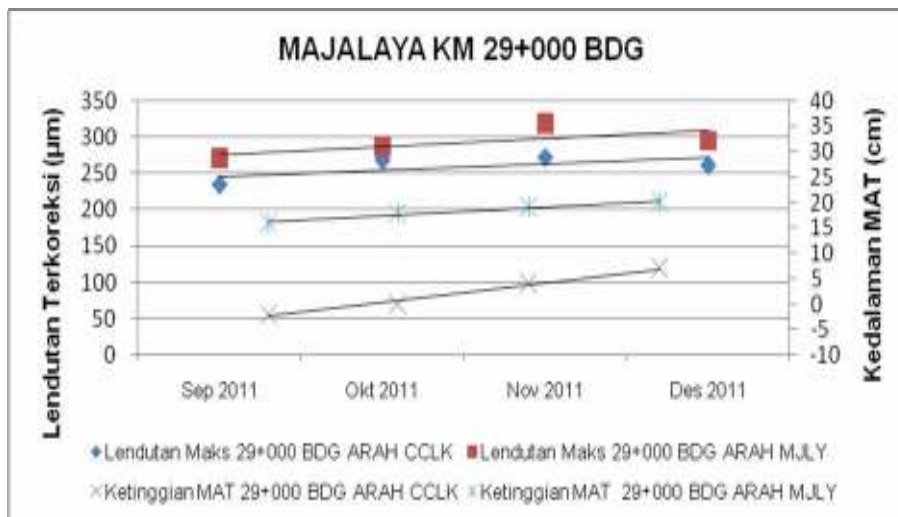
Gambar 7-3 Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalengka KM 74+600 CN



Gambar 7-4 Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Soreang KM 19+000 BDG



Gambar 7-5 Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Soreang KM 20+000 BDG



Gambar 7-6 Nilai lendutan maksimum terkoreksi vs ketinggian MAT lokasi Majalaya KM 29+000 BDG

Berdasarkan data fluktuasi ketinggian MAT dan nilai lendutan dari seluruh lokasi dapat disimpulkan bahwa dengan naiknya level muka air tanah mendekati perkerasan maka nilai lendutan akan meningkat dan begitu juga sebaliknya. Dari seluruh lokasi pengujian rata-rata peningkatan nilai lendutan adalah sebesar $7,30 \mu\text{m}$ per 1 cm kenaikan MAT, dan rata-rata penurunan nilai lendutan adalah sebesar $5,78 \mu\text{m}$ per 1 cm penurunan MAT. Kenaikan nilai lendutan yang paling signifikan adalah sebesar $32,18 \mu\text{m}$ per 1 cm kenaikan MAT terjadi pada lokasi Majalaya KM 29+000 arah Majalaya. Besarnya kenaikan nilai lendutan yang signifikan ini kemungkinan terjadi karena MAT pada lokasi ini telah masuk pada lapisan pondasi (± 20 cm di atas top *subgrade*).

Penurunan nilai lendutan yang paling signifikan adalah sebesar $19,37 \mu\text{m}$ per 1 cm penurunan MAT terjadi pada lokasi Soreang KM 20+000 arah Soreang yang ketinggian MAT nya ± 50 cm dibawah top *subgrade*.

7.2 Modulus Resilen Tanah Dasar dan Modulus Efektif Hasil Perhitungan Balik

Kapasitas struktur jalan setiap lapisan diwakili oleh nilai modulus tiap lapisannya. Nilai modulus diperoleh dengan perhitungan balik menggunakan metode AASHTO 1993. Pendekatan metode AASHTO memodelkan besarnya lendutan maksimum pada pusat beban sebagai kontribusil dari dua lapisan yaitu lapisan perkerasan dan tanah dasar. Lendutan maksimum yang digunakan dalam perhitungan balik dikoreksi terhadap suhu standard 68⁰F (25⁰C). Perhitungan iterasi dilakukan dengan bantuan *spreadsheet* dan program *add-in Solver*.

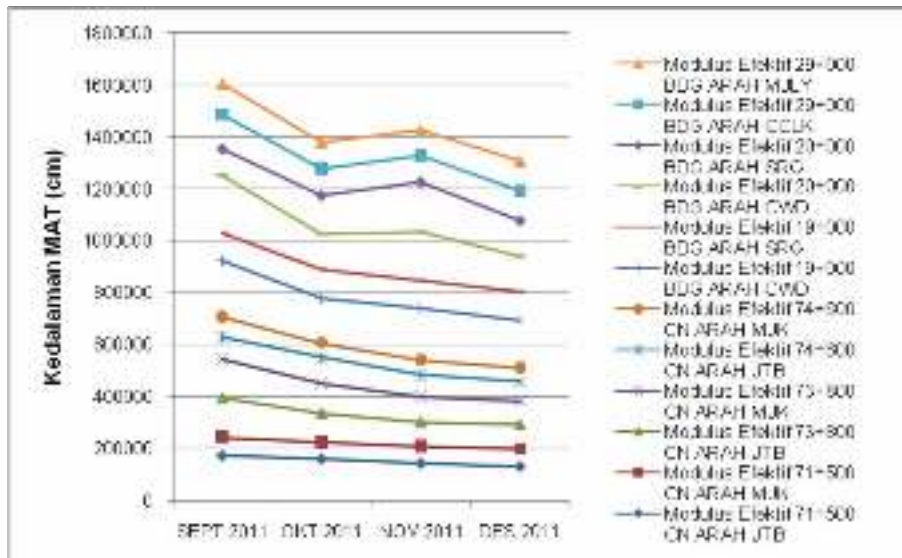
Rangkuman dari perkiraan nilai modulus rata-rata hasil perhitungan balik disajikan pada Tabel 7-1 dan Gambar 7-7 berikut.

Tabel 7-1 Rangkuman nilai modulus tanah dasar dan modulus efektif perkerasan hasil perhitungan balik

No	Lokasi	Waktu pengujian	Ketinggian MAT (cm)	Mr (Psi)	Ep (Psi)
1	Majalengka KM 71+500 CN Arah Majalengka	September 2011	-226	14041,55	69261,83
		Oktober 2011	-240	13157,15	62931,48
		November 2011	-199	13525,68	64608,56
		Desember 2011	-100	15105,14	66460,16
2	Majalengka KM 71+500 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -275	15218,93	173857,20
		Oktober 2011	> -275	15607,23	161189,49
		November 2011	-205	14557,88	143799,99
		Desember 2011	-120	15235,71	132049,89
3	Majalengka KM 73+800 CN Arah Majalengka	September 2011	-224	17526,00	148499,19
		Oktober 2011	-235	16865,51	114116,12
		November 2011	-230	16770,24	99950,29
		Desember 2011	-136	17356,20	92237,79
4	Majalengka KM 73+800 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -275	15853,92	151829,55
		Oktober 2011	> -275	17295,56	112345,20
		November 2011	-155	15608,92	93053,22

No	Lokasi	Waktu pengujian	Ketinggian MAT (cm)	Mr (Psi)	Ep (Psi)
		Desember 2011	> -275	16887,20	92858,52
5	Majalengka KM 74+600 CN Arah Majalengka	September 2011	> -260	20576,88	77756,65
		Oktober 2011	-250	17641,85	55825,97
		November 2011	> -260	17526,93	56004,07
		Desember 2011	-240	17221,02	53546,85
6	Majalengka KM 74+600 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -260	16255,66	86202,88
		Oktober 2011	> -260	18150,20	100188,82
		November 2011	> -260	17447,99	83613,70
		Desember 2011	> -260	16702,81	73807,41
7	Soreang KM 19+000 BDG Arah Ciwidey	September 2011	-105	30437,20	144086,82
		Oktober 2011	-100	21655,00	205404,14
		November 2011	-103	16337,45	220642,53
		Desember 2011	-94	16391,76	181582,30
8	Soreang KM 19+000 BDG Arah Soreang	September 2011	-108	20505,22	108186,61
		Oktober 2011	-100	20842,30	110742,02
		November 2011	-94	16102,50	106919,19
		Desember 2011	-100	16999,10	112541,00
9	Soreang KM 20+000 BDG Arah Ciwidey	September 2011	-40	27645,40	221001,45
		Oktober 2011	-37	25198,36	138739,76
		November 2011	-78	21321,91	185665,56
		Desember 2011	-40	19844,33	137370,78
10	Soreang KM 20+000 BDG Arah Soreang	September 2011	-85	19559,36	102064,42
		Oktober 2011	-90	20072,80	145101,44
		November 2011	-96	17433,36	190663,62
		Desember 2011	-70	16378,05	134428,45
11	Majalaya KM 29+000 BDG Arah Cicalengka	September 2011	-49	25598,32	133139,13
		Oktober 2011	-47	24874,95	106477,69
		November 2011	-43	24119,31	105380,09
		Desember 2011	-40	23971,78	116491,80
12	Majalaya KM 29+000 BDG Arah Majalaya	September 2011	-32	21147,21	118344,10
		Oktober 2011	-30	23106,76	98988,12

No	Lokasi	Waktu pengujian	Ketinggian MAT (cm)	Mr (Psi)	Ep (Psi)
		November 2011	-29	19322,45	94873,93
		Desember 2011	-28	20054,23	113169,77



Gambar 7-7 Grafik resume nilai modulus efektif perkerasan

Berdasarkan data modulus resilien tanah dasar dan modulus efektif perkerasan dari Tabel 4-4 di atas, maka dapat disimpulkan bahwa dengan naiknya muka air tanah mendekati *top subgrade* maka nilai modulus resilien tanah dasar dan modulus efektif perkerasan akan menurun, pengaruhnya terlihat jelas terutama pada daerah yang ketinggian MAT-nya mendekati bahkan telah mencapai pada lapisan pondasi. Walaupun ada beberapa lokasi pengujian pada bulan tertentu menunjukkan kecenderungan yang berbeda. Hal ini kemungkinan dikarenakan pada lokasi tersebut ketika dilakukan pengujian FWD masih dipengaruhi oleh ketinggian muka air tanah atau keberadaan air dalam perkerasan dari kondisi sebelumnya.

Rata-rata penurunan nilai modulus resilien tanah dasar dari seluruh lokasi pengujian adalah sebesar 168,3 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan nilai modulus resilien tanah dasar yang paling signifikan terjadi di lokasi Soreang Km 20+000 arah Ciwidey di mana penurunan yang terjadi adalah sebesar 815,7 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan yang signifikan ini terjadi karena level dari MAT telah masuk pada lapisan pondasi (± 3 cm di atas *top subgrade*).

Rata-rata penurunan nilai modulus efektif perkerasan dari seluruh lokasi pengujian adalah sebesar 4653,3 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan nilai modulus efektif perkerasan yang paling signifikan juga terjadi di lokasi Soreang Km 20+000 arah Ciwidey di mana penurunan yang terjadi adalah sebesar 27420,6 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan nilai modulus tanah dasar dan modulus efektif perkerasan yang signifikan terjadi karena level dari MAT di lokasi ini telah masuk pada lapisan pondasi (± 3 cm di atas *top subgrade*).

7.3 Perkiraan Nilai *Structural Number* (S_{Neff}) Hasil Perhitungan Balik

Structural number (SN) adalah merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan dan koefisien drainase. Dari data-data yang diperoleh dari pengukuran lendutan kemudian dihitung perkiraan nilai Struktural *Number* dari perkerasan *existing* yang diuji. Adapun perhitungan perkiraan S_{Neff} menggunakan metoda AASHTO 1993. Rangkuman Nilai S_{Neff} *existing* disajikan pada Tabel 7-2 berikut.

Tabel 7-2 Rangkuman Nilai SN Hasil Perhitungan Balik

No	Lokasi	Waktu Pengujian	Ketinggian MAT (cm)	d ₀ terkoreksi (μm)	S _N eff
1	Majalengka KM 71+500 CN Arah Majalengka	September 2011	-226	430,13	3,46
		Oktober 2011	-240	472,17	3,37

No	Lokasi	Waktu Pengujian	Ketinggian MAT (cm)	d0 terkoreksi (μm)	SN eff
		November 2011	-199	458,96	3,40
		Desember 2011	-100	441,93	3,43
2	Majalengka KM 71+500 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -275	258,71	4,69
		Oktober 2011	> -275	266,72	4,57
		November 2011	-205	291,96	4,41
		Desember 2011	-120	296,39	4,29
3	Majalengka KM 73+800 CN Arah Majalengka	September 2011	-224	309,28	4,48
		Oktober 2011	-235	361,06	4,01
		November 2011	-230	338,36	3,90
		Desember 2011	-136	329,23	3,81
4	Majalengka KM 73+800 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -275	320,19	4,53
		Oktober 2011	> -275	305,76	4,07
		November 2011	-155	360,59	3,82
		Desember 2011	> -275	347,98	3,80
5	Majalengka KM 74+600 CN Arah Majalengka	September 2011	> -260	355,37	3,61
		Oktober 2011	-250	451,82	3,24
		November 2011	> -260	454,87	3,24
		Desember 2011	-240	478,82	3,19
6	Majalengka KM 74+600 CN Arah Jatibarang	September 2011	> -260	366,62	3,73
		Oktober 2011	> -260	318,11	3,93
		November 2011	> -260	363,13	3,70
		Desember 2011	> -260	400,19	3,54
7	Soreang KM 19+000 BDG Arah Ciwidey	September 2011	-105	244,03	3,69
		Oktober 2011	-100	213,93	4,13
		November 2011	-103	240,88	4,23
		Desember 2011	-94	272,43	3,96
8	Soreang KM 19+000 BDG Arah Soreang	September 2011	-108	286,30	4,20
		Oktober 2011	-100	310,13	4,14
		November 2011	-94	279,21	4,19
		Desember 2011	-100	316,88	4,19

No	Lokasi	Waktu Pengujian	Ketinggian MAT (cm)	d0 terkoreksi (μm)	SN eff
9	Soreang KM 20+000 BDG Arah Ciwidey	September 2011	-40	193,03	4,24
		Oktober 2011	-37	249,54	3,64
		November 2011	-78	226,91	4,02
		Desember 2011	-40	276,25	3,63
10	Soreang KM 20+000 BDG Arah Soreang	September 2011	-85	361,92	3,23
		Oktober 2011	-90	265,06	3,71
		November 2011	-96	246,53	4,06
		Desember 2011	-70	299,22	3,62
11	Majalaya KM 29+000 BDG Arah Cicalengka	September 2011	-49	234,20	4,23
		Oktober 2011	-47	268,03	3,94
		November 2011	-43	272,87	3,92
		Desember 2011	-40	260,70	4,06
12	Majalaya KM 29+000 BDG Arah Majalaya	September 2011	-32	270,46	4,16
		Oktober 2011	-30	286,07	3,93
		November 2011	-29	318,25	3,86
		Desember 2011	-28	295,80	4,11

Dari tabel di atas secara garis besar dapat terlihat bahwa dengan adanya perubahan ketinggian MAT akan mempengaruhi kekuatan struktur jalan, hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan MAT mendekati *top subgrade* maka nilai *S_{Neff}*-nya semakin menurun. pengaruhnya terlihat jelas terutama pada daerah yang ketinggian MAT-nya mendekati bahkan telah mencapai pada lapisan pondasi seperti lokasi Majalaya dan Soreang KM 20+000. Rata-rata penurunan *S_{Neff}* adalah sebesar 0,0408 per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan *S_{Neff}* paling signifikan terjadi di lokasi Soreang Km 20+000 arah Ciwidey yaitu sebesar 0,198 per 1 cm kenaikan MAT.

8

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari data yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam penentuan nilai koefisien drainase (m) yang akan digunakan dalam perencanaan harus dihitung berdasarkan pada karakteristik dan material drainase yang akan digunakan serta mengakomodasi kondisi aktual dilapangan. Langkah perhitungan dapat mengikuti bagan alir penentuan nilai koefisien drainase.
2. Berdasarkan data fluktuasi ketinggian MAT dan nilai lendutan dari seluruh lokasi dapat disimpulkan bahwa dengan naiknya level muka air tanah mendekati perkerasan maka nilai lendutan akan meningkat dan begitu juga sebaliknya. Dari seluruh lokasi pengujian rata-rata peningkatan nilai lendutan adalah sebesar 7,30 μm per 1 cm kenaikan MAT, dan rata-rata penurunan nilai lendutan adalah sebesar 5,78 μm per 1 cm penurunan MAT. Kenaikan nilai lendutan yang paling signifikan adalah sebesar 32,18 μm per 1 cm kenaikan MAT terjadi pada lokasi Majalaya KM 29+000 arah Majalaya. Besarnya kenaikan nilai lendutan

yang signifikan ini kemungkinan terjadi karena MAT pada lokasi ini telah masuk pada lapisan pondasi (± 20 cm diatas *top subgrade*).

3. Dengan naiknya muka air tanah mendekati *top subgrade* maka nilai modulus resilien tanah dasar dan modulus efektif perkerasan akan menurun, pengaruhnya terlihat jelas terutama pada daerah yang ketinggian MAT nya mendekati bahkan telah mencapai pada lapisan pondasi. Rata-rata penurunan nilai modulus resilien tanah dasar dari seluruh lokasi pengujian adalah sebesar 168,3 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan nilai modulus resilien tanah dasar yang paling signifikan terjadi di lokasi Soreang Km 20+000 arah Ciwidey di mana penurunan yang terjadi adalah sebesar 815,7 Psi per 1 cm kenaikan MAT.
4. Rata-rata penurunan nilai modulus efektif perkerasan dari seluruh lokasi pengujian adalah sebesar 4653,3 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan nilai modulus efektif perkerasan yang paling signifikan juga terjadi di lokasi Soreang Km 20+000 arah Ciwidey di mana penurunan yang terjadi adalah sebesar 27420,6 Psi per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan nilai modulus tanah dasar dan modulus efektif perkerasan yang signifikan terjadi karena level dari MAT di lokasi ini telah masuk pada lapisan pondasi (± 3 cm di atas *top subgrade*).
5. Perubahan ketinggian MAT akan mempengaruhi kekuatan struktur jalan, hal ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan MAT mendekati *top subgrade* maka nilai S_{Neff} -nya semakin menurun. pengaruhnya terlihat jelas terutama pada daerah yang ketinggian MAT-nya mendekati bahkan telah mencapai pada lapisan pondasi seperti lokasi Majalaya dan Soreang KM 20+000. Rata-rata penurunan S_{Neff} adalah sebesar 0,0408 per 1 cm kenaikan MAT. Penurunan S_{Neff} paling signifikan terjadi di lokasi Soreang Km 20+000 arah Ciwidey yaitu sebesar 0,198 per 1 cm kenaikan MAT.

8.2 Saran

Berdasarkan data hasil pemeriksaan disarankan sebagai berikut:

1. Untuk melengkapi kebutuhan data agar dapat dilakukan analisis lanjutan dan validasi faktor koreksi akibat pengaruh muka air tanah (Ca) maka pengukuran ketinggian MAT dan pengukuran lendutan harus dilakukan secara kontinu dan berkala minimal setiap bulan sehingga diperoleh data setahun penuh yang mewakili musim kemarau dan musim hujan.
2. Untuk memvalidasi nilai koefisien drainase (m) yang telah mengakomodasi kondisi aktual di lapangan maka diperlukan pengambilan sampel dari lapangan dan pengujian laboratorium mengenai *properties* material dari lapis pondasi.





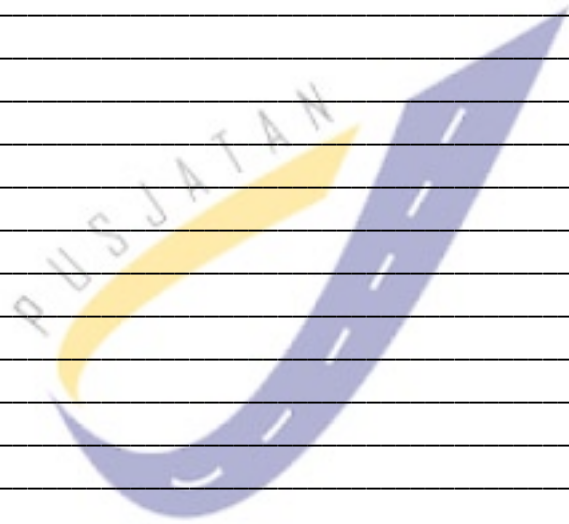
DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, "*Guide for design of pavement structure*", AASHTO, Washington DC, 1993
- Andrew Andreas, "*Hubungan Jalan Raya dengan Air*", Jakarta, 2010
- California Department of Transportation, "*Performance of Drained and Undrained Flexible Pavement Structure Under Wet Conditions*", Berkely, 2004
- Departemen Pekerjaan Umum, "*pedoman perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan (Pd-T-05-2005-B)*", Jakarta, 2005
- Departemen Pekerjaan Umum, "*Perencanaan Sistem Drainase Jalan (Pd. T-02-2006-B)*", Jakarta, 2006
- Departemen Pekerjaan Umum, "*Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*", Jakarta, 1987
- Dini Handayani, "*Kajian Pengembangan Teknologi Drainase Jalan Tanpa Perkerasan*", 2010
- FHWA, "*Technical Guide Paper on Subsurface Pavement Drainage*", 1990
- FHWA, "*Highway Subdrainage Design*", 1980
- Hayden, Scott A. "*Designing Highway to Succeed*", Geotechnical Information Buletin, 2001
- Local Road Research Board LRRB, "*Subsurface Drainage Manual for Pavement in Minnesota*", 2009

- National Highway Institute FHWA, *"Geotechnical Aspect of Pavement"*, Washington DC, 2006
- Nebraska Departement of Road, *"Developement of Drainage coefficients and Loss of Support Values for Pavement Design in Nebraska"*, 1998
- Sabry A. Shihata et al, *"Influence of Groundwater Table on Performance of Base and Subgrade"*, Saudi Arabia, 1990
- Sutanto, *"Pedoman Drainase Jalan Raya"*, Jakarta, 2006



Catatan



Catatan

