

PENGARUH KEKUATAN TANAH DASAR DAN KOEFISIEN DRAINASE LAPISAN TERHADAP TEBAL PERKERASAN LENTUR

Anissa Noor Tajudin¹, Ni Luh Putu Shinta Eka Setyarini², Januar Khalik³ dan Devy Sonia Darmawati⁴

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: anissat@ft.untar.ac.id

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: niluhs@ft.untar.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: januar.khalik@yahoo.co.id

⁴Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: sonia.devy@gmail.com

ABSTRAK

Dalam merencanakan suatu perkerasan jalan raya dibutuhkan pengetahuan yang baik dalam merencanakannya, baik dalam segi material pengisi bahan-bahan tiap lapisan perkerasan dan juga proses pengerjaan struktur perkerasan jalan raya tersebut. Karakteristik lingkungan seperti curah hujan dan kondisi tanah dasar yang berbeda-beda pada setiap daerah juga penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan. Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Bina Marga Pt-T-01-2002-B digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung tebal perkerasan lentur dengan variasi nilai California Bearing Ratio (CBR) dan Koefisien Drainase Lapisan (m). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai variasi CBR maka tebal lapis perkerasan semakin tipis. Hal tersebut dikarenakan nilai CBR yang kecil menandakan kekuatan tanah dasar yang buruk, sehingga tebal lapis perkerasan yang berada di atasnya harus lebih baik atau lebih tebal dibandingkan tanah dasar, agar tanah dasar menerima tegangan yang tidak begitu besar karena tegangan telah didistribusikan pada lapisan di atasnya. Semakin besar nilai koefisien drainase maka tebal lapisan perkerasan pondasi atas dan atau lapisan pondasi bawah akan semakin tipis. Semakin kecil nilai koefisien drainase maka tebal lapisan perkerasan pondasi atas dan atau lapisan pondasi bawah akan semakin tebal. Pada lapis permukaan tidak ada variasi tebal, dikarenakan pada rumus SN / ITP nilai koefisien drainase (m) hanya berpengaruh ke lapisan pondasi atas dan atau lapisan pondasi bawah yang memiliki material granular tidak terawat (granular untreated base and or subbase).

Kata kunci: Bina Marga 2002, CBR, Koefisien Drainase

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Transportasi berperan dalam proses pemindahan dari suatu tempat (titik asal) ke tempat lainnya (titik tujuan), baik benda hidup maupun benda mati dengan jarak tertentu. Agar proses transportasi dapat terlaksana dengan baik, maka dibutuhkan sarana dan prasarana yang baik, salah satunya adalah jalan raya. Transportasi darat tidak dapat terlaksana tanpa adanya prasarana jalan raya. Pembangunan jalan raya harus didasarkan pada perencanaan yang baik sehingga aktivitas yang memerlukan prasarana jalan raya dapat terlaksana dengan lancar. Kriteria jalan raya yang baik adalah memiliki geometri yang aman dan nyaman, lapisan permukaan yang rata namun tidak licin, konstruksi yang kuat, dan memiliki umur jalan yang relatif lama. Kegunaan dari umur jalan yang relatif lama adalah mengurangi pengeluaran biaya dalam pemeliharaan jalan raya tersebut.

Agar dapat memenuhi aspek kapasitas dan daya dukung jalan yang baik, maka diperlukan perencanaan perkerasan jalan raya yang baik untuk mengantisipasi kondisi lalu-lintas dan

lingkungan yang dapat terjadi di waktu mendatang, sehingga jalan raya dapat berfungsi optimal selama umur yang direncanakan. Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu-lintas, secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan (Saodang, 2005).

Dalam merencanakan suatu perkerasan jalan raya dibutuhkan pengetahuan yang baik terkait material pengisi bahan-bahan tiap lapisan perkerasan dan juga proses pengerjaan struktur perkerasan jalan raya tersebut. Karakteristik lingkungan seperti curah hujan dan kondisi tanah dasar yang berbeda-beda pada setiap daerah juga penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan agar perencanaan tersebut cocok untuk diaplikasikan pada daerahnya. Setiap orang dapat merencanakan perkerasan jalan raya dengan asumsi-asumsi sesuai keinginan, namun rancangan perkerasan tersebut belum tentu memberikan hasil yang diinginkan oleh perencana baik dari segi kesanggupan perkerasan dalam menahan beban kendaraan maupun ketahanan perkerasan dari kerusakan (Fadlan, 2013).

Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas ke tanah dasar. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada di bawahnya, sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar lebih kecil dari beban yang diterima oleh lapisan permukaan dan lebih kecil dari daya dukung tanah dasar (Sukirman, 2010).

Dalam pedoman Bina Marga Pt T-01-2002-B, lapisan perkerasan lentur memiliki beberapa bagian, yaitu :

1. Tanah Dasar
2. Lapisan Pondasi Bawah
3. Lapisan Pondasi
4. Lapisan permukaan

Perhitungan Tebal Perkerasan Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B

Menurut Richardson dkk (1996), berdasarkan serangkaian hasil tes yang dilakukan oleh *American Association of State Highway Official* (AAHO), sebuah metode perencanaan perkerasan telah dikembangkan, yang kemudian dikenal dengan *AASHTO Method*. Metode ini kemudian diadaptasi di Indonesia menjadi Pedoman Bina Marga Pt T-01-2002-B.

Dalam metode tersebut, perencana menentukan *Structural Number* (SN) atau Indeks Tebal Perkerasan (ITP), yaitu suatu faktor yang didapat dari hasil pengolahan lalu-lintas rencana, kekuatan tanah dasar, reabilitas, dan indeks kemampuan pelayanan yang diharapkan. Besaran nilai SN mengindikasikan seberapa besar tanah dasar harus dilindungi dari pengaruh besaran lalu-lintas. Sebagai contoh, nilai SN yang relatif tinggi mengindikasikan bahwa perkerasan yang tebal atau kuat diperlukan untuk melindungi tanah dasar dari keruntuhan atau kerusakan struktural. Nilai SN dapat diperoleh melalui Nomogram atau dari Persamaan (1).

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10} M_R - 8,07 \quad (1)$$

Dengan:

W_{18} = Perkiraan jumlah beban sumbu standar ekivalen 18-kip

Z_R = Deviasi normal standar

S_o = Gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu-lintas dan kinerja

ΔPSI = Perbedaan antara *initial design serviceability index*, IP_o dan *design terminal serviceability index*, IP_t

M_R = Modulus resilen

Hubungan antara SN dengan tebal perkerasan ditunjukkan dalam Persamaan (2) berikut:

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3 \quad (2)$$

Dengan:

SN = *Structural Number*

a_1, a_2, a_3 = Koefisien lapisan permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah

m_2, m_3 = Koefisien drainase lapisan pondasi atas dan bawah dengan material granular tak terawat

d_1, d_2, d_3 = Ketebalan lapisan permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah

California Bearing Ratio (CBR)

Dalam AASHTO 1993 modulus resilien digunakan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar. Modulus resilien adalah sebuah ukuran yang menyatakan properti elastisitas dari tanah dasar. Penggunaan M_R tanah dasar pada desain AASHTO 1993 yang kemudian diadopsi ke dalam Pedoman Bina Marga Pt T-01-2002-B dipilih untuk menggantikan penggunaan daya dukung tanah dasar pada metode sebelumnya berdasarkan beberapa alasan sebagai berikut:

1. M_R dapat mengindikasikan karakteristik material yang dapat digunakan dalam analisa mekanistik pada lapis banyak untuk memprediksikan kekasaran, retak, alur, keruntuhan, dan lain-lain.
2. M_R telah diakui secara internasional untuk mengetahui karakteristik material tanah dasar dalam perencanaan dan evaluasi perkerasan
3. Nilai M_R dapat diketahui dengan tes yang tidak merusak (*non-destructive test*)

Dalam pelaksanaannya dilapangan, jika pelaksana tidak mempunyai peralatan untuk melakukan uji pengambilan nilai M_R maka beberapa faktor dan persamaan dapat digunakan untuk mengetahui nilai M_R dari nilai CBR, R-Value, dan hasil tes indeks tanah. Persamaan (3) menghubungkan antara nilai M_R dengan CBR.

$$M_R = 1500 x CBR \quad (3)$$

Dengan:

M_R = Modulus resilien tanah dasar (psi)

CBR = *California Bearing Ratio*

Drainase Lapisan Perkerasan

Permasalahan perkerasan yang diakibatkan oleh masuknya air ke dalam perkerasan diakibatkan buruknya sistem drainase dari struktur perkerasan tersebut. Kerusakan-kerusakan yang terjadi antara lain *stripping* atau terlepasnya aspal dari campuran, berkurangnya kekakuan aspal, berkurangnya kekuatan dan kekakuan pondasi granular, serta kerusakan sampai ke tanah dasar.

Dalam rumus (1), ketebalan lapisan dipengaruhi oleh koefisien drainase, sehingga penentuan nilai yang akurat dapat memberikan pengaruh signifikan pada segi ekonomi dalam perencanaan struktur perkerasan. Dalam AASHTO (1993) disebutkan bahwa koefisien drainase hanya berlaku untuk pondasi dengan material berbutir (granular). Koefisien drainase tidak berlaku untuk lapisan terikat aspal, lapisan yang distabilisasi, dan lapisan tanah dasar. Pengaruh air pada tanah dasar seharusnya sudah diperhitungkan dalam penentuan modulus efektif tanah dasar pada saat perencanaan awal suatu proyek.

Menurut Richardson dkk (1996), koefisien drainase (m) didapat dari lima data utama, yaitu: jenis tanah dan lokasi, sifat termal dan kadar air dari material, keadaan iklim, sifat struktur perkerasan, kemampuan pengaliran air pada material berbutir, dan basis data geometri jalan.

2. METODE PENELITIAN

Survey Lalu-Lintas Harian Rata-Rata

Untuk pengumpulan data dalam penelitian ini, survei dibagi dalam dua periode. Masing-masing periode dilakukan selama 10 jam, sehingga pengumpulan data dilakukan selama 20 jam. Waktu pelaksanaan survei adalah sebagai berikut:

1. Periode 1 (Hari Minggu) : 07.30 – 17.30
2. Periode 2 (Hari Senin) : 07.30 – 17.30

Alasan pemilihan Hari Minggu dan Hari Senin adalah agar data yang diambil dapat mewakili kondisi lalu-lintas pada hari kerja dan hari libur. Lokasi yang ditinjau adalah Tol Cipularang dengan lokasi pemantauan berada di Rest Area Km 97.

Perhitungan Tebal Metode Binamarga 2002

Setelah dilakukan pengumpulan data, akan dilakukan perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan mengacu pada metode Marga Pt T-01-2002-B.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Survey Lalu-Lintas

Dalam perencanaan lapisan perkerasan, data konfigurasi sumbu dan jenis kendaraan juga diperlukan. Berdasarkan hasil survei yang dilaksanakan, didapatkan data jenis kendaraan, konfigurasi sumbu, dan volume selama 20 jam. Data volume 20 jam kemudian dikonversi menjadi volume 24 jam sehingga menjadi Lalu-Lintas Harian Rata-Rata seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Survei Lalu-Lintas

Tipe Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Volume Jam	LHR	Vehicle Damage Factor (VDF)
<i>sedan, jeep, station wagon</i>	1.1	40988	49186	0,0005
<i>pick-up opelet, suburban, minibus</i>	1.2	2390	2868	0,1619
<i>pick-up, delivery fan</i>	1.2L	2834	3401	0,2174
<i>small bus</i>	1.2	199	239	0,2174
<i>large bus</i>	1.2	2415	2898	0,3006
<i>two axle truck</i>	1.2H	2061	2473	2,4134
<i>three axle truck</i>	1.22	865	1038	2,7416
<i>rigid truck + full trailer</i>	1.22+22	38	46	5,5241
<i>tractor + semi trailer</i>	1.22+22	14	17	7,3808
truk 6 sumbu	1.22+222	81	97	6,7079
truk 4 sumbu	1.2.22	285	342	6,1308
truk 5 sumbu	1.1.222	85	102	4,7267

Perhitungan Tebal Perkerasan

Beberapa parameter berikut ditentukan untuk penentuan tebal perkerasan:

Faktor distribusi arah (D_D) = 0,5

Faktor distribusi lajur (D_L) = 0,9

Tingkat pertumbuhan (g) = 4%

Umur rencana = 10 tahun

Jenis lapisan perkersana = Lapisan permukaan aspal beton ($E = 350.000$ psi); pondasi atas terawat aspal ($E = 230.000$ psi); pondasi bawah granular ($E = 16.000$ psi)

CBR = 6%

Z_r = -1,645

R = 90%

S_o = 0,45

ΔPSI = $(IP_0 - IP_t) = (4 - 2,5) = 1,5$

m = 1,2

Parameter yang digunakan dalam perencanaan akan disesuaikan dengan pokok permasalahan yang diteliti (CBR dan koefisien drainase).

Hasil perhitungan *cumulative single axle* (CESA) atau lintas ekivalen ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan CESA

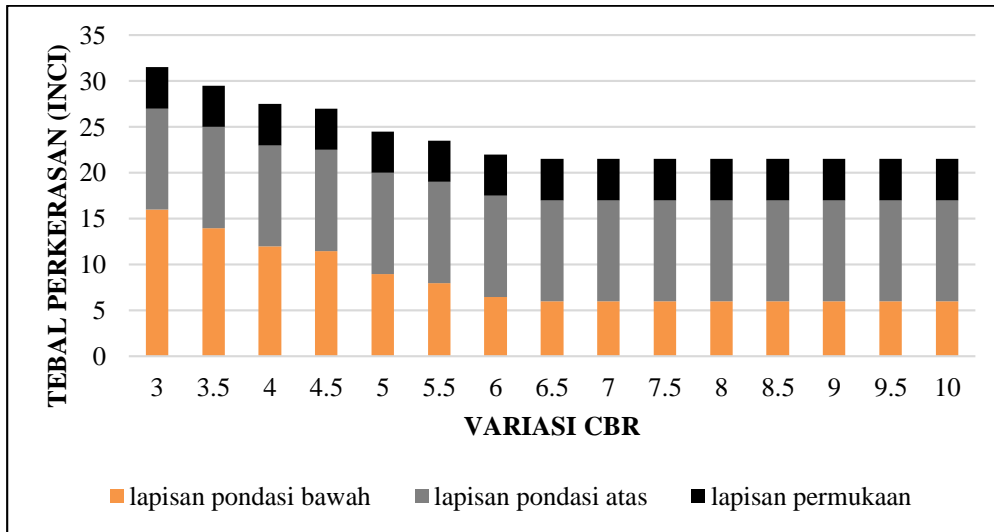
Type Kendaraan	w18 = DD x DL x w18 x VDF	R= ((1+g)ⁿ⁻¹/g	CESA5 (wt) = 365 x w18 x R
<i>sedan, jeep, station wagon</i>	9,2223	12,00610712	40414,23143
<i>pick-up opelet, suburban, minibus</i>	174,12345	12,00610712	763048,8496
<i>pick-up, delivery fan</i>	277,25022	12,00610712	1214973,982
<i>small bus</i>	19,46817	12,00610712	85313,9811
<i>large bus</i>	326,67705	12,00610712	1431573,675
<i>two axle truck</i>	2238,30783	12,00610712	9808777,707
<i>three axle truck</i>	1067,1678	12,00610712	4676573,788
<i>rigid truck + full trailer</i>	94,46211	12,00610712	413954,6073
<i>tractor + semi trailer</i>	46,49904	12,00610712	203769,4462
truk 6 sumbu	244,502955	12,00610712	1071467,964
truk 4 sumbu	786,2751	12,00610712	3445637,624
truk 5 sumbu	180,796275	12,00610712	792290,6975
		TOTAL	23.947.797

Analisis Pengaruh CBR terhadap Tebal Perkerasan

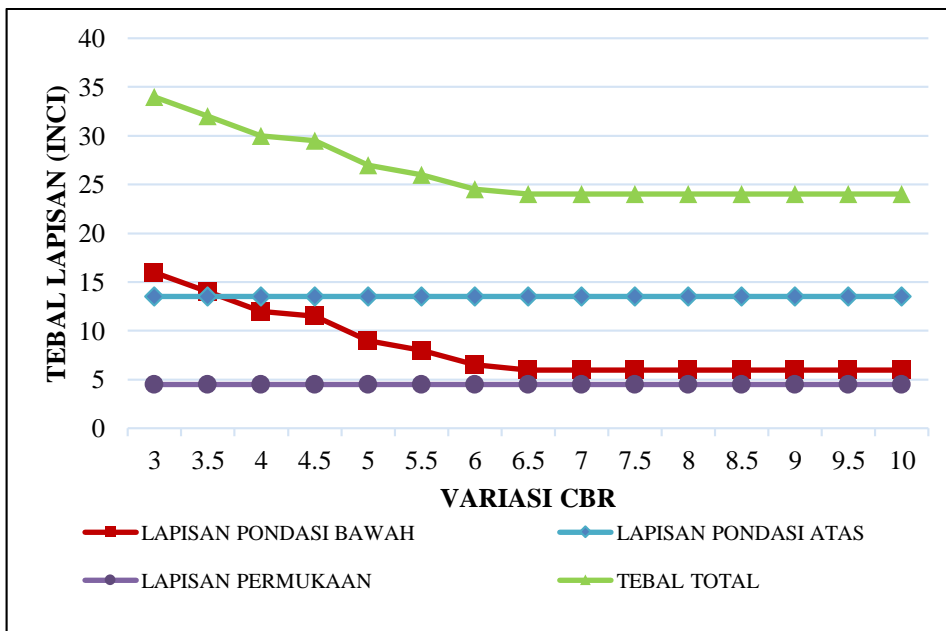
Untuk mengetahui pengaruh CBR terhadap tebal perkerasan, dalam perencanaan tebal digunakan variasi nilai CBR dari 3%-10%. Dari perhitungan tebal lapis perkerasan didapatkan 15 variasi tebal lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan lapisan permukaan. Hasil perhitungan dapat di lihat pada Tabel 3. Variasi tebal lapis perkerasan disajikan pada Gambar 1 dan grafik hubungan antara tebal lapis perkerasan dan variasi CBR disajikan pada Gambar 2.

Tabel 3. Tebal Perkerasan dengan Variasi Nilai CBR

Variasi Lapisan	CB R	Lapisan Pondasi Bawah (inci)	Lapisan Pondasi Atas (inci)	Lapisan Permukaan (inci)	Tebal Ttotal (inci)
C1	3	16	13.5	4.5	34
C2	3.5	14	13.5	4.5	32
C3	4	12	13.5	4.5	30
C4	4.5	11.5	13.5	4.5	29.5
C5	5	9	13.5	4.5	27
C6	5.5	8	13.5	4.5	26
C7	6	6.5	13.5	4.5	24.5
C8	6.5	6	13.5	4.5	24
C9	7	6	13.5	4.5	24
C10	7.5	6	13.5	4.5	24
C11	8	6	13.5	4.5	24
C12	8.5	6	13.5	4.5	24
C13	9	6	13.5	4.5	24
C14	9.5	6	13.5	4.5	24
C15	10	6	13.5	4.5	24



Gambar 1. Variasi CBR dan Tebal Lapis Perkerasan



Gambar 2. Hubungan Antara Tebal Lapis Perkerasan dan Variasi CBR

Berdasarkan Gambar 1 dan 2, dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai CBR maka tebal lapis perkerasan semakin besar, begitu juga sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan nilai CBR yang kecil menandakan kekuatan tanah dasar yang buruk, sehingga tebal lapis perkerasan yang berada di atasnya harus lebih baik atau lebih tebal dibandingkan tanah dasar, agar tanah dasar menerima tegangan yang tidak begitu besar karena tegangan telah didistribusikan pada lapisan di atasnya. Semakin tinggi tegangan yang diterima oleh tanah dasar akibat dari beban lalu lintas, maka resiko kerusakan tanah dasar akan semakin tinggi. Kerusakan pada tanah dasar dapat mengakibatkan kerusakan menyeluruh sampai lapisan paling atas. Perbaikan kerusakan tersebut akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan biaya yang tinggi.

Kekuatan tanah dasar yang tinggi yang ditunjukkan dengan nilai CBR yang tinggi, sehingga ketebalan lapisan di atasnya dapat dikurangi karena tanah dasar dianggap mampu menahan

tagangan yang terjadi akibat beban lalu lintas. Penggunaan lapisan dengan ketebalan tinggi di atas tanah dasar yang baik dapat menyebabkan perencanaan tidak ekonomis. Namun perencanaan tebal harus memperhatikan ketentuan ketebalan minimum, sehingga dalam pelaksanaan di lapangan walaupun kekuatan tanah dasar tinggi, tebal minimum tetap digunakan. Kondisi tersebut dapat dilihat dalam Gambar 1 dan 2, dimulai dari nilai CBR 6,5-10 didapatkan hasil yang sesungguhnya dibawah tebal minimum, sehingga digunakan tebal minimum.

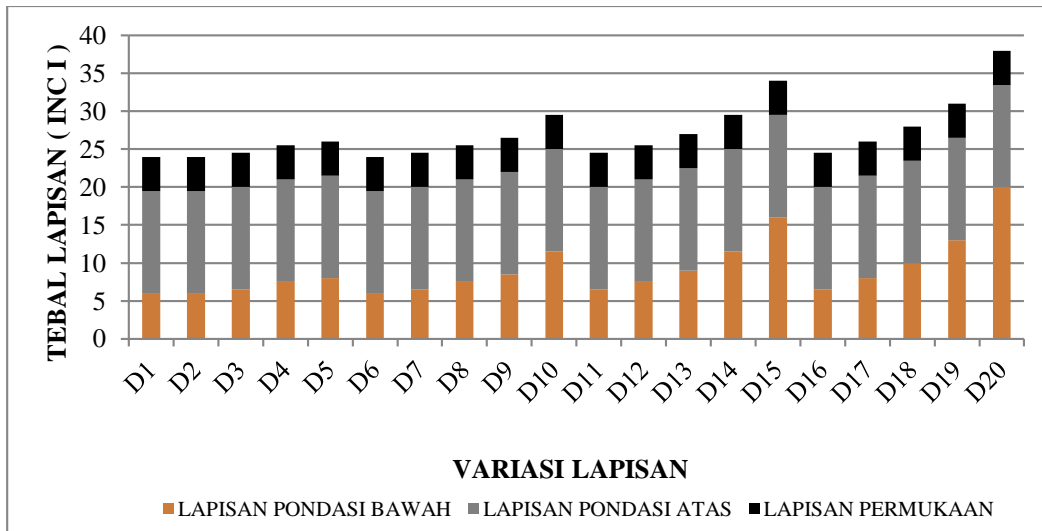
Analisis Pengaruh Drainase Lapisan terhadap Tebal Perkerasan

Untuk mengetahui pengaruh drainase lapisan terhadap tebal perkerasan, dalam perencanaan tebal digunakan semua variasi nilai m. Dari perhitungan tebal lapis perkerasan didapatkan 20 variasi tebal lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan lapisan permukaan. Hasil perhitungan dapat di lihat pada Tabel 4.

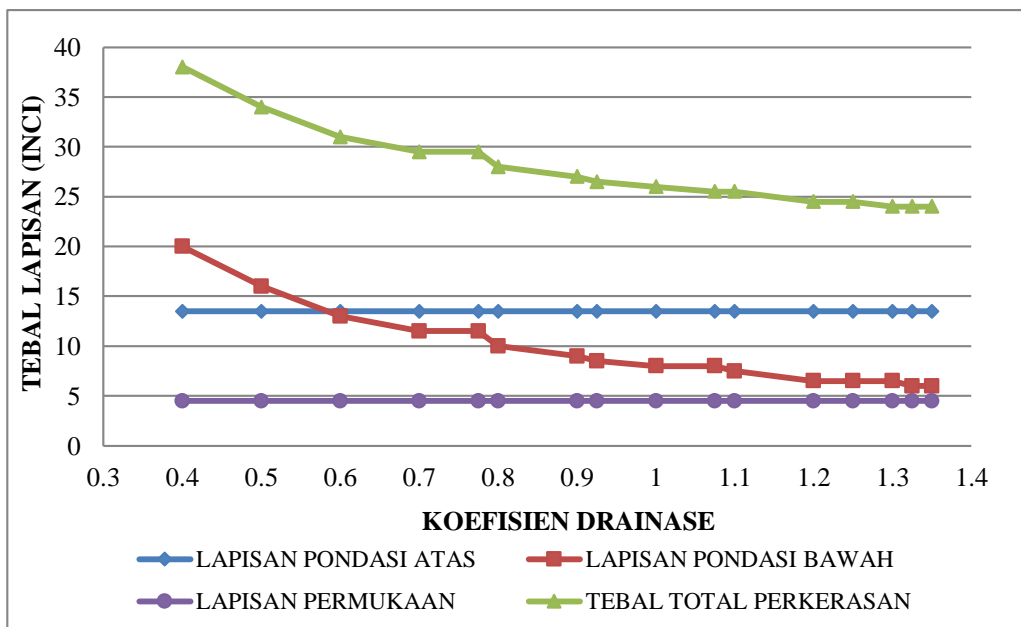
Tabel 4. Tebal Perkerasan dengan Variasi Koefisien Drainase

Variasi Lapisan	Kualitas Drainase	Persen Waktu Perkerasan Dipengaruhi Oleh Kadar Air	Koefisien Drainase (m)	Lapisan Permukaan	Lapisan Pondasi Atas	Lapisan Pondasi Bawah	Tebal Total
D1	Baik Sekali	< 1 %	1,35	4,5	13,5	6	24
D2	Baik		1,3	4,5	13,5	6	24
D3	Sedang		1,2	4,5	13,5	6,5	24,5
D4	Jelek		1,1	4,5	13,5	7,5	25,5
D5	Jelek Sekali		1	4,5	13,5	8	26
D6	Baik Sekali	1 - 5 %	1,325	4,5	13,5	6	24
D7	Baik		1,2	4,5	13,5	6,5	24,5
D8	Sedang		1,1	4,5	13,5	7,5	25,5
D9	Jelek		0,925	4,5	13,5	8,5	26,5
D10	Jelek Sekali		0,775	4,5	13,5	11,5	29,5
D11	Baik Sekali	5 - 25 %	1,25	4,5	13,5	6,5	24,5
D12	Baik		1,075	4,5	13,5	7,5	25,5
D13	Sedang		0,9	4,5	13,5	9	27
D14	Jelek		0,7	4,5	13,5	11,5	29,5
D15	Jelek Sekali		0,5	4,5	13,5	16	34
D16	Baik Sekali	> 25 %	1,2	4,5	13,5	6,5	24,5
D17	Baik		1	4,5	13,5	8	26
D18	Sedang		0,8	4,5	13,5	10	28
D19	Jelek		0,6	4,5	13,5	13	31
D20	Jelek Sekali		0,4	4,5	13,5	20	38

Diagram batang perbandingan variasi tebal lapis perkerasan dapat dilihat pada Gambar 3 dan hubungan antara tebal lapis perkerasan dengan koefisien drainase dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 7 dan 8 dapat dilihat hubungan antara tebal lapis perkerasan dan koefisien drainase yang menunjukkan bahwa nilai koefisien drainase (m) dapat mempengaruhi tebal lapis perkerasan. Semakin kecil nilai koefisien drainase (m) maka lapisan perkerasan pondasi bawah akan semakin tebal. Sebaliknya, semakin besar nilai koefisien drainase (m) maka lapisan perkerasan pondasi bawah akan semakin tipis.



Gambar 3. Variasi Tebal Lapis Perkerasan



Gambar 4. Hubungan Antara Tebal Lapis Perkerasan Dan Koefisien Drainase

Pada lapis permukaan tidak ada variasi tebal, dikarenakan pada rumus SN / ITP nilai koefisien drainase (m) hanya berpengaruh ke lapisan pondasi atas dan atau lapisan pondasi bawah yang memiliki material granular tidak terawat (*granular untreated base and or subbase*). Lapis

permukaan tidak dipengaruhi nilai koefisien drainase (m) karena pada rumus perhitungan tebal di lapisan permukaan nilai koefisien drainase (m) dianggap 1, dengan kata lain lapisan permukaan tidak boleh terpengaruh oleh air dikarenakan merupakan lapisan kedap air.

Dalam penelitian ini, pada lapisan pondasi atas tidak ada variasi tebal dikarenakan bahan yang digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah pondasi terawat aspal sehingga pada lapisan tersebut tidak digunakan koefisien drainase karena berdasarkan AASTHO 93 koefisien drainase hanya mempengaruhi pondasi dengan material granular tidak terawat. Walaupun peningkatan kondisi drainase tentunya akan berdampak positif pada kekuatan pondasi dengan material terawat atau terstabilisasi, efeknya pada performa perkerasan lentur tidak begitu signifikan sehingga tidak perlu diperhitungkan.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi nilai variasi CBR maka tebal lapis perkerasan semakin besar.
2. Semakin besar nilai koefisien drainase maka tebal lapisan perkerasan pondasi atas dan atau lapisan pondasi bawah akan semakin tipis.
3. Semakin kecil nilai koefisien drainase maka tebal lapisan perkerasan pondasi atas dan atau akan semakin tebal.

5. SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian serupa namun dengan kadar jenis lapisan yang bervariasi
2. Diperlukan penelitian serupa namun dengan variasi kondisi lalu lintas yang bervariasi (lalu lintas rendah, sedang, tinggi)
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh parameter lainnya terhadap tebal perkerasan sehingga dapat memudahkan perencana dalam membuat keputusan dengan kondisi yang ada di lapangan

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO . (2003). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C: AASHTO.
- Bina Marga. (2002). *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt. T-01-2002-B*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Fadhlan, K. (2013). *Evaluasi Perkerasan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan Menggunakan Program KENPAVE*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Richardson, D.N., Morrison, W.J., Kremer, P.A., dan Hubbard, K.M. (1996). *Determination of AASHTO Drainage Coefficients Study 90-4*. Missouri: Missouri Highway and Transportation Department.
- Saodang, H. (2005). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Simanjuntak, I. L. (2014). *Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan Lentur Manual Desain Perkerasan Jalan No.22.2/Kpts/Db/2012 dengan Menggunakan Program Kenpave*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.