

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Putra Bina Jaya Simamora, Arie Syahrudin, Bambang Edison (2013), dengan judul penelitian Perencanaan Tebal Perkerasan Ruas Jalan di STA 0+000 S/D 4+000 Pada Areal Perkebunan Sawit PT. Jabontara Eka Karsa. Tujuan penelitian ini adalah perencanaan tebal perkerasan struktur perkerasan lentur dengan menggunakan metode SNI Pt T-01-2002-B yang mengacu pada AASHTO 1993, mendapatkan tegangan-regangan yang terjadi pada tebal perkerasan, dan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan. Pada perencanaan tebal struktur perkerasan lentur ini didapat tebal untuk UR 10 tahun, D1 = 10cm, D2 = 25cm, D3 = 41cm. untuk UR 5 tahun, D1 = 6 cm, D2 = 30cm, D3 = 46cm, dan pelapis tambah 4cm. Dengan menganalisa tebal lapis perkerasan terhadap nilai regangan yang terjadi, tebal perkeras ini dapat dikerjakan, biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini adalah untuk UR 10 tahun : Rp 10.418.772.000, 00 dan untuk UR 5 tahun : Rp 11.580.723.000, 00 serta untuk UR 5 tahun (pelapis tambah) : Rp 264.144.000, 00.

Penelitian yang dilakukan oleh Rio Nanang H (2007), dengan judul penelitian Kajian Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Lingkar Nagrek Provinsi Jawa Barat. Dalam penelitian ini terdapat gagasan – gagasan serta kerangka penyusunan, dimulai dari analisis arus kendaraan, investasi pembangunan, penghematan waktu perjalanan, biaya tetap dan tidak tetap pada jalan, biaya operasional kendaraan (bok), manfaat ekonomi dan kelayakan

ekonomi dari pembangunan jalan Nagrek. Dari hasil penelitian didapat bahwa pembangunan tersebut layak secara ekonomi dengan nilai NPV > 0 setelah dibandingkan antara pengeluaran dan benefit yang didapatkan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan pada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota terbagi atas :

a. Jalan arteri

Merupakan jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

b. Jalan kolektor

Merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

c. Jalan lokal

Merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton (Pasal 11, PP. No.43/1993).

Tabel 2.1. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

No	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
1	Jalan Arteri	I	>10
		II	10
		III A	8
2	Jalan Kolektor	III A	8
		III B	

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan geometrik Antar kota, hal 4 ; 1997

3. Klasifikasi Jalan di Indonesia Menurut Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR, 1970)

Dapat dikelompokkan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan LHR

No	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp)
1	Jalan Arteri	I	>20.000
2	Jalan Kolektor	IIA	6.000 – 20.000
		IIB	1.500 – 8.000
		IIC	<2.000
3	Jalan Lokal	III	-

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR, 1970)

4. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	>25

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan geometrik Antar kota, hal 5 ; 1997

5. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Wewenang dan Pembinaan Jalan

Pada klasifikasi jenis ini, suatu ruas jalan dapat dibedakan menjadi beberapa golongan yaitu :

- a. Jalan negara, yaitu : jalan yang menghubungkan ibukota provinsi
- b. Jalan provinsi, yaitu : jalan yang menghubungkan antar kota didalam suatu provinsi
- c. Jalan Kabupaten atau kotamadya, yaitu : jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya
- d. Jalan desa, yaitu : jalan yang ada pada lingkungan suatu desa

6. Data Perencanaan Konstruksi Jalan Raya

Menurut Sukirman (1999) bahwa perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi, data penyelidikan tanah, data penyelidikan material dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah diaman ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan serta desain dari bangunan pelengkap jalan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

1. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena saling memiliki keterkaitan satu dengan lainnya.

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Survei perhitungan lalu lintas dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b. Survei asal dan tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan. (Hendarsin, 2000)

2. Data Peta Topografi

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data topografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut :

1. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternative dan trase jalan.

2. Kegiatan pengukuran meliputi :
 - a. Penentuan titik kontrol *vertical* dan *horizontal* yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
 - b. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
 - c. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
 - d. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

3. Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan :

1. Penelitian

Penelitian data tanah tanah yang terdiri dari sifat–sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASTHO (*The American Assosiation of state Highway and transportation officials*), pepadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 100 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam datu segmen.

b. Cara Grafis

Prosedur cara grafis sebagai berikut :

1. Tentukan nilai CBR terendah
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabel, mulai dari CBR terkecil hingga terbesar.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan presentase dari 100%
4. Diberi grafik hubungan antara harga CBR dengan presentase nilai tadi.
5. Nilai CBR segmen merupakan nilai pada keadaan 90%

2. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASTHO (*The American Assosiation of state Highway and transportation officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

Pengujian tanah pada laboratorium biasanya bertujuan untuk mendapatkan data mengenai :

- a. Sifat-sifat indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi G_s (*Specific Gravity*), w_N (*Natural Water Content*), (berat isi), e (angka pori), n (porositas), S_r (derajat kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASTHO
 1. Analisa ukuran butir (*Grain Size Analysis*)
 2. Batas-batas *Atterberg* (*Atterberg Limits*)
 3. Pematatan : d maks dan w optimum
 4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pematatan d maks dan w optimum.

4. Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survei langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium
2. Penyelidikan lokasi sumber daya material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangun pelengkap jalan.

2.2.2. Jenis Kerusakan Jalan

Kerusakan yang terjadi di permukaan atas jalan dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Retak (*Cracking*)

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999) :

a. Retak halus (*hair Cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm.

Penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapisan permukaan. Untuk pemeliharaan dapat dipergunakan lapis latasir atau buras. Dalam tahap perbaikan sebaiknya dilengkapi dengan perbaikan sistem drainase. Retak rambut dapat berkembang menjadi retak kulit buaya.

b. Retak kulit buaya (*Aligator craking*), lebar celah lebih besar atau sama dengan

3 mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan dibawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik).

Umumnya daerah dimana terjadi retak kulit buaya tidak luas. Jika daerah dimana terjadi retak kulit buaya luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan

permukaan tersebut. Retak kulit buaya dapat diresapi oleh air sehingga lama kelamaan akan menimbulkan lubang-lubang akibat terlepasnya butir-butir.

- c. Retak pinggir (*edge cracking*), retak memanjang dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya settlement di bawah daerah tersebut. Akar tanaman yang tumbuh di tepi perkerasan juga dapat menjadi penyebab terjadinya retak pinggir ini. Dilokasi retak, air dapat meresap yang dapat semakin merusak lapis permukaan. Retak ini lama kelamaan akan bertambah besar disertai dengan terjadinya lubang-lubang.
- d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge join cracking*), retak memanjang, umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase dibawah bahu jalan lebih buruk daripada di bawah perkerasan, terjadinya settlement di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk / kendaraan berat di bahu jalan.
- e. Retak sambungan jalan (*lane join cracking*), retak memanjang, yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Hal ini disebabkan tidak baiknya sambungan kedua lajur. Jika tidak diperbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butir-butir pada tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.

- f. Retak sambungan pelebaran jalan (*Widening cracking*), adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Hal ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik. Jika tidak diperbaiki, air dapat meresap masuk ke dalam lapisan perkerasan melalui celah-celah, butir-butir dapat lepas dan retak bertambah besar.
- g. Retak refleksi (*reflection cracking*), retak memanjang, melintang diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan *overlay* dilakukan. Retak refleksi dapat pula terjadi jika terjadi garakan vertikal / horisontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif.
- h. Retak susut (*shrinkage cracking*), retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.
- i. Retak selip (*Slippage cracking*), retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Hal ini disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya. Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air, atau benda non adhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya tack coat sebagai bahan pengikat diantara kedua lapisan.

Retak selip pun dapat terjadi terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan. Perbaikan dapat dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan menggantinya dengan lapisan yang lebih baik.

2. Distorsi (*Distortion*)

Distorsi / perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sewajarnya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang tepat.

Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan atas (Sukirman, 1995) :

- a. Alur (*rust*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh diatas permukaan jalan, mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat timbul retak-retak. Terjadinya alur disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat. Dengan
- b. demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda. Campuran aspal dengan stabilitas rendah dapat pula menimbulkan deformasi plastis.
- c. Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi melintang jalan. Dengan timbulnya lapisan permukaan yang berkeriting ini pengemudi akan merasakan ketidaknyamanan mengemudi. Penyebab kerusakan ini adalah rendahnya stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal,

terlalu banyak menggunakan agregat halus, agregat berbentuk bulat dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi.

- d. Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, ditempat kendaraan
- e. sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam. Kerusakan dapat terjadi dengan / tanpa retak. Penyebab kerusakan sama dengan kerusakan keriting. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara di bongkar dan dilapis kembali (lihat juga retak kulit buaya).
- f. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Amblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan yang akhirnya menimbulkan lubang. Penyebab amblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan karena tanah dasar mengalami settlement.
- g. Jembul (*upheaval*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah dasar ekspansif. Perbaikan dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan melapisnya kembali.(Sukirman, 1995).

3. Cacat Permukaan (*disintegration*)

Cacat permukaan biasanya mengarah kepada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan perkerasan. Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah :

- a. Lubang (*Potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahny kerusakan jalan.

Lubang dapat terjadi akibat:

1. Campuran Material lapis permukaan jelek seperti :
 - Kadar aspal rendah, sehingga film aspal tipis dan mudah lepas.
 - Agregat kotor ikatan antara aspal dengan agregat tidak baik
 - Temperatur campuran tidak memenuhi persyaratan.
 2. Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.
 3. Sistem drainase jelek, sehingga air banyak yang meresap dan mengumpul dalam lapis perkerasan.
 4. Retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap masuk
 5. dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang kecil.
1. Pelepasan butir (*raveling*), dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek, serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang. Dapat diperbaiki dengan memperbaiki lapisan tambahan di atas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan.
 2. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Dapat diperbaiki dengan cara digaruk, diratakan, dan dipadatkan. Setelah itu dilapis dengan buras.

1. Pengausan (*Polished Aggregate*)

Permukaan jalan menjadi licin, sehingga membahayakan kendaraan. Pengausan terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang digunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk cubical.

2. Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)

Permukaan jalan menjadi licin. Pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Berbahaya bagi kendaraan. Kegemukan (*bledding*) dapat disebabkan pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pekerjaan prime coat atau tack coat. Hal ini dapat diatasi dengan menaburkan agregat panas dan kemudian dipadatkan, atau lapis aspal diangkat dan kemudian diberi lapisan penutup.

3. Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas

Penurunan yang terjadi disepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Dapat diperbaiki dengan dibongkar kembali dan diganti dengan lapis yang sesuai.

2.2.3. Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur, umumnya terdiri atas lapis pondasi bawah (*Subbase Course*), lapis pondasi atas (*Base Course*), dan lapis permukaan (*Surface Course*).

Lapisan pada konstruksi memiliki fungsi masing-masing, yaitu :

1. Lapis permukaan beraspal berfungsi untuk mengamankan perkerasan dari pengaruh air, mengurangi tegangan dan menahan beban paling tinggi akibat beban lalu-lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.
2. Lapis pondasi atas (*Base*) berfungsi untuk mendukung lapis permukaan dan mengurangi tegangan serta regangan
3. Lapis pondasi bawah (*Subbase*) berfungsi sebagai lantai kerja, menyebarkan beban di atasnya, mengalihkan infiltrasi air dan mengurangi tegangan serta regangan.
4. Tanah dasar berfungsi mendukung beban yang didistribusikan melalui lapisan pondasi yang berada di atasnya.



Gambar 2.1. Tipikal Konstruksi Perkerasan Lentur

Sumber : Departemen Perumahan & Prasarana Wilayah Pt T-01-2002-B, 2002

Kerusakan jalan diantaranya dapat diakibatkan karena kurang tepatnya dalam pemilihan dan pelaksanaan lapisan beraspal atau karena lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan, seperti lemahnya daya dukung tanah dasar dan kurang baiknya daya dukung lapis pondasi, baik lapis pondasi atas ataupun lapis pondasi bawah.

Pemilihan dan penggunaan lapisan beraspal yang tepat adalah menggunakan bahan (agregat dan aspal) yang sesuai dengan kondisi lingkungan di mana campuran beraspal itu akan dilaksanakan.

Hal lain yang mempengaruhi kinerja campuran atau lapisan beraspal di lapangan adalah tergantung terhadap sifat campuran pada saat konstruksi. Perubahan sifat campuran beraspal dapat dipengaruhi karena proses densifikasi akibat beban lalu-lintas dan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas aspal (Giovanni , 2000).

Kerusakan jalan akibat lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan dapat disebabkan pengaruh air. Untuk itu letak permukaan perkerasan dari permukaan tanah di sekitar jalan sangatlah menentukan terhadap terhadap kinerja perkerasan. Letak permukaan perkerasan dari permukaan tanah di sekitar jalan terkait dengan pengaruh air, baik air tanah maupun air permukaan, terhadap tanah dasar dan lapis perkerasan.

2.2.4. Analisa Perhitungan Tebal Perkerasan

Analisa Perhitungan Tebal pekerasan dapat dihitung dengan menggunakan Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur maupun Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Analisa Komponen.

Dalam Penelitian yang diusulkan, perhitungan tebal perkerasan menggunakan Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur sesuai dengan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pt T-01-2002-B, Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur – Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2002.

Variabel-variabel pokok dalam perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur sebagaimana dalam pokok bahasan selanjutnya.

a. Angka Ekuivalen Beban gandar Sumbu Kendaraan (E)

Angka Eivalen (E) masing-masing golongan beban gandar sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut tabel pada Lampiran.

Tabel tersebut hanya berlaku untuk roda ganda. Untuk roda tunggal rumus berikut ini harus dipergunakan.

$$\text{Angka ekuivalen roda tunggal} = \left(\frac{\text{beban gandar satu sumbu tunggal dalam kN}}{53\text{kN}} \right)^4 \quad (2.1)$$

b. Reliabilitas

Konsep Reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian kedalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana).

Pada umumnya dengan meningkatnya volume lalu lintas dan kesulitan untuk mengalihkan lalu lintas, resiko yang terjadi tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan, hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi.

Tingkat reliabilitas yang tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu lintas paling banyak dan dapat diperhatikan pada tabel berikut

Tabel 2.4. Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai-macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat	
	Perkotaan	Reliabilitas Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah
Pt T-01-2002-B, 2002

Dalam persamaan desain perkerasan lentur, level of reliability (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (standard normal deviate, Z_R)

Tabel 2.5. Nilai Penyimpangan Normal Standar Untuk Tingkat Reliabilitas Tertentu

Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Z_R
50	0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah
Pt T-01-2002-B, 2002

c. Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Lalu lintas lajur rencana (w_{18}) diberikan dalam kumulatif beban gandar standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini digunakan rumus sebagai berikut ini:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times w_{18} \quad (2.2)$$

Dimana:

D_D = faktor distribusi arah.

D_L = faktor distribusi lajur.

W_{18} = beban gandar standar kumulatif untuk dua arah.

Pada umumnya D_D diambil 0,5. pada beberapa kasus khusus terdapat pengecualian dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa D_D bervariasi dari 0,3 – 0,7 tergantung arah mana yang 'berat' dan 'kosong'.

Tabel 2.6. Faktor Distribusi Lajur (D_D)

Jumlah lajur per arah	% beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber : Departemen Perumahan & Prasarana Wilayah
Pt T-01-2002-B, 2002

Lalu-lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu-lintas kumulatif pada lajur rencana selama setahun (w_{18}) dengan besaran kenaikan lalu lintas (traffic growth).

Secara numerik rumusan lalu-lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut:

$$W_t = w_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \quad (2.3)$$

Dimana:

W_t = jumlah beban gandar tunggal standar kumulatif.

W_{18} = beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun.

n = umur pelayanan (tahun).

g = perkembangan lalu lintas (%).

d. Koefisien Drainase

Koefisien Drainase didefinisikan sebagai Faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baik struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air kedalam struktur perkerasan. Konsep Koefisien drainase untuk mengakomodir kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan .

Tabel 2.7. Definisi Kekuatan Drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik Sekali	2 Jam
Baik	1 Hari
Sedang	1 Minggu
Jelek	1 Bulan
Jelek Sekali	Air tidak akan mengalir

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah
Pt T-01-2002-B, 2002

Sedangkan koefisien drainase yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh dapat diperhatikan pada tabel berikut :

Tabel 2.8. Koefisien Drainase (m) Untuk Memodifikasi Kekuatan Relatif Material

Kualitas Drainase	Persen Waktu Struktur Perkerasan Dipengaruhi Oleh Kadar Air Yang Mendekati Jenuh			
	< 1 %	1- 5 %	5- 25 %	>25 %
Baik Sekali	1,40 – 1,30	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	0,80 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah
Pt T-01-2002-B, 2002

e. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Nilai IP dapat dinyatakan sebagai berikut :

- IP = 2,5 Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik
 IP = 2,0 Menyatakan tingkat pelayanan terendah untuk jalan yang masih mantap
 IP = 1,5 Menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)
 IP = 1,0 Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan

Untuk menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu pertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagai mana diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 2.9. Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (Ipt)

LER	Klasifikasi Jalan			
< 10	Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas hambatan
10 – 100	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
100 – 1.000	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
> 1.000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
< 10	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah Pt T-01-2002-B, 2002

Untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2.10. Indeks permukaan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis Lapis Perkerasan	IP_0	Ketidakrataan* (IRI, m/km)
Laston	≥ 4	$\leq 1,0$
	3,9 – 3,5	$> 1,0$
Lasbutag	3,9 – 3,5	$\leq 2,0$
	3,4 – 3,0	$> 2,0$
L a p e n	3,4 – 3,0	$\leq 3,0$
	2,9 – 2,5	$> 3,0$

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah
Pt T-01-2002-B, 2002

f. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Pedoman ini memperkenalkan kolerasi antara koefisien kekuatan relatif dengan nilai mekanistik, yaitu modulus resilien.

Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi Koefisien Kekuatan Relatif dikelompokkan ke dalam 5 kategori, yaitu: beton aspal (asphalt concrete), lapis pondasi granular (granular base), lapis pondasi bawah granular (granular subbase), cement-treated base (CTB), dan asphalt-treated base (ATB).

1. Lapis Permukaan Beton Aspal (Asphalt Concrete Surface Course)

Nomogram digunakan untuk memperkirakan Koefisien Kekuatan Relatif lapis permukaan berbeton aspal bergradasi rapat berdasarkan modulus elastisitas (E_{AC}) pada suhu 68° F (metode AASHTO 4123). Disarankan, agar berhati-hati untuk nilai modulus di atas 450.000 psi. Meskipun modulus beton aspal yang lebih tinggi, lebih kaku, dan lebih tahan terhadap lenturan, akan tetapi lebih rentan terhadap retak fatigue.

2. Lapis Pondasi Granular (Granular Base Layer)

Koefisien Kekuatan Relatif, a_2 dapat diperkirakan dengan menggunakan atau

dihitung dengan menggunakan hubungan berikut:

$$a_2 = 0,249 (\log_{10}E_{BS}) - 0,977 \quad (2.4)$$

3. Lapis Pondasi Bawah Granular (Granular Subbase Layer)

Koefisien Kekuatan Relatif, a_2 dapat diperkirakan dengan menggunakan Gambar 4 terlampir atau dihitung dengan menggunakan hubungan berikut:

$$A_3 = 0,277 (\log_{10}E_{BS}) - 0,839 \quad (2.5)$$

g. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perencanaan yang tidak praktis. Dari segi keefektifan biaya, jika perbandingan antara biaya untuk untuk lapisan pertama dan lapisan kedua lebih kecil dari pada perbandingan tersebut dikalikan dengan koefisien drainase, maka perencanaan yang secara ekonomis optimum adalah apabila digunakan tebal lapis pondasi minimum. Tabel berikut memperlihatkan nilai tebal minimum untuk lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat.

Tabel 2.11. Tebal Minimum Lapis Permukaan Berbeton Aspal dan Lapisan Pondasi Agregat (inch)

Lalu-lintas (ESAL)	Beton aspal		Lapen		Lasbutag		Lapis pondasi agregat	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm	inch	cm
<50.000*)	1,0*)	2,5	2	5	2	5	4	10
50.001-150.000	2,0	5,0	-	-	-	-	4	10
150.001-500.000	2,5	6,25	-	-	-	-	4	10
500.001-2.000.000	3,0	7,5	-	-	-	-	6	15
2.000.001-7.000.000	3,5	8,75	-	-	-	-	6	15
>7.000.000	4,0	10,0	-	-	-	-	6	15

Sumber : Departemen Permukiman & Prasarana Wilayah Pt T-01-2002-B, 2002

h. Prosedur Perencanaan

Pemakaian nomogram untuk menentukan Strutral number rencana yang diperlukan. Nomogram tersebut dapat dipergunakan apabila dipenuhi kondisi-kondisi berikut ini:

- a. Perkiraan lalu-lintas masa datang (w_{18}) adalah pada akhir rencana,
- b. Reliability (R).
- c. Overall standart deviation (S_0).
- d. Modulus resilien efektif (effective resilient modulus) material tanah dasar (M_R).
- e. Design serviceability loss ($\Delta PSI = IP_0 - IP_t$).

Perhitungan perencanaan tebal perkerasan dalam pedoman ini didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan, dengan rumus sebagai berikut:

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (2.1)$$

Dimana:

$a_1 a_2 a_3$ = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D_1 D_2 D_3$ = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Jika kualitas drainase dipertimbangkan, maka persamaan di atas dimodifikasi menjadi:

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$a_1 a_2 a_3$ = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D_1 D_2 D_3$ = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

$m_2 m_3$ = Koefisien drainase

angka 1,2 dan 3, masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah. Selain menggunakan nomogram, ITP juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini (Departemen Perumahan & Prasarana Wilayah Pt T-01-2002-B, 2002)

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_R \times S_0 \times 9.36 \times \log_{10}(ITP + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(ITP + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (2.7)$$

Dimana:

W_{10} = Perkiraan jumlah beban sumbu standar ekivalen 18-kip

Z_R = Deviasi normal standar

S_0 = Gabungan standard error untuk perkiraan lalu-lintas dan kinerja

ΔIP = Perbedaan antara initial design serviceability index, IP_0 dan terminal serviceability index, IP_t

M_R = Modulus resilien

IP_t = Indeks permukaan jalan hancur (minimum 1,5)

2.2.5. Kriteria Tanah Dasar

Ditinjau dari letak permukaan air tanah, Overseas Road Note 31 (Overseas Center,TRL 1993) membagi tanah dasar dibawah perkerasan kedap di daerah tropis menjadi tiga kategori sebagai berikut :

1. Kategori 1 : tanah dasar dimana muka air tanah cukup tinggi

Untuk kategori ini, letak muka tanah yang mempengaruhi tanah dasar tergantung pada jenis tanah. Untuk tanah dasar tidak plastis (nonplastis), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada

kedalaman kurang dari 1 meter dari permukaan perkerasan; Untuk tanah dasar jenis lempung kepasiran ($PI < 20$), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 3 meter dari permukaan perkerasan; Untuk tanah dasar jenis lempung berat ($PI > 40$), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukannya terletak pada kedalaman kurang dari 7 meter dari permukaan perkerasan. Daerah dimana muka air tanah dipertahankan oleh air hujan mencakup juga daerah pantai dan daerah banjir dimana muka air tanah dikendalikan oleh air laut, air danau dan air sungai.

2. Kategori 2 : tanah dasar dimana muka air tanah dalam (*deep*) dan curah hujan sangat mempengaruhi kadar air di bawah perkerasan. Kondisi ini terjadi apabila air hujan melampaui penguapan (*evapotranspiration*) untuk sekurang-kurangnya selama dua bulan dalam satu tahun. Curah hujan pada daerah yang termasuk kategori ini biasanya lebih dari 250 mm per tahun dan sering bersifat musiman.
3. Kategori 3 : tanah dasar di daerah dimana letak muka air tanah tidak tetap berada dekat permukaan tanah serta di daerah dimana cuaca adalah kering di sebagian besar tahun dan curah hujan per tahun adalah 250 mm atau kurang.

Referensi lainnya menyatakan bahwa permukaan air tanah di bawah perkerasan perlu dipertahankan pada kedalaman sekurang-kurangnya 1,2 m (4 ft) dari permukaan tanah dasar (Overseas Center, TRL, 1993).

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Pt T-01-2002-B, 2002 menyatakan bahwa daya dukung lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

agregat (*untreated base* dan *sub base*) dipengaruhi oleh kondisi drainase dan curah hujan. Tulisan ini membahas tentang permasalahan kerusakan jalan akibat pondasi jalan yang kurang baik. Cara mengatasinya antara lain menggunakan bahan pondasi yang distabilisasi semen. Berdasarkan beberapa literature, termasuk spesifikasi khusus dari Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, maka terdapat beberapa teknologi bahan lapis pondasi yang memiliki kekedapan yang cukup baik sehingga dapat mengestimasi pengaruh instruksi air, yaitu:

1. Lapis Pondasi (*Base*) berupa CTB (*Cement Treated Base*); CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) atau CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*)
2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base*) berupa CTSB (*Cement Treated Sub-Base*) atau CTRSB (*Cement Treated Recycling Sub-Base*)

Tabel 2.12. Faktor Penyesuaian Mutu Pondasi Agregat

Drainase	Faktor penyesuaian mutu lapis pondasi (m_i) ¹⁾			
	<5% ²⁾	1-5% ²⁾	5-25% ²⁾	>25% ²⁾
o Sangat baik	1,40-1,35	1,35-1,25	1,30-1,20	1,20
o Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
o Sedang	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
o Jelek	1,15-1,05	1,05-0,95	0,80-0,60	0,60
o Sangat Jelek	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Keterangan :

¹⁾ $SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$;

²⁾Persentase waktu per tahun dimana perkerasan kemungkinan jenuh; tergantung pada curah hujan rata-rata per tahun dan kondisi drainase

2.2.6. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kekuatan tanah untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat menggeser (*shear failure*). Tentu saja hal ini tergantung pada kekuatan geser tanah. (Wesley, 1977)

Teori Terzaghi menghasilkan rumus daya dukung tanah sebagai berikut :

$$q = c N_c + \gamma DN_q + \frac{1}{2} \gamma BN\gamma \quad (2.8)$$

di mana : q = daya dukung keseimbangan

B = lebar pondasi

D = dalam pondasi

γ = berat isi tanah

c = kohesi

ϕ = sudut perlawanan geser

N_c , N_q dan N adalah faktor daya dukung yang tergantung kepada besarnya sudut perlawanan geser ϕ

1. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Sukirman (2003), menyatakan bahwa rumus dasar metode SNI 1732-1989-F mengacu kepada rumus AASHTO'72, kemudian dimodifikasi untuk Indonesia. Dengan demikian bentuk formula tersebut diubah untuk metode SNI 1732-1989-F menjadi:

$$\text{Log(LERx3650)} = 9,36 \text{Log}\left(\frac{\text{ITP}}{2,54} + 1\right) - 0,20 + \frac{G_t}{0,40 + \frac{1094}{\left(\frac{\text{ITP}}{2,54} + 1\right)^{5,19}}} + \text{Log}\left(\frac{1}{\text{FR}}\right) + 0,372(\text{DDT} - 3,0) \quad (2.10)$$

dimana :

LER = Lintas Ekuivalen Rencana

3650 = Jumlah hari dalam 10 tahun

ITP = Indek Tebal Perkerasan

DDT= Daya Dukung Tanah Dasar

FR = Faktor Regional

$$Gt = \text{Log} \frac{(IP_0 - IP_t)}{(4,2 - 1,5)}$$

ITP adalah angka yang menunjukkan nilai struktural perkerasan jalan yang terdiri dari beberapa lapis dengan mutu yang berbeda. Oleh karena itu untuk menentukan ITP diperlukan koefisien relatif sehingga tebal perkerasan setiap lapis setelah dikalikan dengan koefisien relatif dapat dijumlahkan. ITP dihitung dengan rumus di bawah ini (Sukirman, 2003).

Nilai indeks tebal perkerasan diperoleh dari nomogram dengan menggunakan nilai-nilai yang telah diketahui sebelumnya, yaitu : LER selama umur rencana, nilai DDT, dan FR yang diperoleh.

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan dan lapis pondasi dibawah ini. Sedangkan tabel minimum lapis pondasi bawah untuk setiap nilai ITP ditentukan sebesar 10 cm.

Tabel 2.13. Tebal Minimum Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag / laston
> 10,00	10	Laston

Sumber : SKBI – 2.3.26.1987

Tabel 2.14. Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
10,00 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
> 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : SKBI – 2.3.26.1987

Dari parameter-parameter tersebut kemudian diperoleh nilai ITP dan nilai koefisien kekuatan relatif untuk masing-masing bahan perkerasan. Tebal masing-masing bahan perkerasan untuk masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah dapat dihitung dengan rumus :

$$\overline{ITP} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.3)$$

di mana :

\overline{ITP} = Indeks Tebal Perkerasan

a_1 = koefesien kekuatan relatif lapis permukaan

a_2 = koefesien kekuatan relatif lapis pondasi

a_3 = koefesien kekuatan relatif lapis pondasi bawah

D_1 = Tebal lapis permukaan

D_2 = Tebal lapis pondasi

D_3 = Tebal lapis pondasi bawah

2. Faktor regional (FR)

Faktor Regional adalah keadaan lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan MST ≥ 13 ton dan kendaraan yang berhenti, serta iklim. Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya menentukan bahwa faktor yang menyangkut permeabilitas tanah hanya dipengaruhi oleh alinyemen, prosentase kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti, serta alinyemen. Untuk kondisi tanah pada daerah rawa-rawa ataupun daerah terendam, nilai FR yang diperoleh dari tabel berikut :

Tabel 2.15. Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
	$\leq 30\%$	$>30\%$	$\leq 30\%$	$>30\%$	$\leq 30\%$	$>30\%$
Iklim I < 900 mm / th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm / th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	5,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : SKBI - 2.3.26.1987

3. Faktor Drainase

Menurut Sukirman (1999), dalam *Metode AASHTO 1993* sistem drainase dari jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau terdapat pada konstruksi jalan raya bersama-sama dengan beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan.

4. California Bearing Ratio (CBR)

Tebal bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR. CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard*

load) dan dinyatakan dalam persentase. Nilai CBR dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis atau dengan cara grafis.

1. CBR secara analitis

Menurut Alamsyah (2001), agar mempermudah dalam menentukan nilai CBR, maka cara penentuannya dapat dibagi dalam beberapa segmen. Cara analitis dapat mempergunakan rumus sebagai berikut:

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \left(\frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{R} \right) \quad (2.4)$$

di mana :

CBR_{segmen} = CBR masing-masing

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = CBR rata-rata keseluruhan

CBR_{maks} = nilai CBR tertinggi

CBR_{min} = nilai CBR terendah

R = nilai tergantung jumlah data

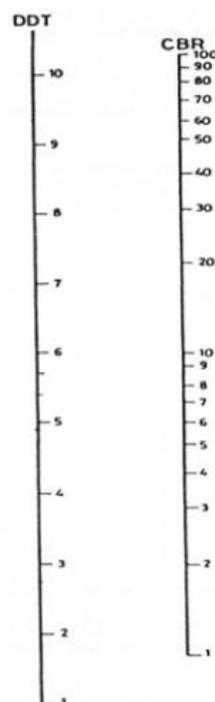
Dimana harga R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen

2. CBR secara grafis

Alamsyah (2001), dalam menentukan nilai CBR dengan cara ini, prosedurnya adalah sebagai berikut: Tentukan nilai CBR yang terendah, Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabelaris mulai dari nilai CBR yang terkecil sampai yang terbesar. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain

merupakan persentase dari 100%. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

Dari nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik kolerasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 2.2. Korelasi antara DDT dan CBR
Sumber : SKBI – 2.3.26.1987

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu Harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \quad (2.5)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

5. Umur Rencana

Menurut Alamsyah (2001), umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan perbaikan yang bersifat struktural. Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan. Umur rencana perkerasan jalan baru diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis.

2.2.7. Teknologi Lapis Pondasi Agregat Yang Distabilisasi Semen

a. Persyaratan Bahan

1. Agregat Kasar

Agregat kasar (tertahan pada ayakan 4,75 mm) harus terdiri atas partikel yang keras dan awet.

Agregat kasar Kelas A yang berasal dari batu kali harus 100 % mempunyai paling sedikit dua bidang pecah.

Agregat kasar Kelas B yang berasal dari batu kali harus 65 % mempunyai paling sedikit satu bidang pecah.

Agregat kasar Kelas C berasal dari kerikil.

2. Agregat Halus

Agregat halus (lolos ayakan 4,75 mm) harus terdiri atas dari partikel pasir atau batu pecah halus

3. Semen

Semen yang digunakan untuk LPAS dan LPBAS adalah Portland Cement Type I sesuai dengan persyaratan SNI 15-2049-1994.

4. Air

Air yang digunakan untuk LPAS dan LPBAS, baik untuk mencampur maupun untuk merawat harus bebas dari minyak, garam, asam, alkali, gula, tumbuh-tumbuhan atau bahan-bahan lain yang merugikan terhadap hasil akhir dan memenuhi persyaratan. Bila dianggap perlu, air harus diperiksa dengan cara membandingkan dengan air suling. Perbandingan harus dibuat dengan cara pemeriksaan semen standar untuk kekekalan waktu pengikatan, kekuatan adukan. Waktu ikat sama dengan atau lebih besar dari 30 menit, dan berkurangnya kekuatan adukan lebih dari 10% bila dibandingkan dengan air suling, sudah cukup sebagai alasan untuk menolak penggunaan air semacam yang diperiksa tersebut (SNI 03-6817-2002).

Tabel 2.16. Persyaratan Air

No.	Macam Pengujian	Nilai Ijin	Cara Pengujian
1	pH	4,5 – 8,5	AASHTO T26-79
2	Bahan Organik	Maks 2000 ppm	AASHTO T26-79
3	Minyak Mineral	< 2% berat semen	SNI 06-2502-1991
4	Kadar Sulfat (Na ₂ SO ₄)	< 10.000 ppm	SNI 06-2426-1991
5	Ion Khlor (NaCl)	< 20.000 ppm	SNI 06-2431-1991

Sumber : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2007

5. Gradasi dan Sifat Agregat

Agregat untuk LPAS dan LPBAS harus bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki, harus memenuhi persyaratan gradasi agregat campuran

Tabel 2.17. Persyaratan Gradasi Agregat LPAS dan LPBAS

Ukuran Saringan		Berat Butir Yang Lolos (%)		
ASTM	mm	Kelas A	Kelas B	Kelas C
3"	75,000			100
2"	50,000		100	75 – 100
1½"	37,500	100	88 – 100	60 – 90
1"	25,000	77 – 100	70 – 85	45 – 78
¾"	19,000	44 – 60	40 – 65	25 – 55
No.4	4,750	27 – 44	25 – 52	13 – 45
No.10	2,000	17 – 30	15 – 40	08 – 36
No.40	425	07 – 17	08 – 20	03 – 23
No.200	75	02 – 08	02 – 08	00 – 10

Sumber : Puslitbang Jalan dan Jembatan ; 2007

Dan memenuhi persyaratan sifat bahan

Tabel 2.18. Persyaratan Agregat LPAS dan LPBAS

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%	Maks. 40%
Indek Plastis (SNI-03-1966-1990) dan (SNI-03-1967-1990).	Maks. 6	Maks. 6	4 – 9
Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No.200	Maks. 25	-	-
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25	Maks. 25	Maks.35
Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat (SNI- 03-4141-1996)	0 %	Maks. 1 %	Maks.1 %
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min. 90 %	Min. 65 %	Min. 35 %
Perbandingan persen lolos #200 dengan persen lolos #40	Maks. 2/3	Maks. 2/3	Maks.2/3

Sumber : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2007

b. Persyaratan Campuran

Perencanaan campuran harus memberikan perbandingan komposisi dengan beberapa variasi kadar semen dan kadar air. Berdasarkan perbandingan komposisi dan atas dasar hasil pengujian kekuatan pada umur 7 hari, kekuatan minimum harus memenuhi persyaratan

Tabel 2.19. Kuat Tekan Lapis Pondasi Agregat Semen (LPAS dan PBAS)

Lapis Pondasi Agregat Semen	Kuat Tekan Bebas Umur 7 Hari (kg/cm ²)	
	Silinder (dia. 70 mm x tinggi 140 mm)	Silinder (dia. 150 mm x tinggi 300 mm)
- Kelas A	45	75
- Kelas B	35	55
- Kelas C	30	35

Sumber : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2007

c. Persyaratan Hasil Pelaksanaan Lapis Pondasi Agregat Semen

Sesuai dengan spesifikasi khusus (Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2007) untuk memperoleh homogenitas campuran dan memenuhi ketentuan yang disyaratkan harus langsung dari instalasi pemecah batu atau pencampur yang disetujui, dengan menggunakan pemasok mekanis yang telah dikalibrasi untuk memperoleh aliran yang menerus dari komponen-komponen campuran dengan proporsi yang benar. Dalam keadaan apapun tidak dibenarkan melakukan pencampuran di lapangan dengan grader, loader atau backhoe kecuali dengan alat khusus *pulvi mixer*. Hasil pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi harus memenuhi persyaratan toleransi dimensi sebagai berikut :

1. Tebal minimum LPAS dan LPBAS yang dihampar tidak kurang dari tebal yang disyaratkan. Tebal maksimum tidak boleh lebih besar dari 10 mm dari tebal yang direncanakan.
2. Tebal rata-rata pada potongan melintang dari survai lapangan harus tidak lebih atau kurang dari 10% dari yang ditentukan.
3. Apabila sebuah mal datar sepanjang 3 meter diletakkan pada permukaan jalan sejajar dan tegak lurus terhadap garis sumbu jalan, variasi permukaan yang ada tidak boleh melampaui 8 mm tiap 3 meter .

4. LPAS dan LPBAS tidak boleh melebihi 20 cm, dan tebal minimum tidak kurang dari 10 cm.
5. Elevasi permukaan akhir tidak boleh 10 mm di atas atau di bawah dari elevasi rencana dalam setiap titik.
6. Ukuran lebar jalur LPAS dan LPBAS diukur dari garis sumbu rencana tidak boleh kurang dari yang tertera dalam Gambar Rencana.