

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan pustaka

Haris (2013) dalam penelitiannya dengan judul “Evaluasi Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga (Pd. T-05-2005-B) dan *Asphalt Institute (Manual Series 17)*” dengan studi kasus Ruas Jalan Yogyakarta Batas Kota Bantul menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan tebal lapis tambah dengan metode Bina Marga menghasilkan tebal yang dibutuhkan pada segmen I sebesar 6,942 cm, pada segmen II sebesar 6,618 cm, pada segmen III sebesar 6,055 cm. Sedangkan dengan menggunakan metode *Asphalt Institute* menghasilkan tebal yang dibutuhkan yaitu pada segmen I sebesar 3,556 cm, pada segmen II sebesar 3,048, pada segmen III sebesar 2,79 cm.
2. Koreksi metode Bina Marga menggunakan faktor ekivalensi beban AASHTO menghasilkan lapis tambah yang lebih kecil yaitu pada segmen I 2,794 cm, pada segmen II 2,470 cm, pada segmen III 1,907 cm.
3. Penggunaan ekivalensi AASHTO menghasilkan volume lalu lintas yang lebih kecil dari Bina Marga sehingga menghasilkan tebal lapis tambah yang kecil juga.
4. Metode *Asphalt Institute* menganalisa beban faktor truk sebagai dasar perhitungan beban lalu lintas, sedangkan metode Bina Marga tidak menggunakan faktor truk.
5. Metode *Asphalt Institute* menganalisa beban faktor truk sebagai dasar perhitungan beban lalu lintas, sedangkan metode Bina Marga tidak menggunakan faktor truk.

Oktori (2011) dalam penelitiannya mengenai “Evaluasi Tingkat Pelayanan dan Tebal Perkerasan Pada Ruas Jalan Srandakan - Toyan km 0+000 sampai km 5+000” menyatakan bahwa hambatan samping sangat tinggi (*very high*), kecepatan arus bebas kendaraan ringan (LV) sebesar 43 km/jam dan kendaraan berat menengah (MHV) sebesar 38 km/jam, kapasitas jalan sebesar

1882 smp/jam, kecepatan tempuh di km 0+000 sampai km 0+500 sebesar 49,18 - 49,73 km/jam dengan waktu tempuh rata-rata 0,62 menit dan kecepatan tempuh di km 3+700 sampai 4+700 sebesar 47,48 - 48,89 km/jam dengan waktu tempuh rata-rata 1,26 menit, derajat kejenuhan masih memenuhi kelayakan yaitu 0,73, masuk kategori tingkat pelayanan kelas C. Dan analisis tebal perkerasan jalan dengan LHR tahun 2010 sebesar 16353 kendaraan, pertumbuhan lalu lintas sebesar 9,78%, CBR sebesar 5,79%, dan faktor regional 1,0 menghasilkan lapis perkerasan HRA setebal 8,9 cm dan lapis pondasi telford setebal 25 cm sedangkan data perkerasan *existing* lapis perkerasan HRS-WC setebal 7 cm dan lapis pondasi telford setebal 25 cm. Sehingga tebal perkerasan sudah mengalami penurunan akibat dari perkembangan lalu lintas. Analisis lendutan dengan alat Benkelman 45 beam diperoleh lendutan balik sebesar 0,66 mm, faktor keseragaman (FK) sebesar 24,51 %, lendutan wakil sebesar 0,925 mm, lendutan rencana sebesar 0,887 mm. Sehingga diperoleh tebal lapisan tambah agar dapat melayani lalu-lintas sebanyak 1.155.136 ESA pada tahun 2010 adalah 1,305 cm untuk laston dengan modulus resilien 2000 MPa dengan stabilitas marshall minimum sebesar 800 kg atau setebal 1,605 cm untuk laston modifikasi dengan modulus resilien 1000 MPa dan stabilitas marshall minimum sebesar 800 kg.

Edo dkk. (2017) dalam penelitiannya tentang Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode PD T-05-2005-B dan Metode SDPJL pada ruas jalan Klaten-Prambanan menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan Metode PD T-05-2005-B dan Metode SDPJL, ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dari Nrencana sebesar 40.000.000 ESA didapat tebal lapis tambah dari metode PD T-05-2005-B sebesar 16 cm dan tebal lapis tambah dari metode SDPJL sebesar 13 cm.
2. Perbedaan hasil antara Metode Lendutan Pd T-05-2005-B dan Metode SDPJL disebabkan karena Metode SDPJL masih sangat terbatas untuk variasi VDF dan juga tidak bisa input lebih dari satu macam pertumbuhan lalu lintas (R) selain itu tidak digunakannya data CBR dan RCI pada Metode Lendutan Pd T-05-2005-B juga membuat hasil semakin berbeda.

3. Perhitungan dengan Metode Lendutan Pd T-05-2005-B lebih *flexible* dalam penerapannya dikarenakan nilai VDF yang bisa disesuaikan dengan kondisi jalan yang dianalisis, selain itu pertumbuhan lalu lintas yang bisa diatur menyesuaikan pertumbuhan lalu lintas yang ada. Namun, pada proses perhitungannya masih dengan cara manual, sehingga memerlukan ketelitian dalam proses analisis data yang akurat.
4. Proses analisis dengan Metode SDPJL sudah menggunakan bantuan *Software* sehingga lebih cepat dalam analisis, namun ada beberapa kekurangan dalam metode ini, yakni; nilai VDF dan R yang sulit untuk disesuaikan dengan kondisi lapangan sehingga penerapan dari Metode SDPJL dikhususkan pada ruas jalan dengan lalu lintas rendah, tidak cocok digunakan untuk perencanaan *overlay* ruas jalan Klaten-Prambanan dengan lalu lintas yang tinggi.

Joice dkk. (2016) dalam penelitiannya tentang Analisa Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (Overlay) Pada Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 Studi Jalan Kairagi-Mpanget menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan menggunakan Manual Desai Perkerasan Jalan 2013, ditarik kesimpulan bahwa :

1. Hasil Perhitungan dwakil dn CF (*Curvature Function*) adalah sebagai berikut :
  - a. Bina Marga 2005 (Pd T-05-2005-B):  
Dwakil= 1,25 mm, CF= 0,21 mm
  - b. Bina Marga 2011 (No.002/P/BM/2011):  
Dwakil= 1,29 mm, CF= 0,21 mm
  - c. Bina Marga 2013(No.02/M/BM/2013):  
Dwakil= 1,45 mm, CF= 0,24 mm

Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan faktor koreksi temperatur pada nilai lendutan balik.
2. Hasil Perhitungan CESA untuk setiap metode adalah sebagai berikut :
  - a. Bina Marga 2005 : CESA = 5.206.601 ESA
  - b. Bina Marga 2005 : CESA = 3.384.337 ESA

Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan Angka Ekuivalen terhadap beban as standard dan penetapan nilai VDF.

Andyas dkk. (2017) Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode PD T-05-2005-B dan Metode SDPJL Pada Jalan Nsional Di Yogyakarta menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan Metode PD T-05-2005-B dan Metode SDPJL, ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dari Nrencana sebesar 11.395.015 ESA didapat tebal lapis tambah dari Metode Lendutan PDT-05-2005-B sebesar 6,73 cm dan tebal lapis tambah dari Metode SDPJL sebesar 5,5 cm.
2. Perbedaan hasil antara Metode Lendutan Pd T-05-2005-B dan Metode SDPJL disebabkan karena Metode SDPJL masih sangat terbatas untuk variasi VDF dan juga tidak bisa input lebih dari satu macam pertumbuhan lalu lintas (R) selain itu tidak digunakannya data CBR dan RCI pada Metode Lendutan Pd T-05-2005-B juga membuat hasil semakin berbeda.
3. Analisis dengan Metode Lendutan Pd T-05-2005-B lebih *flexible* dalam penerapannya dikarenakan nilai VDF yang bisa disesuaikan dengan kondisi jalan yang dianalisis dan juga pertumbuhan lalu lintas yang bisa diatur menyesuaikan pertumbuhan lalu lintas yang ada namun proses perhitungannya masih menggunakan cara manual, sedangkan Metode SDPJL dalam perhitungannya sudah menggunakan bantuan *Software* sehingga lebih cepat dalam analisis namun kemudahan tersebut harus dikurangi dengan VDF dan R yang sulit untuk disesuaikan dengan segala macam kondisi lapangan sehingga penerapan dari Metode SDPJL dikhususkan pada ruas jalan dengan lalu lintas rendah atau ruas jalan yang memiliki VDF aktual mirip dengan VDF default dari RDM dan juga umur rencana perencanaan yang tidak melompati tahun 2020 sesuai dengan tabel pertumbuhan lalu lintas dari Manual Desain Perkerasan 2013 sehingga hanya diperoleh satu macam R.
4. Terjadi perbedaan hasil yang sangat besar yaitu 1,23 cm pada kedua metode, dan diambil hasil dari Metode Lendutan PDT-05-2005-B sebagai hasil yang lebih baik karena data inputnya lebih mendekati kondisi lapangan.

*Guzzarlapudi dkk. (2016)* dalam penelitiannya tentang *Comparative studies of lightweight in low volume roads* menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan ditarik kesimpulan bahwa:

Sebuah studi komparatif komprehensif dilakukan antara *Benkelman beam* deflectometer dan deflectometer ringan dalam memperkirakan modulgrade tanah dasar untuk perkerasan evaluasi struktural jalan volume rendah di India. Investigasi eksperimental dilakukan untuk memperkirakan moduli statissubgrade menggunakan Benkelman beam deflectometer, modul backcculated dan komposit dari subgrade menggunakan deflectometer ringan. Hasil in-situ divalidasi denganhasil triaksial berulang. Hasil tes dan analisis menggambarkan kesimpulan berikut :

1. Meskipun analisis korelasi antara statis dan dinamis moduli dari tanah dasar menunjukkan korelasi yang baik. Meskipun, analisis validasi dengan moduli berbasis CBR yang dihitung darisubgrade menunjukkan ketidakmampuan mengadopsi moduli statissubgrade sebagai parameter kekuatan desain. Sedangkan yang lainnya moduli dinamis terukur dan dihitung ulang dari tanah dasarnilai dapat menunjukkan hasil yang lebih baik
2. LWD menghitung kembali dan moduli dinamis komposit laboratorium diukur moduli dinamis dari nilai-nilai tanah dasar. Ini menggambarkan kelayakan perangkat LWD.
3. studi ini membantu para insinyur dan peneliti untuk memulai dan memperluas teknik mekanistik-empiris menggunakan dinamis.

*Kumela (2018)* dalam penelitiannya tentang *Evaluation of Flexible Pavement Deflections With Respect to Pavement Depths Using Software* menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan ditarik kesimpulan bahwa :

periksa kecukupan struktural perkerasan yang ada sebagai di sepanjang area studi  
 Karena itu:

1. Parameter yang terkait dengan defleksi perkerasan lentur adalah tegangan geser dan regangan Selain konsolidasi satu atau lebih trotoar komponen. Performa perkerasan lentur dipengaruhi oleh banyak faktor. Ini termasuk

kotor beban, nilai CBR, dan tekanan ban, pengulangan beban, tebal perkerasan dan daya tahan berbagai trotoar komponen terutama sifat tanah kelas bawah.

2. Jumlah lendutan yang fleksibel pada penelitian ini area 0.38mm yang kurang optimal jumlah defleksi 0,02 inci atau 0,5mm.
3. Lendutan relatif dari lapisan trotoar berkurang dengan meningkatnya kedalaman seperti yang ditunjukkan pada gambar 12. Oleh karena itu, untuk menggunakan komponen defleksi dan itu perlu untuk memperhitungkan penurunan stres dengan peningkatan kedalaman.

Made dkk. (2014) dalam penelitiannya tentang *Correlation of Flexible Pavement Rebound Deflection Development Trendline With Its Curve Pattern After The Road Life Cycle Limit* menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan ditarik kesimpulan bahwa :

1. Pengembangan lendutan pantulan Trendline setelah batas pelayanan jalan cenderung meningkat cukup tajam dengan perbedaan pola trendline untuk setiap ruas jalan.
2. Ada korelasi positif yang signifikan antara trendline perkembangan defleksi dengan pola kurva defleksi, yaitu sama dengan 0,979. Ini mungkin menyiratkan bahwa pola kurva defleksi terkait dengan tren perkembangan defleksi perkerasan.
3. Pola kurva defleksi dengan nilai tangen lebih besar sebanding dengan besarnya defleksi rebound perkembangan yang terjadi, dan sebaliknya.

Nauval dkk. (2015) dalam penelitiannya tentang Analisa Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Beberapa Metode Bina Marga Studi Jalan Piringsurat-Batas Kedu Timur menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan metode Bina Marga ditarik kesimpulan bahwa :

1. Peraturan Bina Marga “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pd.T-01-2002-B” yang mengacu pada AASHTO 1993. Pedoman ini memiliki parameter perencanaan tebal perkerasan yang cukup baik namun, dalam

beberapa parameter perencanaan tidak memiliki parameter acuan tertulis yang jelas sehingga membingungkan para perencana dalam merencanakan tebal perkerasan jalan lentur. Pedoman ini memerlukan pemikiran seorang *engineer* pada pelaksanaannya karena disediakan parameter-parameter yang bisa memberikan kebebasan pada perencana untuk mendesain tebal perkerasan jalan.

2. Pedoman “Manual Desain Perkerasan Jalan Raya No. 02/M/BM/2013” adalah pedoman yang melengkapi pedoman Pd.T-01-2002-B dan mengacu pada AUSTRROADS 2008. Pedoman ini memiliki parameter-parameter desain yang sudah terencana sesuai dengan bagan desain sehingga, kurang memberikan kebebasan pada perencana untuk mendesain tebal perkerasan jalan. Pedoman ini telah memberikan kebijakan desain pada perencana untuk merencanakan tebal perkerasan jalan sesuai bagan desain yang kemudian hasil tersebut diperiksa dan dibandingkan terhadap pedoman Pd.T-01-2002-B. Dengan membandingkan hasil tebal perkerasan tersebut maka diperlukan pemikiran *engineering adjustment* sebagai seorang perencana untuk melihat kondisi aktual di lapangan dalam setiap kondisi dapat disamakan atau tidak.
3. Peraturan Bina Marga pada “Desain Perkerasan Jalan Lentur No. 001/BT/2010” merupakan bentuk penjelasan dan penyederhaan dari peraturan “Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt.T-01-2002-B” yang mengacu pada AASHTO tahun 1993 yang kemudian dilakukan kombinasi acuan dengan *Road Note 31* edisi keempat tahun 1993. Sehingga diharapkan adanya keseragaman dalam proses perencanaan. Peraturan ini juga menggunakan formula yang terdapat dari Austorad 92’, yang kemudian dirivisi oleh *Technical Basis of the 2004 Austroads Design Procedures for flexible Overlays on Flexible Pavement* untuk repetisi beban lalu-lintas di bawah 1 juta ESA dengan menggunakan formula HRODI.

Helmy (2014) dalam penelitiannya tentang Studi Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan (*overlay*) Pada Jalan Maospati-Sukomoro (STA.0+000-12+000) Di Kabupaten Magetan Provinsi Jawa Timur menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*)

ditarik kesimpulan bahwa :

1. Jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) berdasarkan umur rencana 10 tahun pada jalan Maospati Sukomoro adalah 18.270 SMP.
2. Lentutan balik (dwakil) sepanjang ruas jalan Maospati Sukomoro sebesar 2,35 mm berdasarkan nilai AE18KSAL yaitu  $4,98 \times 10^6$  dengan lentutan balik yang diijinkan sebesar 1,87 mm.
3. Tebal lapis tambahan perkerasan (*overlay*) yang diperlukan yaitu 4 cm.

Ibnu dkk. (2017) dalam penelitiannya tentang Evaluasi Nilai Kondisi Perkerasan Jalan Nasional Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Dan Metode *Benkelmen Beam* menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) Dan Metode *Benkelmen Beam* ditarik kesimpulan bahwa :

1. Hasil perhitungan metode *Pavement Condition Index* (PCI) pada ruas tersebut didapatkan nilai sebesar 53,98 %, termasuk dalam kategori kerusakan “*POOR*” atau “Jelek”
2. Analisis Lentutan Pemicu *Benkelman Beam* (BB) rerata keseluruhan segmen menghasilkan nilai Dwakil sebesar 1,9958 mm, berada pada lentutan pemicu 2 dengan usulan pemilihan jenis penanganan Rekonstruksi.
3. Perbandingan nilai kondisi PCI dan BB dari total 101 segmen, diperoleh 58 segmen lainnya sesuai, sedangkan 43 segmen yang tidak sesuai antara PCI dan BB.

Gianina dkk. (2019) dalam penelitiannya tentang Analisa Kinerja Perkerasan Jalan Ditinjau Dari Besarnya Volume Kumulatif Lalu Lintas dan Faktor Lingkungan ditarik kesimpulan bahwa :

1. Melalui perhitungan *Cummulative Equivalent Standar Axle Load*(CESAL) diperoleh hasil yang menunjukkan terjadinya peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan Worang Bypass selama umur rencana 10 tahun.
2. Kondisi lingkungan pada ruas jalan Worang Bypass memiliki intensitas hujan yang tinggi sebesar 200 mm – 330mm pertahunnya, dan terjadi peningkatan curah hujan untuk 2 tahun terakhir yaitu pada tahun 2016 dan tahun 2017 sesuai data curah hujan yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Selain intensitas curah hujan yang tinggi kondisi lingkungan pada ruas jalan Worang Bypass tidak memiliki sistem drainase yang baik sehingga mengakibatkan terjadinya genang-genangan air pada saat musim hujan.
3. Ruas jalan Worang Bypass terakhir *dioverlay* pada tahun 2017 dan memiliki Indeks Permukaan awal (IP0) 4,2 dan Indeks Permukaan Akhir (IPt) 1,5, namun berdasarkan hasil penelitian hanya selang satu tahun setelah jalan *dioverlay* ruas jalan Worang Bypass telah mengalami penurunan Indeks Permukaan yaitu pada tahun 2018 dengan beban lalu lintas sebesar 1.250.000 Indeks Permukaan pada ruas jalan tersebut sudah mencapai angka 2,2 yang menyatakan fungsi pelayanan yang cukup sehingga pada akhir umur rencana dengan beban lalu lintas sebesar 15.510.000 diperkirakan IPt akan berada pada angka 0 yang menyatakan fungsi pelayanan yang sangat kurang. Dan berdasarkan penelitian dan pengamatan yang dilakukan, penurunan tingkat pelayanan pada ruas jalan Worang Bypass terjadi tidak hanya disebabkan oleh beban lalu lintas yang terus bertambah disetiap tahunnya, kondisi lingkungan yang kurang baik juga turut serta memberikan dampak terhadap penurunan tingkat pelayanan pada ruas jalan Worang Bypass.

Satriyani (2018) dalam penelitiannya tentang Analisa Kuat Lentur Perkerasan Menggunakan Alat *Benkelmen Beam* Pada Ruas Jalan Perintis Kemerdekaan menyatakan dari hasil analisa data dan pembahasan yang dilakukan untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) dengan Metode *Benkelmen Beam* ditarik kesimpulan bahwa :

1. Pengujian kuat lentur pada jalan printis kemerdekaan menghasilkan :
  - a. Nilai lendutan rata-rata = 0,15
  - b. Faktor kesragaman = 93,33
2. Untuk jalan printis kemerdekaan perlu dilakukan pemeliharaan rutin atau lapis tambah non structural.

### **2.1.1 Klasifikasi Jalan**

Menurut peraturan pemerintah republik indonesia No. 22 tahun 2009, jalan adalah prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan atau air. Berdasarkan pasal 19 ayat 2 undang-undang No 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, Kelas jalan dibedakan menjadi:

1. Jalan kelas I yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton.
2. Jalan kelas II yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinnggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.
3. Jalan kelas III yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu)

milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.

4. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

### **2.1.2 Jaringan Jalan**

Didalam pasal 6 dan pasal 9 peraturan pemerintah No 34 tahun 2006 tentang jalan dijelaskan bahwa fungsi jalan terdapat pada sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan yang menghubungkan antar kawasan perkotaan yang diatur secara berjenjang sesuai dengan peran perkotaan yang dihubungkannya. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan yang menghubungkan antar kawasan di dalam perkotaan yang diatur secara berjenjang sesuai dengan fungsi kawasan yang dihubungkannya. Didalam pasal 9 ayat 1 peraturan pemerintah No 34 tahun 2006 Berdasarkan sifat dan pergerakan pada lalu lintas angkutan jalan fungsi jalan dibedakan atas jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan. Menurut Sukirman (1999) penjelasan dari masing-masing fungsi jalan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan dan pembagian atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan Lingkungan merupakan jalan yang berada di lingkungan perumahan atau jalan service untuk lingkungan perumahan.

Dengan demikian system jaringan jalan primer terdiri dari :

1. Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang pertama yang terletak berdampingan atau menghubungkan kota jenjang pertama dengan kota jenjang kedua. Berdasarkan pasal 13 Undang-Undang No. 34 tahun 2006 Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer ini adalah:
  - a. Kecepatan rencana  $\geq 60$  km/jam
  - b. Lebar badan jalan  $\geq 11$  m
  - c. Kapasitas jalan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata
  - d. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.
  - e. Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal, dan lalu lintas ulang alik.
  - f. Jalan arteri primer tidak putus walaupun memasuki kota
  - g. Tingkat kenyamanan dan keamanan yang dinyatakan dengan indeks permukaan tidak kurang dari 2
2. Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga. Berdasarkan pasal 14 Undang-Undang No. 34 tahun 2006 Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor primer adalah:
  - a. Kecepatan rencana  $\geq 40$  km/jam
  - b. Lebar badan jalan  $\geq 9$  m
  - c. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata.
  - d. Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.
  - e. Jalan masuk dibatasi sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
  - f. Indeks permukaan tidak kurang dari 2
3. Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang pertama dengan persil, atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil, atau

kota dibawah jenjang ketiga sampai persil. Berdasarkan pasal 15 Undang-Undang No. 34 tahun 2006 Persyaratan jalan lokal primer adalah:

- a. Kecepatan rencana  $\geq 20$  km/jam
  - b. Lebar badan jalan  $\geq 7,5$  m
  - c. Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa
  - d. Indeks permukaan tidak kurang dari 2
4. Jalan lingkungan primer, Berdasarkan pasal 16 Undang-Undang No. 34 tahun 2006, persyaratan jalan lingkungan primer adalah:
- a. Kecepatan rencana paling rendah 15 km/jam
  - b. Lebar badan jalan minimal 6,5 m
  - c. Diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda tiga atau lebih
  - d. Jika tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda tiga atau lebih, harus mempunyai lebar paling sedikit 3,5 meter.

Sedangkan sistem jaringan jalan sekunder terdiri dari :

1. Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder pertama atau menghubungkan kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder pertama, atau mengubungkan kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder kedua. Berdasarkan pasal 17 Undang-Undang No. 34 tahun 2006, Persyaratan dari jalan arteri sekunder adalah:
  - a. Kecepatan rencana  $\geq 30$  km/jam
  - b. Lebar badan jalan  $\geq 11$  m
  - c. Kapasitas jalan sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
  - d. Tidak boleh diganggu oleh lalu lintas lambat
  - e. Indeks permukaan minimal 1,5
2. Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Berdasarkan pasal 18 Undang-Undang No. 34 tahun 2006 Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor sekunder adalah:

- a. Kecepatan rencana  $\geq 20$  km/jam
  - b. Lebar badan jalan  $\geq 7$  m
  - c. Indeks permukaan minimal 1,5
3. Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder pertama dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Berdasarkan pasal 19 Undang-Undang No. 34 tahun 2006, Persyaratan jalan lokal sekunder adalah:
- a. Kecepatan rencana  $\geq 10$  km/jam
  - b. Lebar badan jalan  $\geq 7,5$  m
  - c. Indeks permukaan tidak kurang dari 1,0
4. Jalan lingkungan sekunder Berdasarkan pasal 20 Undang-Undang No. 34 tahun 2006, persyaratan jalan lingkungan sekunder adalah:
- a. Jalan lingkungan sekunder didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 (sepuluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 6,5 (enam koma lima) meter.
  - b. Persyaratan teknis jalan lingkungan sekunder diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda tiga atau lebih.
  - c. Jika tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor roda tiga atau lebih, harus mempunyai lebar paling sedikit 3,5 meter

### **2.1.3 Umur Rencana Jalan**

Berdasarkan Petunjuk Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (1987), dijelaskan bahwa umur rencana adalah jumlah waktu dan tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka samapai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu diberi lapis permukaan yang baru. Umur rencana adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural.

Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan non struktural yang berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20

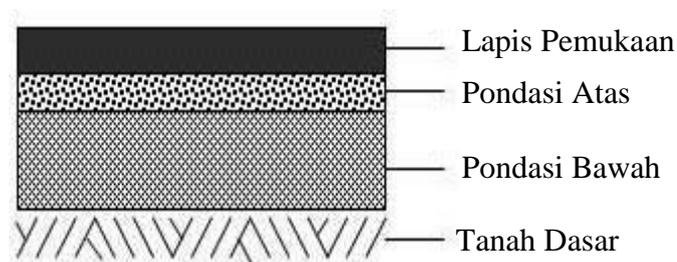
tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai. (Sukirman, 1999)

#### 2.1.4 Jenis Perkerasan Jalan

Perkerasan adalah susunan konstruksi struktural yang menggunakan campuran bahan ikat baik itu berupa aspal maupun semen (*portland cement*) dan agregat baik itu berupa batu pecah, batu kali, batu belah maupun berupa agregat sintetis/ buatan (*synthetic/artificial aggregates*) yang berada diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) guna melayani lalu lintas rencana yang telah ditentukan. Apabila dilihat dari bahan pengikatnya, maka jenis perkerasan jalan dapat diklasifikasikan menjadi:

##### 1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur/*flexible pavement* merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya dan umumnya di Indonesia menggunakan campuran aspal dengan penetrasi 60/70 dan 85/100. Lapisan perkerasan jenis ini ditopang dengan dua lapisan pondasi berbutir yang berada di bawah lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan pondasi (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*), dan perkerasan lentur ini memiliki tingkat pelayanan kenyamanan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan perkerasan kaku. Adapun lapisan-lapisan perkerasan lentur beserta fungsinya adalah :



**Gambar 2.1** Lapisan-Lapisan Pembentuk Perkerasan Lentur (*Departemen Pekerjaan Umum, 2005*)

##### 1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang teratas pada suatu perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang dimana lapisan ini adalah

yang biasanya kita pijak, atau lapisan yang bersentuhan langsung dengan ban kendaraan. Secara non struktural lapisan ini digunakan sebagai lapisan aus dan kedap air, dimana material yang digunakan adalah campuran aspal panas. Komponen pada lapisan permukaan adalah lapisan penutup (*wearing course*) yang digunakan sebagai lapisan aus dan lapisan pengikat (*blinder course*) yang disusun setelah lapisan penutup. Adapun fungsi dari lapis permukaan (*surface course*) ini diantaranya:

- a. Sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda.
- b. Memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- c. Sebagai lapisan yang memberikan koefisien gesek pada ban kendaraan sehingga tidak terjadi slip.
- d. Menahan repitisi dari adanya beban yang diakibatkan oleh kendaraan.
- e. Lapisan kedap air yang mencegah masuknya air ke dalam lapisan struktur dibawahnya.

#### 1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) merupakan lapisan struktur perkerasan lentur yang terletak di antara lapis permukaan dan lapisan pondasi bawah. Menurut Hardiyatmo (2015) bahan lapisan pondasi (*base course*) terdiri dari material pilihan, yaitu batu pecah yang stabil (awet), tahan terhadap pelapukan/ abarasi akibat beban berulang, dengan gradasi tertentu, dan pertimbangan utama dalam perancangan lapis pondasi adalah sebagai berikut :

- a. Ketebalannya;
- b. Stabilitas akibat beban lalu lintas; dan
- c. Ketahanan terhadap pelapukan.

Apabila merujuk pada dokumen Departemen Pekerjaan Umum (2005) mengenai spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, adapun agregat lapis pondasi dan pondasi bawah sebagai lapisan struktur perkerasan dibagi menjadi 3 kelas, yaitu: kelas A, B, dan C dengan persyaratan sebagai berikut :

a. Sumber Bahan

Bahan lapis pondasi agregat harus dipilih dari sumber yang disetujui Direksi Pekerjaan sesuai.

b. Kelas Lapis Pondasi Agregat

Terdapat tiga kelas yang berbeda dari lapis pondasi agregat yaitu kelas A, kelas B dan kelas C. Lapis pondasi atas harus terdiri dari agregat kelas A atau kelas B, sedangkan lapis pondasi bawah harus terdiri dari agregat kelas C.

c. Fraksi Agregat Kasar

Agregat kasar (tertahan pada saringan 4,75 mm) harus terdiri dari 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.

d. Sifat-sifat Bahan Yang Disyaratkan

Agregat untuk lapis pondasi harus bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki, dan harus memenuhi sifat-sifat yang sesuai dalam Tabel 2.3 dan memenuhi ketentuan gradasi yang diberikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Lapis Pondasi (*Departemen Pekerjaan Umum, 2005*)

Ukuran saringan ASTM		Persen berat lolos saringan (%)		
Nomer	Diameter butiran (mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2"	50	-	100	100
1 1/2"	37,5	100	88-95	70-100
1"	25,0	77-85	70-85	55-87
3/8 "	9,50	44-58	40-65	40-70
No. 4	4,75	27-44	25-52	27-60
No. 10	2,0	17-30	15-40	20-50
No. 40	0,425	7-17	8-20	10-30
No. 200	0,075	2-8	2-8	5-15

Tabel 2.2 Sifat-sifat Agregat Lapis Pondasi dan Pondasi Bawah  
(*Departemen Pekerjaan Umum, 2005*)

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi agregat kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%	Maks. 40%
Indeks plastisitas (SNI-03-1996-1990)	Maks. 6	Maks. 6	4-9
Hasil kali indeks Plastisitas dengan % lolos saringan No. 200	Maks. 25	-	-

Tabel 2.2 Sifat-sifat Agregat Lapis Pondasi dan Pondasi Bawah (lanjutan)  
(Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

<b>Sifat- Sifat</b>	<b>Kelas A</b>	<b>Kelas B</b>	<b>Kelas C</b>
Batas cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
Bagian yang lunak	Maks. 5%	Maks. 5%	-
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min. 90%	Min. 65%	Min.35%
Perbandingan persen lolos saringan No. 200 dan No.40	Maks.2/3	Maks.2/3	Maks.2/3

Adapun fungsi dari lapis pondasi (*base course*) ini diantaranya:

- a. Sebagai lapisan pendukung lapisan permukaan.
- b. Menyalurkan beban yang diterima menuju struktur yang ada di bawahnya.
- c. Sebagai lapisan peletakan lapis permukaan.

### 1.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan ini berada di antara lapisan pondasi atas dan diatas lapisan tanah dasar. Adapun material untuk lapis pondasi adalah agregat yang harus bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki dan memenuhi ketentuan gradasi yang diberikan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat-sifat Agregat Lapis Pondasi dan Pondasi Bawah  
(Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi agregat kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%	Maks. 40%
Indeks plastisitas (SNI-03-1996-1990)	Maks. 6	Maks. 6	4-9
Hasil kali indeks Plastisitas dengan % lolos saringan No. 200	Maks. 25	-	-
Batas cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
Bagian yang lunak	Maks. 5%	Maks. 5	-
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min. 90%	Min. 65%	Min. 35%
Perbandingan persen lolos saringan No. 200 dan No.40	Maks. 2/3	Maks. 2/3	Maks. 2/3

Terdapat jenis material lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) yang biasanya dipakai di Indonesia menggunakan agregat bergradasi baik berupa Sirtu/Pitru kelas A, Sirtu/Pitru kelas B, dan Sirtu/Pitru kelas C dengan bahan strabilisasi yang biasa digunakan berupa *cement treated sub base*, *lime treated sub base*, *soil cement stabilization*, dan *soil lime stabilization*. Adapun fungsi lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) adalah sebagai berikut:

- a. Menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar.
- b. Untuk mencegah naiknya tanah dasar ke lapisan pondasi.
- c. Efisien dalam penggunaan material dan biaya konstruksi, karena nilai material yang digunakan lebih murah daripada lapisan di atasnya.
- d. Mencegah terjadinya pumping pada tanah dasar apabila terjadi rembesan air maupun air tanah yang muncul

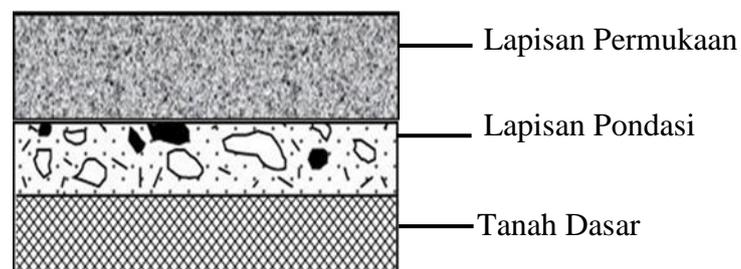
## 2. Perkerasan Kaku ( *Rigit Pavement* )

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* adalah perkerasan yang menggunakan bahan ikat berupa semen dengan tulangan atau tanpa tulangan dan beban

lalulintas yang dilalui pada perkerasan kaku ini relatif besar. Menurut Ari Suryawan (2015) perkerasan jalan beton semen portland atau yang lebih sering disebut perkerasan kaku atau juga disebut *rigit pavement*, terdiri dari pelat beton semen portland dan lapisan pondasi diatas tanah dasar, perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasa diperoleh dari slab beton sendiri. Penggunaan perkerasan kaku adalah guna memenuhi kapasitas jalan dengan volume dan beban lalu lintas rencana yang besar dengan kapasitas daya dukung tanah dasar yang kurang baik. Keunggulan menggunakan perkerasan kaku yaitu mempunyai sifat kaku sehingga pendistribusian beban ke lapisan bawahnya merata. Pada perkerasan kaku perkerasan tidak dibuat menerus seperti halnya pada perkerasan lentur akan tetapi perkerasan jalan dibuat dengan konstruksi *segment* dengan menggunakan sistem *joint*. Ari Suryawan (2015) menyatakan bahwa lapisan perkerasan beton dapat diklasifikasikan atas dua tipe sebagai berikut:

- a. Perkerasan beton dengan tulangan *dowel* dan *tie bar*. Jika diperlukan untuk kendali retak dapat digunakan *wire mesh*, penggunaan independen terhadap adanya tulangan *dowel*.
- b. Perkerasan beton bertulang menerus terdiri dari prosentasi besi yang relatif cukup banyak dan tidak ada siar, kecuali untuk keperluan pelaksanaan konstruksi dan beberapa siar muai.

Adapun lapisan-lapisan struktur dari perkerasan kaku (*rigit pavement*) beserta fungsinya adalah:



**Gambar 2.2** Lapisan-lapisan Pembentuk Perkerasan Kaku  
(Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

## 2.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang teratas pada suatu perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang dimana lapisan ini berupa slab beton dengan tebal  $\geq 10-15$  cm, adapun jenis *rigid pavement* terdiri atas dua jenis, yaitu perkerasan dengan tulangan dan perkerasan tanpa tulangan. Menurut Hardiyatmo (2015), plat beton biasanya diletakan di atas material granuler yang dipadatkan atau pondasi bawah yang dirawat (*treated subbase*) yang dibawahnya didukung oleh tanah dasar (*subgrade*) yang dipadatkan. Adapun fungsi dari lapis permukaan (*surface course*) sama dengan perkerasan lentur, yaitu :

- a. Sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda.
- b. Memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- c. Sebagai lapisan yang memberikan koefisien gesek pada ban kendaraan sehingga tidak terjadi slip.
- d. Menahan repitisi dari adanya beban yang diakibatkan oleh kendaraan
- e. Lapisan kedap air yang mencegah masuknya air ke dalam apisan struktur dibawahnya.

## 2.2 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) ini terletak diantara lapisan plat beton yang merupakan lapisan permukaan dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan pondasi ini bawah ini selain memberikan tambahan daya dukung atau kestabilan pada struktur juga berperan sebagai drainase bawah permukaan atau *drainage layer*. Pondasi bawah diharapkan dapat mengalirkan air resapan yang masuk lewat sambungan/*join slab* beton. Adapun fungsi dari lapis pondasi bawah pada *rigid pavement* adalah :

- a. Mengurangi pengaruh pumping pada tanah dasar akibat resapan air dan air tanah yang muncul ke permukaan.
- b. Sebagai lapisan drainase yang mengalirkan air resapan yang meresap melalui cela-cela sambungan pelat beton.
- c. Sebagai lapisan guna menambah daya dukung atau kestabilan struktur terhadap beban lalu lintas.
- d. Mengurangi terjadinya keretakan pada pelat beton.

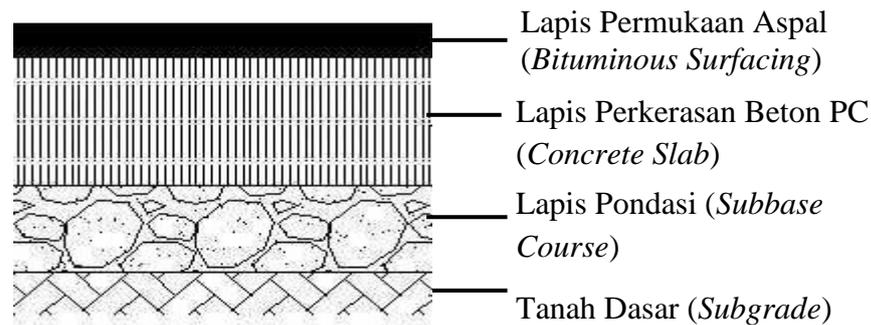
- e. Sebagai lantai kerja lapisan *rigit pavement*.

### 2.3 Lapisan Tanah dasar (*Subgrade*)

Sama halnya dengan perkerasan lentur, dimana lapisan tanah dasar adalah bagian terbawah dari perkerasan jalan berupa tanah asli, galian, maupun timbunan sebagai lapisan perletakan bagi lapisan di atasnya. Adapun bahan yang dipilih sebaiknya yang tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH, OL, Oh, dan PT menurut “*Unified atau Casagrande Soil Classification System*”. Apabila kondisi tanah pada lokasi pembangunan jalan mempunyai spesifikasi yang direncanakan maka tanah tersebut akan langsung dipadatkan dan digunakan. Tebalnya berkisar antara 50 – 100 cm. Apabila mengacu pada dokumen AASHTO T99, lapisan tanah dasar (*subgrade*) harus dipadatkan sekurang-kurangnya 95% sampai dengan 100% dari kepadatan kering maksimum sebagaimana pada kadar air  $\pm 2\%$  dari kadar air optimum di laboratorium. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat perletakan jalan raya dan penopang lapisan perkerasan yang ada di atasnya.

### 3. Perkerasan Komposit ( *Composite Pavement* )

Perkerasan komposit (*composite pavement*) merupakan kombinasi antara konstruksi perkerasan kaku (*rigit pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya. Dari kombinasi kedua perkerasan tersebut bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Adapun lapisan strukturnya dimulai dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi (*subbase course*), lapisan perkerasan beton, dan lapis permukaan aspal sebagai lapisan aus, yang dimana lapisan-lapisan struktural dari perkerasan komposit (*composite pavement*) memiliki fungsi yang sama seperti perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigit pavement*).



**Gambar 2.3** Lapisan-lapisan Pembentuk Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) (*Departemen Pekerjaan Umum, 2005*)

### 2.1.5 Tebal Lapis Tambah Perkerasan (*overlay*)

Di Dalam Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B disebutkan pengertian tebal lapis tambah (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang. Tebal lapis tambah (*overlay*) dibutuhkan apabila konstruksi perkerasan yang ada tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas yang beroperasi baik karena penurunan kemampuan struktural atau karena mutu lapisan perkerasan yang sudah jelek. Tebal Lapis tambah juga dibutuhkan apabila perkerasan harus diperkuat untuk memikul beban yang lebih berat atau pengulangan beban yang lebih banyak dari yang diperhitungkan dalam perencanaan awal.

Salah satu jenis lapis tambah yang sering digunakan di Indonesia adalah laston (lapis aspal beton). Menurut Bina Marga (2005), laston adalah campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat atau menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi.

Menurut Kusuma (2014) Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston Lapis Aus AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Coarse), Laston Lapis Pengikat AC-BC (Asphalt Concrete Binder Coarse) dan Laston Lapis Pondasi AC-Base (Asphalt Concrete Base).

### 1. *Asphalt Concrete – Wearing Course*

*Asphalt Concrete - Wearing Course* merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan (Kusuma, 2014)

### 2. *Asphalt Concrete – Binder Course*

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (Kusuma, 2014)

### 3. *Asphalt Concrete – Base*

Lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat (AC-BC), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan (Kusuma, 2014)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) *AC-Base* merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis Pondasi (*AC-Base*) mempunyai fungsi memberi dukungan lapis permukaan berupa mengurangi regangan dan tegangan, menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*SubGrade*).

Didalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 (2013) dijelaskan bahwa saat ini terdapat tiga pedoman yang dapat digunakan untuk desain perkerasan lapis tambah (*overlay*) yaitu:

1. Pendekatan berdasarkan lendutan yang terdapat dalam pedoman perencanaan lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan (Pd T-05-2005)

2. Pendekatan berdasarkan indeks tebal perkerasan yang terdapat dalam pedoman perencanaan perkerasan lentur (Pt T-01-2002-B)
3. Pendekatan berdasarkan lendutan (modifikasi dari Pd T-05-2005) dalam pedoman desain perkerasan lentur (interim) No.002/P/BM/2011

Pada penelitian ini, analisa tebal lapis tambah (overlay) dilakukan dengan cara pendekatan berdasarkan lendutan yang terdapat dalam perencanaan lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan (Pd T-05-2005). Menurut Sukirman (1999), Sebelum melakukan perencanaan tebal lapis tambah (overlay) perlu dilakukan terlebih dahulu survei kondisi permukaan dan survei kelayakan struktural konstruksi perkerasan. Survei kondisi permukaan dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kenyamanan permukaan jalan. survei ini dilakukan secara visual yang terdiri dari penilaian kondisi permukaan, penilaian kenyamanan berkendara, dan penilaian berat kerusakan yang terjadi baik kualitas maupun kuantitasnya.

Pada penelitian ini, survei yang dilakukan adalah survei kelayakan struktural konstruksi perkerasan. Menurut Sukirman (1999) survei kelayakan struktural dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara destruktif dan non destruktif. Pemeriksaan destruktif dilakukan dengan cara membuat tes pit pada perkerasan lama kemudian melakukan pengambilan sampel dan pemeriksaan langsung di lapangan. Pemeriksaan nondestruktif dilakukan dengan menggunakan alat yang diletakkan diatas permukaan jalan sehingga tidak berakibat pada rusaknya konstruksi perkerasan jalan. alat yang umum digunakan untuk pemeriksaan nondestruktif adalah *Benkelman Beam* dan *Falling Weight Deflektometer* (FWD). Kedua jenis alat ini dapat melakukan pembacaan nilai lendutan balik yang mewakili kondisi struktur perkerasan.

### **2.1.6 Tingkat Kinerja Perkerasan Jalan**

Kinerja perkerasan meliputi struktural (*Structural Performance*) maupun fungsional ( *Functional Performance* ). Kinerja perkerasan secara struktural meliputi keamanan atau kekuatan perkerasan, sedangkan kinerja perkerasan secara

fungsiional dinyatakan dengan Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) dan Indeks Kondisi Jalan atau *Road Condition Index* (RCI).

1. Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) diperkenalkan oleh AASHTO berdasarkan pengamatan kondisi jalan meliputi kerusakan seperti retak (*crack*), alur (*putting*), lubang (*pothole*), lendutan pada jalur roda, kekasaran permukaan, dan sebagainya yang terjadi selama uur pelayanan. Indeks Permukaan bervariasi dari angka 0-5, masing-masing angka menunjukkan fungsi pelayanan sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai Indeks Permukaan/*Serviceability Index* (IP) (Sukirman, 1999)

<b>IP</b>	<b>Fungsi Pelayanan</b>
4 – 5	Sangat Baik
3 – 4	Baik
2 – 3	Cukup
1 – 2	Kurang
0 – 1	Sangat Kurang

2. *Road Condition Index* (RCI) adalah skala tingkat kenyamanan atau kinerja jalan yang dapat diperoleh dengan alat *roughometer* maupun secara visual dengan nilai 2-10, yang dimana rentan nilai 2 – 10 tersebut pada masing-masing angka menunjukkan kondisi permukaan pada perkerasan jalan atau dapat dinyatakan bahwa nilai *Road Condition Index* (RCI) adalah skala tingkat kenyamanan atau kinerja jalan yang dapat diperoleh dengan alat *roughometer* maupun secara visual, adapun indeks penilaian *Road Condition Index* (RCI) dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index* = RCI) (Sukirman, 1999)

<b>RCI</b>	<b>Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual</b>
8 – 10	Sangat rata dan teratur
7 – 8	Sangat baik, umumnya rata
5 – 6	Baik
4 – 5	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan
3 – 4	jalan tidak rata
2 – 3	Rusak, bergelombang, banyak lubang
	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan
	hancur
$\leq 2$	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4WD jeep

Pada dasarnya kinerja struktur perkerasan jalan dilapangan seperti tingkat pelayanan, kekasaran permukaan, tingkat kenyamanan, kondisi atau wujud struktural dan lainnya, dimana nilai dari keseluruhan akan menurun dengan semakin bertambahnya umur dari struktur jalan tersebut sehingga perlu dilakukannya pemeliharaan. Pemeliharaan jalan merupakan upaya guna menghambat kerusakan yang berarti pada pekerasan jalan sehingga mampu melayani atau memberikan pelayanan lalu lintas saat ini dan masa mendatang sesuai dengan yang direncanakan berdasarkan umur rencana. Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No. 024/T/Bt/1995 mengenai Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Jalan Kabupaten pemeliharaan (dalam Hardiyatmo, 2005) dibagi dalam 2 kategori, adapun dua ketegori pemeliharaan jalan tersebut yaitu :

#### 1. Pemeliharaan Rutin

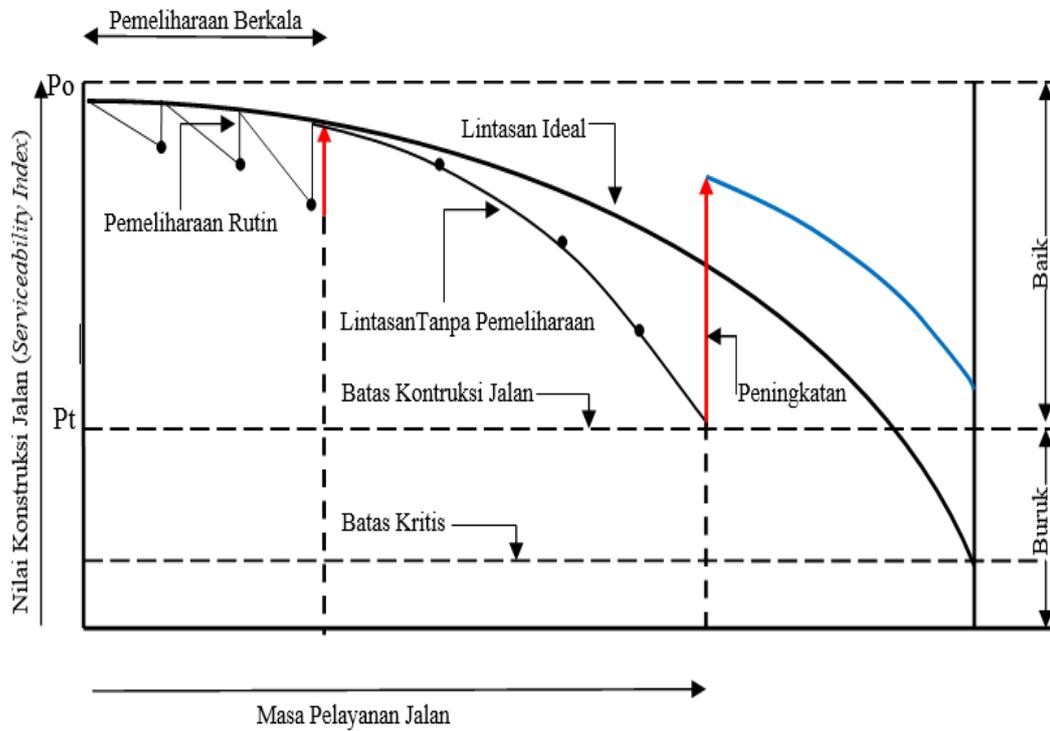
Pemeliharaan rutin mencakup pekerjaan-pekerjaan perbaikan kecil dan pekerjaan rutin, yang umumnya dilaksanakan pada jangka waktu yang teratur dalam satu tahun dan atas adasar sebagai yang dikehendaki seperti penambalan permukaan, pemotongan rumput dan termasuk pekerjaan-pekerjaan perbaikan untuk menjaga agar jalan tetap pada kondisi yang baik. Pemeliharaan rutin

biasanya dilaksanakan pada semua ruas atau segmen yang ada dalam keadaan baik atau sedang, termasuk proyek-proyek pembangunan jalan baru dan peningkatan jalan sesudah berakhirnya ketentuan mengenai pemeliharaan dalam kontrak. Adapun frekuensi pemeliharaan yang dilakukan dengan interval penanganan kurang dari 1 (satu) tahun baik itu berupa kegiatan pemeliharaan rutin yang direncanakan (*cyclic*) maupun kegiatan pemeliharaan rutin yang tidak direncanakan yang tergantung pada kerusakan di lapangan (*reactive*).

2. Pemeliharaan berkala merupakan pekerjaan yang mempunyai frekuensi yang terencana lebih dari satu tahun pada salah satu lokasi. Untuk jalan-jalan Kabupaten, pekerjaan ini terdiri dari pemberian lapis ulang pada jalan-jalan dengan lapis permukaan dari aspal, dan pemberian lapis ulang krikil pada jalan krikil, termasuk pekerjaan penyiapan permukaan. Pada umumnya jalan-jalan berkondisi rusak atau rusak berat memerlukan usaha besar agar mencapai standar minimum yang sesuai untuk lalu lintas yang di harapkan, adapun usaha usaha tersebut dapat berupa:
  - a. Pembangunan baru yang terdiri atas pekerjaan untuk meningkatkan jalan tanah atau jalan setapak agar dapat di lalui kendaraan bermotor. Kondisi seperti ini biasanya memerlukan biaya yang besar dengan pekerjaan tanah yang besar pula.
  - b. Pekerjaan peningkatan yang merupakan standar pelayanan dari jalanyang sudah ada, baik dengan membuat lapisan menjadi halus, seperti pengaspalan terhadap jalan yang belum diaspal, maupun penambahan lapisan permukaan (*overlay*), penambahan lapisan structural untuk memperkuat perkerasan maupun pelebaran lapis perkerasan yang ada.
  - c. Pekerjaan rehabilitasi, dimana pekerjaan ini diperlukan bila pekerjaan pemeliharaan yang seharusnya secara tetap dilaksanakan telah diabaikan, atau pemeliharaan berkala seperti overlay terlalu lama ditunda, sehingga keadaan lapis permukaan semakin memburuk. Pembangunan kembali secara keseluruhan biasanya diperlukan bila kerusakan structural sudah tersebar luas sebagai akibat diabaikannya pemeliharaan, kekuatain desain yang tidak sesuai, atau dapat juga karena umur rencana yang sudah terlewati

Adapun skema tingkat pelayanan jalan terhadap masa pelayanan dapat dijelaskan pada Gambar 2.2, jalan akan mengalami penurunan tingkat pelayanan atau dapat dikatakan menurunnya kondisi perkerasan akibat faktor lalu lintas maupun faktor non lalu lintas, dimana penurunan tingkat pelayanan jalan tersebut diindikasikan dengan terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan. Pada titik pemeliharaan rutin menunjukkan bahwa pada keadaan jalan akan berada pada lintasan ideal sesuai umur rencana apabila dilakukan pemeliharaan rutin atau pemeliharaan berkala serta membutuhkan dana yang lebih kecil dibandingkan dengan jalan tanpa adanya pemeliharaan secara rutin atau berkala hingga pada titik batas kemampuan akhir konstruksi jalan tersebut tidak mampu melayani beban lalu lintas yang ada sehingga membutuhkan dana yang lebih besar pada pelaksanaan *reconstruction* atau pembangunan kembali. Pelaksanaan peningkatan struktur jalan yang dijelaskan pada Gambar 2.2 dapat berupa lapis tambah (*overlay*) perlu dilakukan guna meningkatkan pelayanan jalan terhadap lalu lintas saat ini dan masa mendatang dengan umur rencana yang sudah ditentukan, hal tersebut juga dilakukan guna mencegah kerusakan yang berarti atau kegagalan struktur akibat umur rencana yang semakin berkurang dan beban lalu lintas yang semakin bertambah.

Menurut (dalam Hardiyatmo, 2005) Pemeliharaan yang direncanakan sebelum terjadinya kerusakan (*preventif*) umumnya lebih diutamakan dibandingkan dengan pemeliharaan yang tidak terencana atau pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (*korektif*). Pada Gambar 2.3 menunjukkan bahwa kondisi perkerasan yang masih baru awalnya dalam kondisi yang sangat baik, dan kemudian memburuk perlahan-lahan dengan berjalannya waktu dan akibat repetisi beban lalu lintas. Saat terjadi penurunan kondisi perkerasan jalan hingga 40% dan segera dilakukan perawatan atau perbaikan, maka biayanya akan lebih murah 4 sampai 5 kalinya jika dibandingkan dengan biaya yang dibutuhkan apabila perkerasan jalan sudah mengalami penurunan sebesar 80%.

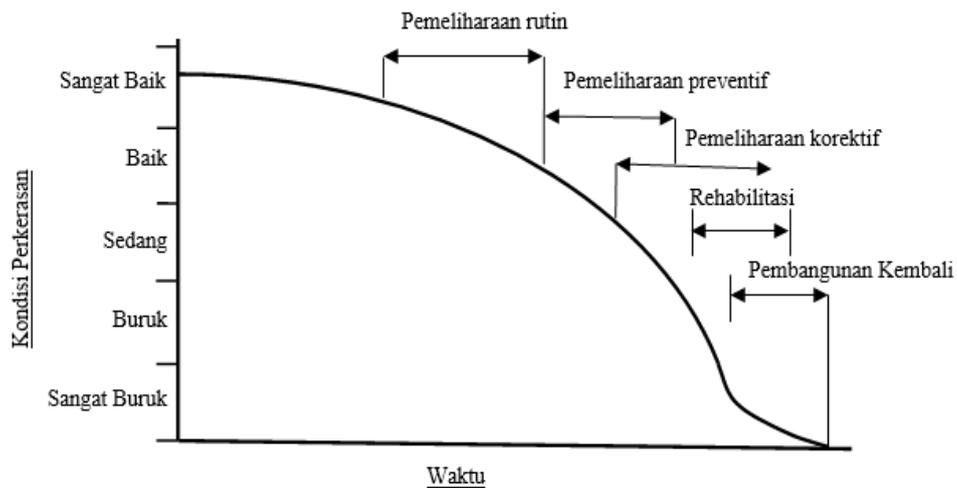


Keterangan :

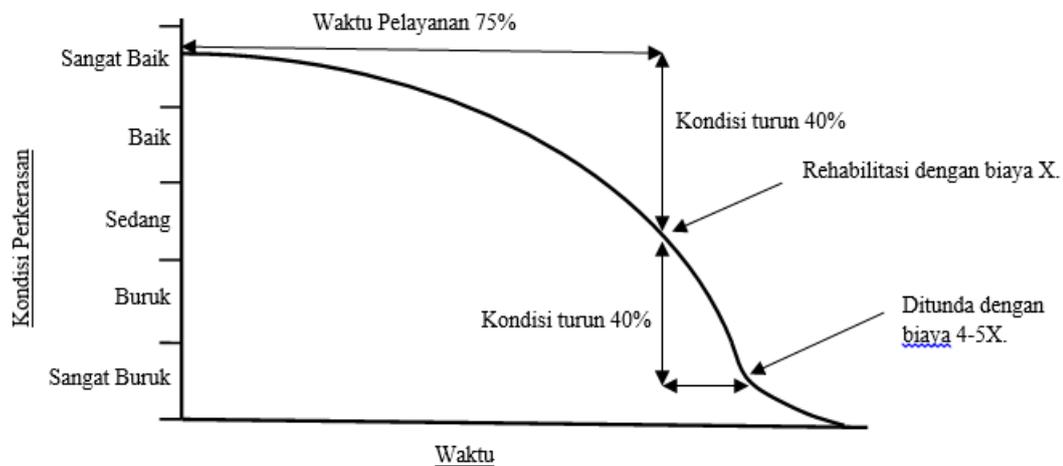
Po = Nilai konstruksi/Serviceability index awal (baru)

Pt = Nilai konstruksi/Serviceability index akhir (batas kemampun akhir)

**Gambar 2.4** Grafik Hubungan Nilai Konstruksi dengan Masa Pelayanan Jalan (Hardiyatmo,2005)



a) Aternatif Perbaikan Perkerasan



#### b) Alternatif Perbaikan Perkerasan

**Gambar 2.5** Hubungan Perbaikan Perkerasan Jalan dengan Biaya Perbaikan  
(Hardiyatmo, 2005)

### 2.1.7 Kerusakan Struktur Perkerasan Jalan

Perkerasan yang telah didesain dengan metode tertentu ataupun dengan bahan perkerasan yang baik, pada akhirnya akan menemukan titik jenuh, dimana ketahanan perkerasan dalam menerima beban kendaraan dalam masa layanan tertentu akan mengalami kerusakan. Ada yang mengalami kerusakan pada masa waktu layanan (umur rencana) yang telah direncanakan, adapun yang mengalami kerusakan di awal atau sebelum akhir umur rencana yang telah ditetapkan.

Kerusakan dalam bentuk yang sederhana umumnya lebih mudah diidentifikasi sebab – sebabnya. Kerusakan pada perkerasan jalan dapat disebabkan oleh (Hardiyatmo, 2007) :

1. Beban lalu lintas yang berlebihan
2. Kondisi tanah dasar (*Subgrade*) yang tidak stabil, sebagai akibat dari sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat – sifat tanah dasar yang memang jelek.
3. Kondisi tanah pondasi yang kurang baik, lunak atau mudah mampat, bila jalan terletak pada timbunan.

4. Kondisi lingkungan, yaitu termasuk akibat suhu udara dan curah hujan yang tinggi.
5. Material dari struktur perkerasan dan pengolahan yang kurang baik.
6. Penurunan akibat pembangunan utilitas di bawah lapisan perkerasan.
7. Drainase yang buruk, sehingga berakibat naiknya air ke lapisan perkerasan akibat isapan atau kapilaritas.
8. Kadar aspal dalam campuran terlalu banyak, atau terurainya lapis aus oleh akibat pembekuan dan pencairan es.
9. Kelelahan (*fatigue*) dari perkerasan, pemadatan, geseran yang berkembang pada tanah dasar, lapis pondasi bawah (*subbase*), lapis pondasi (*base*), dan lapis permukaan.

Banyak bentuk kerusakan yang dapat terjadi pada perkerasan. Jenis – jenis kerusakan perkerasan lentur, umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Deformasi : Bergelombang, alur, ambles, sungkur, mengembang, benjol, dan turun
2. Retak : Memanjang, melintang, diagonal, reflektif, blok, kulit buaya
3. Kerusakan tekstur permukaan : Butiran lepas, kegemukan, agregat licin, terkelupas

Pada dasarnya secara umum kerusakan jalan digolongkan menjadi dua tipe kerusakan pada struktur perkerasan jalan, adapun dua tipe kerusakan yaitu:

### **1. Kerusakan Fungsional**

Kerusakan fungsional terjadi bila struktur perkerasan tidak dapat lagi dapat melayani lalu lintas sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Kerusakan fungsional ini merupakan kerusakan yang bisa berhubungan dengan kerusakan struktur dan dapat juga dikatakan tidak berhubungan dengan kerusakan struktur. Kerusakan fungsional pada jalan ini didasarkan pada tingkat ketidakrataan permukaan (*roughness*).

### **2. Kerusakan Struktural**

Kerusakan struktural terjadi ditandai dengan kerusakan pada satu atau lebih lapisan perkerasan. Kerusakan ini membuat struktur perkerasan jalan

tidakmampu lagi menahan beban lalu lintas yang bekerja diatasnya dan apabila kerusakan ini tidak cepat dilakukan perbaikan ata penambahan tebal lapisan permukaan (*overlay*), maka akan berkembang dengan cepat menjadi kerusakan yang lebih parah sehingga jalan tidak layak lagi untuk digunakan.

### **2.1.8 Faktor – Faktor Kerusakan Jalan**

Pada dasarnya jalan merupakan insfrastruktur yang amat penting, sehingga dalam tahap pelaksanana konstruksi perkerasan jalan haruslah dilakukan sesuai dengan standar prosedur yang ada sehingga dapat mengurangi adanya kerusakan dini dan ditambah dengan semakin rutinnya pemeliharaan yang dilakukan sesuai dengan periode yang ditentukan maka akan dapat mengurangi kemungkinan kerusakan pada perkerasan jalan dan biaya yang dikeluarkan tidak akan sebesar apabila melakukan rehabilitasi jalan yang sudah mengalami kerusakan yang lebih parah. Ada beberapa faktor yang bisa menyebabkan kerusakan pada jalan, diantaranya :

#### **1. Drainase**

Saluran sangat banyak manfaatnya, salah satunya untuk membuat jalan menjadi lebih awet, karena air bisa langsung mengalir, tidak menggenang di jalan. Misalnya jalan tidak dilengkapi dengan saluran disamping jalan, maka air akan mengalir di badan jalan yang lama kelamaan akan merusak jalan.

#### **2. Kualitas jalan yang kurang baik**

Kaitannya dengan mutu jalan, terkadang tidak sesuai standar, baik karena kesalahan perencanaan atau karena pelaksanaan yang tidak sesuai dengan perencanaan. Sering kita jumpai jalan yang belum lama dibangun tapi sudah rusak, perhatikan saja kualitas jalan tersebut, besar kemungkinan kualitasnya tibak baik, selain itu, kualitas jalan juga dipengaruhi oleh bahan material yang dipergunakan. Misalnya saja saat melakukan pengecoran jalan tapi menggunakan pasir yang banyak tercampur tanah, maka jalan akan cepat rusak karena bahan material tidak sesuai standar.

#### **3. Lalu – lintas**

Setiap jalan punya kelas sendiri – sendiri, kalau jalan sering dilalui kendaraan dengan muatan berat diatas rata – rata yang diperbolehkan, maka jalan tersebut

akan cepat rusak karena memikul beban yang terlalu berat. Oleh sebab itu perlu adanya aturan mengenai beban maksimal yang boleh melalui sebuah jalan, kalau di jalan raya biasanya sudah diberi rambu – rambu batas beban maksimal yang boleh melintas.

#### **4. Perawatan yang kurang**

Membangun lebih mudah daripada memelihara. Sudah banyak ditemui jalan yang rusak karena tidak pernah dilakukan pemeliharaan. Beberapa hal yang bisa timbul akibat jarang dilakukan pemeliharaan. Beberapa hal yang bisa timbul akibat jarang dilakukan pemeliharaan diantaranya akar pohon yang merusak jalan, dahan dan daun menghalangi sinar matahari langsung ke jalan sehingga saat ada genangan air tidak bisa langsung hilang, rumput yang tumbuh dimana – mana, sampah di jalan, dan masih banyak lagi akibat kurangnya perawatan jalan.

#### **5. Kondisi Tanah**

Kondisi tanah yang kurang baik juga bisa membuat jalan cepat rusak. Misalnya saja pada tanah labil, maka kondisi jalan juga akan cepat rusak, apalagi bila sering dilalui kendaraan dengan muatan berat. Contoh lain adalah pada tanah gerak, seperti tanah lempung, pada jenis tanah ini selalu ada pergeseran sehingga jalan akan rentan retak dan rusak.

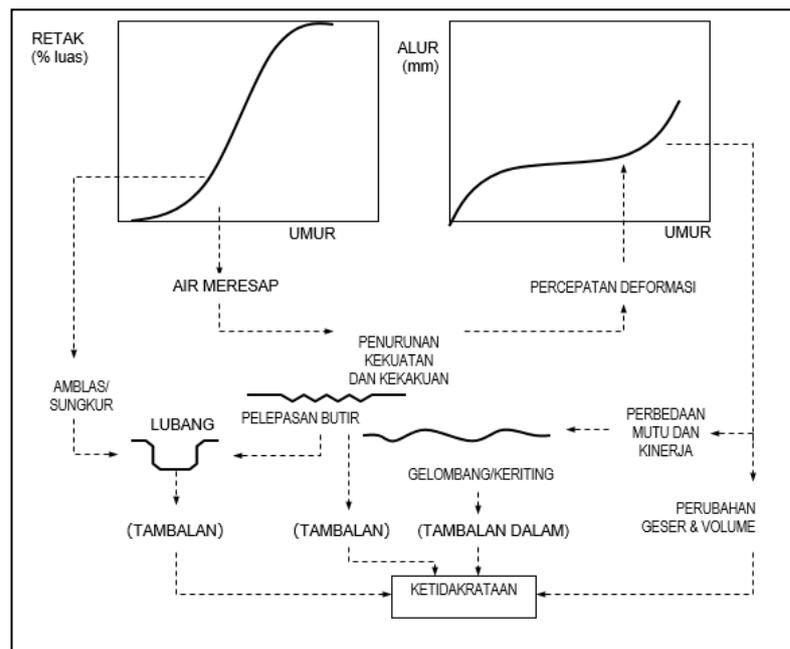
#### **6. Faktor Lingkungan**

Faktor lingkungan yang kurang mendukung terutama pada saluran pembuangan jalan atau drainase yang kurang memadai akan menyebabkan genangan air, yang dimana air tersebut akan meresap ke lapisan struktur perkerasan jalan yang akan membuat daya dukung struktur perkerasan jalan tersebut berkurang. Pada dasarnya air merupakan musuh utama struktur perkerasan jalan dan apabila sistem drainase di sekitar konstruksi perkerasan jalan dinilai kurang memadai atau bahkan tidak ada saluran drainase akan menyebabkan genangan pada badan jalan, genangan tersebut dapat mempengaruhi sifat-sifat teknis konstruksi yang ada pada struktur perkerasan tersebut dan dapat menyebabkan kerusakan. Air akan membuat daya rekat antar material perkerasan berkurang dan menyebabkan adanya retakan-retakan pada permukaan lapisan perkerasan (*surface course*). Apabila sudah terjadi

retakan pada lapis permukaan, maka retakan tersebut akan menjadi penyebab utama adanya kerusakan-kerusakan lainnya yang lebih parah pada perkerasan jalan seperti lubang, pelepasan butiran, hingga apabila air masuk lewat retakan dan bahu jalan akan membasahi atau meresap hingga pada lapis pondasi atau bahkan hingga pada lapis tanah dasar, maka hal tersebut akan mengurangi kekuatan pada konstruksi struktur perkerasan terhadap beban lalu lintas di atasnya hingga menyebabkan kerusakan yang fatal hingga pada keadaan gagal konstruksi. Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2015) perubahan kadar air dalam perkerasan umumnya diakibatkan oleh satu atau lebih, dari hal-hal berikut:

- a. Rembesan dari permukaan tanah yang lebih tinggi ke struktur jalan.
- b. Fluktuasi muka air tanah.
- c. Infiltrasi air yang berasal dari permukaan perkerasan jalan dan bahu jalan.
- d. Transfer kelembaban sebagai akibat perbedaan kadar air atau suhu dalam bentuk cair atau uap.
- e. Permeabilitas relatif dari lapisan-lapisan perkerasan terhadap tanah dasar (*subgrade*)

Dari faktor-faktor di atas hanya poin a, b dan c dapat dikendalikan dengan cara pemasangan drainase dan penanganan tanah dasar yang baik. Adapun mekanisme faktor lingkungan yang kurang memadai sehingga mempengaruhi kinerja perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.6** Mekanisme Kerusakan Perkerasan Jalan (*Paterson, 1987*)

### 2.1.9 Survei Kondisi Perkerasan Jalan

Untuk mengetahui kinerja konstruksi perkerasan jalan dapat dievaluasi melalui adanya survei terhadap konstruksi perkerasan tersebut, sehingga dapat dievaluasi dan dianalisis apakah pelayanan jalan pada masa kini maupun masa yang akan datang masih mampu melayani perkembangan lalu lintas yang ada, baik itu secara fungsional maupun struktural. Hardiyatmo (2015) kondisi permukaan perkerasan dapat dievaluasi dengan dilakukan survei ke lapangan yang disertai dengan pengambilan photo-photo untuk pencatatan dan inventarisasi kondisi permukaan, kemampuan structural perkerasan dapat dievaluasi dengan mempelajari kondisi permukaan dan komponen perkerasan, atau dengan mengukur defleksi perkerasan. Adapun pada perkerasan yang telah mencapai indeks permukaan akhir atau sudah saatnya masuk pada tahap rehabilitasi diharapkan perlu diberikan lapis tambahan (*overlay*) agar dapat kembali melayani beban lalu lintas, meningkatkan tingkat kenyamanan, meningkatkan tingkat keamanan, meningkatkan tingkat dan meningkatkan tingkat kedekatan permukaan perkerasan terhadap air. Pada pekerjaan perencanaan tebal lapis tambahan (*overlay*), adapun hal-hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu :

## 1. Survei Kondisi Permukaan Jalan

Survei ini bertujuan untuk menentukan kondisi permukaan perkerasan serta untuk mengetahui tingkat kenyamanan permukaan jalan terhadap lalu lintas saat ini. Survei ini dapat dilakukan secara visual dapat menggunakan metode PCI ataupun dengan bantuan alat mekanis. Informasi yang didapatkan dari survei kondisi permukaan dapat digunakan sebagai evaluasi program pemeliharaan perkerasan jalan hingga pada program rehabilitasi perkerasan jalan dengan kualitatif yang didapat berdasarkan data kuantitas, adapun survei secara visual meliputi :

- a. Penilaian kualitas kondisi dari lapisan permukaan dari sangat baik, baik, sedang, atau rusak.
- b. Penilaian dilakukan dengan mencari nilai kerapatan kerusakan pada ruas jalan.
- c. Penilaian berat kerusakan yang terjadi, baik kualitas maupun kuantitas, penilaian dilakukan pada kerusakan-kerusakan yang terjadi pada perkerasan yang membuat tingkat pelayanan perkerasan tersebut berkurang, penilaian kerusakan seperti retak-retak (*cracking*), kegemukan (*bleeding*), retak kotak-kotak (*block cracking*), cekungan (*bump and sags*), kriting (*corrugation*), amblas (*depression*), retak pinggir (*edge cracking*), retak sambung (*joint reflex cracking*), retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*), tambalan (*patching end utility cut patching*), pengausan agregat (*polished agregat*), lubang (*pot hole*), alur (*ruling*), pengelupasan lapis permukaan (*stripping*), sungkur (*shoving*), jembul (*upheavel*) dan pelepasan butir (*revelling*).

Survei kondisi sangat berguna untuk persiapan analisis struktural secara detail, dan untuk rehabilitasi, jika area-area secara baik direfrensikan dalam stasiun-stasiun, maka area yang membutuhkan pengumpulan data yang lebih intensif dapat didefinisikan Hardiyatmo (2015) Survei kondisi permukaan perkerasan jalan dengan bantuan alat yaitu dengan mempergunakan alat *roughmeter* yang ditempelkan pada sumbu belakang roda kendaraan penguji, prinsip dasar dari alat ini adalah mengukur jumlah gerakan vertikal sumbu belakang pada kecepatan tertentu (Sukirman, 1999)

## 2. Survei Kelayakan Struktural

Survei evaluasi kelayakan struktural konstruksi perkerasan dilaksanakan guna menentukan kelayakan struktur dari perkerasan jalan serta guna mengetahui permasalahan yang dialami oleh struktur perkerasan jalan tersebut. Peninjauan pada kondisi perkerasan dilihat berdasarkan penetapan kriteria perancangan guna melaksanakan program pemeliharaan serta program prioritas rehabilitas. Survei evaluasi kelayakan struktural konstruksi perkerasan dapat dilaksanakan dengan dua cara yaitu secara destruktif dan nondestruktif, dimana survei evaluasi kelayakan struktural konstruksi perkerasan secara destruktif yaitu dengan cara membuat tes pit pada perkerasan, mengambil sampel dengan cara pemeriksaan langsung di lokasi survei. Namun pengambilan sampel dalam survei evaluasi kelayakan struktural konstruksi perkerasan tersebut dapat merusak kondisi perkerasan jalan yang disurvei.

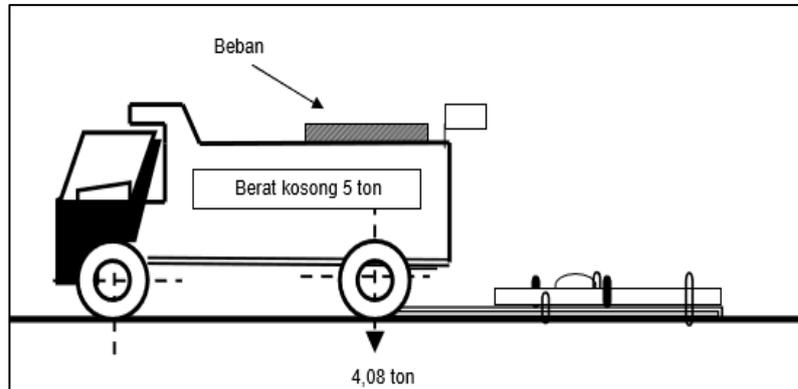
Sedangkan survei evaluasi kelayakan struktural konstruksi perkerasan secara nondestruktif yaitu melakukan pemeriksaan dengan bantuan alat Benklemen Beam yang diletakkan di atas permukaan jalan guna mengetahui tingkat lendutan yang terjadi pada struktur konstruksi perkerasan jalan akibat beban lalu lintas tanpa mengakibatkan kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan yang disurvei.

### 1.2. Landasan Teori

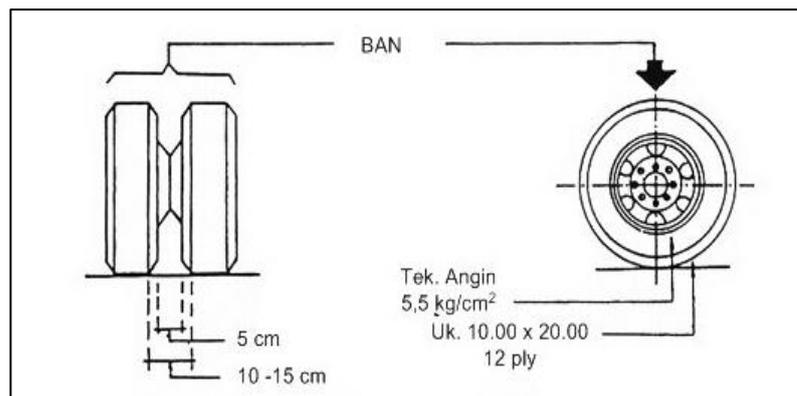
Dari sekian banyak model alat dalam pengujian lendutan pada perkerasan lentur salah satunya dapat menggunakan alat *Benklemen Beam* (BB), Benkelman Beam merupakan alat yang digunakan untuk mengukur lendutan balik, lendutan langsung dan titik belok perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan (Bina Marga, 2005). Penggunaan alat ini sangat efektif untuk menentukan kekuatan struktur tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan. dari hasil pengujian akan diperoleh nilai lendutan balik maksimum, lendutan balik titik belok dan cekung lendutan (SNI 2416 2011).

Lendutan maksimum adalah besarnya lendutan balik pada kedudukan di titik kontak batang Benkelman Beam setelah beban berpindah sejauh 6 meter, Lendutan balik titik belok adalah besarnya lendutan balik pada kedudukan di titik kontak batang benkelman beam setelah beban berpindah 0,4 meter, dan cekung

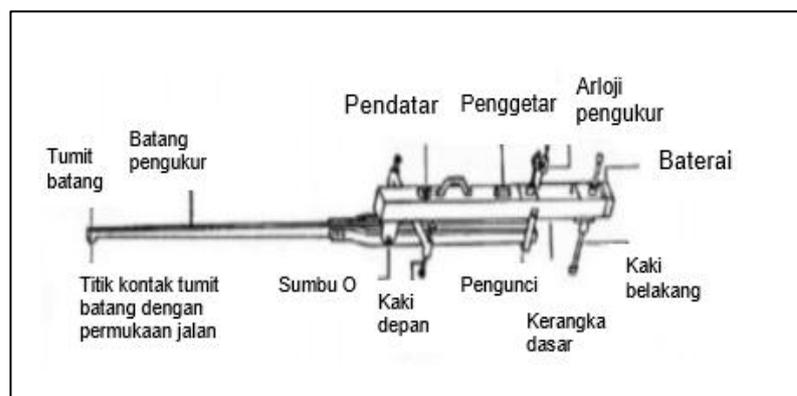
lendutan adalah kurva yang menggambarkan bentuk lendutan dari suatu segmen jalan (SNI 2416 2011). Data-data tersebut di atas kemudian dapat dijadikan sebagai data perencanaandesain tebal lapis tambah (overlay).



**Gambar 2.7** Spesifikasi Truk Pengujian (SNI 2416:2011)



**Gambar 2.8** Ban Belakang Truk Standar (SNI 2416:2011)



**Gambar 2.9** Alat Benkleman Beam (SNI 2416:2011)

## 1. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian lendutan perkerasan jalan adalah:

- a. Truk dengan spesifikasi standar (Gambar A.1 dan Gambar A.2) dengan uraian sebagai berikut:
  - 1) Berat kosong truk ( $5 \pm 0,1$ ) ton.
  - 2) Jumlah as 2 buah, dengan roda belakang ganda.
  - 3) Beban masing-masing roda belakang ganda ( $4,08 \pm 0,045$ ) ton atau beban gandar 8,16 ton.
  - 4) Ban dalam kondisi baik dan dari jenis kembang halus (*zig-zag*) dengan ukuran: 25,4 cm  $\times$  50,8 cm atau 10 inci  $\times$  20 inci, 12 *ply*.
  - 5) Tekanan angin ban ( $5,5 \pm 0,07$ ) kg/cm<sup>2</sup> atau ( $80 \pm 1$ ) psi.
  - 6) Jarak sisi antara kedua bidang kontak ban pada permukaan jalan antara 10 cm sampai dengan 15 cm.
- b. Alat timbang muatan praktis yang dapat dibawa-bawa (*portable weigh bridge*), kapasitas 10 ton, dengan ketelitian 0,001 ton.
- c. Alat Benkelman Beam terdiri dari dua batang dengan panjang total ( $366 \pm 0,16$ ) cm, yang terbagi menjadi dua bagian dengan perbandingan 1:2 oleh sumbu O (lihat Gambar A.3), dengan perlengkapan sebagai berikut:
  - 1) Arloji pengukur (*dial gauge*), berskala mm dengan ketelitian 0,025 mm atau dengan ketelitian yang lebih baik.
  - 2) Alat penggetar (*buzzer*).
  - 3) Alat pendatar (*waterpass*).
- d. Alat penyetel *Benkelman Beam* (lihat Gambar A.4) yang terdiri dari:
  - 1) pelat landasan (L) untuk landasan pelat penyetel dan tiang arloji pengukur.
  - 2) pelat penyetel (T) yang dapat turun naik pada salah satu sisi (S).
  - 3) engsel (E) untuk menghubungkan pelat landasan (L) dan pelat penyetel (T).
  - 4) sekrup pengatur (SP1) untuk mengatur pelat landasan (L) dalam kedudukan yang stabil.
  - 5) sekrup pengatur (SP2), untuk menggerakkan pelat penyetel (T) turun naik padabagian sisi (S), yang dihubungkan oleh engsel (E).

- 6) Tiang (TA), untuk kedudukan arloji pengukur alat penyatel.
  - 7) Arloji pengukur alat penyatel (AP1).
- e. Pengukur tekanan angin yang dapat mengukur tekanan  $5,5 \text{ kg/cm}^2$  dengan ketelitian  $0,01 \text{ kg/cm}^2$  atau 80 psi dengan ketelitian 1 psi.
- f. Peralatan pengukur temperatur yang terdiri dari:
- 1) Termometer udara dan termometer permukaan: kapasitas  $80^\circ\text{C}$ , dengan ketelitian  $1^\circ\text{C}$  (lihat Gambar A.5).
  - 2) Alat-alat penggali sederhana, pahat dan palu.
  - 3) Payung atau alat pelindung lainnya terhadap sinar matahari.
- g. Rolmeter 3 m dan 30 m.
- h. Formulir-formulir lapangan dan *handboard*.
- i. Minyak arloji pengukur dan alkohol murni untuk membersihkan batang arloji pengukur.
- j. Perlengkapan keamanan bagi petugas dan tempat pengujian (lihat Gambar A.6) sebagai berikut :
- 1) Tanda batas kecepatan lalu lintas pada saat melewati tempat pengujian ditempatkan lebih kurang 50 m di depan dan di belakang truk.
  - 2) Lampu tanda peringatan.
  - 3) Bendera yang selalu dipasang pada truk selama pengujian.
  - 4) Tanda pengenalan pada kain yang dipasang pada truk di bagian depan dan bagian belakang.
  - 5) Tanda pengaman lalu lintas yang dipegang oleh petugas (tanda "STOP/JALAN").
  - 6) Pakaian khusus petugas yang warnanya dapat dengan mudah dilihat oleh pengemudi lalu lintas (misalnya pakaian berwarna kuning).
- k. Kamera untuk foto dokumentasi.

## 2. Personil

Personil yang diperlukan pada saat pengujian di lapangan adalah:

- a. Satu orang petugas pengaman lalu lintas.
- b. Satu orang pengemudi truk.
- c. Dua orang operator alat *Benkelman Beam*.

d. Satu orang pencatat temperatur dan tebal lapisan beraspal.

### 3. Cara mengukur ketelitian

Cara mengukur ketelitian (lihat Gambar C.1), adalah sebagai berikut:

- a. Dengan batang pengukur dalam keadaan terkunci, tempatkan *Benkelman Beam* pada bidang yang datar, kokoh dan rata, misalnya pada tanah.
- b. Atur kaki (K) sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar.
- c. Tempatkan alat penyetal dalam bidang yang sama dan atur sehingga alat penyetal berada di bawah tumit batang (TB) dari batang pengukur, kemudian atur landasan hingga datar dan mantap.
- d. Lepaskan pengunci (P) atau batang pengukur dan turunkan ujung batang perlahan-lahan hingga tumit batang terletak pada pelat penyetal (T).
- e. Atur arloji pengukur (AP2) *Benkelman Beam* padaudukannya hingga batang ujung arloji pengukur bersinggungan dengan bagian belakang batang pengukur, lalu dikunci dengan erat.
- f. Atur arloji pengukur alat penyetal (AP1) padaudukannya hingga ujung batang arloji pengukur bersinggungan dengan batang pengukur tepat di atas tumit batang (TB), kemudian dikunci dengan erat.
- g. Atur kedudukan batang arloji pengukur *Benkelman Beam* dan batang arloji alat penyetal sehingga batang arloji bisa bergerak  $\pm 5$  mm.
- h. Dalam kedudukan seperti langkah g, atur kedua jarum arloji pengukur pada angka nol.
- i. Hidupkan alat penggetar (B), kemudian turunkan pelat penyetal dengan memutar sekrup pengatur (SP2), sehingga jarum arloji pengukur alat penyetal menunjukkan penurunan batang arloji pengukur 0,25 mm, catat pembacaan kedua arloji pengukur pada formulir yang telah tersedia.
- j. Lakukan seperti langkah i, berturut-turut pada setiap penurunan batang arloji pengukur 0,25 mm sampai mencapai penurunan 2,50 mm, catat pembacaan kedua arloji pengukur pada formulir yang telah tersedia.
- k. Dalam keadaan kedudukan terakhir seperti langkah j, naikan pelat penyetal berturut-turut pada setiap kenaikan batang arloji pengukur 0,25 mm, sampai mencapai kenaikan 2,50 mm (tumit batang kembali pada kedudukan semula).

- l. Jika hasil pembacaan arloji pengukur *Benkelman Beam*, berbeda dengan hasil pembacaan pada arloji pengukur alat penyetel, berarti ada kemungkinan kesalahan pada alat, seperti gesekan pada sumbu yang terlalu besar atau peluru-peluru sumbu yang terlalu longgar;
- m. Jika ada selisih pada seperti dijelaskan di langkah l , sama atau lebih kecil 0,05 mm maka alat masih dianggap baik, tetapi jika lebih besar dari 0,05 mm maka alat tersebut perlu diperiksa dan diperbaiki.

#### **4. Pengukuran lendutan**

Terdapat tiga jenis pengukuran lendutan yang dilakukan yaitu pengukuran lendutan balik maksimum, lendutan balik titik belok dan cekung lendutan. Dalam penempatan tumit batang dan kaki-kaki *Benkelman Beam*, hindari titik yang telah mengalami kerusakan permukaan jalan seperti pelelehan aspal (*bleeding*) atau retak (*cracking*) dan dalam melaksanakan pengukuran lendutan, temperatur permukaan jalan harus lebih rendah atau sama dengan 40°C. Adapun cara pengukuran tiga jenis lendutan tersebut adalah:

##### **a. Pengukuran lendutan balik maksimum**

- 1) Tentukan titik pengujian jalan tanpa median atau dengan median atau disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Tentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda plus (+) dengan kapurtulis.
- 3) Pusatkan salah satu ban ganda pada titik yang telah ditentukan tersebut, apabila yang diuji ada disebelah kiri sebuah jalur maka yang dipusatkan adalah ban ganda kiri, apabila yang akan diuji adalah kiri dan kanan pada suatu jalur maka yang dipusatkan pada titik-titik yang telah ditetapkan tersebut ialah ban ganda kiri dan ban ganda kanan.
- 4) Tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* diselipkan di tengah-tengah ban ganda tersebut, sehingga tepat di bawah pusat muatan sumbu gandar, dan batang *Benkelman Beam* masih dalam keadaan terkunci.
- 5) Atur ketiga kaki sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar (*waterpass*).
- 6) Lepaskan kunci *Benkelman Beam*, sehingga batang *Benkelman Beam* dapat digerakkan turun naik.

- 7) Atur batang arloji pengukur sehingga menyinggung dengan bagian atas dari batang belakang.
- 8) Hidupkan penggetar (*buzzer*) untuk memeriksa kestabilan jarum arloji pengukur.
- 9) Setelah jarum arloji pengukur stabil, atur jarum pada angka nol, sehingga kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, catat pembacaan ini sebagai pembacaan awal.
- 10) Jalankan truk perlahan-lahan maju ke depan dengan kecepatan maksimum 5 km/jam sejauh 6 m. Setelah truk berhenti, arloji pengukur dibaca setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, catat pembacaan ini sebagai pembacaan akhir.
- 11) Catat temperatur permukaan jalan ( $t_p$ ) dan temperatur udara ( $t_u$ ) pada tiap titik pengujian, temperatur tengah ( $t_t$ ) dan temperatur bawah ( $t_b$ ) bila perlu dicatat setiap dua jam.
- 12) Tekanan angin pada ban selalu diperiksa bila dianggap perlu setiap 4 (empat) jam dan dibuat selalu  $(5,5 \pm 0,07) \text{ kg/cm}^2$  atau  $(80 \pm 1) \text{ psi}$ .
- 13) Apabila diragukan adanya perubahan letak muatan, maka beban gandar belakang truk selalu diperiksa dengan timbangan muatan.
- 14) Periksa dan catat tebal lapis permukaan, serta data lain yang diperlukan.

#### **b. Pengukuran lendutan balik titik belok**

- 1) Tentukan titik pengujian jalan tanpa median atau dengan median, sama dengan cara mengukur lendutan balik maksimum atau disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Tentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda plus (+) dengan kapurtulis.
- 3) Pusatkan salah satu ban ganda pada titik yang telah ditentukan, apabila yang diuji sebelah kiri sebuah jalan maka yang dipusatkan ialah ban ganda kiri, apabila yang diuji adalah kiri dan kanan pada suatu jalur

maka yang dipusatkan pada titik yang telah ditetapkan tersebut ialah ban ganda kiri dan ban ganda kanan.

- 4) Tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* diselipkan di tengah-tengah ban ganda tersebut, sehingga tepat dibawah pusat muatan sumbu ganda dan batang *Benkelman Beam* sejajar dengan arah truk, dengan *Benkelman Beam* masih dalam keadaan terkunci.
- 5) Atur ketiga kaki sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar dengan *waterpass*.
- 6) Lepaskan kunci *Benkelman Beam*, sehingga batang *Benkelman Beam* dapat digerakkan turun naik.
- 7) Atur batang arloji pengukur sehingga bersinggungan dengan bagian atas dari batangbelakang.
- 8) Hidupkan penggetar (*buzzer*) untuk memeriksa kestabilan jarum arloji pengukur.
- 9) Setelah jarum arloji pengukur stabil, atur jarum pada angka nol sehingga kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, catat pembacaan ini sebagai pembacaan awal.
- 10) Jalankan truk perlahan-lahan maju ke depan dengan kecepatan maksimum 5 km/jam sejauh 0,30 m untuk penetrasi asbuton dan laburan, sejauh 0,40 m untuk beton aspal. Setelah truk berhenti, arloji pengukur dibaca setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, catat pembacaan ini sebagai pembacaan antara.
- 11) Jalankan truk perlahan-lahan maju ke depan dengan kecepatan maksimum 5 km/jam sejauh 6 m dari titik awal pengujian. Setelah truk berhenti, arloji pengukur dibaca setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, catat pembacaan ini sebagai pembacaan akhir.
- 12) Catat temperatur permukaan jalan ( $t_p$ ) dan temperatur udara ( $t_u$ ) tiap titik pengujian, temperatur tengah ( $t_t$ ) dan temperatur bawah ( $t_b$ ) bila perlu dicatat setiap 2 (dua) jam.

- 13) Tekanan angin pada ban selalu diperiksa bila dianggap perlu setiap 4 (empat) jam dan dibuat selalu  $(5,5 \pm 0,07) \text{ kg/cm}^2$  atau  $(80 \pm 1) \text{ psi}$ .
- 14) Apabila diragukan adanya perubahan letak muatan, maka beban gandar belakang truk selalu diperiksa dengan timbangan muatan.
- 15) Periksa dan catat tebal lapis permukaan, serta data lain yang diperlukan.

**c. Pengukuran cekung lendutan**

- 1) Tentukan titik pengujian, pengujian pada umumnya dilakukan pada titik-titik lendutan balik yang memerlukan data tambahan, atau disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Tentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda (+) dengan kapurtulis.
- 3) Tempatkan truk arah kemuka sejauh 6 m dari titik yang akan diuji.
- 4) Letakkan tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* pada titik yang akan diuji kemudian:
  - a) periksa kedudukan batang sehingga as jalan dan kaki batang terletak pada landasan yang stabil/mantap.
  - b) atur jarum arloji pengukur pada angka nol.
- 5) Beri tanda pada permukaan jalan mulai dari titik kontak batang, dengan jarak 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 70 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, dan 600 cm arah ke muka.
- 6) Truk dijalankan mundur perlahan-lahan sehingga tumit batang terselip di antara salah satu ban ganda belakang dan truk berhenti pada saat pusat muatan ban ganda belakang berada di atas titik kontak belakang.
- 7) Pada waktu truk berjalan mundur dan ban ganda belakang sudah berada 2 m di depan titik kontak batang, dan diperkirakan batang tidak akan tepat masuk diantara ban ganda yang bersangkutan maka truk harus maju lagi untuk memperbaiki arah.
- 8) Pada kedudukan ban ganda belakang tersebut pada langkah ke 6 dilakukan pembacaan. Pembacaan arloji pengukur dilakukan setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan

0,025 mm/menit atau setelah 3 menit, catat pembacaan ini sebagai pembacaan lendutan maksimum.

- 9) Kemudian jalankan truk maju perlahan-lahan sejauh 10 cm dari titik kontak batang, pembacaan dilakukan lagi setiap menit sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 menit;
- 10) Truk dijalankan lagi maju perlahan-lahan pada jarak 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 70 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, dan 600 cm, dari titik kontak batang dan pembacaan dilakukan pada tiap-tiap jarak tersebut di atas sesuai langkah 8, catat pembacaan tersebut sebagai pembacaan cekung lendutan.
- 11) Periksa dan catat tebal lapis permukaan, serta data lain yang diperlukan.

## 5. Pengukuran temperatur

Maksud pengukuran temperatur adalah untuk mencari faktor koreksi penyesuaian temperatur terhadap temperatur standar 35°C. Pengukuran dapat dilakukan terhadap:

- a. Temperatur udara ( $t_u$ ) dan temperatur permukaan ( $t_p$ ), dengan menggunakan Tabel Temperatur Tengah ( $T_t$ ) dan Bawah ( $T_b$ ) Lapis Beraspal Berdasarkan Data Temperatur Udara ( $T_u$ ) dan Temperatur Permukaan pada SNI 2416:2011 akan diperoleh temperatur tengah ( $t_t$ ) dan temperatur bawah ( $t_b$ );
- b. Temperatur udara ( $t_u$ ), temperatur permukaan ( $t_p$ ), temperatur tengah ( $t_t$ ) dan temperatur bawah ( $t_b$ ).

Cara yang umum dipergunakan adalah cara pada poin a sedangkan cara pada poin b dapat digunakan untuk tujuan penelitian, dalam mencari faktor penyesuaian temperatur, diperlukan juga tebal dan jenis konstruksi lapis permukaan yang sekaligus dilakukan bersama-sama dengan pengukuran temperatur. Temperatur lapis permukaan ( $T_L$ ) dihitung dengan persamaan:

$$T_L = 1/3 (t_p + t_t + t_b) \dots\dots\dots (2.1)$$

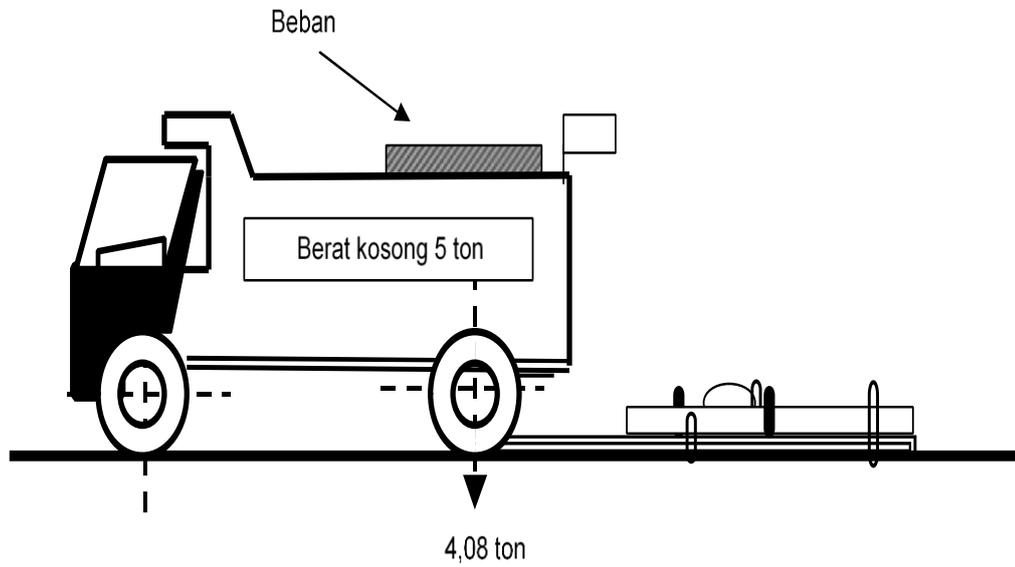
Keterangan:

$T_L$  = temperatur lapis permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ )

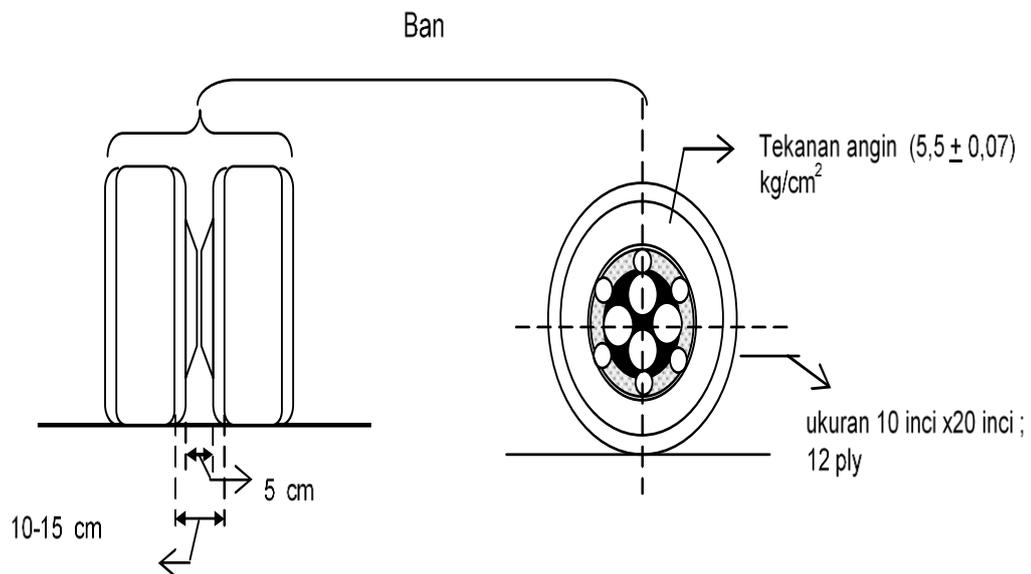
$t_p$  = temperatur permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_t$  = temperatur tengah ( $^{\circ}\text{C}$ )

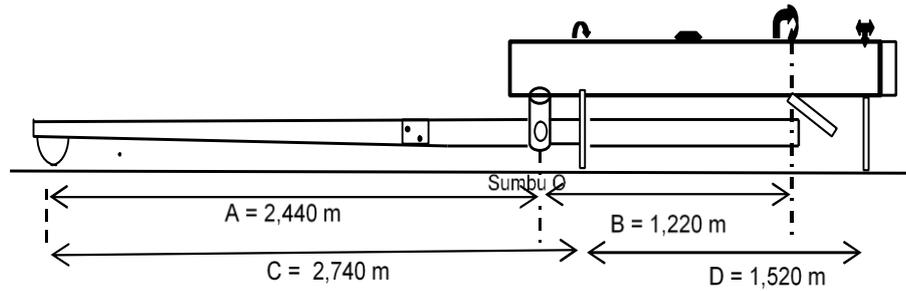
$t_b$  = temperatur bawah ( $^{\circ}\text{C}$ )



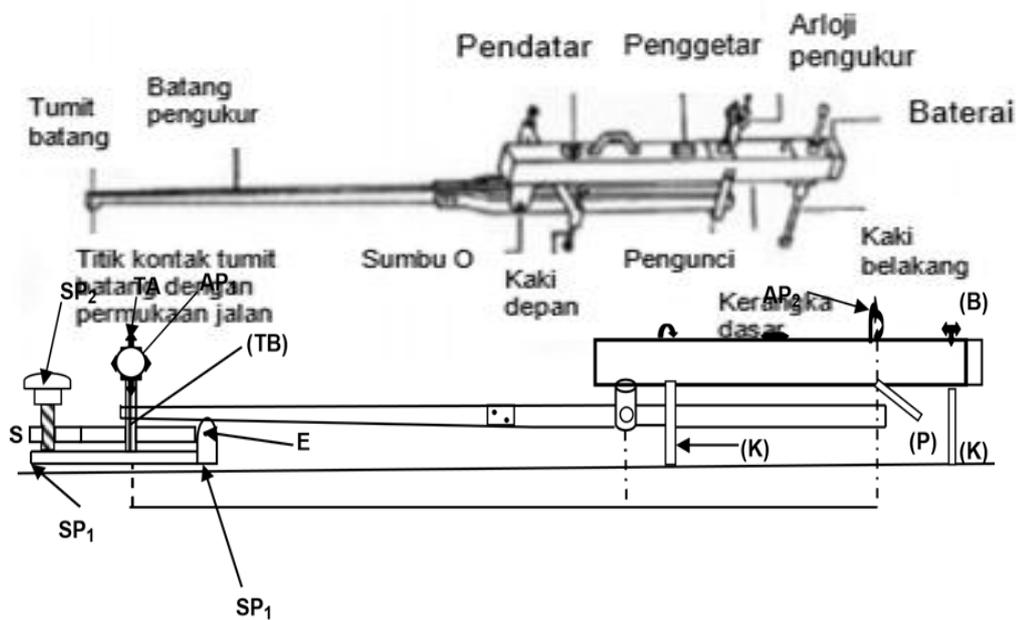
**Gambar 2.10** Spesifikasi Truk Standar (*SNI 2416:2011*)



**Gambar 2.11** Ilustrasi Spesifikasi Truk Standar (*SNI 2416:2011*)



(a)



Keterangan:

K = Kaki Benkelaman Beam

P = Pengunci

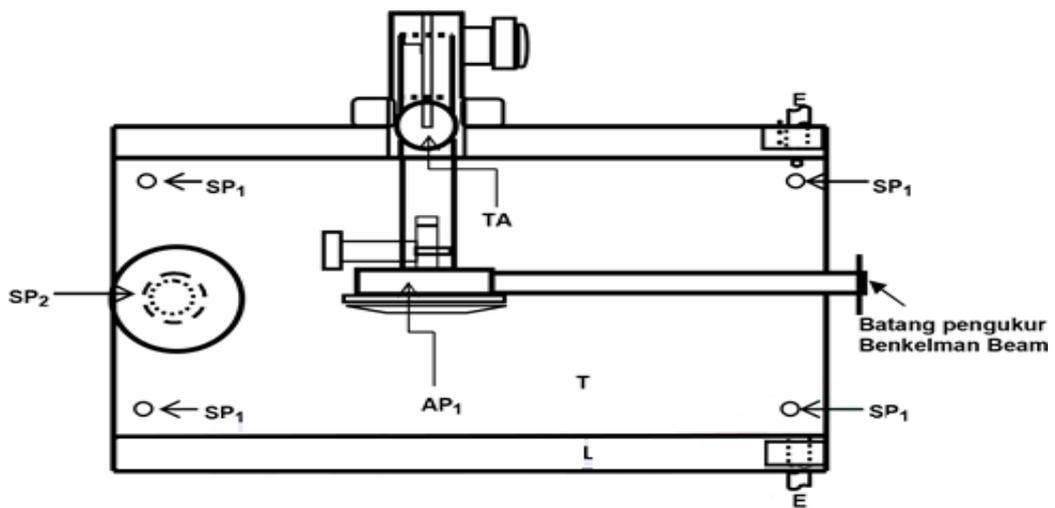
TB = Tumit batang pengukur

SP<sub>2</sub> = Arloji pengukur Benkleman Beam

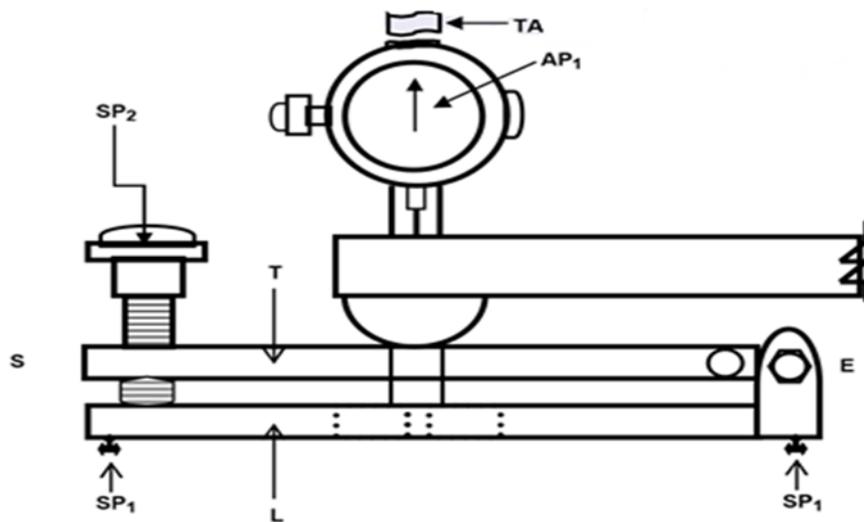
B = Stop kontak penggetar

(c)

**Gambar 2.12** Alat Benkleman Beam (SNI 2416:2011)



(Tampak Atas)



(Tampak Samping)

Keterangan:

L = Pelat Landasan

T = Pelat Penyetel

SP1 = Sekrup pengatur pelat landasan (L)

SP2 = Sekrup pengatur pelat penyetel (T)

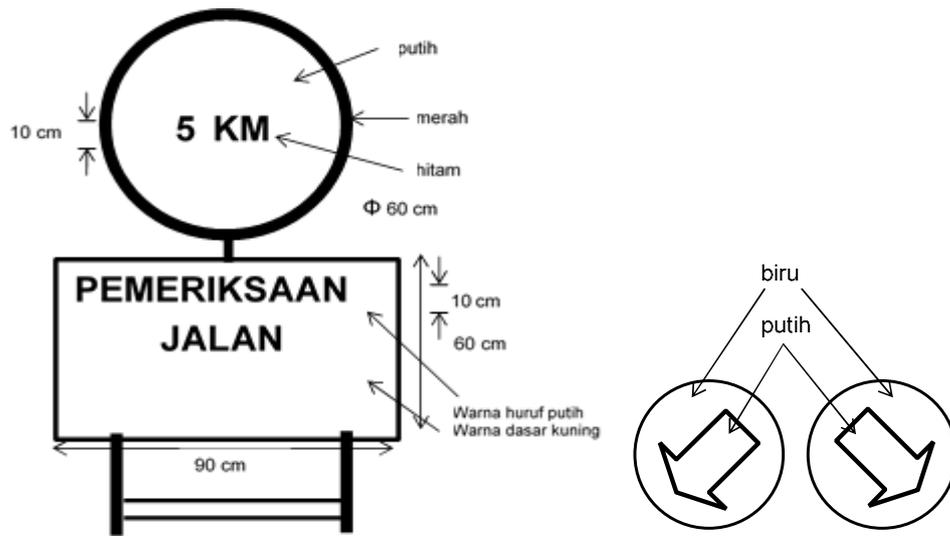
TA = Tiang dukungan arloji pengukur alat penyetel

AP1 = Arloji pengukur

E = Engsel

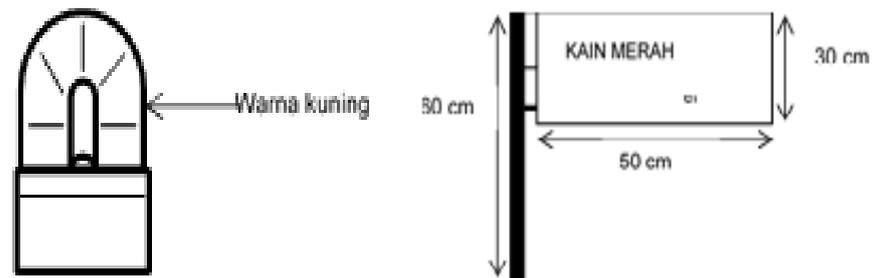
S = Bagian sisi pelat penyetel yang dapat turun naik

**Gambar 2.13** Alat Penyetel Benkelman Beam (SNI 2416:2011)



a. Rambu lalu lintas

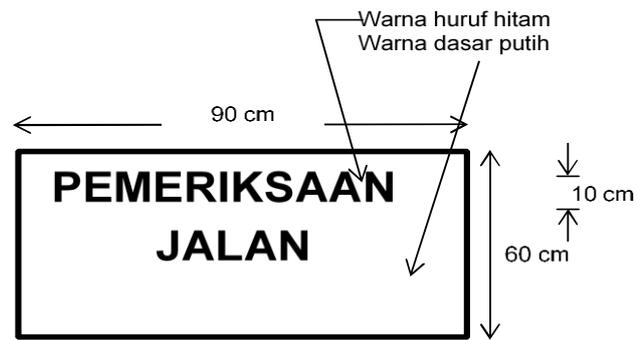
A. b. Tanda petunjuk jalur lalu lintas

**Gambar 2.14** Perlengkapan Keamanan (*SNI 2416:2011*)

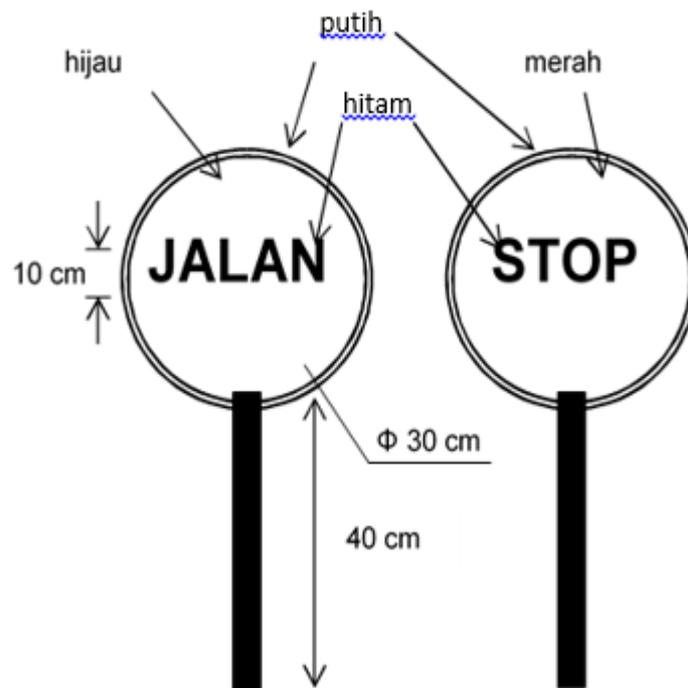
C. a. Lampu tanda peringatan

B. b. Bendera peringatan

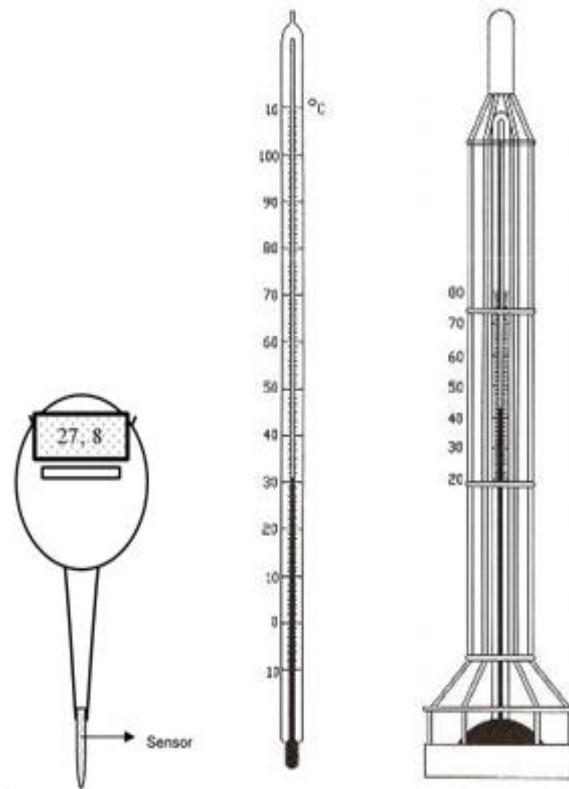
**Gambar 2.15** Perlengkapan Keamanan (*SNI 2416:2011*)



**Gambar 2.16** Rambu Lalu Lintas Perlengkapan Keamanan (SNI 2416:2011)



**Gambar 2.17** Rambu Lalu Lintas Perlengkapan Keamanan (SNI 2416:2011)



**Gambar 2.18** Termometer Digital, Termometer Udara, Termometer Permukaan  
(SNI 2416:2011)

### 2.2.1 Perencanaan Tebal Lapisan Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Lentutan

Tebal lapis tambahan (*overlay*) merupakan konstruksi tambahan untuk meningkatkan kekuatan pada struktur perkerasan yang sudah tidak mampu melayani beban lalu lintas, dimana perencanaan tebal lapisan tambahan (*overlay*) ini dapat direncanakan menggunakan Metode Lentutan Pd. No.002/P/BM/2011, Metode Pd No.002/P/BM/2011 merupakan pedoman perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) yang menetapkan kaidah-kaidah dan tata cara perhitungan .

tebal lapis tambah perkerasan lentur berdasarkan kekuatan struktur perkerasan yang diilustrasikan dengan nilai lendutan. Perhitungan tebal lapis tambah yang diuraikan dalam pedoman ini hanya berlaku untuk konstruksi perkerasan lentur atau konstruksi perkerasan dengan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal. Metode Pd No.002/P/BM/2011 ini mengacu pada Manual pemeriksaan perkerasan jalan dengan alat Benkelman Beam

(01/MN/B/1983), Perencanaan Tebal Perkerasan dengan Analisa Komponen (SNI 03-1732-1989), Metode Pengujian Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam (SNI 07-2416-1991). Data lendutan yang digunakan di dalam metode Pd No.002/P/BM/2011 ini dapat berupa data lendutan yang diperoleh berdasarkan hasil uji alat *Benkelman Beam* (BB)

Pada penelitian ini penilaian terhadap kekuatan struktur perkerasan yang ada di dasarkan atas lendutan yang dihasilkan dari pengujian lendutan langsung dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB). *Benkelman Beam* (BB) merupakan salah satu alat untuk mengukur lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan. Data hasil pengujian digunakan dalam perencanaan pelapisan (*overlay*) perkerasan jalan dengan tetap melakukan penyesuaian terhadap faktor muka air tanah, temperatur dan jenis material perkerasan. Adapun ketentuan tahapan perhitungan menggunakan Metode Lendutan Pd. No.002/P/BM/2011 adalah sebagai berikut :

### 2.2.2 Mengitung repetisi beban lalu lintas rencana (CESA) dalam ESA

#### a. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.6

Tabel 2.6 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan (*Badan Litbang DPU, Pd. No.002/P/BM/2011*)

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,50$ m	1
$4,50 \text{ m} \leq L < 8,00$ m	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25$ m	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00$ m	4
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75$ m	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50$ m	6

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan sesuai Tabel 2.7

Tabel 2.7 Koefisien Distribusi Kendaraan (C) (*Badan Litbang DPU, Pd. No.002/P/BM/201*)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*)		Kendaraan berat**)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

Keterangan : \*) Mobil Penumpang

\*\*\*) Truk dan Bus Ekuivalen beban sumbu kendaraan (E)

Angka *Vehicle Damaging Factor* (VDF) masing-masing golongan beban sumbu kendaraan dapat ditentukan pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Angka *Vehicle Damaging Factor*(VDF) (*Pd No.002/P/BM/2011*)

Golongan Kendaraan	<i>Vehicle Damaging Factor</i> (VDF)
1	0
2	0,0001
3	0,0030
4	0,0030
5A	0,1175
5B	0,8139
6A	0,2746
6B	2,1974
7A	3,6221
7B	3,6221
7C	3,6221
8	0

c. Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N)

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas ditentukan menurut Persamaan 2.1

$$N = 0,5 \left[ 1 + (1+r)^n + 2(1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \dots\dots\dots (2. 1)$$

- d. Dalam menentukan akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana ditentukan dengan Persamaan 2.7.

$$CESA = \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{MP} m \times 365 \times VDF \times C \times N \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

CESA = akumulasi ekivalen beban sumbu standar

m = jumlah masing-masing jenis kendaraan

365 = jumlah hari dalam satu tahun

VDF = *Vehicle damaging factor* (Tabel 2.8)

C = koefisien distribusi kendaraan (Tabel 2.7)

N = Faktor hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas (Persamaan 2.1)

### 3. Lentutan dengan *Benkelman Beam* (BB)

Lentutan yang digunakan untuk perencanaan adalah lentutan berdasarkan hasil pengujian lapangan menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB). Nilai lentutan tersebut harus dikoreksi dengan, faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji tidak tepat sebesar 8,16 ton). Besarnya lentutan balik adalah sesuai Persamaan 2.3 berikut:

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$d_B$  = Lentutan balik (mm)

$d_1$  = Lentutan pada saat beban berada pada titik pengukuran (mm)

$d_3$  = Lentutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)

$F_t$  = Faktor penyesuaian lentutan terhadap temperatur standar 35° C, yang nilainya ditentukan menggunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$F_t = (-0,0014 t^2 + 0,0147 t - 0,1019) \left(\frac{T}{WMAPT}\right)^3 + (0,0037 t^2 - 0,0291 t + 0,289) \left(\frac{T}{WMAPT}\right)^2 + (-0,0017 t^2 - 0,1873) \left(\frac{T}{WMAPT}\right) + (-0,0005 t^2 + 0,0036 + 1,0029) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$t$  = Tebal lapisan beraspal (cm)

$T$  = Temperatur permukaan beraspal

$WMAPT$  = Temperatur permukaan perkerasan rata-rata tahunan  
(*weight mean pavement temperature*)

$Ca$  = faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)  
= 1,20 ; musim kemarau atau muka air tanah rendah  
= 0,9 ; musim hujan atau muka air tinggi

$FK_{B-BB}$  = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)  
=  $77,343 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-2,0715)}$  .....(2.5)

#### 4. Keseragaman Lendutan (FK)

Perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen (seksi). Apabila berdasarkan panjang seksi maka cara menentukan panjang seksi jalan harus dipertimbangkan terhadap keseragaman lendutan. Keseragaman yang dipandang sangat baik mempunyai rentang faktor keseragaman antara 0 sampai dengan 10, antara 11 sampai dengan 20 keseragaman baik dan antara 21 sampai dengan 30 keseragaman cukup baik. Untuk menentukan faktor keseragaman lendutan adalah dengan menggunakan Persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$FK = s/d_R \times 100\% < FK \text{ ijin} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

$FK$  = faktor keseragaman.

$FK \text{ ijin}$  = faktor keseragaman yang diijinkan.  
= 0 % - 10 %; keseragaman sangat baik.  
= 11% - 20%; keseragaman baik.  
= 21% - 30 %; keseragaman cukup baik.

$d_R$  = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan.  
=  $\sum \frac{1}{ns} d$  ..... (2.7)

$s$  = deviasi standar/simpang baku

$$= \sqrt{\frac{n_s(\sum_1^{n_s} d^2) - (\sum_1^{n_s} d)^2}{n_s(n_s-1)}} \dots\dots\dots(2.8)$$

- d = nilai lendutan balik ( $d_B$ ) atau lendutan langsung ( $d_L$ ) tiap titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.  
 ns = jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.

### 5. Lendutan wakil ( $D_{\text{wakil}}$ )

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan Persamaan 2.9, 2.10 dan 2.11 yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, yaitu:

- a. Untuk jalan arteri atau jalan tol (tingkat kepercayaan 98%);

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 2s \dots\dots\dots(2.9)$$

- b. Untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95%);

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64s \dots\dots\dots(2.10)$$

- c. Untuk jalan lokal (tingkat kepercayaan 90%);

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,28s \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

- $D_{\text{wakil}}$  = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan  
 $d_R$  = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan  
 s = standar deviasi (simpangan baku)

### 6. Lendutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ )

Hitung lendutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ ) dengan menggunakan Persamaan 2.12 untuk lendutan dengan alat FWD dan Persamaan 2.13 untuk lendutan dengan alat *Benkleman Beam* (BB):

$$D_{\text{rencana}} = 17,004 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

- $D_{\text{rencana}}$  = lendutan rencana, dalam satuan milimeter.  
 CESA = akumulasi ekivalen beban sumbu standar, dalam satuan ESA

### 7. Hitung tebal lapis tambahan/*overlay* (Ts) sebelum dikoreksi

Menghitung tebal lapis tambahan atau *overlay* (Ts) dengan menggunakan Persamaan 2.14

Laston

Cara lendutan:

$$Ts = ((-13,76 (L)^{-0,3924} - 24,94) / D) + 32,72 \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

Ts = Tebal perkuatan (*strengthening*) (cm)

L = Repetisi beban lalu lintas (dalam juta ESA)

D = Lendutan rencana sebelum *overlay* (mm)

### 8. Hitung tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (Ft1)

Dalam perencanaan tebal lapis tambah/*overlay* didasarkan pada temperatur standar dalam satuan°C yaitu sebesar 35°C, mengingat temperatur di daerah-daerah di Indonesia memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang tentunya berbeda-beda setiap daerahnya, maka perlu dilakukan koreksi berdasarkan temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota sesuai nilai temperatur perkerasan rata-rata tahunan yang terlampir pada Pedoman Pd No.002/P/BM/2011. Adapun untuk menghitung tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (Ts) dapat dianalisis sesuai Persamaan 2.15

$$Ft1 = 0,0004 (WMAPT)^2 + 0,0032(WMAPT) + 0,6774 \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

Ft1 = Faktor penyesuain temperatur standar

WMAPT = “*Weight mean annual pavement temperatur*” diambil 35°C yang merupakan temperatur tahunan rata-rata hasil survei dari 187 lokasi di Indonesia sehingga diperoleh ft1 = 1,29 dibulatkan menjadi 1,3.

