

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanah lunak (Tanah Gambut/Tanah Lempung)

Tanah lunak menurut Panduan Geoteknik (1994) merupakan tanah yang dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Jenis tanah lunak dibedakan yaitu tanah lunak anorganik (lempung dimana kadar organiknya kurang dari 25%) dan tanah lunak organik gambut (*peat*).

Tanah merupakan salah komponen penting untuk menopang struktur konstruksi, mengingat hampir semua bangunan dibuat diatas atau di bawah permukaan tanah. Istilah tanah dalam ilmu Mekanika Tanah mencakup semua bahan, dari tanah lempung (*clay*) sampai berangkal (batu-batu yang besar), jadi menurut ilmu mekanika tanah, tanah bisa dianggap sebagai semua endapan alam yang bersangkutan dengan teknik sipil, kecuali batuan tetap.

Namun yang menjadi permasalahan adalah bahwa di Kalimantan Tengah, terdapat lapisan tanah lunak yang cukup tebal dan mengandung mineral organik sebagai hasil pelapukan tumbuh-tumbuhan. Bahkan didaerah tertentu terdapat tanah dengan kadar organik tinggi yang di sebut juga dengan tanah gambut (*peat*). Tanah lunak ini merupakan partikel mineral yang tidak mempunyai ikatan yang kuat antara partikelnya yang terbentuk karena adanya pelapukan dari batuan. Partikel tanah tersebut berisi ruang kosong yang disebut pori (*void space*) yang

berisi air dan udara.

Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*) adalah perpindahan vertical permukaan tanah sehubungan dengan perubahan volume pada suatu tingkat dalam proses konsolidasi. Penurunan massa tanah dikontrol oleh perubahan tegangan massa tanah, beban struktur diatas tanah dan penurunan muka air tanah. Tanah akan mengalami penurunan atau penyusutan volume jika diberi pembebanan. Penyusutan yang terjadi akan lebih besar pada tanah yang memiliki kandungan air lebih tinggi karena air sebagai pembasah atau pelumas pada partikel tanah akan menghasilkan efek pemadatan yang lebih besar. Penggunaan daya dukung dari perkuatan tanah harus lebih besar dari beban timbunan. Perkuatan tanah dengan menggunakan cerucuk (*dolken*) dapat divariasikan dengan diameter dan panjang yang berbeda dengan cerucuk existing, dengan menambah jumlah cerucuk, karena dapat menaikkan daya dukung.

Tanah lempung lunak merupakan jenis tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan air yang tinggi sehingga menyebabkan kuat gesernya rendah. Tanah lempung yang kandungan mineral *Mountmoroloiit* tinggi memperlihatkan kapasitas menyerap air yang tinggi, sifat kembang susut tinggi, konsolidasi tinggi, permeabilitas rendah dan kekuatan tanah yang rendah. Tanah lempung organik merupakan lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Warnanya abu-abu tua atau hitam, dan berbau.

Selain sifat tersebut di atas, tanah gambut mempunyai sifat kompresibilitas, dan permeabilitas yang tinggi. Tanah lempung termasuk jenis tanah yang kohesif, umumnya memiliki partikel halus dalam jumlah besar. Tanah gambut (*peat*) merupakan agregat agak berserat yang berasal dari serpihan *makroskopik* dan *mikroskopik* tumbuh-tumbuhan. Warnanya coklat terang dan hitam bersifat *kompresibel*, sehingga tidak mungkin menopang pondasi. Tanah gambut merupakan tanah organik yang terbagi atas gambut berserat dan gambut tidak berserat; dari beberapa penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa, sifat fisik tanah gambut yang rendah (angka pori besar, kadar air tinggi dan berat volume tanah kecil), berakibat pada daya dukung tanah gambut yang rendah, terlebih tanah gambut merupakan tanah non kohesi. Untuk itu diperlukan suatu perbaikan apabila tanah gambut akan dijadikan penopang bangunan sipil. Penentuan metode yang digunakan didasarkan pada tiga hal, yaitu : tebal lapisan tanah gambut, jenis tanah gambut dan besarnya pemampatan yang terjadi. Metode yang telah dikenal selama ini terbagi atas metode mekanis dan metode stabilisasi. Tetapi metode yang ada masih bersifat tidak ramah lingkungan sehingga perlu dikembangkan suatu metode perbaikan tanah gambut yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan limbah produksi.

Para ahli memiliki definisi yang berbeda tentang tanah lempung, antara lain Hardiyatmo (1992) menjelaskan bahwa tanah lempung tersusun atas mineral-mineral hasil pelapukan tanah secara kimiawai yang berukuran diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, sedangkan Holtz dan Kovacs (1981) menyatakan bahwa lempung adalah tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan

memiliki plastisitas serta kohesifitas. Dalam standart *AASHTO* dan *ASTM*, penentuan klasifikasi tanah lempung ditentukan dari ukuran butir, indeks plastisitas dan batas cair. Standar *AASHTO* mensyaratkan lebih dari 35% lolos saringan nomor 200 dengan indeks plastisitas minimum 11%, sedangkan standar *ASTM* mensyaratkan lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Holtz dan Kovacs (1981) memberikan garis besar identifikasi tanah lempung yaitu berbutir halus dan tidak dapat dilihat butiran tunggalnya, bersifat kohesi dan plastis.

Ada dua istilah dalam geoteknik yaitu lempung lunak bilamana jenis tanah ini mempunyai kuat geser antara  $12,5-25 \text{ kN/m}^2$ , tanah ini mudah dibentuk dengan jari tangan, sedangkan tanah lempung sangat lunak mempunyai kuat geser  $< 12,5 \text{ kN/m}^2$  bila diremas dengan kepalan tangan akan keluar di sela-sela jari tangan (Mochtar dan Sholihin, 2006).

Perilaku teknis sangat dipengaruhi oleh kadar air, perilaku teknis tidak terlalu dipengaruhi oleh distribusi ukuran butir. Tingkat kohesifitas tanah lempung sangat menentukan besaran kuat geser tanah, Tingkat plastisitasnya sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah. Kedudukan fisis tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi (Hardiyatmo, 1992). Tingkat konsistensi tanah lempung menurut Bowles (1985) disampaikan sebagai berikut:

1. *Liquid Limit* (batas cair/LL)

Adalah suatu nilai kadar air yang apabila tanah di atas nilai kadar air ini maka tanah akan berperilaku sebagai *viscous fluit* (campuran antara tanah dan air dengan kuat gesernya tidak terukur ).

## 2. *Plastic Limit* (batas plastis/PL)

Adalah suatu nilai kadar air, apabila tanah dibawah nilai kadar air ini maka tanah tidak berperilaku sebagai material plastis. Tingkat keplastisan tanah antara batas cair dan batas plastis disebut Indeks Plastis.

## 3. *Shrinkage Limit* (batas susut/SL)

Adalah suatu nilai kadar air, apabila tanah dibawah nilai kadar air ini, maka tanah tidak mengalami perubahan volume saat dikeringkan lebih lanjut.

Bowles (1984) memberikan identifikasi lapangan yang sederhana untuk membedakan antara lempung, pasir, dan lanau yaitu (1) Pasir dan lanau akan cepat mengering dan mudah dibersihkan dari telapak tangan, lempung cenderung mengakibatkan perubahan warna (*discoloration*) setelah mengering. Untuk membersihkannya butuh pembilasan dengan air. (2) Lempung juga cenderung menjadi halus (*smooth*) saat disentuh, juga dapat meninggalkan *smooth streak* saat *spatula blade* melewati masa tanah yang basah.

Meningkatkan daya dukung tanah apabila dengan mekanika tanah murni tidak akan memberikan hasil yang diharapkan. Metode yang dapat dilakukan untuk meningkatkan karakteristik tanah dasar dengan cara mengganti tanah (*soil replacement*) yang jelek dengan yang baik, kombinasi timbunan dengan metode bahu beban kontra (*counterweigh berm*), mencampur/menambah tanah yang bergradasi baik dan menggunakan metode dengan perkuatan geosintetik, geosintetik bisa dari jenis *Woven* dan jenis *Non Woven* yang disebut geotekstil, dan bentuk *grid* yang disebut *geogrid*. Kegunaannya adalah untuk memperbesar kemampuan daya dukung tanah dengan mengandalkan kuat geser *geosintetik* dan

butiran tanah (Hunt, 1982).

Pembangunan jalan di atas tanah lunak atau tanah gambut akan menghadapi beberapa masalah geoteknik. Salah satunya adalah masalah stabilitas timbunan, penurunan timbunan yang cukup besar dan kekuatan daya dukung dalam menahan beban yang terjadi di atasnya. Keadaan tanah dasar demikian bila tidak ditangani dengan baik akan mempengaruhi kondisi badan jalan di atasnya dan akan mempercepat kerusakan jalan tersebut. Untuk timbunan badan jalan diperlukan analisis stabilitas atau kekuatan daya dukung dan penurunan sehingga tinggi timbunan yang dikehendaki untuk badan jalan tidak mengalami penurunan lagi setelah konstruksi selesai.

#### 4. CBR (*California Bearing Ratio*)

Metoda ini awalnya diciptakan oleh O.J potter kemudian di kembangkan oleh California State Highway Departement, kemudian dikembangkan dan dimodifikasi oleh Corps insinyur-isinyur tentara Amerika Serikat (*U.S. Army Corps of Engineers*). Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di Laboratorium atau di Lapangan dengan rencana Empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) suatu jalan. Tebal suatu bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR. Defenisi CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban Standar (*Standard Load*) dan dinyatakan dalam persentase. Beberapa cara menaksir dan menentukan CBR 1). Menaksir nilai CBR secara empiris pada tanah dasar rencana yang merupakan tanah dasar galian yang cukup dalam, pengambilan contoh tanah

sebanyak yang diperlukan untuk pemeriksaan CBR sukar diperoleh. Contoh tanah biasanya diperoleh dengan menggunakan bor. Untuk itu penentuan besarnya nilai CBR rencana dapat dilakukan dengan cara empiris yang hanya berdasarkan analisis pembagian butir dan sifat plastisitas tanah (berdasarkan klasifikasi AASHTO dan *Unified*). Tetapi data CBR ini hanyalah data perkiraan yang selalu harus diamati pada tahap pelaksanaan. 2). CBR rencana rendaman berdasarkan hasil analisis pembagian butir dan sifat plastisitas tanah, CBR rencana rendaman (*Soaked laboratory CBR*) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang diambil dari N.A.A.S.R.A. (*National Association of Australian State Road Authority*). 3). Menentukan nilai CBR lapangan dengan menggunakan data DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) Nilai CBR lapangan juga dapat diperoleh dengan menggunakan hasil *Dynamic Cone Penetrometer* (D.C.P.). Pemeriksaan lapangan dengan D.C.P. menghasilkan data kekuatan tanah sampai kedalaman 90 cm di bawah tanah dasar. 4). Nilai CBR pada satu titik pengamatan Seringkali jenis tanah dasar itu berbeda kedalaman pada satu titik pengamatan. Untuk itu perlu ditentukan nilai CBR yang mewakili titik tersebut. 5). CBR segmen jalan setiap segmen mempunyai nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis atau grafis.

CBR (%)	Daya Dukung Tanah	
2 % - 5 %	Jelek	Pemadatan diperlukan
6 % - 9 %	Sedang	Perlu tidaknya pemadatan tergantung kondisi jalan
> 9 %	Baik	Pemadatan secara normal tidak diperlukan kecuali lalu lintas berat

## 2.2. Perkerasan Jalan

Pengertian jalan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Tanah yang masih bersifat natural (belum mendapat sentuhan tangan manusia) atau dalam kondisi alam yang jarang sekali mampu mendukung beban berulang dari kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu, dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Struktur ini disebut dengan perkerasan atau *pavement* (Hardiyanto, 2007).

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang sangat banyak digunakan dibandingkan dengan perkerasan kaku. Struktur perkerasan lentur dikonstruksi baik untuk konstruksi jalan maupun untuk konstruksi landasan pacu. Adapun tujuan dari perkerasan adalah sebagai berikut: (1) Agar di atas struktur perkerasan itu bisa dilalui setiap saat. Oleh karena itu perkerasan harus kedap air melindungi lapis tanah dasar sehingga kadar air lapis tanah dasar tidak mudah berubah. (2) Mendistribusikan beban terpusat, sehingga tekanan yang terjadi pada lapis tanah dasar menjadi lebih kecil. Oleh karena itu lapis struktur perkerasan harus dibuat dengan sifat modulus kekakuan (modulus elastisitas) lapis di atas lebih besar dari lapis di bawahnya. (3) Menyediakan kekesatan agar aman. Oleh karena itu



permukaan perkerasan harus kasar, sehingga mempunyai koefisien gesek yang besar antara roda dan permukaan perkerasan. (4) Menyediakan kerataan agar nyaman. Oleh karena itu permukaan harus rata, sehingga pengguna tidak terguncang pada saat lewat pada perkerasan.

Perkerasan merupakan suatu lapisan terbuat dari bahan tertentu yang dibangun di atas tanah dasar yang direncanakan. Tujuan perkerasan suatu jalan adalah untuk menyediakan suatu permukaan yang baik sehingga kendaraan bisa beroperasi di atasnya. Sementara definisi Perkerasan jalan adalah suatu struktur perkerasan diletakkan di atas tanah dasar berfungsi untuk menampung beban lalu lintas yang melewatinya. Seperti telah diketahui, fungsi utama perkerasan jalan adalah: (a) Menyediakan lahan untuk pergerakan barang dan manusia dengan rasa aman, nyaman, dan sesuai dengan kebutuhan serta biaya minimal. (b) Melindungi *subgrade* dengan lapisan kedap air untuk mencegah air permukaan, menginfiltrasi ke dalam *subgrade* dan melemahkannya. (c) Menahan tegangan regangan yang disebabkan oleh beban lalu lintas dan cuaca, dan memindahkannya pada *subgrade* dengan batas-batas tertentu, dengan kata lain perkerasan melindungi *subgrade* dari distribusi beban lalu lintas yang terkonsentrasi sehingga terhindar dari tegangan yang berlebih (Sukirman, 2010).

Adapun penjelasan menurut Sukirman (1995) mengenai berbagai lapisan, yaitu sebagai berikut:

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai: (a) Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas

tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan. (b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap kelapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut. (c) Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah terjadi aus. (d) Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek

## 2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah lapisan perkerasan jalan yang terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah (*sub-base*). Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik. Berbagai macam bahan alam atau bahan setempat ( $\text{CBR} \geq 50\%$ ,  $\text{PI} \leq 4\%$ ) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

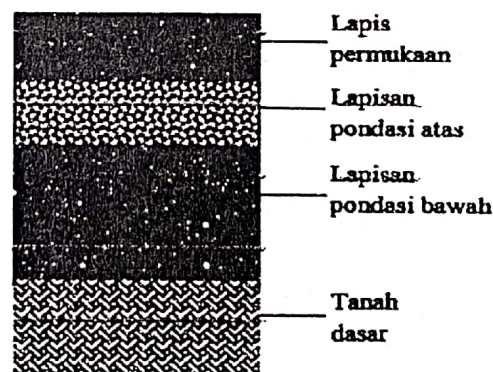
## 3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub-base Course*)

Perkerasan bawah adalah bagian dari konstruksi jalan, lapisan ini terletak diantara perkerasan tanah atas (*base course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan bawah ini terdiri dari satu lapisan atau juga beberapa lapisan. Oleh karena itu biasanya perkerasan bawah terdiri dari batuan-batuan alam yang masih asli.

#### 4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah suatu bagian dari konstruksi jalan yang berfungsi untuk mendukung seluruh bagian konstruksi jalan dan beserta gaya-gaya kendaraan yang melaluinya. Besar kecilnya daya dukung tanah dasar akan mempengaruhi tebal dari lapisan perkerasan, maka kekuatan jalan terutama ditentukan oleh tanah dasar (*subgrade*) dari jalan tersebut.

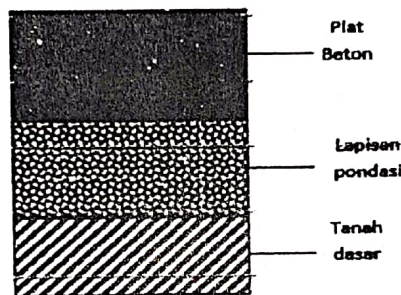
Pada perkerasan jalan dikenal dua macam konstruksi, yaitu perkerasan lentur (*fleksibel pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (Sukirman, S, 1999). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.



Gambar 1. Lapisan pekerasan lentur

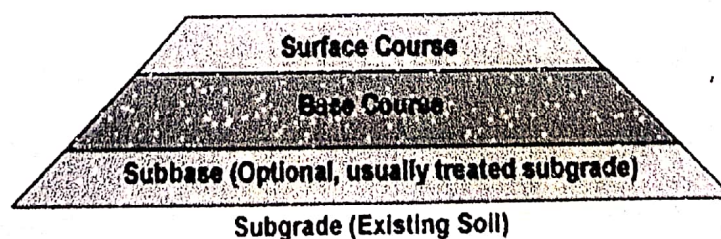
Berbeda dengan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau perkerasan beton semen *portland* atau *portland cement* yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat (Sukirman, S, 1999). Perkerasan kaku karena mempunyai

kekakuan dan *stiffnes*, akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada *subgrade*, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban struktural. Lapisan pondasi bawah perkerasan kaku berfungsi untuk: (1) Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen, (2) Menaikkan harga Modulus Reaksi Tanah Dasar menjadi Modulus Reaksi Komposit, (3) Melindungi gejala *pumping*, (4) Mengurangi terjadinya keretakan pada plat beton, (5) Menyediakan rantai kerja. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



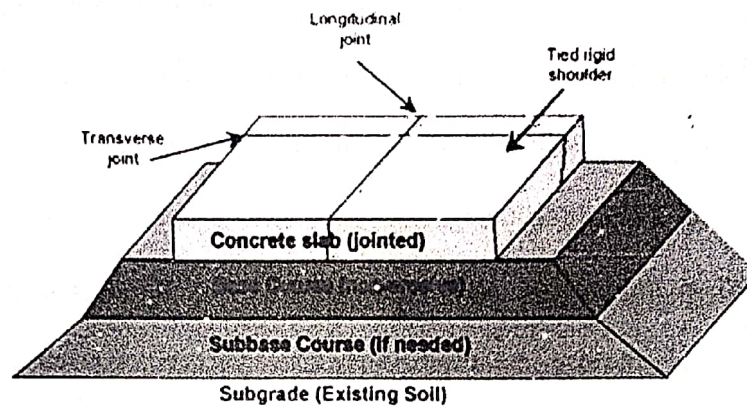
Gambar 2. Lapisan perkerasan kaku

Berdasarkan hal di atas *pavement* di sini adalah bagian dari konstruksi jalan yang langsung menerima beban kendaraan di atasnya, atau tepatnya lapisan permukaan. Jika demikian berarti ada yang namanya lapisan dalam dan lainnya, dalam hal ini adalah tanah atau batuan dibawahnya.

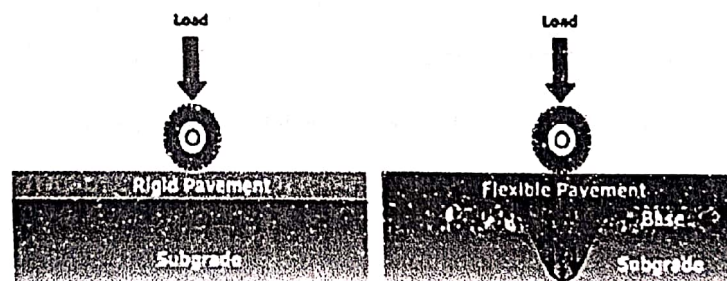


Gambar 3. Lapisan perkerasan jalan

Perhatikan Gambar 3 di atas, *pavement* di sini adalah *Surface course*, adapun di bawahnya masih ada *base course*, juga ada *subbase* dan baru tanah asli dibawahnya. Kesemuanya itu yang membentuk konstruksi jalan. Jadi meskipun *surface course* utuh, sebagaimana terlihat pada ruas jalan Sampit-Palantaran sebelum jebol rusak berlobang, tetapi karena lapisan pendukung di bawahnya rusak, maka keseluruhan jalan akan menjadi rusak.



Gambar 4. *Typical konstruksi rigid pavement (jalan beton)*



Gambar 5. *Distribusi tegangan pada rigid dan fleksibel*

Sesuai dengan namanya, maka sebenarnya yang membedakan keduanya adalah karakteristik kerja keduanya sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5. Terlihat dengan distribusi tegangan yang lebih merata pada konstruksi *rigid pavement*, maka hanya diperlukan *sub-course* yang relatif lebih tipis, dibanding

konstruksi *fleksibel pavement*, yang mana distribusi tegangannya relatif lebih terpusat. Tetapi yang jelas, jika keduanya didesain dan dilaksanakan dengan baik untuk memikul suatu beban tertentu maka jelas hasilnya juga sama-sama baik. Jadi walaupun banyak jalan aspal yang rusak selama ini, maka itu disebabkan lapisan dasarnya yang rusak terlebih dahulu, umumnya itu dikarenakan ada penetrasi air akibat tidak tersedianya saluran drainase yang memadai pada jalan tersebut (Saodang H, 2004).

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas plat (*slab*) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) diatas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan. Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya.

Adapun jenis perkerasan kaku adalah sebagai berikut:

### 1. Perkerasan Beton Semen

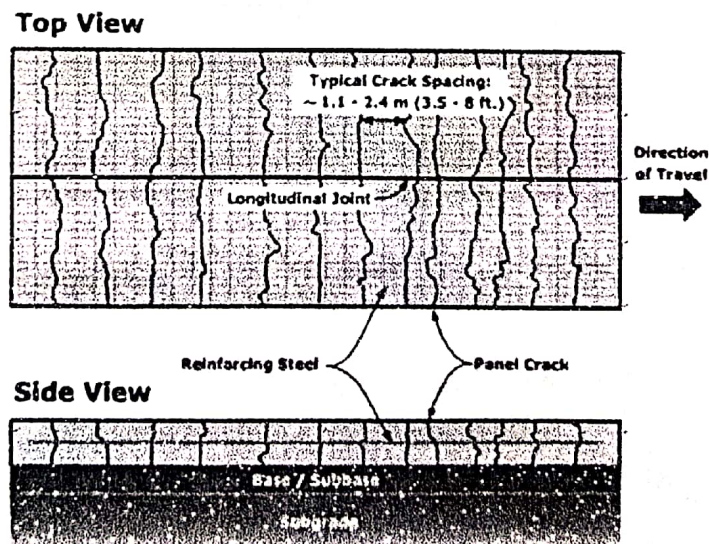
Perkerasan beton semen didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari portland Cement (PC). Menurut NAASRA ada lima jenis perkerasan kaku, yaitu : (a) Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, (b) Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan. (c) Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan. (d) Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja atau fiber. (e) Perkerasan beton semen pratekan.

### 2. Perkerasan kaku dengan permukaan aspal

Jenis perkerasan kaku dengan permukaan aspal dari jenis komposit. Ketebalan rencana perkerasan dihitung dengan: (a) Menentukan ketebalan dari jenis perkerasan beton semen yang tidak lazim. (b) Mengurangi ketebalan beton semen 10 mm untuk setiap 25 mm permukaan aspal yang digunakan.

Menurut Kartadipura R.H (2011) jalan beton dari sisi perilaku strukturnya memang terlihat lebih bagus, tegangan yang timbul akibat beban yang sama relatif lebih kecil sehingga tidak diperlukan *base-course* yang tebal. Meskipun demikian, karena *rigid* maka pengaruh *shrinkage* (kembang susut) karena thermal menjadi dominan. Hal inilah yang menyebabkan dijumpai beberapa macam konstruksi jalan beton. Idenya ada dua, yaitu: (1) Jika jalan beton dibuat kontinyu (pemakaiannya nyaman) maka untuk mengantisipasi kembang-susut pada jalan tersebut harus dipasang tulangan baja sebagai tulangan susut. Meskipun jumlahnya relatif kecil, khususnya jika dibandingkan konstruksi slab pada bangunan gedung, tetapi penggunaan tulangan baja menyebabkan jalan

beton ini menjadi mahal dan tentu saja pengerjaannya akan lebih kompleks. Ingat, ini konstruksi jalan, yang panjangnya relatif lebih panjang (besar) dibanding slab untuk konstruksi bangunan gedung. (2). Jalan beton di sekat-sekat dengan siar dilatasi. Jadi jalan beton dibuat atau terdiri dari segment yang terpisah-pisah, maka resiko kerusakan akibat faktor kembang susut menjadi teratasi tanpa perlu memasang tulangan susut. Ini jelas akan lebih murah dibanding sistem diatas. Masalah timbul, selain jalan ini menjadi tidak nyaman (perlu konstruksi khusus agar rata) tetapi juga ada masalah jika terjadi beban di atasnya, tegangan di tanah pada pinggiran segment menjadi besar, berbeda dengan gambaran di atas. Untuk mengatasinya, agar *segment* sebelah dan sebelahnyanya juga dapat bekerja, maka kedua segment yang berdekatan dipasangi *dowel*. Untuk memberi gambaran tentang dua sistem pada *rigid pavement*, maka dapat dilihat pada Gambar 6.



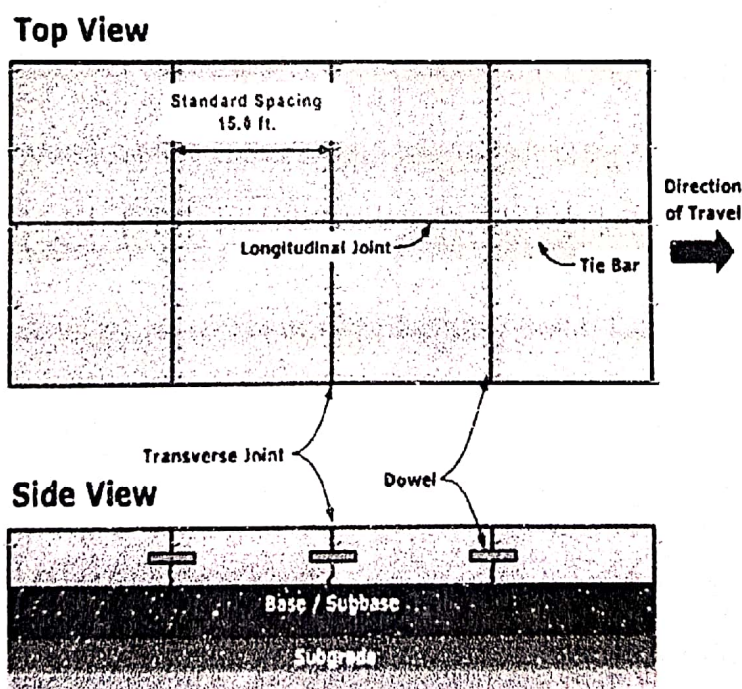
Gambar 6. Rigid pavement menerus dengan tulangan

Perhatikan, tulangan pada konstruksi *rigid pavement* di atas diletakkan di tengah, bukan ditepi bawah atau atas dari slab. Ini tentu berbeda dibanding *slab*



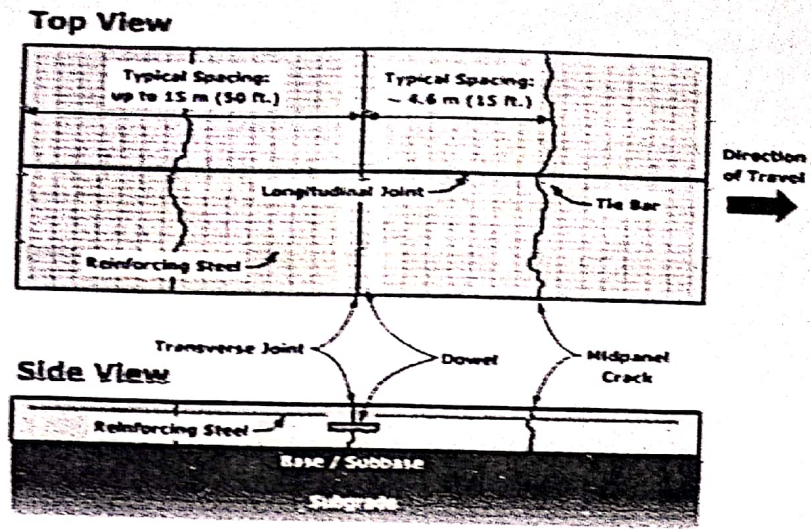
pondasi atau *basement*. Bagaimanapun fungsi tulangan di atas adalah untuk mengantisipasi kembang susut dan bukannya penyebaran beban kendaraan di atasnya. Perhatikan juga gambaran *crack* yang kecil-kecil tetapi merata pada *slab* di atas. *Crack* itu terjadi akibat kembang susut, bukan akibat beban. Jadi jika ternyata tanah dibawahnya (*base course*) berkurang kekuatannya, mungkin karena memang kondisinya demikian, maka tentu saja jalan beton tersebut akan menjadi rusak (Ervianto, 2005).

Selanjutnya ini tipe jalan beton yang boleh saja tidak memakai tulangan susut seperti diatas, tetapi agar tetap menyatu jika ada beban kendaraan di pinggir segment maka dipasang dengan *dowel*.



Gambar 7. Rigid pavement tersegment dengan dowel.

Adanya segment-segment tersebut menyebabkan apabila pelaksanaannya tidak baik maka jika dilalui menjadi tidak nyaman. Oleh karena itu dikembangkan suatu konstruksi lain yang merupakan kombinasi ke dua cara di atas.



Gambar 8. Rigid pavement tersegment dengan tulangan dan *dowel*.

Konsep yang kombinasi mempunyai *crack* yang relatif sedikit, meskipun dalam hal ini dari segi ekonomis belum tentu diperoleh penghematan yang signifikan. Tetapi yang jelas dengan segment yang lebih panjang mestinya lebih nyaman, juga jika ada kerusakan *base-course* dibawahnya maka ada segment menyebabkan perbaikannya relatif lebih mudah (Nurahmi, 2012).

Perbandingan kedua jenis konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan kaku (*rigid pavement*) tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.

No.	Perkerasan Lentur ( <i>flexible pavement</i> )	Perkerasan Kaku ( <i>rigid pavement</i> )
1.	Bahan pengikat aspal.	Bahan pengikat semen.
2.	Bila dibebani melentur, beban hilang tetapi lenturan kembali, Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda).	Bila dibebani praktis tidak melentur (kecil terjadi lenturan). Timbui retak-retak pada permukaan.
3.	Fungsi perkerasan terutama sebagai penyebar dari roda kendaraan	Fungsi perkerasan, disamping disamping untuk menyebar

	langsung ke tanah dasar.	tegangan roda kendaraan ke tanah dasar juga ikut mendukung besar beban roda kendaraan.
4.	Biaya Perkerasan relative murah.	Biaya Perkerasan relative mahal.
5.	Perawatan harus dilakukan secara teratur dan kontinyu sehingga biaya perawatan relative mahal.	Perawatan lebih jarang.

Sumber: Mochtar, 2006

Keuntungan dan kerugian antara perkerasan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan kaku (*rigid pavement*) tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Keuntungan dan kerugian antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

No.	Perkerasan Kaku ( <i>rigid pavement</i> )	Perkerasan Lentur ( <i>flexible pavement</i> )
1.	Desain sederhana namun pada bagian sambungan perlu perhitungan lebih teliti. Kebanyakan digunakan hanya pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi.	Perencanaan sederhana dan dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas dan semua jenis jalan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan raya.
2.	Rancangan job mix lebih mudah untuk dikendalikan kualitasnya. Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda.	Kondisi kualitas untuk job mix agak rumit karena harus diteliti baik di laboratorium sebelum dihampar, maupun setelah dihampar dilapangan.
3.	Rongga udara di dalam beton tidak dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume beton. Pada umumnya diperlukan sambungan untuk mengurangi tegangan akibat	Rongga udara dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume campuran aspal, oleh karena itu tidak diperlukan sambungan. Sulit untuk bertahan dalam kondisi drainase yang buruk.

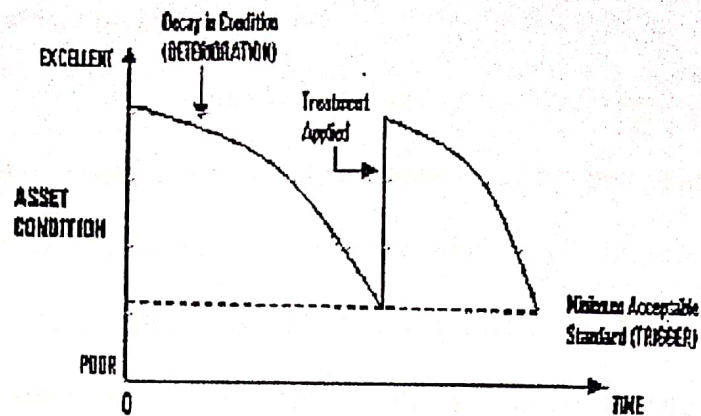
	perubahan temperatur. Dapat bertahan untuk kondisi yang lebih buruk.	
4.	Umur rencana dapat mencapai 15-40 tahun. Jika terjadi kerusakan, maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat akan meluas.	Umur rencana relatif pendek 5-10 tahun. Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air.
5.	Indeks pelayanan hampir tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika saluran melintang ( <i>transversal joint</i> ) dikerjakan dan dipelihara dengan baik.	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring berjalannya waktu dan frekuensi beban lalulintasnya.
6.	Pada umumnya biaya konstruksi tinggi.	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi dengan volume lalulintas tinggi.
7.	Pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan.	Pelaksanaan cukup rumit disebabkan kendali kualitas harus diperhatikan pada sejumlah parameter termasuk kendali terhadap temperatur.
8.	Sangat penting untuk melaksanakan pemeliharaan terhadap sambungan-sambungan rutin.	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku.

9.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat melakukan pelapisan ulang. Apabila lapisan permukaan akan dilapis ulang, maka untuk mencegah terjadinya retak, refleksi biasanya dibuat tebal perkerasan > 10 cm.	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan lebih mudah menentukan perkiraan saat pelapisan ulang harus dilakukan.
10.	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku ditentukan oleh kekuatan lapisan beton sendiri (tanah dasar tidak terlalu menentukan).	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan setiap lapisan dan ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan kekuatan tanah dasar yang dipadatkan.
11.	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal lapisan beton tidak termasuk pondasi.	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar.

Sumber: Spesifikasi Jalan, 2008

### 2.3. Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Kondisi jalan secara umum dikelompokkan menjadi tiga, yaitu (1) Baik (*good*) yaitu kondisi perkerasan jalan yang bebas dari kerusakan atau cacat dan hanya membutuhkan pemeliharaan rutin untuk mempertahankan kondisi jalan. (2) Sedang (*fair*) yaitu kondisi perkerasan jalan yang memiliki kerusakan yang cukup signifikan dan membutuhkan pelapisan ulang dan perkuatan. (3) Buruk (*poor*) yaitu kondisi perkerasan jalan yang memiliki kerusakan yang sudah meluas dan membutuhkan rehabilitasi dan pembangunan kembali dengan segera (Hardiyatmo, 2007).



**Gambar 9.** Penurunan kinerja perkerasan jalan terhadap waktu

Kinerja perkerasan jalan akan menurun seiring dengan bertambahnya umur jalan. Bobot penurunan tingkat pelayanan perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas konstruksi atau kualitas pekerjaan pada saat membangun jalan. Pengaruh tersebut signifikan terhadap penurunan tingkat pelayanan jalan setelah jalan tersebut dibuka. Tingkat pelayanan jalan memiliki kriteria yang menjadi ukuran penilaian hasil atau proses dalam tahapan penyelenggaraan jalan. Pengertian kriteria adalah tingkat kerataan permukaan jalan yang dinyatakan dengan jumlah perubahan vertikal permukaan jalan untuk setiap satuan panjang (mm/km) atau yang dinyatakan dengan IRI (*International Roughness Index*). IRI menjadi ukuran tingkat kerusakan jalan yang terjadi. Semakin tinggi nilai IRI maka jalan dikatakan makin besar tingkat kerusakannya (Ibrahim, 2003).

Menurut Aly (2004) jalan dikatakan mampu memberi rasa aman dan nyaman bagi para penggunanya jika memenuhi dua kriteria utama, yaitu:

a. Kriteria berlalu lintas

Dipandang dari segi kenyamanan dan keamanan pengguna jalan, konstruksi perkerasan perlu memenuhi syarat-syarat berikut: (1) Permukaan yang rata, tidak berlubang, tidak melendut, dan tidak bergelombang. (2) Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya. (3) Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip. (4) Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika kena sinar matahari.

b. Kriteria kekuatan atau struktural perkerasan jalan

Dipandang dari kemampuan memikul dan menyebarkan beban, jalan harus memenuhi syarat-syarat berikut: (1) Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar. (2) Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya. (3) Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan. (4) Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti. Penanganan konstruksi perkerasan yang berupa pemeliharaan, penunjang, peningkatan, ataupun rehabilitasi dapat dilakukan dengan baik setelah kerusakan-kerusakan yang timbul pada perkerasan tersebut dievaluasi penyebab dan akibatnya.

Menurut Syah (2004) kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan: (a) Lalu lintas diperhitungkan berdasarkan peningkatan beban dan repetisi beban. (b) Air, yang dapat berasal dari air hujan dan sistem drainase jalan yang tidak baik. (c) Material konstruksi perkerasan, sifat material dan

sistem pengolahan bahan yang tidak baik. (d) Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi. (e) Kondisi tanah dasar yang tidak stabil, akibat sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau sifat tanah dasarnya yang memang kurang baik. (f) Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

Disamping faktor kualitas pekerjaan konstruksi dan program pemeliharaan jalan terdapat faktor lain yang mempengaruhi kerusakan jalan, diantaranya: (1). Topografi dan lapisan tanah dasar. (2) Material dan ketebalan lapisan perkerasan. (3) Drainase (permukaan dan bawah perkerasan). (4) Kualitas Pekerjaan konstruksi dan program pemeliharaan jalan. (5) Lingkungan (curah hujan, temperatur). (6) Lalu lintas (volume, berat sumbu, konfigurasi). Umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi merupakan gabungan penyebab yang saling kait mengait. Sebagai contoh, retak pinggir, pada awalnya dapat diakibatkan oleh tidak baiknya sokongan dari samping. Dengan terjadinya retak pinggir, memungkinkan air meresap masuk ke lapis bawahnya yang melemahkan ikatan antara aspal dan agregat, hal ini dapat menimbulkan lubang-lubang disamping melemahkan daya dukung lapisan di bawahnya. Maka dalam mengevaluasi kerusakan jalan perlu ditentukan: jenis kerusakan (*distress type*) dan penyebabnya, tingkat kerusakan (*distress severity*) dan jumlah kerusakan (*distress amount*), Sehingga dapat ditentukan jenis penanganan yang paling sesuai (Aly, 2007).

Kerusakan jalan menurut manual pemeliharaan jalan Nomor: 03/MN/B/1983 yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Bina Marga, meliputi retak



(*Cracking*) yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas: (1) Retak halus atau retak garis (*hair cracking*), lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus dapat meresapkan air ke dalam lapis permukaan. Retak halus dapat berkembang menjadi retak kulit buaya jika tidak ditangani sebagaimana mestinya. (2) Retak kulit buaya (*alligator crack*), memiliki lebar celah lebih besar atau sama dengan tiga mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik). Retak kulit buaya jika tidak diperbaiki dapat diresapi air sehingga lama kelamaan terlepas butir-butirnya sehingga menyebabkan lubang. (3) Retak pinggir (*edge crack*), yaitu retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu jalan. Penyebabnya adalah tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadi penyusutan tanah, atau terjadinya *settlement* di bawah daerah tersebut. Akar tanaman tumbuh di tepi perkerasan dapat pula menjadi sebab terjadinya retak pinggir. Di lokasi retak, air meresap yang dapat semakin merusak lapisan permukaan. (4) Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), yaitu retak memanjang yang umumnya terjadi pada sambungan bahu jalan dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase di bawah bahu jalan lebih buruk dari pada di bawah perkerasan, terjadinya *settlement* di bahu jalan, penyusutan material bahu

atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk atau kendaraan berat di bahu jalan.

(5) Retak sambungan jalan (*lane joint crack*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan dua jalur lalu lintas. Penyebabnya yaitu tidak baiknya ikatan sambungan kedua jalur.

(6) Retak sambungan pelebaran jalan (*widening crack*), adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Penyebabnya ialah perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama atau dapat juga disebabkan oleh ikatan sambungan tidak baik.

(7) Retak refleksi (*reflection crack*) yaitu retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum *overlay* dilakukan.

(8) Retak susut (*shrinkage cracks*) yaitu retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Penyebabnya ialah perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.

(9) Retak selip (*slippage cracks*) yaitu retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Penyebabnya ialah kurang baiknya ikatan antara lapisan permukaan dan lapis di bawahnya. Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air, atau benda nonadhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya *tack coat* sebagai bahan pengikat di antara kedua lapisan.

Pada umumnya perbaikan kerusakan jenis retak dilakukan dengan mengisi celah retak dengan campuran pasir dan aspal. Bila retak telah meluas dan kondisinya

cukup parah maka dilakukan pembongkaran lapisan yang retak tersebut untuk kemudian diganti dengan lapisan yang lebih baik.

Distorsi adalah perubahan bentuk yang dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadinya tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan atas: (1) Alur (*ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan, mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat timbul retak-retak. Penyebabnya ialah lapis perkerasan yang kurang pada, dengan demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda. Perbaikan dapat dilakukan dengan memberi lapisan tambahan dari lapis permukaan yang sesuai. (2) Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi melintang jalan. Penyebabnya ialah rendahnya stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyaknya mempergunakan agregat halus, agregat berbentuk bulat dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi. Keriting dapat juga terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang menggunakan aspal cair). (3) Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, di tempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, dan tikangan tajam. (4) Ambblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Ambblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan yang akhirnya menimbulkan lubang. Penyebab ambblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan,

pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami *settlement*. (5) Jembul (*upheavel*) terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah dasar ekspansif. Pada umumnya perbaikan kerusakan jenis distorsi dilakukan dengan cara membongkar bagian yang rusak dan melapisnya kembali (Oemar, 2001).

Cacat permukaan (*disintegration*) ini adalah lubang (*potholes*) berbentuk serupa mangkuk, memiliki ukuran bervariasi dari kecil sampai besar yang mampu menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan. Pelepasan butir (*ravelling*), memiliki akibat yang sama dengan yang terjadi pada jalan berlubang. Perbaikan dilakukan dengan memberikan lapisan tambahan di atas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan dan dikeringkan. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya permukaan. Perbaikan dilakukan dengan cara diratakan kemudian dipadatkan dengan lapisan baru (Oemar, 2001).

Pengausan (*Polished Aggregate*) menyebabkan permukaan jalan licin yang membahayakan kendaraan. Penyebabnya adalah karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk cubical (Hardiyatmo, 2002).

Kegemukan (*Bleeding or Flushing*) penyebab kegemukan (*bleeding*) ialah pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal yang mengakibatkan permukaan jalan menjadi licin, khususnya pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan menimbulkan jejak roda. Perbaikan dilakukan dengan mengangkat lapis aspal dan kemudian memberi lapisan penutup atau menaburkan agregat panas yang kemudian dipadatkan, atau lapisan aspal diangkat dan kemudian diberi dengan lapisan penutup (Dipohusodo, 1996).

Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas (*Utility Cut Depression*) terjadi di sepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi akibat pemadatan yang tidak memenuhi syarat, setelah dilakukannya penanaman utilitas. Perbaikan dilakukan dengan membongkar kembali dan mengganti dengan lapisan yang sesuai (Erviyanto, 2002).

#### **2.4. Pemeliharaan Jalan**

Pemeliharaan jalan adalah penanganan jalan yang meliputi perawatan, rehabilitasi, penunjang dan peningkatan (PP 26 tahun 1985 tentang jalan). Pemeliharaan jalan mempunyai strategi dan teknik agar pelaksanaannya dapat dilakukan secara efektif dan efisien sehingga menghasilkan jalan dalam kondisi baik. Beberapa strategi dan teknik pemeliharaan jalan adalah pemeliharaan rutin, perawatan atau perbaikan, pemeliharaan berkala, dan pemeliharaan darurat. Pemeliharaan rutin adalah penanganan yang diberikan terhadap lapis permukaan yang sifatnya untuk meningkatkan kualitas berkendara (*riding quality*), tanpa meningkatkan kekuatan struktural dan dilakukan sepanjang tahun atau terus menerus. Pada umumnya, perbedaan pekerjaan yang diklasifikasikan sebagai

pemeliharaan rutin adalah pekerjaan peningkatan atau pekerjaan pengembalian kondisi untuk perkerasan dan bahu jalan (Anonim, 2004).

Perawatan atau perbaikan adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebagai tindakan koreksi, dengan selang waktu tertentu sepanjang tahun yang frekuensi perbaikannya tergantung pada kondisi lapangan. Kegiatan perawatan meliputi antara lain penambalan lubang, alur, *sealing*, perbaikan tambalan lapis permukaan atau pondasi, perataan permukaan dan perbaikan tepi jalan. Kegiatan perawatan atau perbaikan ini dikelompokkan ke dalam pemeliharaan rutin sebelum kegiatan pemeliharaan berkala dilakukan (Anonim, 2000).

Pemeliharaan berkala adalah pemeliharaan yang dilakukan terhadap jalan pada waktu-waktu tertentu (tidak menerus sepanjang tahun) dan sifatnya meningkatkan kemampuan struktural. Pemeliharaan darurat adalah kegiatan pemeliharaan yang disebabkan masalah-masalah penting yang penanganannya harus segera dilaksanakan agar lalu-lintas tidak terhenti, misalnya penyingkiran longsor, pohon tumbang yang menghalangi jalan, penempatan rambu lalu-lintas sementara atau pekerjaan lainnya. Pemeliharaan jalan dilakukan agar standar jalan dapat dipertahankan seperti kualitas pada jalan tersebut dibuat. Pemeliharaan jalan juga bertujuan untuk melindungi investasi pada pembuatan jalan, menjaga keselamatan para pemakai jalan dan mengurangi biaya operasi kendaraan (Anonim, 2000).

Perancangan konstruksi perkerasan jalan mutlak diperhitungkan dalam perencanaan sistem jaringan jalan. Tingginya biaya yang dikeluarkan untuk membangun jalan sangat mempengaruhi keputusan dalam merencanakan sistem

jaringan jalan. Hal ini pula turut mempengaruhi pemilihan jenis konstruksi perkerasan jalan yang akan digunakan (Hajek, 1994).

Kegiatan estimasi adalah salah satu poses utama dalam proyek konstruksi untuk menjawab seberapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang terlibat didalamnya (Pemayun, 2003).

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya yang lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan, Kushartini (2000) menyatakan bahwa biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan, disimpulkan bahwa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari suatu pekerjaan terlibat dalam satu rumus:

$$RAB = \sum (\text{volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda. Sehingga dalam menentukan perhitungan dan penyusunan anggaran biaya suatu pekerjaan harus berpedoman pada harga suatu bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

Menurut Soedrajat (1985) jika diperhitungkan dari segi biaya pembangunannya, jalan yang dibangun dengan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) membutuhkan dana jauh lebih sedikit dibandingkan dengan

berarti melihat masa depan, memperhitungkan, dan mengadakan prakiraan atas hal-hal yang akan dan mungkin terjadi. Sedangkan analisis biaya menitikberatkan pada pengkajian dan pembahasan biaya kegiatan masa lalu yang akan dipakai sebagai masukan.

Menurut Hajek (1994) bahwa banyak perusahaan dalam suasana ekonomi yang dinamis dewasa ini mengalami persaingan yang sangat ketat. Kelangsungan hidup suatu organisasi tergantung pada keberhasilannya dalam menaksir biaya untuk berprestasi secara memuaskan dalam berbagai kontrak. Pembuatan Rencana Anggaran Biaya mengandung unsur ketidakpastian data masukan, misalnya data penggunaan jam-orang, bahan yang digunakan, alat yang digunakan, dan sebagainya yang sangat tergantung pada pengalaman estimator di lapangan. Dalam taksiran biaya harus diperhitungkan pula biaya cadangan yang cukup guna menutup bidang-bidang resiko itu. Perhitungan yang tidak mempertimbangkan cadangan untuk resiko-resiko yang akan terjadi, mungkin berhasil memenangkan tender karena rendahnya penawaran, tetapi pada umumnya akan mengalami kerugian yang menyangkut kontrak. Jelas, tidak ada perusahaan yang dapat bertahan lama bisa beroperasi jika perusahaannya merugi. Sebaliknya perusahaan yang terlalu banyak mempertimbangkan cadangan untuk resiko-resiko yang akan terjadi dalam perkiraan biayanya tidak akan memenangkan tender dan tidak akan dapat berkembang. Dalam menaksir biaya yang hendak ditawarkan, estimator harus mempergunakan segenap pengalaman, kelihaihan berusaha, serta pengetahuannya untuk mendapatkan taksiran yang tidak hanya memungkinkannya untuk memenangkan tender, juga akan mendapatkan keuntungan yang wajar bagi

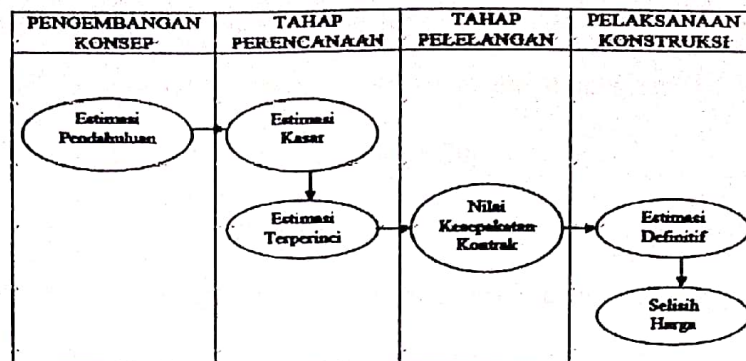


perusahaannya. Kesulitan mendapatkan taksiran biaya yang tepat berbanding lurus dengan jumlah pekerjaan dalam perencanaan atau pengembangan yang dilaksanakan. Syarat utama adalah estimator harus mengetahui apa yang diperlukan dalam suatu penawaran atau pendekatan rekayasa apa yang akan dipakai untuk memenuhi persyaratan. Untuk mendapatkan perhitungan yang cepat maka harus dikembangkan suatu model perhitungan biaya untuk meningkatkan pemahaman tentang proyek dan untuk mengkomunikasikan konsep yang kompleks.

Beberapa metode estimasi biaya menurut Soeharto (1997) adalah sebagai berikut:

1. Metode Parameter, ialah metode yang mengaitkan biaya dengan karakteristik fisik tertentu dari obyek, misalnya: luas, panjang, berat, volume dan sebagainya.
2. Memakai daftar indeks harga dan informasi proyek terdahulu, yaitu dengan mencari angka perbandingan antara harga pada suatu waktu (tahun tertentu) terhadap harga pada waktu (tahun) yang digunakan sebagai dasar. Juga pemakaian data dari *manual*, *hand book*, katalog, dan penerbitan berkala, amat membantu dalam memperkirakan biaya proyek.
3. Metode menganalisis unsur-unsurnya (*elemental cost analysis*), yaitu dengan cara menguraikan lingkup proyek menjadi unsur-unsur menurut fungsinya.
4. Metode faktor, yaitu dengan memakai asumsi bahwa terdapat angka korelasi diantara harga peralatan utama dengan komponen-komponen yang terkait.

5. *Quantity take-off*, yaitu dengan membuat perkiraan biaya dengan mengukur kuantitas komponen-komponen proyek dari gambar, spesifikasi, dan perencanaan.
6. Metode harga satuan, yaitu dengan memperkirakan biaya berdasarkan harga satuan, dilakukan bilamana angka yang menunjukkan volume total pekerjaan belum dapat ditentukan dengan pasti, tetapi biaya per unitnya (per meter persegi, per meter kubik) telah dapat dihitung.
7. Memakai data dan informasi proyek yang bersangkutan, yaitu metode yang memakai masukan dari proyek yang sedang ditangani, sehingga angka-angka yang diperoleh mencerminkan keadaan yang sesungguhnya. Seiring dengan laju kemajuan pelaksanaan proyek, tataran kecermatan dan ketelitian estimasi yang diperlukan sudah tentu akan semakin meningkat pula. Sehingga biasanya suatu proyek dimulai dengan kebutuhan macam estimasi yang kurang terperinci dan selanjutnya dapat dikelompokkan dalam urutannya, sebagai berikut: (a) Estimasi pendahuluan, dibuat pada tahap awal proyek dalam rangka upaya pendekatan kelayakan ekonomi di samping tujuan pengendalian pembiayaan. (b) Estimasi terperinci, dibuat dengan dasar hitungan volume pekerjaan, biaya, serta harga satuan pekerjaan. (c) Estimasi definitif, merupakan gambaran pembiayaan dan pertanggungjawaban rampung untuk suatu proyek dengan hanya kemungkinan kecil terjadi kesalahan.



Sumber: Istimawan D, 1996

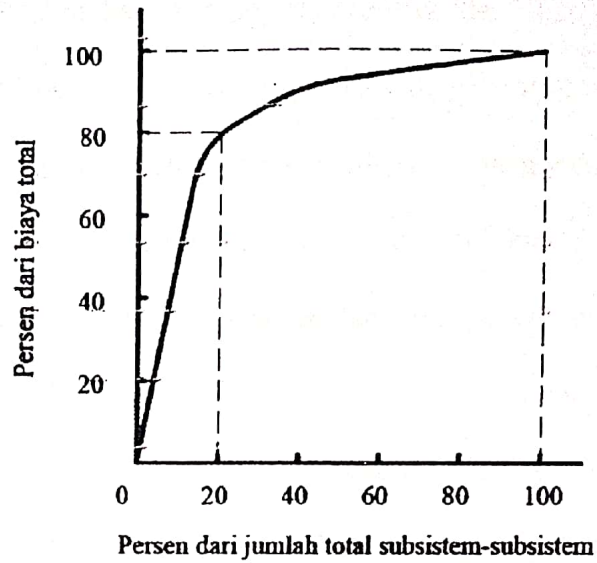
Gambar 10. Macam estimasi sesuai dengan tahapan proyek

Pada Gambar 10 diberikan skema urutan kebutuhan macam estimasi sesuai dengan tahapan proyek. Pada tahapan kelayakan proyek, prosentase kurang akuratnya perkiraan biaya cukup besar, dan makin mendekati penawaran proyek prosentase kurang akuratnya perkiraan biaya makin kecil. Hal ini disebabkan belum detailnya dokumen proyek yang tersedia diantaranya gambar, spesifikasi, kontrak, dan ketentuan lainnya.

Hambatan-hambatan dalam praktek estimasi biaya ditinjau dari pendeknya waktu yang dimiliki oleh para quantity surveyor di dalam melaksanakan estimasi biaya, maka akan mungkin muncul hambatan-hambatan di dalam estimasi tersebut. Victor G. Hajek (1994) menyampaikan beberapa hambatan yang mungkin muncul dalam pelaksanaan estimasi, yaitu:

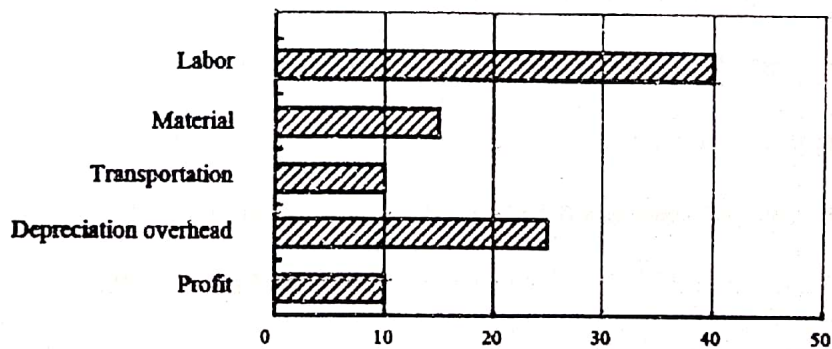
1. Adanya hal-hal yang terlewatkan. Apakah ada unsur biaya penting yang terlupakan, misalnya apakah telah direncanakan adanya pemeriksaan dan apakah taksiran telah memperhitungkan biaya perekayasaan, bahan, dan lain-lain bagi upaya demikian.

2. Rincian pekerjaan yang tak memadai. Apakah struktur rincian pekerjaan yang sedang digunakan telah memperhatikan secara cukup segenap sub sistem serta upaya yang diperlukan bagi proyek tersebut.
3. Salah tafsir tentang fungsi atau data proyek. Tepatkah penafsiran kerumitan disain tersebut, salah tafsir akan mengakibatkan taksiran yang terlalu tinggi atau terlalu rendah.
4. Penggunaan teknik penaksiran yang salah. Bagi disain yang dipermasalahkan harus diterapkan teknik penaksiran yang benar, misalnya penggunaan statistik biaya yang diperoleh dari jalan produksi suatu sub sistem yang serupa bagi suatu alat prototipe yang memerlukan pekerjaan perekayasaan dan/atau pengembangan pasti akan menghasilkan taksiran yang sangat terlampau rendah.
5. Kegagalan mengidentifikasi dan berkonsentrasi pada unsur-unsur biaya utama. Telah ditetapkan secara statistik bahwa setiap proyek, 20 persen dari subsistem-subsistem akan menyebabkan 80 persen biaya total, seperti terlukis dalam Gambar 11. Dengan demikian para quantity surveyor seyogyanya memusatkan waktu serta upayanya pada subsistem-subsistem serta golongan-golongan upaya biaya tinggi guna meningkatkan peluang mereka memperoleh taksiran biaya yang tepat.



Gambar 11. Hukum Pareto Tentang Distribusi

Pekerjaan proyek konstruksi biaya total proyek merupakan jumlah komponen biaya yang meliputi biaya atas tenaga kerja, biaya material, biaya peralatan, biaya tak langsung, dan keuntungan yang prosentasenya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Total Program Cost Distribution

Estimasi komponen biaya tenaga kerja merupakan aspek paling sulit dari keseluruhan analisis biaya konstruksi. Banyak sekali faktor berpengaruh yang harus diperhitungkan antara lain: kondisi tempat kerja, ketrampilan, lama waktu

kerja, kepadatan penduduk, persaingan, produktivitas, dan indeks biaya hidup setempat. Dari sekian banyak faktor, yang paling sulit adalah mengukur dan menetapkan tingkat produktivitas, yaitu prestasi pekerjaan yang dapat dicapai oleh pekerja atau regu kerja setiap satuan waktu yang ditentukan. Tingkat produktivitas selain tergantung pada keahlian, ketrampilan, juga terkait dengan sikap mental pekerja yang sangat dipengaruhi oleh keadaan setempat dan lingkungannya.

Sementara analisis biaya material meliputi perhitungan seluruh kebutuhan volume dan biaya material yang digunakan untuk setiap komponen bangunan, baik material pekerjaan pokok maupun penunjang. Biaya material diperoleh dengan menerapkan harga satuan yang berlaku pada saat dibeli. Harga satuan material merupakan harga di tempat pekerjaan yang di dalamnya sudah termasuk memperhitungkan biaya pengangkutan, menaikkan dan menurunkan, pengepakan, asuransi, pengujian, penyusutan, penyimpanan di gudang, dan sebagainya.

Estimasi biaya peralatan termasuk pembelian atau sewa, mobilisasi, demobilisasi, memindahkan, transportasi, memasang, membongkar, dan pengoperasian selama konstruksi berlangsung. Apabila kontraktor tidak mempunyai alat penting yang diperlukan untuk menangani proyek, maka harus memutuskan untuk membeli atau menyewanya. Sedangkan jika kontraktor memiliki alat yang dimaksud biasanya masih harus mempertimbangkan beberapa hal: apakah alat dalam keadaan menganggur dan siap pakai, butuh biaya perbaikan dan persiapan, biaya mobilisasi, dan apakah alatnya layak untuk dioperasikan. Adakalanya, dengan memperhatikan sederetan permasalahan yang dihadapi

mungkin masih akan lebih ekonomis jika diputuskan untuk membeli alat baru atau menyewa.

Biaya tak langsung dibedakan menjadi dua golongan, yaitu biaya umum (*overhead cost*) dan biaya proyek yang dikelompokkan menjadi sebagai biaya umum adalah (1) gaji personil tetap kantor pusat dan lapangan; (2) pengeluaran kantor pusat seperti sewa kantor, telepon, dan sebagainya; (3) perjalanan beserta akomodasi; (4) biaya dokumentasi; (5) bunga bank; (6) biaya notaris; dan (7) peralatan kecil dan material habis pakai. Sedangkan yang dapat dikelompokkan sebagai biaya proyek, pengeluarannya dapat dibebankan pada proyek tetapi tidak dimasukkan pada biaya upah tenaga kerja, material, atau peralatan, yaitu: (1) bangunan kantor lapangan beserta perlengkapannya; (2) biaya telepon kantor lapangan; (3) kebutuhan akomodasi lapangan seperti listrik, air bersih, air minum, sanitasi, dan sebagainya; (4) jalan kerja dan parkir, batas perlindungan, dan pagar di lapangan; (5) pengukuran lapangan; (6) tanda-tanda untuk pekerjaan dan kebersihan lapangan pada umumnya; (7) pelayanan keamanan dan keselamatan kerja; (8) pajak pertambahan nilai; (9) biaya asuransi; (10) biaya jaminan penawaran, jaminan pelaksanaan, dan jaminan pemeliharaan; (11) asuransi risiko pembangunan dan asuransi kerugian; (12) surat ijin dan lisensi; (13) inspeksi, pengujian, dan pengetesan; (14) sewa peralatan besar utama; dan (15) premi pekerjaan bila diperlukan.

Nilai keuntungan pada umumnya dinyatakan sebagai persentase dari seluruh jumlah pembiayaan. Secara umum, biasanya untuk proyek kecil ditetapkan persentase keuntungan yang semakin besar, demikian pula untuk

keadaan yang sebaliknya. Pada prinsipnya penetapan besarnya keuntungan juga dipengaruhi oleh besarnya risiko atau kesulitan-kesulitan yang akan dihadapi, yang seringkali tidak tampak nyata.

Menurut Poh dan Horner (1995) dalam jurnal *cost-significant modelling its potential for use in south-east Asia*, menyatakan bahwa proses tender di Indonesia kadangkala dipengaruhi budaya setempat. Hubungan berdasarkan kepercayaan antara pelanggan (*owner*) dengan kontraktor dapat mengurangi perhitungan estimasi proyek secara detail. Kontraktor cukup hanya mengidentifikasi dan menggambarkan secara kasar kebutuhan proyek dan melaksanakan negosiasi harga.

Sebagai dasar dari *cost significant model* adalah dengan mengandalkan pada penemuan yang terdokumentasi dengan baik bahwa 80% dari nilai total biaya proyek termuat di dalamnya 20% item-item pekerjaan yang paling mahal. Untuk proyek yang memiliki ciri-ciri yang sejenis, item-item *cost significant* secara kasar adalah sama. *Cost significant items* dapat dikumpulkan dengan menggunakan teknik yang bervariasi ke dalam nomor yang sama dari item-item pekerjaan *costsignificant*, yang dapat mempresentasikan proporsi yang tepat dari total biaya anggaran yang biasanya mendekati 80%. Nilai total dari proyek biasanya dapat diperhitungkan dengan mengalikan total harga dari paket-paket *cost-significant* dengan faktor yang tepat, mendekati 1,25. Nilai dari ini bervariasi tergantung dari kategori dan analisis data historis. Paket pekerjaan direncanakan dapat mencerminkan pelaksanaan lapangan, dengan demikian umpan balik dan kontrol bisa difasilitasi. Secara kesamaan hanya sekitar 10% dari jumlah item dari



anggaran konvensional. Penyederhanaan dari model ini mengurangi waktu untuk mengestimasi biaya dibandingkan dengan anggaran biaya tradisional, yang dapat terdiri dari ribuan item. *Cost significant models* dapat digunakan untuk mengestimasi biaya lebih baik dari 5%, dan perhitungan akhir lebih baik dari 1%. Akurasi dapat ditingkatkan atau diturunkan dengan memperbaiki model dan tergantung dari data yang tersedia.

Metode *cost significant model* pernah diterapkan di Singapura, pada proyek pembangunan gedung asrama mahasiswa *Nanyang Technological University (NTU)* pada tahun 1993. Data yang digunakan adalah 6 paket pekerjaan yang menggunakan metode tradisional *BoQ (Bill of Quantity)*, untuk memprediksi 2 (dua) paket pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari delapan proyek pada dasarnya adalah sama, perbedaan biaya terjadi karena perbedaan luas, pengaruh inflasi dan sebagian dari perubahan spesifikasi yang ditentukan. Menurut Poh and Horner (1995), metode *cost significant model* yang digunakan dengan mendasarkan pada analisa data proyek yang lalu, mempunyai langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tidak mengikutsertakan item pekerjaan yang terkadang jumlahnya cukup besar namun tidak setiap pekerjaan ada. Item-item tersebut sering merupakan variabel biaya tinggi dan tergantung sekali pada karakteristik lapangandan persyaratan pelanggan, sehingga akan menghambat keakuratan pengembangan model.
2. Mengelompokkan item-item pekerjaan dimana penggabungan item pekerjaan bisa dilaksanakan apabila pekerjaan tersebut mempunyai satuan ukuran yang

sama, harga satuannya tidak berbeda secara signifikan, atau bisa menggambarkan operasi kerja lapangan.

3. Menghitung pengaruh *time value* terhadap harga-harga item pekerjaan. Harga pekerjaan pada tahun pelaksanaan disesuaikan dengan harga pada tahun yang diproyeksikan dengan memperhitungkan faktor inflasi.
4. Mencari *cost-significant items*, yang diidentifikasi sebagai item-item terbesar yang jumlah persentasenya sama atau lebih besar dari 80% total biaya proyek.
5. Membuat model biaya dari *cost significant items* yang telah ditentukan.
6. Mencari rata-rata *cost model faktor (CMF)*. CMF didapatkan dengan cara membagi nilai proyek yang didapatkan dari model dengan nilai actual proyek.
7. Menghitung estimasi biaya proyek dari *cost significant model*, dengan cara membagi nilai proyek yang diprediksi dari model dengan rata-rata CMF.
8. Menghitung akurasi model dalam bentuk persentase dari selisih antara harga yang diprediksi dengan harga sebenarnya dibagi dengan harga sebenarnya.

Kelebihan dari metode *cost model faktor* adalah dapat memprediksi biaya proyek dengan mudah, cepat, dan cukup akurat, walaupun belum tersedianya uraian dan spesifikasi pekerjaan. Metode ini dapat digunakan pada tahap-tahap awal proyek seperti pada saat penyusunan konsep, studi kelayakan, dan perencanaan pendahuluan. Sedangkan kelemahannya adalah proyek yang ditinjau harus sama, dibutuhkan data historis proyek yang terdahulu dan akurasi model sangat dipengaruhi oleh baik tidaknya data yang dikumpulkan. *Cost significant model* adalah salah satu model peramalan biaya total konstruksi berdasarkan data penawaran yang lalu, yang lebih mengandalkan pada harga paling signifikan di

dalam mempengaruhi biaya total proyek sebagai dasar peramalan (estimasi), yang diterjemahkan ke dalam perumusan regresi berganda (Pemayun, 2003).

## 2.6. Hasil Penelitian Terdahulu

Di bawah ini merupakan rincian hasil penelitian yang sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh peneliti lain di berbagai tempat. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan penelitian terdahulu dengan rencana penelitian.

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Rudi Waluyo, <i>dkk</i> , 2008.	Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa: a. Biaya Konstruksi perkerasan kaku Rp. 5.310.421.058. b. Biaya Konstruksi perkerasan lentur Rp. 4.028.077.446. c. Dari perbandingan biaya konstruksi antara perkerasan kaku Rp. 5.310.421.058 dengan perkerasan lentur Rp.4.028.077.446 menunjukkan bahwa perkerasan lentur dapat menghemat biaya sebesar 24,15 %.
Retna Hapsari Kartadipura, 2011.	Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode <i>Annual Worth</i> .	Hasil penelitian yang dilakukan didapat kesimpulan didapatkan perbandingan biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur ditinjau dari umur rencana. Berdasarkan <i>Annual Worth</i> bila ditinjau dari umur rencana, Perkerasan Kaku lebih ekonomis bila dibandingkan dengan Perkerasan Lentur. Pada perkerasan kaku didapatkan biaya sebesar Rp. 142.232/m, sedangkan pada perkerasan lentur didapat biaya

		yang lebih kecil yaitu Rp. 184.471/m <sup>2</sup> . Perkerasan kaku lebih ekonomis karena mempunyai ongkos yang lebih kecil.
Eusebius Cerino Beka, 2011.	Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku terhadap Beban Operasional Lalu Lintas dengan Metode Bina Marga pada Ruas Jalan Sampang - Pamekasan (sta.84+000 - 97+000).	Hasil perhitungan menunjukkan beban operasional yang melewati jalan sampan-pamekasan pada tahun ke-20 sebesar 70.679 smp/hari. Untuk tebal perkerasan lentur didapat lapisan perkerasan laston ms 744 dengan tebal 10 cm, laston atas 15 cm dan lapisan pondasi bawah sirtu (kelas 70%) dengan tebal 30 cm, dan untuk perkerasan kaku dengan lapisan pelat beton ( <i>surface</i> ) k-350 dengan tebal 21 cm, dengan <i>sub-base</i> dengan tebal 15 cm. Diketahui juga biaya investasi awal dan biaya perawatan untuk perkerasan lentur pada tahun ke-20 sebesar Rp. 16.581.985/m sedangkan untuk perkerasan kaku sebesar 20.549.776,/m.
Oktodelina Nurahmi, 2012.	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung.	Dari hasil analisis dan evaluasi ekonomi diperoleh hasil B/C=-235,9, Alternatif B/C= 206,01 dan B/C=18,04. Dengan demikian, dipilih Alternatif B atau perkerasan kaku untuk Jalan Lingkar Mojoagung dengan alasan lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.