

## BAB 2

### Kajian Pustaka

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dalam suatu penelitian adalah adanya suatu relevansi antara suatu penelitian yang sedang berlangsung dengan penelitian yang sudah terjadi ( terdahulu )

Penelitian yang berhubungan dengan perkerasan jalan telah banyak dilakukan. Berikut perbandingan penelitian ini dengan penelitian terdahulu :

- 1) Purnama (2011) melakukan Penelitian “ Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Pada Underpass Cibubur ”

Perkerasan jalan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan struktur yang terdiri dari plat beton semen yang bersambung (tidak menerus), atau menerus, tanpa atau dengan tulangan terletak diatas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan lapisan aspal sebagai lapis permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tebal lapis perkerasan kaku yang dibutuhkan, mengetahui perbedaan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan kaku dengan metode Bina Marga Pd T-14-2003 dan metode *National Associations of Australian State Road Authorities (NAASRA)* 1987 dan mengetahui biaya pembangunan perkerasan kaku pada *Underpass* Cibubur

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

- a. Lokasi penelitian yang berbeda dengan penelitian yang saat ini dilakukan di wilayah Sampang – Pamekasan ( Madura )
- b. Penelitian yang terdahulu membandingkan Rumus Bina Marga dan Naasra sedang penelitian saat ini di kerjakan adalah membandingkan tebal lapis Perkerasan yang akan digunakan
- c. Mengetahui perbandingan anggaran biaya yang akan digunakan pembangunan perkerasan kaku dan perkerasan lentur

- 2) Risman ( 2017 ) Melakukan penelitian “ Analisa Perbandingan Biaya Kontruksi Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur Pada Jalan Kawasan Industry Di Bandung ”

Penelitian ini melakukan topic permasalahan yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku jalan di kawasan industri di Bandung yang awalnya didesain menggunakan perkerasan lentur, akan tetapi karena kondisi muka air normal sungai dikawasan industri tersebut lebih tinggi dari elevasi jalan rencana dan kondisi cuaca yang tidak menentu sehingga sering terjadi genangan air, maka diajukan penelitian atau perencanaan perubahan kontruksi jalan dari lentur menjadi perkerasan kaku. Untuk itu dilakukan sebuah analisa dan peninjauan sebuah perkerasan jala tersebut dengan cara melakuka sebuah study kepustakaan, observasi lapangan, dan menganalisa biaya kontruksinya dengan tujuan agar didapat jenis perkerasan yang lebih tepat dan evisien.dari hasil penelitian didapatkan perkerasan kaku dengan

susunan lapis permukaan dari pelat beton K- 300 dengan tebal 21 C, lapis pondasi bawah dari campuran beton kurus ( CBK ) 15 Cm.tebal perkerasan lentur dengan susunan lapis permukaan dari AC –WC 10 Cm, lapis pondasi dari batu pecah kelas A 25 Cm, dan lapis pondasi bawah dari sirtu kelas A 50 Cm. dari perhitungan biaya kontruksi diperoleh perbedaan anggaran biaya yang diperlukan.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

- a. Lokasi penelitian yang berbeda dengan penelitian yang saat ini dilakukan di wilayah Sampang – Pamekasan ( Madura )
  - b. Penelitian terdahulu memperhitungkan evisiensi anggaran biaya yang akan digunakan untuk pekerjaan tersebut antara menggunakan perkerasan kaku dan lentur sedangkan penelitian sekarang membandingkan tebal perkerasan yang akan digunakan perkerasan lentur ( Lapis Pondasi Agregat Kelas A dan Lapis Pondasi Agregat Kelas B )
  - c. Mengetahui perbandingan anggaran biaya yang akan digunakan pembangunan perkerasan kaku dan perkerasan lentur
- 3) Risdika Agung ( 2017 ) Melakukan Penelitian “ Analisa Perbandingan Perkerasan Lentur dengan Perkerasan Kaku pada Ruas Jalan Ajung Kabupaten Jember**
- Penelitian ini melakukan penelitian perbandingan perhitungan antara kontruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku dari segi kekuatan dan

ekonomis serta yang cocok digunakan di jalan Ajung. Sedangkan perhitungan yang dilakukan yaitu tebal perkerasan lentur dan kaku, mencari total biaya yang akan diperlukan untuk biaya pembangunan proyek tersebut berdasarkan konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku dan menganalisa kelayakan secara kekuatan serta nilai ekonomis yang didapat dari hasil penelitian tersebut

Berdasarkan hasil akhir perhitungan didapatkan tebal perkerasan lentur surface dengan tebal 10,125 cm, base course tebal 25 cm dan sub base course tebal 25 cm sedangkan untuk perkerasan kaku didapat bagian beton semen tebal 23,5 cm dan base course tebal 10 cm. setelah melakukan perhitungan dengan hasil perhitungan analisa kekuatan dan ekonomis serta perkerasan yang cocok digunakan di jalan Ajung didapat konstruksi perkerasan kaku lebih aman dan lebih menguntungkan dibandingkan dengan konstruksi perkerasan lentur

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

- a. Lokasi penelitian yang berbeda dengan penelitian yang saat ini dilakukan di wilayah Sampang – Pamekasan ( Madura )
- b. Penelitian terdahulu memperhitungkan perbandingan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku serta nilai ekonomis biaya untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang akan digunakan sedangkan penelitian sekarang melakukan pembahasan pemakaian alternatif tebal perkerasan

perkerasan lentur ( Lapis Pondasi Agregat Kelas A dan Lapis Pondasi Agregat Kelas B )

- c. Mengetahui Tebal Perkerasan Lapis Pondasi Agregat Kelas A dan Lapis Pondasi Agregat Kelas B yang akan digunakan serta anggaran biaya yang akan digunakan pembangunan dan perkerasan lentur

<b>Table 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu</b>
---

No.	Nama Peneliti Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Model / Metode	Hasil Penelitian
1	Risman ( 2017 )	Analisa Pebandingan Biaya Kontruksi Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur Pada Jalan Kawasan Industri Di Bandung	Analisa Kapasitas Kendaraan Berdasarkan Pada Manual Kapasitas Jalan Kendaraan ( MKJI ) 1997	Muka air normal sungai dilokasi proyek lebih tinggi dari elevasi jalan rencana sehingga terjadi genangan pada saat turun hujan, berdasarkan hasil perhitungan biaya kontruksi penggunaan perkerasan kaku lebih tepat dan efisiensi dari pada perkerasan lentur.
2	Joko Wibowo ( 2017 )	Analisis desain perkerasan jalan metode Bina Marga 1987, Bina Marga 2002 dan evaluasi struktur perkerasan jalan	Bina Marga 1987 dan Bina Marga 2002	Dari hasil perhitungan desain perkerasan jalan antara metode bina marga 1987 dengan bina marga 2002 yang lebih baik atau relevan adalah desain bina marga 2002 dengan alas an lebih hemat atau efisien
3	Yonandika Pandu Putranto ( 2016 )	Perencanaan tebal perkerasan kaku ( Rigid Pavement ) pada ruas jalan Tol Karanganyar - Solo	Metode AASHTO 1993 Sebagai Pembanding Hasil Perencanaan Dengan Menggunakan Metode Jenis Perkerasan Tanpa Tulangan	Perbandingan perhitungan dengan menggunakan metode Bina Marga 2002 dan AASHTO 1993.

4	Robi Susilo ( 2018 )	Analisis perencanaan tebal lapis perkerasan jalan raya	Menentukan metode perencanaan menentukan desain tebal lapis perkerasan lentur yang sesuai dengan ruas jalan Ki Hajar Dewantara Kecamatan Batanghari Lampung Timur	Tebal lapis perkerasan lentur berdasarkan nilai CBR desain dari tanah stabilisasi kapur 22 % adalah yang paling sesuai untuk ruas jalan KI Hajar Dewantara Kecamatan Batang Hari Lampung Timur
5	Ricky ( 2013 )	Analisis tebal perkerasan lentur jalan baru menggunakan manual desain perkerasan jalan	Metode Perhitungan Menggunakan Metode Bina Marga 2002, Bina Marga 2005, Dan Ina Marga 2013	Jika Penyedia Jasa kurang berkompeten serta sumber daya tidak memadai untuk mengerjakan kontruksi CTB maka solusi menggunakan Lapis Pondasi Agregat Kelas A dapat digunakan
6	Annisa Pradnya Widiastuti ( 2018 )	Analisa perbandingan desain struktur perkerasan lentur menggunakan metode Empiris dan metode mekanistik Empiris pada ruas jalan Legundi – Kanigoro – Planjan	Desain Perencanaan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris Dan Metode Mekanistik Empiris	Perbandingan metode perhitungan perencanaan tebal perkerasan lentur jalan dengan metode Bina Marga 2017 dan Metode Mekanistik Empiris
7	Ainun Nikmah ( 2013 )	Perencanaan perkerasan kaku ( Rigid Pavement ) jalan Purwodadi – Kudus	Metode Yang Di Pakai Dalam Perencanaan Yaitu Metode Observasi Dan Metode Studi Pustaka	Perencanaan yang teliti bertujuan agar perubahan pekerjaan dapat diminimalkan sehingga pelaksanaan pekerjaan

				dapat berjalan lancar serta tetap memperhatikan faktor keamanan dan kenyamanan sangat penting dalam perencanaan jalan raya
<b>8</b>	Niken Lestari ( 2015 )	Analisis kerusakan dan perencanaan tebal perkerasan jalan kaku dengan metode Bina Marga 2003	Metode Perencanaan Perkerasan Kaku Bersambung Dengan Tulangan Dengan Metode Bina Marga 2003 Dan Mengidentifikasi Kerusakan Yang Terjadi Dengan Metode Tata Cara Pemeliharaan	Perencanaan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan menggunakan Metode Bina Marga 2003 dan mengidentifikasi presentasi kerusakan yang terjadi serta mengetahui Metode perbaikan yang disarankan dengan metode tata cara pemeliharaan perkerasan kaku ( Rigid Pavement )
<b>9</b>	Surat ( 2011 )	Analisis struktur perkerasan jalan diatas tanah Ekspansif pada ruas jalan Purwodadi – Blora	Metode Yang Dipakai Elemen Hinnga Sap 2000 Dan Bisar 3.0	Struktur perkerasan kaku yang terdiri dari perkerasan beton semen dapat dipakai untuk rehabilitasi ruas jalan Purwodadi – Blora
<b>10</b>	Andika Sunarsa ( 2012 )	Perencanaan dan Analisis biaya investasi antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur pada	Metode Perbandingan Pemeliharaan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur	Biaya kontruksi untuk perkerasan kaku lebih mahal disbanding dengan



		jalur Trans Jakarta Bus Way	Di Lihat Dari Efisiensi Biaya Pemeliharannya	biaya kontruksi perkerasan lentur
--	--	-----------------------------	--	-----------------------------------

## 2.2 Dasar Teori

Perkerasan jalan adalah struktur yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak diatas tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan jalan berfungsi untuk menopang beban lalu - lintas dan menyebarkannya kelapisan bawah.

Lapisan kontruksi perkerasan jalan mempunyai fungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan struktur yang berarti terhadap kontruksi yang ada dibawahnya dan memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan. Didalam melakukan dan membuat perencanaan suatu perkerasan jalan sangat perlu mempertimbangkan faktor – faktor yang sangat mempengaruhi fungsi dari perkerasan jalan tersebut.

Perencanaan kontruksi suatu perkerasan jalan dapat dilakukan dengan banyak metode perhitungan yang digunakan, antara lain : *AASTHO*( *Amerika*), *NAASRA* ( *Australia* ), *Road Note* ( *Inggris* ) dan *BINA MARGA* ( *Indonesia* ).

## 2.3. Kontruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya kontruksi perkerasan jalan dibedakan atas 3 jenis :

- Kontruksi Perkerasan Jalan Lentur ( *Flexible Pavement* )
- Kontruksi Perkerasan Jalan Kaku ( *Rigid Pevement* )
- Kontruksi Perkerasan Jalan Komposit ( *Komposit Pavement* )

### 2.3.1. Konstruksi Perkerasan Lentur ( *Flexible Pavment* )

Perkerasan lentur ( *Flexible Pavment* ) adalah jenis perkerasan yang pada lapisan atas perkerasannya menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan .adapun distribusi pembebanan untuk jenis perkerasan lentur dan Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* ( lendutan pada jalur roda ). Pengaruh terhadap penurunan tanah dasar yang sering tampak yaitu jalan bergelombang ( mengikuti tanah dasar ), sedang lapisan pondasi menggunakan lapisan berbutir

### 2.3.2. Konstruksi Perkerasan Kaku ( *Rigid Pavement* )

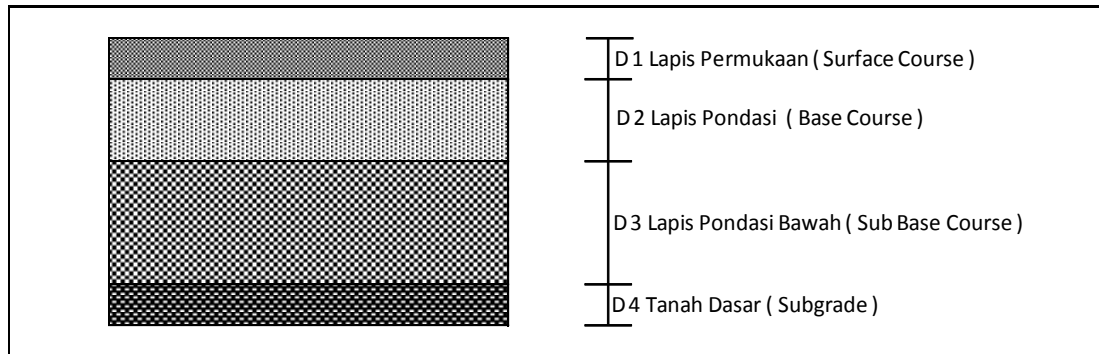
Perkerasan kaku ( *Rigid Pavement* ) adalah perkerasan yang menggunakan bahan pengikat dari semen ( *Portland Cement* ), plat beton dengan atau tanpa tulangan, di cor setempat ( *Cast In Situ* ) atau pracetak diletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi atas.

Adapun perkerasan beton semen itu sendiri ada 4 macam jenis, 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 pracetak prategang

### 2.3.3. Konstruksi Perkerasan Komposit ( *Composit Pavement* )

Perkerasan Komposit ( *Composite Pavement* ) adalah merupakan perkerasan gabungan antara perkerasan Lentur ( *Flexible Pevement* ) dan Perkerasan Kaku ( *Rigid Pavement* ) dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban di atasnya



Gambar 2.2. Susunan Lapis Perkerasan Jalan  
Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, Sukirman

Perbedaan utama dan mendasar antara perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1. Perbedaan Utama Antara Perkerasan Lentur dan Kaku

No.	Deskripsi	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul Rutting ( Lenturan Pada Jalur Roda )	Timbul Cracks ( Retak – Retak )
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan Bergelombang, Mengikuti Tanah Dasar	Jalan Naik Turun Tidak Rata Dan Sering Terjadi Pecah - Pecah
4	Perubahan Temperatur	Modulus Kekakuan Berubah Timbul Tegangan Dalam Yang Kecil	Modulus Kekakuan Tidak Berubah Timbul Tegangan Dalam Yang Besar

#### 2.3.4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Merupakan lapisan tanah yang berada di bawah lapisan pondasi atau tanah timbunan dan sebagai lapisan paling bawah dari susunan lapis perkerasan. Dengan kedalaman antara 50 – 100 cm dimana di atasnya diletakkan lapisan pondasi bawah. Umumnya tanah dasar memiliki nilai CBR 2 % - 6 %, berupa tanah asli yang dipadatkan atau diperoleh dari tempat lain yang dipadatkan atau tanah yang di

stabilkan dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar yang optimum.

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan berfungsi untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat bergantung pada sifat-sifat dan daya dukung dasar.

Masalah – masalah yang sering timbul dan sering ditemukan menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan jenis tanah sangat berbeda sifat dan kedudukannya.
- Sifat tanah bergradasi halus sangat mudah untuk mengalami perubahan mengembang dan menyusut akibat kadar air
- Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan dari roda kendaraan.
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan ( yang berlebihan ) akan mengakibatkan penurunan.

#### **2.3.5. Lapis Pondasi Bawah ( *Sub Base Course* )**

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri dari material berbutir ( *granular material* ) yang dipadatkan.

Dengan CBR > 20 % dan plastisitas indek ( IP < 10 % ), yang memiliki fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebar beban roda.
- Sebagai bahan peng efisiensi penggunaan material, karena material pondasi bawah relatife lebih murah dibandingkan lapisan perkerasan di atasnya agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi ketebalannya.
- Mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- Sebagai lapis pertama ( perata ) setelah tanah dasar, agar pekerjaan pelaksanaan konstruksi berjalan lancar.

### **2.3.6. Lapis Pondasi Atas ( *Base Course* )**

Lapis pondasi atas adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi atas ini dibangun di atas lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung di atas tanah dasar.

Fungsi lapis pondasi atas ini antara lain :

- Sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menerima beban roda kendaraan.
- Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan, sehingga diperlukan mutu campuran yang lebih baik.
- Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan

### 2.3.7. Lapis Permukaan ( *Surface Course* )

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Lapis permukaan struktur perkerasan lentur terdiri atas campuran material agregat dan bahan pengikat (aspal) dan biasanya terletak di atas lapis pondasi.

Fungsi lapis permukaan antara lain :

#### 2.3.8. Struktural :

Yaitu ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban *vertikal* maupun beban *horizontal* ( gaya geser ). Untuk hal ini persyaratan utama yang sangat diperlukan adalah kokoh, kuat dan stabil.

- Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda kendaraan yang melintas

#### 2.3.9 Non Struktural :

- Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari air hujan agar tidak masuk ke lapisan yang ada dibawahnya pada saat musim hujan.
- Menyajikan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan yang melaluinya dapat berjalan dengan merasa nyaman.
- Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak ( *Skid Resistance* ) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan bagi pengendara lalu lintas yang melaluinya.
- Sebagai lapisan aus ( *wearing course* ).Sebagai lapisan yang dapat dilalukan perbaikan atau dilapis ulang dengan lapisan yang baru.



### 2.3. Desain Perkerasan Jalan

Desain Perkerasan Jalan adalah Perencanaan untuk menghitung Struktur atau Tebal Lapis Perkerasan Jalan. Desain Perkerasan Jalan telah berkembang sangat pesat dengan beberapa macam metode antara lain Metode Bina Marga 1987 ( *Metode Analisa Komponen* ), Metode Bina Marga 2002, Metode AASHTO 1993 ( *American Association of State Highway Transportation Officials 1993* ), Metode Austroads, Metode Analitis Nottingham, Road Note ( Inggris ) dan lain-lain.

Parameter Perkerasan lentur ( *flexible pavement* ) adalah merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat sebagai lapis permukaan dan dibawahnya ada lapisan pondasi perkerasan berbutir sehingga mempunyai sifat lentur ( *flexible* ) yang cukup besar baik pada lapisan permukaan sebagai lapisan aus dan lapisan berbutir sebagai pondasi yang berada di bawahnya.

Karakteristik konstruksi sebuah perkerasan lentur terdiri dari lapisan – lapisan tanah dasar ( *subgrade* ), lapisan berbutir yang berfungsi sebagai lapisan pondasi atas ( *base* ) dan lapis pondasi bawah ( *subbase* ) diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Sifat – sifat perkerasan lentur ( *flexible pavement* ) sebagai berikut :

1. Dengan adanya perubahan temperature panas matahari akan mengakibatkan modulus kekakuan berubah dan timbul tegangan dalam yang relatife kecil.
2. Dengan adanya penurunan tanah dasar akibat CBR yang rendah maka perkerasan jalan akan berubah bentuk dan bergelombang mengikuti penurunan tanah dasar.

3. Dengan adanya beban kendaraan, daya dukung konstruksi perkerasan lentur tergantung pada kualitas material tiap – tiap lapisan pembentuknya termasuk kekuatan tanah dasar yang mendukung konstruksi perkerasan tersebut.

#### **2.4.1. Kriteria Kontruksi Perkerasan Lentur ( Flexible Pavement )**

Untuk dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan, maka konstruksi perkerasan jalan dengan perkerasan lentur tersebut harus memenuhi persyaratan tertentu yang dapat dikelompokkan menjadi 2 ( dua ) kelompok yaitu :

##### **1. Syarat – syarat untuk berlalu lintas**

Sebuah konstruksi lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan untuk berlalu lintas haruslah memenuhi syarat – syarat berikut :

- a. Permukaan rata, tidak bergelombang, tidak pecah – pecah, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban roda kendaraan yang melaluinya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban kendaraan dan permukaan jalan sehingga tidak mudah terjadinya selip
- d. Permukaan tidak mengkilap, juga tidak silau bila kena sinar matahari di siang hari.

## **2. Syarat – syarat kekuatan / struktural Perkerasan Jalan**

Konstruksi perkerasan jalan pada perkerasan lentur dipandang dari segi kemampuan memikul / menyebarkan beban, harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

- a. ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban / muatan lintas kendaraan ke tanah dasar
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya, terutama ke tanah dasar.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga pada saat turun hujan air hujan yang jatuh diatas permukaan dengan cepat di alirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan perubahan bentuk Deformasi yang berarti.

## **3. Syarat – Syarat Perencanaan dan Pengawasan**

Untuk memenuhi syarat – syarat tersebut diatas, maka perencanaan dan pelaksanaan perkerasan lentur harus mencakup beberapa hal sebagai berikut :

- a. Perencanaan tebal masing – masing perkerasan .

Dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas yang akan dipikulnya, keadaan lingkungan, lapisan yang akan dipilih, dapat di tentukan tebal masing – masing lapisan berdasarkan beberapa metode.

- b. Analisa campuran bahan.

Dengan memperhatikan mutu dan jumlah bahan setempat yang tersedia, direncanakan suatu susunan campuran tertentu, sehingga dapat dipenuhi spesifikasi dari jenis bahan yang dipilih.

c. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan.

Perencanaan tebal perkerasan, susunan campuran memenuhi syarat, belum menjamin hasil lapisan perkerasan yang diinginkan jika tidak dilakukan pengawasan yang cermat

Pengawasan dilakukan mulai dari tahap penyiapan lokasi material, tahap pencampuran atau penghamparan dan tahap pemadatan dan pemeliharaan. Disamping itu tidak dapat dilupakan system pemeliharaan yang terencana dan tepat selama umur pelaksanaannya termasuk sistem drainase jalan yang memadai. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

## **2.5 Tahapan – Tahapan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur**

Parameter yang digunakan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) jalan adalah :

- 2.5.1. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan (  $C$  ) untuk menghitung lalu lintas ekuivalen sesuai dengan petunjuk perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SKBI – 2.3.26.1987).

Tabel 2.2. Tabel Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	1 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur	-	0,30	-	0,45
5 Lajur	-	0,25	-	0,425
6 Lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber SKBI – 2.3.26.1987/SNI 03 – 1732 – 1989

\* Berat total < 5 ton, misalnya ; Mobil Penumpang, Pick Up, Mobil Hantaran

\*\* Berat total ≥ 5 ton, misalnya : Bus, Truck, Traktor, Semi Trailer, Trailer

2.5.2. Angka ekivalen sumbu kendaraan ( E ) angka ekivalen masing – masing golongan beban sumbu untuk setiap kendaraan ditentukan dengan Rumus :

a. Rumus Untuk Sumbu Tunggal

$$E = \left( \frac{P \text{ (Kg)}}{8.160} \right)^4 \quad \dots\dots\dots( 2.1 )$$

\dots\dots\dots( 2.1 )

b. Rumus Untuk Sumbu Ganda

$$E = 0,086 \times \left( \frac{P \text{ (Kg)}}{8.160} \right)^4 \quad \dots\dots\dots( 2.2 )$$

## c. Rumus Untuk Sumbu Tripel

$$E = 0,053 \times \left( \frac{P \text{ (Kg)}}{8.160} \right)^4 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

## 2.5.3. Lalu lintas harian rata – rata ( LHR )

- a. Lalu lintas harian rata – rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing – masing arah pada arah pada jalan dengan median.

## 2.5.4. Lintas Ekivalen Permulaan ( LEP ), dihitung dengan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_{awal_j} \times C_j \times E_j \text{ atau } LEP = LHR_{2021} \times C \times E \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

j : Jenis Kendaraan

i : Tingkat pertumbuhan lalu lintas

C<sub>j</sub> : Koefisien jenis kendaraan

Koefisien jenis kendaraan ringan = 0,5

Koefisien jenis kendaraan berat = 0,5

Koefisien kendaraan berat C = 0,5 (SKKI 2.3.26.1987/SNI.03–1732–1982)

E<sub>j</sub> : Nilai Ekivalen Setiap Jenis Kendaraan

## 2.5.5. Lintas Ekivalen Akhir ( LEA ), dihitung dengan rumus :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_{akhir_j} \times C_j \times E_j \text{ atau } LEA = LHR_{2021} \times C \times E \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$LEA = \sum LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j$$

Dimana :

j : Jenis Kendaraan

i : Tingkat pertumbuhan lalu lintas

UR : Umur Rencana

C<sub>j</sub> : Koefisien distribusi arah setiap jenis kendaraan

: Koefisien kendaraan ringan C = 0,5

: Koefisien kendaraan berat C = 0,5 (SKKI 2.3.26.1987/SNI.03-1732-1982 )

E<sub>j</sub> : Nilai Ekvivalen Setiap Jenis Kendaraan

2.5.6. Lintas Ekvivalen Tengah ( LET ), yang dihitung dengan rumus :

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots( 2.6 )$$

Dimana :

LEP : Nilai Lintas Ekvivalen Permulaan

LEA : Nilai Lintas Ekvivalen Akhir

LET : Nilai Lintas Ekvivalen Tengah

2.5.6. Lintas Ekvivalen Rencana ( LER ), yang dihitung dengan rumus :

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots( 2.7 )$$

$$LER = LET \times \frac{UR}{10}$$

$$FP = \frac{UR}{10}$$

Dimana :

LER : Nilai Lintas Ekuivalen Rencana

FP : Faktor Penyesuaian

UR : Umur Rencana

## 2.6. Umur Rencana

Umur rencana adalah waktu dalam tahun yang dihitung mulai dibukanya jalan sampai saat diperlukannya perbaikan berat atau telah dianggap perlu memberi lapisan permukaan baru. Agar jalan tetap berfungsi dengan baik . Umur rencana lebih dari dari 20 tahun tidak ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang akan datang.

## 2.7. Daya Dukung Tanah Dasar ( DDT ) dan *California Bearing Ratio* ( CBR )

CBR merupakan perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan dengan beban satandart pada penetrasi dan kecepatan pembebanan yang sama. Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanah, CBR dapat dibagi atas :

- a. CBR lapangan, disebut juga CBR *inplace* atau *field* CBR.

Gunanya untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah saat itu dimana tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan saat kadar air tanah tinggi atau dalam kondisi terburuk yang mungkin akan terjadi.

- b. CBR lapangan rendaman / *Undisturb Saoked* CBR



Gunanya untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli dilapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air, Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah didaerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau, sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau.

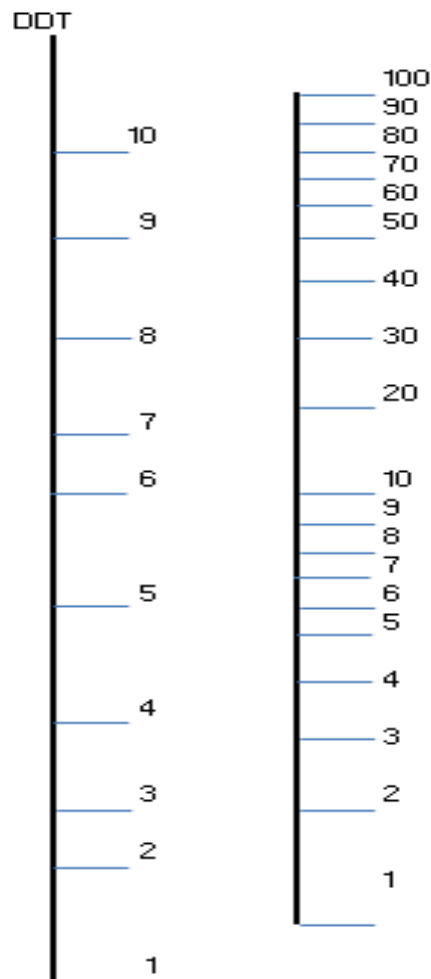
c. CBR rencana titik / CBR Laboratorium/ Desain CBR

Tanah Dasar ( Subgrade ) pada kontruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai kepadatannya mencapai 95 % kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. Data CBR yang digunakan adalah harga – harga CBR dari pemeriksaan lapangan dan uji Laboratorium. Dari data CBR ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR – Segmen dan dalam menentukan CBR Segmen terdapat dua cara :

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

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

2. Secara grafis tentukan data CBR yang sama dan lebih besar dari masing – masing nilai pada data CBR. Angka dengan jumlah terbanyak dinyatakan dalam angka 100 %, sedangkan jumlah lainnya merupakan prosentase dari angka 100 % tersebut. Dari angka – angka tersebut dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan angka prosentasenya. Ditarik dari angka prosentase 90 % menuju grafik untuk memperoleh nilai CBR Segmen.



Gambar 2.1. Korelasi antara DDT dan CBR

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Dari nilai CBR Segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam Skala logaritma. Selain menggunakan grafik tersebut nilai DDT dari suatu harga CBR juga dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

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

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relative sama.

## 2.8. Faktor Regional

Faktor regional adalah keadaan lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan  $MST \geq 13$  ton dan kendaraan yang berhenti, serta iklim. Peraturan pelaksanaan pembangunan jalan raya menentukan bahwa factor yang menyangkut permeabilitas tanah hanya dipengaruhi oleh alinyemen, prosentase kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti, serta Alinyemen. Untuk kondisi tanah pada daerah rawa – rawa atau daerah terendam, nilai FR yang diperoleh dari tabel berikut :

Tabel 2.3. Faktor Regional ( FR )

Curah Hujan	Kelandaian I ( < 6 % )		Kelandaian II ( 6 – 10 % )		Kelandaian III ( > 6% )	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	≤ 30 %	>30 %	≤ 30 %	>30 %	≤ 30 %	>30 %
Iklm I <900 Mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklm II >900 Mm/th	1,5	2,0 -2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : SKBI – 2.3.26.1987

## 2.9. Indek Permukaan ( IP )

Indek Permukaan Menyatakan nilai dari kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Nilai Indeks Permukaan Awal ( IPo ) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan

Nilai Indeks Permukaan Akhir ( IPt ) ditentukan dari nilai LER.

Adapun nilai IPo dan IPt dari masing – masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.4.IPo terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness ( mm/km )
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9 -3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$< 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$> 2000$
	3,4 -3,0	$< 2000$
BURDA	3,9 -3,5	$> 2000$
BURTU	3,4 -3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4 -3,0	$< 2000$
LATABUM	2,9 – 2,5	$< 2000$
	2,9 – 2,5	$< 3000$
BURAS	2,9 -2,5	$> 3000$
LATASIR	2,9 -2,5	$> 3000$
JALAN TANAH	$< 2,4$	
JALAN KERIKIL	$< 2,4$	

Sumber : SKBI - 2.3.23.1987

Tabel 2.5. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana ( IPT )

Lintas Ekuivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
<10	1,0 -1,5	1,5	1,5 -2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 -2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 -2,0	2,0	2,0 -2,5	-
>1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : SKBI - 2.3.23.1987

Nilai IPT lebih kecil dari 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam kondisi rusak berat dan amat mengganggu kelancaran lalu lintas kendaraan yang melintassinya. Tingkat pelayanan jalan terendah masih mungkin dilakukan dengan nilai IPT sebesar 1,5. Tingkat pelayanan jalan masih cukup mantap dinyatakan dengan nilai IPT sebesar 2,0. Sedangkan nilai IPT sebesar 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih cukup baik dan cukup stabil permukaannya.

#### 2.10. Indeks Tebal Perkerasan ( ITP )

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

#### 2.11. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan ( a )

Koefisien kekuatan relative bahan – bahan yang akan digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.6. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS ( kg )	Kr ( kg/cm)	CBR	
0,40	-	-	744			LASTON
0,35	-	-	590			
0,32	-	-	454			
0,30	-	-	340			
0,35	-	-	744			LASBUTAG
0,32	-	-	590			
0,28	-	-	454			
0,26	-	-	340			
0,30	-	-	340			HRA Aspal Macadam LAPEN LAPEN
0,26	-	-	340			
0,25	-	-	-			
0,20	-	-	-			
-	0,28	-	590			LASTON Atas
-	0,26	-	454			
-	0,24	-	340			
-	0,23	-	-			LAPEN LAPEN
-	0,19	-	-			
-	0,15	-	-			Stab Dengan Semen
-	0,13	-	-			
-	0,15	-	-	22		Stab Tanah Dengan Kapur
-	0,13	-	-	18		
-	0,14	-	-		100	B P Kelas A
-	0,13	-	-		80	B P Kelas B
-	0,12	-	-		60	B P Kelas S
-	-	0,13	-		70	Sirtu Kelas A
-	-	0,12	-		50	Sirtu Kelas B
-	-	0,11	-		30	Sirtu Kelas S
-	-	0,10	-		20	Tanah Lempung Kepasiran

Sumber : SKBI – 2.3.23.198

## 2.12. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

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

Tabel 2.7. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum ( cm )	Bahan
<3,00	5	Lapis Pelindung( Buras/ Burtu/ Burda )
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam,HRA, Lasbutag,Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam,HRA,Lasbutag,Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
$\geq 10,00$	10	Laston

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987



Tabel 2.8. Tabel Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum ( cm )	Bahan
<3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen
	10	stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
$\geq 12,25$	25	Batu Pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

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

$$ITP = a_2D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

Dimana :

ITP : Indeks Tebal Perkerasan

$a_1, a_2, a_3$  : Koefisien kekuatan relative bahan untuk masing – masing lapisan perkerasan

$D_1, D_2, D_3$  : Tebal masing – masing lapis perkerasan

### 2.13. Aspal

Aspal adalah bahan yang digunakan sebagai bahan utama pengikat perkerasan lentur. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, atau batu pecah/ agregat dan lain – lain. Sedangkan untuk bahan pengikat perkerasan biasanya berbeda – beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, Aspal/ bitumen, *Portlant Cement*, atau kapur/ *lime*.

Aspal merupakan senyawa Hidrogen yang berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsure – unsure asphathenes, resins dan oils. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan pengikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing – masing agregat. Selain sebagai bahan pengikat, Aspal juga berfungsi sebagai pengisi rongga antara butiran agregat dan pori – pori yang ada pada agregat itu sendiri.

Pada temperature ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada suhu ( *temperature* ) tertentu dan kembali membeku jika suhu ( *temperature* ) itu turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran

perkerasan berkisar antara 4 – 10 % berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15 % berdasarkan volume campuran.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang mendapatkannya dari residu pengilangan minyak bumi.

### **2.13.1. Beton Aspal**

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai structural dengan kualitas yang tinggi, Terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Material – material pembentuk beton aspal dicampur diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut kelokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis Aspal apa yang akan digunakan.

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat pencairan (*fiskositas*) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

### 2.13.2. Jenis dan Fungsi Beton Aspal

Jenis beton aspal dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal dan fungsi beton aspal itu sendiri.

Berdasarkan temperature ketika melakukan pencampuran dan pada waktu pemadatan campuran, campuran beraspal ( Beton aspal ) dapat dibedakan atas :

1. Beton aspal campuran panas ( *Hot Mix* )

Adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar  $140^{\circ}\text{C}$

2. Beton aspal campuran sedang ( *War mix* )

Adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar  $60^{\circ}\text{C}$

3. Beton aspal campuran dingin ( *Cold Mix* )

Adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar  $25^{\circ}\text{C}$

Sedangkan pada fungsinya beton aspal dibedakan atas :

1. Beton aspal untuk lapisan aus / *Wearing Course* ( *WC* ), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung ban kendaraan merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan.

2. Beton aspal untuk lapisan pondasi / *Binder Course* ( *BC* ), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidakberhubungan langsung

dengan cuaca, akan tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk Crown .

#### **2.14. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan**

Tebal perkerasan suatu jalan pada umumnya dipengaruhi oleh berat kendaraan yang lewat, kekuatan komponen dibawahnya, umur rencana dan material yang akan di digunakan. Dikarenakan jika tebal perkerasan tidak sesuai dengan berat kendaraan yang lewat, maka jalan akan mengalami kerusan struktur. Juga demikian dengan kekuatan komponen di bawahnya dan material yang digunakan mempunyai pengaruh untuk merencanakan tebal perkerasan. Penentuan tebal perkerasan adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan DDT dengan melihat korelasi DDT dan CBR pada Nomogram
- b. Menentukan umur rencana

Umur rencana untuk jenis perkerasan lentur ( *Flexible Pavement* ) berdasarkan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga adalah 5 – 10 tahun.

- c. Menentukan jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan ( *C* ) untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat. Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar sebagai berikut :

Tabel 2.9. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

<b>Lebar Perkerasan ( L )</b>	<b>Jumlah Jalur</b>
$L \leq 5,5$ m	1 Jalur
$5,5 \leq L \leq 8,25$	2 Jalur
$8,25 \leq L \leq 11,25$	3 Jalur
$11,25 \leq L \leq 15,00$	4 Jalur
$15,00 \leq L \leq 18,75$	5 Jalur
$18,75 \leq L \leq 22,50$	6 Jalur

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina

Marga 1987

- d. Menentukan angka Ekivalen dari suatu beban sumbu kendaraan
- e. Menentukan LHR Rencana dan akhir umur rencana
- f. Menentukan faktor regional ( FR )
- g. Menentukan LEP ( Lintas Ekivalen Permulaan )
- h. Menentukan LEA ( Lintas Ekivalen Akhir )
- i. Menentukan LET ( Lintas Ekivalen Tengah )
- j. Menentukan LER ( Lintas Ekivalen Rencana )
- k. Menentukan Indeks Permukaan ( IP )

Indeks Permukaan adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertalian dengan

tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang melaluinya. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut di bawah ini :

IP = 1,0 : menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas.

IP = 1,5 : menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin ( jalan tidak terputus )

IP = 2,0 : menyatakan tingkat pelayanan rendah akan tetapi jalan masih mantap

IP = 2,5 : menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan cukup baik

l. Menentukan ITP dengan menggunakan Nomogram

m. Menentukan koefisien kekuatan relative

Koefisien kekuatan relative ( a ) masing – masing bahan danb kegunaannya sebagai Lapis Permukaan, Pondasi, Pondasi Bawah, ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai Marshall Tes ( Untuk bahan dengan aspal ), Kuat Tekan ( untuk bahan yang distabilasi dengan semen atau kapur ) atau CBR ( untuk bahan lapis pondasi bawah ).

n. Menentukan Tebal Minimum Perkerasan

### **2.15. Perencanaan Tebal Lapisan Ulang ( *Overlay* )**

Tujuan utama dari perencanaan tebal lapisan tambahan (overlay) adalah untuk meningkatkan atau untuk memperpanjang umur pelayanan jalan raya. Lapisan

tambahan ini dilakukan pada jalan yang sudah tidak berfungsi sebagai mana mestinya atau kurang memenuhi syarat. Untuk perhitungan perlapisan tambahan (overlay), kondisi perkerasan jalan lama (existing pavement) dinilai sesuai daftar dibawah ini :

#### 2.15.1. Lapisan permukaan :

- Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda 90-100 %
- Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil 70-90%
- Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan 50-70%
- Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan ketidakstabilan 30-50%

#### 2.15.2. Lapisan pondasi

##### a) Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam

- Umumnya tidak retak 90-100%
- Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil 70-100%
- Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan 50-70%
- Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan 30-50%

##### b) Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur :

Indeks Plastisitas ( Plasticity Indeks = PI )  $\leq$  10 70-100%

##### c) Pondasi Macadam atau Batu Pecah :

Indeks Plastisitas ( Plasticity Indeks = PI )  $\leq$  6 80-100%



### 2.15.3. Lapis Pondasi bawah :

- Indeks Plastissitasi ( Plasticity Indeks = PI )  $\leq 6$  90-100%
- Indeks Plastissitasi ( Plasticity Indeks = PI )  $\leq 6$  70-100%

Menurut Metode Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987 dan Metode Bina Marga 01/MN/B/BI1983, untuk meningkatkan atau memperpanjang umur pelayanan jalan raya adalah sebagai berikut :

### 2.16. Faktor Umum Rencana

Faktor Umur Rencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{1}{2} \left[ 1 + (1+R)^2 + 2(1+R) \frac{(1+R)^{n-1} - 1}{R} \right] \quad \dots(2.10)$$

dimana :

N = Faktor Umum Rencana

n = Umur Rencana

R = Perkembangan lalu lintas (%)

### 2.17. Jumlah Lalu Lintas Secara Akumulatif Secara Umur Rencana

Untuk menentukan jumlah lalu lintas secara akumulatif selama umur rencana dengan menggunakan rumus :

$$AE \text{ 18 KSAL 365} \sum_{\substack{\text{Mobil Penumpang} \\ \text{Traktor Trailer}}} m \times UE \text{ 18 KSAL} \quad \dots\dots(2.11)$$

### 2.18. Perhitungan tebal overlay dengan metode lendutan balik

Rumus yang digunakan :

$$D = d_2(d_3 - d_1) \times f_t \times C \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana :

d = lendutan balik (mm)

d1 = pembacaan awal (mm)

d2 = pembacaan antara

d3 = pembacaan akhir

f<sub>t</sub> = factor penyesuaian temperature lapis permukaan

t<sub>1</sub> : memakai grafik

$$t_1 = \frac{1}{3} (t_p + t_t - t_b) \quad \dots\dots\dots( 2.13 )$$

dimana :

t<sub>p</sub> = temperatur permukaan

t<sub>t</sub> = temperatur tengah

t<sub>b</sub> = temperatur bawah

#### 2.19. Perhitungan faktor keseragaman lendutan balik

Dalam proses desainnya, metode ini memerlukan prediksi beban lalu lintas yang akan bekerja pada suatu ruas jalan sehingga diperlukan analisa beban lalu lintas sebelum melanjutkan perhitungan. Selain itu kendala pada metode ini adalah dalam menentukan nilai CBR yang mewakili dari suatu ruas jalan.

$$F_k = \frac{S}{d} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots( 2.14 )$$

dimana :

$F_k$  = nilai yang menyatukan prosentase besaran lendutan baliki dalam satu segmen yang kurang seragam

$S$  = standart devisi

$d$  = lendutan balik rata-rata

Kriteria :

Nilai $F_k$	Keadaan
<15%	Sangat seragam
15-20%	Seragam
20-25%	Baik
25-30%	Cukup
30-40%	Jelek
>40%	Tidak seragam

#### 2.19.1. Menentukan lendutan yang mewakili ( $D$ )

- Untuk jalan arteri  $D = d + 2 S$
- Untuk jalan kolekter  $D = d + 1,64 S$
- Untuk jalan local  $D = d + 1,28 S$

#### 2.20. Umur rencana jalan

Umur rencana jalan adalah usia konstruksi jalan yang direncanakan mulai saat jalan di buka samoai dengan akhir umur rencana. Dari jumlah volume kendaraan yang lewat dapat didesain jalan rencana, dan dari data volume kendaraan tersebut kami dapat membuat umur rencana untuk dibuat desain jalan rencana.

$$\text{LHR akhir} = \text{LHR awal} (1-i)^n \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana :

$i$  = pertumbuhan lalu lintas

$n$  = umur rencana

#### 2.21. Perhitungan Lapisan Tambahan (*Overlay*)

- Data lalu lintas, untuk menentukan jumlah lalu lintas rencana atas dasar jumlah jalur dan jenis kendaraan.
- Menentukan besarnya jumlah ekivalen harian rata-rata satuan beban as tunggal, dengan cara menjumlahkan hasil perkalian rata-rata tersebut, baik kosong maupun dengan faktor ekivalen yang sesuai.

#### 2.22. Rencana Anggaran Biaya Proyek

Salah satu tahap penting dalam rangka pelaksanaan suatu konstruksi adalah perhitungan atau perkiraan biaya yang diperlukan untuk pembangunannya. Besar biaya ini menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik bangunan, guna memilih cara atau alternative pembangunan yang paling efisien. Selain unsure-unsur harga bahan, upah tenaga, peralatan dan metode pelaksanaan yang akan menetapkan besar biaya pembangunan, maka jangka waktu pelaksanaan juga akan sangat berpengaruh. Bahkan pada proyek-proyek besar ditentukan pula oleh kerjasama antara pelaku (*teamwork*) yang terlibat dalam pembangunan, seperti pemilik bangunan (*owner*), perencana, pengawas, dan pelaksana atau kontraktor. Pengelolaan pelaksanaan

sedemikian pada akhir-akhir ini berkembang merupakan obyek bahasa tersendiri dalam disiplin manajemen konstruksi (*contruction management*).

#### 2.22.1. Rencana Biaya Dalam Kegiatan Proyek

Dalam kegiatan proyek konstruksi dikenal beberapa tahap dan merupakan suatu urutan kegiatan-kegiatan yang berulang, yang biasa disebut siklus proyek. Dalam hal ini perhitungan rencana biaya pembangunan, yang lebih dikenal dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB), adalah termasuk bagian dalam kelompok kegiatan perencanaan. Seperti diketahui perencanaan memegang peranan penting dalam siklus proyek, karena keberhasilan proyek akan sangat ditentukan oleh kualitas dari perencanaan. Terjadinya perubahan-perubahan dalam pelaksanaan akibat perencanaan kurang mantap. Selain menambah panjang waktu perencanaan juga menyebabkan pemborosan. Dalam perencanaan pula ditetapkan besar kecilnya tujuan dan sasaran dari proyek. RAB merupakan istilah dan singkatan yang populer dan sudah lama digunakan di Indonesia. Ada beberapa istilah yang dipakai untuk itu, antara lain : rencana biaya konstruksi, taksiran biaya, estimasi biaya, atau dalam bahasa asing *begroothing* (bahsa Belanda) dan *construction cost estimate* dalam bahasa Inggris.

Dalam kegiatan perencanaan ini tercakup pula penyiapan dokumen kelengkapan untuk pelelangan atau biasa disebut dokumen tender. Dokumen tender terdiri atas gambar-gambar desain, peraturan-peraturan dan persyaratan pelaksanaan pekerjaan, yang di Indonesia dikenal dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), dan semua tercakup sebagai suatu spesifikasi (*specification*), merupakan petunjuk dan

syarat pelaksanaan (dalam popular dengan sebutan *bestek en voorwarden* atau disingkat *bestek*). Selanjutnya dilaksanakan proses penetapan pelaksana pekerjaan, yang umumnya dilakukan melalui suatu pelelangan atau tender. Dengan pelelangan dapat memilih kontraktor-kontraktor yang baik dan bonafid serta biaya pembangunan yang terendah. Cara pelelangan umumnya dipandang sebagai yang paling tepat dan obyektif atau *fair* dalam menentukan kontraktor pelaksana. Walaupun dengan alasan tertentu tidak menutup kemungkinan pemberian pekerjaan secara langsung atau penunjuk, yakni yang dikenal juga sebagai penetapan/penunjukan di bawah tangan.

#### 2.22.2. Lingkup Dan Peranan Biaya Konsstruksi

RAB merupakan perkiraan atau estemasi, ialah suatu rencana biaya sebelum bangunan/proyek dilaksanakan. Diperlukan baik oleh pemilik bangunan atau *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksanaan pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai amcer-ancer dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek.

Estemasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estemasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau estimasi detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada pengusulan DIP (Daftar Isian Proyek) proyek-proyek pemerintah, dan juga digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang

dipakai dalam penilaian penawaran pada pelelangan, serta sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembangunan.

Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*. Keuntungan kontraktor dan pajak.

Biasanya biaya *overhead*, keuntungan dan pajak diperhitungkan berdasarkan presentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bouwsom*).

Menurut Smith (1995) tingkatan RAB atau estimasi dalam pekerjaan teknik sipil, atau proyek pada umumnya, dapat dibagi atas tujuh tingkat atau tahap

- a. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- b. *Appraisal estimate*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternative dan suatu rencana (*schame*) tertentu;
- c. *Proposal estimate*, adalah estimasi dari rencana terpilih (*selected scheme*); biasanya dibuat berdasar suatu konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah kepada estimasi biaya untuk pembuatan garis-garis besar desain (*outline design*);
- d. *Approved estimate*, modifikasi dan *proposal estimate* bagi kepentingan *client* atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- e. *Pre-tender estimate*, merupakan penyempurnaan dan *approved estimate* berdasar desain pekerjaan definitive sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen tender atau RKS, dipersiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang;

- f. *Post-contract estimate*, adalah perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar setelah pelulusan dan tercantum dalam kontrak; memuat perincian uang dengan masing-masing pekerjaan (*bill of quantities*) serta pengeluaran lainnya;
- g. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau real cost, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

### 2.23. Dasar dan Peraturan

Besar biaya proyek dapat diperkirakan atau diperhitungkan melalui beberapa cara atau metode. Menurut Imam Soeharto (1995) metode estimasi biaya yang sering dipakai pada proyek adalah :

- 1) Metode parametric, dengan pendekatan matematik mencoba mencari hubungan anatar biaya atau jam orang dengan karakteristik fisik tertentu (volume, luas, berat, panjang, dsb);
- 2) Metode indeks, menggunakan daftar indeks dan informasi harga proyek terdahulu; indeks harga dalah angka perbandingan antara harga pada tahun tertentu terhadap harga pada tahun yang digunakan sebagai dasar;
- 3) Metode analisis unsur-unsur, lingkup pekerjaan diuraikan menjadi unsur-unsur menurut fungsinya; membandingkan berbagai material bangunan untuk memperoleh kualitas perkiraan biaya dan tiap unsure, kemudian dapat dipilih estimasi biaya paling efektif;



- 4) Metode faktor, memakai asumsi terdapat korelasi atau faktor antar peralatan dengan komponen-komponen terkait; biaya komponen dihitung dengan cara menggunakan faktor perkalian terhadap peralatan;
- 5) Metode *quantity take-off*, disini estimasi biaya dilakukan dengan mengukur/menghikuantitas komponen-komponen proyek (dari gambar dan spesifikasi), kemudian memben beban jam-orang serta beban biaya;
- 6) Metode harga satuan (*unit price*), dilakukan jika kuantitas komponen-komponen proyek belum dapat diperoleh secara pasti atau gambar detail belum siap; biaya dihitung berdasar harga satuan setiap jenis komponen (misalnya setiap  $m^3$ ,  $m^2$ , m, helai, butir, dan lain-lain).

Dalam perhitungan RAB pekerjaan sipil selama ini di Indonesia masih banyak menggunakan analisis pekerjaan, mengikuti cara lama sejak colonial, yakni Analisis BOW (*Burgelijke van Openbare Warken*) yang berlaku mulai tahun 1921. Merupakan cara perhitungan tergolong metode *quantity take-off* yang berlaku bagi lingkungan isntan pekerjaan umum pada masa itu. Pemberlakuan analisis tersebut dewasa ini dilaksanaakn dengan beberapa penyesuaian dan tambahan sesuai dengan kebutuhan dan perkembanagn. Prinsip perhitungan mendasarkan pada nilai harga satuan pekerjaan, yakni biaya atau ongkos (mencakup upah dan material) yang dikeluarkan guna menyelesaikan satu unit jenis pekerjaan tertentu (misalnya per  $m^3$ ,  $m^2$ , atau  $m^1$ ). Dimana rencana biaya adalah total hasil kali tiap harga satuan dengan jumlah volume tiap jenis pekerjaan yang ada.

Ketentuan-ketentuan dan peraturan tentang pelelangan, syarat pelaksanaan dan hubungan kerja antara pemilik bangunan dan kontraktor pelaksanaan di Indonesia juga masih banyak berpedoman pada peraturan atau standar lama yang populer dan dikenal sebagai AV-1941, singkatan dari *Algemene Voorwarden voor de uitvoering van Openbare Warken* yang diterbitkan tahun 1941. Berbagai penyesuaian, perubahan dan tambahan, termasuk akhir-akhir ini dengan adanya SII (Standar Industri Indonesia) dan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang menerbitkan SNI 19.9000-1992 berdasar ISO 9000, serta berbagai standar lainnya (PBI-1971, PKKI-1961, PUBBI-1982, dsb) sampai Undang-undang No.18 tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi. Seperti diketahui dewasa ini Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil) telah mengupayakan standarisasi tentang Metode, Spesifikasi, Pedoman dan Manual (NSPM) berbagai jenis pekerjaan sipil sebagai produk SNI

#### 2.24. Langkah-langkah Persiapan

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilakukan upaya persiapan (Peurifoy dan Oberlender, 1989) agar diperoleh angka yang tepat atau akurat. Adapun kegiatan pada langkah persiapan itu mencakup hal-hal berikut.

- a. Peninjauan ruang lingkup proyek: pertimbangkan pengaruh lingkungan lokasi dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu-lintas dan jalan masuk, ruang untuk gudang, dan sebagainya terhadap biaya;
- b. Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan/proyek;
- c. Harga material yang akan digunakan;
- d. Harga tyenaga (pekerja dan tukang)

- e. Harga peralatan kerja (beli atau sewa);
- f. Daftar harga (penawaran) dan leveransir atau *suppliers*;
- g. Daftar harga satuan pekerjaan dari penawaran pars konstraktor di daerah itu;
- h. Perkiraan besar oajak, jaminan, asuransi, *overhead*, dan keuntungan;
- i. Biaya tak terduga dan pembulatan.

Pada hakekatnya penguasaan seluk-beluk proyek dan lingkungannya secara komprehensif akan sangat mendukung perhitungan RAB yang tepat dan realistic. Perlu dipahami pula bahwa setiap proyek mempunyai hal-hal yang spesifik dan tidak mungkin sama dengan proyek lain walaupun dan proyek yang sejenis.

Peranan pengamatan atau survai lapangan sangat penting sebagai perlengkap perhitungan biaya berdasar gambar desain agar diperoleh rencana biaya yang akurat. Petunjuk pengamatan lapangan (*area investigation guidelines*) menurut Barrie dan Paulson (1992) akan mencakup :

- a. *Site Description* (data lapangan), seperti : tanaman/tumbuhan, permukaan tanah, drainase, kedalaman *top soil* atau lapisan humus, bangunan dan sarana lain yang ada, dsb;
- b. *Utility Serving Site* (fasilitas tersedia lapangan), seperti : listrik, gas, air, jalan raya, jalan kabupaten/kampong, dsb;
- c. *Building Departement* (data gedung), seperti : hubungan, telepon, lisensi, jasa-jasa
- d. *Labor unions* (serikat sekerja), mencakup : keanggotaan, ketenagakerjaan, peraturan terikat, aturan pengupahan, dsb;

- e. *Recommended Contractors* (kontraktor ter-rekomendasi), merupakan daftar kontraktor umum, khusus, supplier/leveransir, guna pertimbangan lebih lanjut;
- f. *Materials and Methods* (material dan metode), daftar harga material local/setempat, seperti : batu bata, pasir, beton cetak, kayu, bamboo, dsb;
- g. *Equipment Rental* (persewaan alat), berupa daftar harga sewa peralatan kerja setempat;
- h. *Climatological Data* (data klimatologi), terdiri atas : temperature maksimum/minimum, curah hujan, bulan-bulan hujan, dsb;
- i. *Other Projects* (proyek lain), kunjungan pada proyek berdekatan untuk mendapat : produktivitas kerja, metode pelaksanaan, subkontraktor, material setempat, keamanan, dsb;
- j. *General Appraisal* (taksiran umum), memuat kesimpulan kunjungan lapangan serta rekomendasi.

#### 2.25. Dasar Perhitungan

Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh sebagai jumlah seluruh hasil kali volume tiap jenis pekerjaan yang ada dengan harga satuan masing-masing. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan membaca dan menghitung atas gambar desain (lebih dikenal sebagai gambar bestek). Telah disinggung di muka bahwa unsure biaya konstruksi mencakup harga-harga bahan, upah tenaga, dan peralatan yang digunakan. Dan semua unsure biaya ditentukan harga satuan tiap jenis pekerjaan, dan ini dapat digunakan analisis BOW yang sudah dikenal sejak masa penjajahan Belanda

(ketetapan Direktur BOW tanggal 28 Pebruari 1921 Nomor 5372 A). Secara umum perhitungan RAB disusun atas dasar lima unsure harga berikut:

a. Bahan-bahan atau material bangunan:

Dihitung kuantitas (volume, ukuran, berat, tipe, dsb) masing-masing jenis bahan yang digunakan. Juga harga tiap jenis bahan itu sampai di lokasi pekerjaan (termasuk ongkos angkutan), bahkan kadang-kadang mencakup biaya pemeriksaab kualitas dan pengadaan gudang/tempat penyimpanan.

b. Upah tenaga kerja:

Dihitung jam kerja yang dibutuhkan dan jumlah biaya/upah. Biasanya digunakan berdasar harian atau per hari sebagai unit waktu, serta volume pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam unit waktu tersebut. Sebagai unit waktu dapat pula atas dasar tiap jam. Perlu diketahui bahwa kemampuan tiap tenaga kerja tidak sama tergantung keterampilan dan pengalaman, demikian juga besar upahnya.

c. Peralatan dihitung banyak dan jenis tiap peralatan yang diperlukan serta harga/biaya (beli atau sewa). Biaya peralatan termasuk ongkos angkut/mobilisasi, upah operator mesin, biaya bahan bakar dan sebagainya. Kemampuan peralatan per satuan perlu diketahui.

d. *Overhead*

Biasa dikategorikan sebagai biaya tak terduga atau biaya tak langsung, dan dibagi menjadi dua golongan, yakni pertama yang bersifat umum, serta kedua yang berkaitan dengan pekerjaan di lapangan. *Overhead* umum misalnya sewa kantor, peralatan kantor, listrik, telepon, perjalanan, asuransi/jamsostek, termasuk

gaji/upah karyawan kantor yang terlibat kegiatan proyek. Sedangkan *overhead* lapangan merupakan biaya yang tak dapat dibebankan pada harga bahan-bahan, upah pekerja dan peralatan seperti telepon di proyek, pengamanan, biaya perizinan, dan sebagainya. Biaya *overhead* keseluruhan ditetapkan berdasarkan pengalaman, biasanya sekitar 12 sampai 30% dari jumlah harga bahan, upah dan peralatan.

e. Keuntungan dan pajak

Besar keuntungan tergantung pada besar-kecilnya proyek dan besarnya risiko serta tingkat kesulitan pekerjaan. Biasanya keuntungan berkisar antara 8 sampai 15% dari biaya konstruksi (*bouwsom*). Sedangkan pajak besarnya tergantung pada peraturan pemerintah yang berlaku, biasanya antara 10 sampai 18%.

Selain kemampuan membaca dan menafsirkan gambar-gambar desain, maka seorang penyusun RAB atau *estimator* harus menguasai lapangan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Tanpa bekal kemampuan tersebut tidak mungkin diperoleh hasil RAB yang teliti dan ekonomis seperti diharapkan.

#### 2.25.1. Perhitungan Volume

Penetapan besar kuantitas atau volume tiap jenis pekerjaan dari konstruksi bangunan merupakan kunci ketelitian dan ketepatan sebuah RAB. Yang dimaksud jenis pekerjaan adalah semua kategori pekerjaan (dari huruf A sampai W) yang terdapat dalam analisis BOW, misalnya pekerjaan tanag (galian dan timbunan), lempengan dan pagar, jalan, pekerjaan bamboo (termasuk konstruksi dari bahan-bahan dalam negeri), pancang dan tiang bersekrup, pekerjaan kayu, pekerjaan menembok dan konstruksi batu, penutup atap, dan sebagainya.

Perhitungan volume dilakukan atas dasar gambar detail dari *bestek* yang tersedia, termasuk perubahan dan tambahan yang diberikan pada saat pemberian penjelasan atau *aanwijzing* sebelum pelelangan.

## 2.26. Analisa Ekonomi Teknik

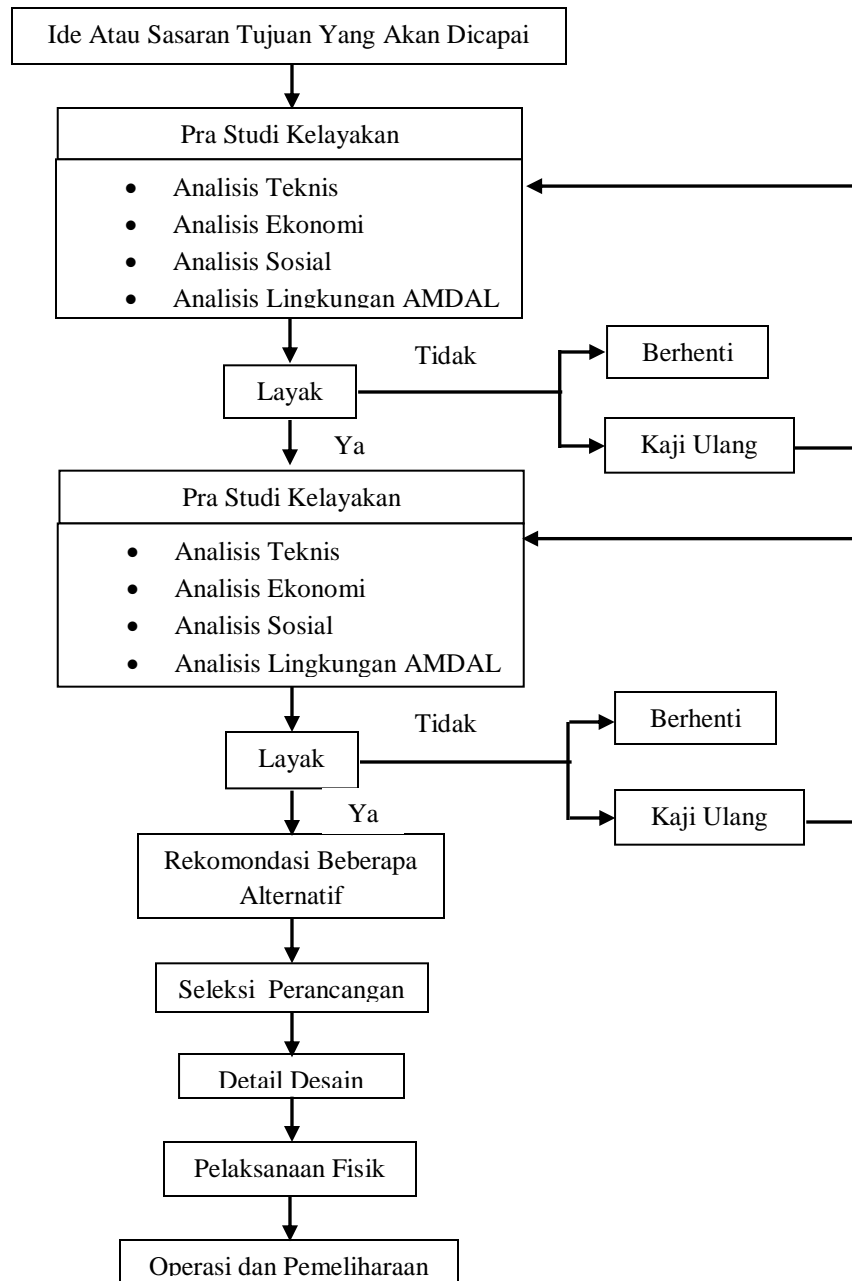
### 2.26.1 Tinjauan Umum

Banyak orang teknik (engineer) berpikir bahwa urusan keuangan khususnya dalam pekerjaan teknik akan diurus oleh orang lain yang berkompeten, dan bahkan merupakan hal yang perlu dipikirkan. Tetapi di dalam kenyataannya, setiap proyek keteknikan (engineering project) tidak hanya harus mampu diwujudkan (realizable) secara teknis, melainkan juga harus layak (feasible) secara ekonomis, artinya bahwa proses perancangan dari proyek keteknikan sangat tergantung pada faktor-faktor ekonomi. Jadi ekonomi teknik sudah merupakan suatu bagian yang tak terpisahkan dari proses itu, tanpa memandang apa disiplin keteknikannya (DeGarmo dkk, 1997).

### 2.26.2. Pengertian Ekonomi Teknik

Proyek pembangunan merupakan rangkaian suatu kegiatan yang saling berhubungan. Pada dasarnya proyek pembangunan merupakan suatu kegiatan yang didasarkan pada analisis dari berbagai aspek untuk mencapai sasaran dan tujuan tertentu dengan hasil seoptimal mungkin. Aspek-aspek yang mendukung keberhasilan suatu proyek dapat dibagi menjadi empat tahapan, yaitu (Kodoatie, 2001): Tahapan studi Tahapan perencanaan Tahapan pelaksanaan Tahapan operasi

dan pemeliharaan Empat tahapan tersebut meliputi macam aktivitas, yang secara garis besar dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.2. Tahapan studi, Tahapan perencanaan, Tahapan pelaksanaan, Tahapan operasi dan pemeliharaan  
Sumber : (Kodoatie,2001)



Dengan melaksanakan tahapan-tahapan analisis di atas, maka diharapkan pembangunan suatu proyek dapat berjalan secara baik dan dapat menghasilkan manfaat yang optimal. Tahapan yang cukup penting dalam pelaksanaan proyek pembangunan adalah tahap studi kelayakan. Pada tahapan ini seseorang engineer akan melakukan analisis kelayakan yang terdiri dari :

- a) Analisis Teknis
- b) Analisis Ekonomi
- c) Analisis Sosial
- d) Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL)

Masing-masing analisis tersebut akan memberikan penilaian yang nantinya dapat memberikan solusi apakah proyek tersebut layak atau tidak layak untuk dilaksanakan. Keempat analisis ini merupakan standar yang harus dilaksanakan terhadap kajian kelayakan suatu proyek. Analisis ekonomi teknik sendiri memiliki peranan yang besar dalam perencanaan suatu proyek pembangunan. Analisis ekonomi proyek merupakan suatu kajian secara ekonomi apakah suatu ide, sasaran, atau rencana suatu proyek akan dapat diwujudkan dengan porsi yang layak secara ekonomi ( Kodoatie,2001). Ekonomi teknik (Engineering economy) adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan aspek-aspek ekonomi dalam teknik, yang terdiri dari evaluasi sistematis dari biaya-biaya dan manfaat-manfaat usulan proyek-proyek teknik. Prinsip-prinsip dan metodologi ekonomi teknik merupakan bagian integral dari manajemen sehari-hari dan operasi perusahaan-perusahaan swasta dan koperasi, pengaturan utilitas public yang diregulasi, badan-badan atau agen-agen pemerintah, dan organisasi-organisasi nirlaba.

Prinsip-prinsip ini dimanfaatkan untuk menganalisis penggunaan-penggunaan alternatif terhadap sumber daya uang, khususnya yang berhubungan dengan asset-aset fisik dan operasi suatu organisasi. Bidang studi ekonomi teknik berurusan dengan evaluasi sistematis terhadap manfaat dan biaya proyek-proyek yang melibatkan analisis keteknikan (DeGarmo dkk,1997). Dengan demikian, ekonomi teknik merupakan sisi yang berhubungan dengan uang dari keputusan yang dibuat para insinyur sewaktu mereka bekerja memposisikan sebuah perusahaan agar mampu laba dalam pasar yang sangat kompetitif. Jadi ekonomi teknik melibatkan analisis-analisis teknik, yang menitikberatkan pada aspek-aspek ekonomi dan bertujuan membantu membuat keputusan. Hal ini memang berlaku baik pada pengambilan keputusan oleh seorang insinyur yang berinteraksi dalam menganalisis alternative-alternatif pada pekerjaan proyek baru (DeGarmo dkk,1997).

### 2.26.3. Istilah Dasar Ekonomi Teknik

Di dalam ekonomi teknik, kita mengenal beberapa istilah penting yang sering dipakai dalam tahapan analisis kelayakan, beberapa istilah penting yang akan dipakai adalah berdasarkan prinsip “*discete compounding*” yang dapat dijelaskan sebagai berikut (Kodoatie, 2001) :

$i = \text{Compound interest (bunga)} = \text{besarnya suku bunga tahunan (\%)}$

$P = \text{Present Value (nilai sekarang)} = \text{sejumlah uang pada saat ini}$

$F = \text{Future Value (nilai yang akan datang)} = \text{sejumlah uang pada saat yang akan datang}$

$A = \text{Annual Payment}$  = pembayaran tahunan = sejumlah uang yang dibayar setiap tahun

$n$  = Jumlah tahun

$G = \text{Gradient Series}$  = annual yang tidak konstan, membentuk suatu kenaikan atau penurunan yang tertentu

$SFF = \text{Sinking Fund Factor}$  = penambahan sejumlah uang

$CRF = \text{Capital Recovery Factor}$  = pemasukan kembali modal

Pada umumnya seluruh persoalan dan periode waktunya dikonversikan berdasarkan tahunan (annual basis), sehingga istilah  $A$ ,  $i$ , dan  $n$  juga berdasarkan periode tahunan.

Dari penjelasan istilah-istilah tersebut, terdapat rumus-rumus penting yang merupakan dasar analisis ekonomi teknik proyek yang berdasarkan bunga berganda (interest compound) dan metode penggantian yang berperiode (discrete compounding), yakni :

1. Future Value ( harga yang akan datang )

$$F = P (1 + i)^n$$

2. Present Value ( harga pada saat ini )

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

3. Penanaman Fund ( penanaman sejumlah modal )

$$A = \frac{Fi}{(1 + i)^n - 1}$$

4. Capital Recovery ( pemasukan kembali modal )

$$A = \frac{Pi(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

5. Future Value dari Annual

$$F = \frac{A[(1+I)^n - I]}{i(1+I)^n}$$

6. Present Value dari Annual

$$P = \frac{A [(1+I)^n - I]}{i(1+I)^n}$$

7. Uniform dari Gradient Series

$$A = G \left( \frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - I} \right)$$