

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

- 1) Koswari Ari Abizar, 2010. Institut Sepuluh November (ITS).

Dengan Judul Analisa Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Jalan Lintas Ambawang - Tayan Kalimantan Barat Ditinjau dari Segi Ekonomi. Pada penelitian ini dilakukan pembahasan mengenai 1. Perhitungan perencanaan konstruksi berdasarkan beban lalu lintas. dan 2. Metode Analisa BCR (Benefit Cost Ratio) Yang dilakukan pada ruas jalan antara kota Pontianak dengan Kabupaten Sanggau (Lintas Ambawang - Tayan Kalimantan Barat). Maka didapatkanlah design untuk Konstruksi Perkerasan lentur, meliputi: *surface course* tebal=19,5cm, *base course*=20cm, *Subbase course* =25cm. Sedangkan design pada Konstruksi perkerasan kaku, meliputi: Pelat Beton (K-350) tebal=30cm, *Subbase course*=25cm, dowel panjang 450mm dan jarak antar *dowel*=300mm, *tie bar* D16mm, panjang *tie bar*=765mm dan jarak antar *tie bar*=820mm. Metode analisa yang dilakukan dalam hasil perhitungan BCR didapatkan perkerasan kaku lebih menguntungkan.

Kata Kunci : *perkerasan lentur, perkerasan kaku*

- 2) Adi Rahman Hidayat, 2015. Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada Penelitian yang dilakukan membahas mengenai Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Konstruksi Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur kondisi tersebut merupakan studi kasus : overlay jalan lokasi yang dilakukan penelitian tersebut pada Jalan Bade-Batangan, Kecamatan Klego Kabupaten Boyolali. Perbandingan kedua konstruksi perkerasan dari segi biaya dan metode pelaksanaan. Perbandingan tersebut dilakukan pada biaya lapis permukaan dan leveling sepanjang 650 m antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Metode penelitian dengan study pustaka dan survey awal, kemudian pengumpulan data sekunder lalu analisa hasil dan kesimpulan. analisis biaya mengenai Analisa biaya berdasarkan AHSP (Analisa Harga Satuan) tahun 2010 Kabupaten Boyolali.

Dari penelitian didapat hasil analisis biaya masing-masing konstruksi perkerasan kaku Rp. 908,846,000.00 dan konstruksi

perkerasan lentur Rp. 920,642,000.00. dan adanya selisih sekitar Rp. 11.796.000,00 Ditinjau dari metode pelaksanaannya, kedua pekerjaan mempunyai perbedaan pada waktu pelaksanaan. Perkerasan kaku lebih efektif karena tanpa melalui tahapan pemadatan awal pemadatan antara dan pemadatan akhir seperti perkerasan lentur sedang dalam proses pemasangan bekesting untuk menghampar meterial diperlukan saat perkerasan kaku sedang perkerasan lentur tidak.

Kata Kunci : Biaya konstruksi, metode pelaksanaan konstruksi, perkerasan kaku, perkerasan Lentur, harga Satuan

- 3) Abdulloh Farid, 2013 Universtitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya Edisi Juli 2013).

Penelitian yang diambil mengenai Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton dan Jalan Asphal dengan menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 selama umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto) STA 0+000 - STA 5+000 perbedaan metode mendorong dilakukannya analisa terhadap perbedaan Biaya kontruksi Beton dan Aspal dengan metode Bina Marga dan Asshto 1993.

Metodologi yang dipakai dalam penelitian tersebut mulai studi pendahuluan dan literatur, pengumpulan dan pengolahan data, Membandingkan analisa harga pekerjaan berdasar pekerjaan perkersaan Aspal dan perkerasan Kaku. Setelah dilakukan penelitian perbandingan keduanya didapatkan hasil biaya ekonomis selama 20 tahun dari selisih nilai keduanya dimana penggunaan perkerasan kaku lebih efisien sebesar Rp. 5.249.318.505,26

Kata Kunci : *perkersaan Aspal , perkerasan Kaku, umur Rencana*

- 4) Lutfi ana Sahrianto, 2016, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Judul yang dipakai dalam penelitian adalah Analisa Perbandingan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan dan Biaya. Analisa biaya tersebut berdasarkan AHSP (Analisa Harga Satuan) tahun 2015 Kabupaten Ngawi. Lokasi yang dipakai dalam penelitian tersebut berlokasi pada kegiatan pekerjaan Peningkatan / Rekonstruksi Jalan Mantingan-Ngawi. Peneliti melakukan perbandingan analisa harga pekerjaan berdasar pekerjaan perkersaan Aspal dan perkerasan Kaku. Sehingga perbandingan keduanya didapatkan hasil biaya ekonomis selama 20 tahun dari selisih nilai keduanya dimana penggunaan perkerasan kaku lebih efisien sebesar Rp. 5.249.318.505,26

Kata Kunci : *perkerasan kaku, perkerasan Lentur,*

5) Risman, 2017, PT Bukaka Teknik Utama

Judul yang dipakai adalah Analisis Perbandingan biaya konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri Jalan Soekarno Hatta, Bandung Kawasan Industri di Bandung awalnya didesain menggunakan perkerasan lentur, tetapi karena kondisi muka air normal sungai di kawasan industri tersebut lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, dan kondisi cuaca yang tidak menentu sehingga sering terjadi genangan air, maka diajukanlah perubahan konstruksi jalan dari lentur menjadi kaku.

Metodologi yang dipakai untuk itu diperlukan analisa dan peninjauan ulang terhadap perkerasan jalan tersebut dengan cara melakukan studi kepustakaan, observasi lapangan, dan menganalisa biaya konstruksinya dengan tujuan agar didapat jenis perkerasan yang lebih tepat dan efisien

Dari hasil penelitian didapatkan tebal perkerasan kaku dengan susunan lapis permukaan dari Pelat Beton K-300 21 cm, 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 konstruksi diperoleh biaya konstruksi untuk perkerasan kaku sebesar Rp. 3,102,111,324.00, sedangkan untuk perkerasan lentur hasil penelitian sebesar Rp. 3,792,839,700.00. Berdasarkan identifikasi masalah di lapangan, di mana muka air normal sungai di lokasi proyek lebih tinggi dari elevasi jalan rencana, terjadinya genangan pada saat hujan, singkatnya waktu pengerjaan yang hanya tiga bulan dan berdasarkan hasil perhitungan biaya konstruksinya, maka pengerjaan konstruksi jalan dengan menggunakan perkerasan kaku lebih tepat dan efisien dari pada perkerasan lentur.

Kata Kunci : *Perkerasan kaku, perkerasan lentur, volume, harga satuan, biaya konstruksi*

6) Eduardi Prahara; Andika Sunarsa, 2010 Universitas Bina Nusantara.

Penelitian yang dilakukan mengenai Perencanaan dan Analisis Biaya Investasi antara Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur pada jalur trans Jakarta Busway : Study kasus Pada Trans Jakarta Busway Koridor 8 antara Halte Pondok Indah 2 hingga Halte Permata Hijau. Bus Trans Jakarta memiliki jalur sendiri di mana kendaraan lainnya dilarang mempergunakannya. Tingkat kemacetan yang ada di tiap-tiap lokasi berbeda, perkerasan yang didesain pun berbeda juga. Untuk lokasi yang memiliki tingkat kemacetan yang tidak terlalu tinggi, pengadaan bus Trans Jakarta tidak terlalu banyak sehingga

dengan perkerasan lentur pun diharapkan sudah dapat melayani kebutuhan di lokasi tersebut. Sedangkan untuk lokasi yang memiliki tingkat kepadatan yang tinggi, pemerintah mendesain jalur tersebut dengan perkerasan kaku yang dianggap memiliki daya tahan yang lebih besar dibandingkan dengan perkerasan lentur.

Dari hasil analisis pada jalur Trans Jakarta Busway koridor 8 antara halte Pondok Indah 2 sampai dengan halte Permata Hijau yang memiliki panjang 5,8 km, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut. Untuk perhitungan perkerasan lentur dengan umur rencana selama 10 tahun menggunakan metode Bina Marga diperoleh tebal lapis permukaan Laston adalah 10 cm, tebal lapis pondasi atas Laston Atas adalah 20 cm dan tebal lapis pondasi bawah Sirtu kelas A adalah 26 cm. Total biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp. 5.151.202.571 dengan biaya tahunan sebesar Rp. 515.120.257.

Untuk perhitungan perkerasan kaku dengan umur rencana 20 tahun menggunakan metode Bina Marga diperoleh tebal lapis pondasi Campuran Beton Kurus adalah 15 cm dan tebal pelat beton K – 350 adalah 25 cm. Jenis perkerasan yang digunakan adalah Beton Bersambung Tanpa Tulangan. Total biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp. 9.960.685.100 dengan biaya tahunan sebesar Rp.498.034.255.

Dari biaya tahunan terlihat bahwa perkerasan kaku lebih ekonomis dari perkerasan lentur dengan selisih Rp. 17.086.002 per tahun. Namun, diperlukan investasi awal hampir dua kali dari perkerasan lentur. Secara umum, perkerasan kaku cocok untuk jalan yang menginginkan biaya perawatan tahunan minim dan biaya pembangunan awal yang besar.

Kata kunci: *perkerasan kaku, perkerasan lentur, biaya konstruksi, biaya investasi*

Tabel 2.1 : Tabel Peneliti Terdahulu

No	Topik/judul	Penulis	Teknik Analisis	Lokasi Penelitian	Pokok pembahasan
1	Analisa Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada Jalan Lintas Ambawang-Tayan Kalimantan Barat Ditinjau dari Segi Ekonomi	Koswari Ari Abizar, 2010. Institut Sepuluh November (ITS).	1. Perhitungan perencanaan konstruksi berdasarkan beban lalu lintas. 2. Metode Analisa BCR (Benefit Cost Ratio).	Ruas jalan antara kota Pontianak dengan Kabupaten Sanggau (Lintas Ambawang-Tayan Kalimantan Barat).	1. Perkerasan lentur: surface course tebal=19,5cm, base course=20cm, Subbase course=25cm. Konstruksi perkerasan kaku: Pelat Beton (K-350) tebal=30cm, Subbase course=25cm, dowel panjang 450mm dan jarak antar dowel=300mm, tie bar D16mm, panjang tie bar=765mm dan jarak antar tie bar=820mm. 2. Hasil perhitungan BCR didapatkan perkerasan kaku lebih menguntungkan.
2	Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Konstruksi Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur	Adi Rahman Hidayat, 2015. Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS).	Analisa biaya berdasarkan AHSP (Analisa Harga Satuan) tahun 2010 Kabupaten Boyolali.	Jalan Bade-Batangan, Kecamatan Klego Kabupaten Boyolali	1. Dari hasil analisis biaya masing-masing konstruksi perkerasan kaku Rp. 908.846.000,00 dan konstruksi perkerasan lentur Rp. 920.642.000,00. 2. Ditinjau dari metode pelaksanaannya, kedua pekerjaan mempunyai perbedaan pada waktu pelaksanaan. Perkerasan lentur lebih efektif
3	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton dan Jalan Aspal dengan menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1995 selama umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto) STA 0+000 - STA 5+000	Abdulloh Farid, 2013 Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya Edisi Juli 2013)	Analisa perbedaan Biaya konstruksi Beton dan Aspal dengan metode Bina Marga dan Assito 1995	Proyek Jalan Tol Mojokerto) STA 0+000 - STA 5+000	Membandingkan analisa harga pekerjaan berdasar pekerjaan perkerasan Aspal dan perkerasan Kaku. Sehingga perbandingan keduanya didapatkan hasil biaya ekonomis selama 20 tahun dari selisih nilai keduanya dimana penggunaan perkerasan kaku lebih efisien sebesar Rp. 5.249.318.505,26
4	Analisa Perbandingan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan dan Biaya.	Lutfi ana Sahranto, 2016, Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS)	Analisa biaya berdasarkan AHSP (Analisa Harga Satuan) tahun 2015 Kabupaten Ngawi.	Peningkatan / Rekonstruksi Jalan Mantingan-Ngawi	Menganalisa perbandingan biaya melalui harga bahan dan analisa harga satuan pekerjaan serta mengetahui perbedaan metode pelaksanaan antara pekerjaan konstruksi jalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku serta pekerjaan konstruksi drainase cor ditempat dengan konstruksi drainase precast, kemudian disimpulkan pekerjaan yang lebih ekonomis dan efisien untuk acuan perencanaan selanjutnya
5	Analisis Perbandingan biaya konstruksi Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur pada Jalan Kawasan Industri di Bandung	Risman PT Bubaka Teknik Utama	Analisa Harga satuan dari Jurnal harga satuan bahan bangunan konstruksi dan interior untuk daerah Jawa Barat, edisi 35 tahun 2016.	Kawasan Industri Jalan Soekarno Hatta, Bandung	Menganalisa perbandingan biaya melalui harga bahan dan analisa harga satuan pekerjaan serta mengetahui perbedaan metode pelaksanaan antara pekerjaan konstruksi jalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku serta pekerjaan konstruksi drainase cor ditempat dengan konstruksi drainase precast, kemudian disimpulkan pekerjaan yang lebih ekonomis dan efisien untuk acuan perencanaan selanjutnya

Sumber : Olahan Penulis

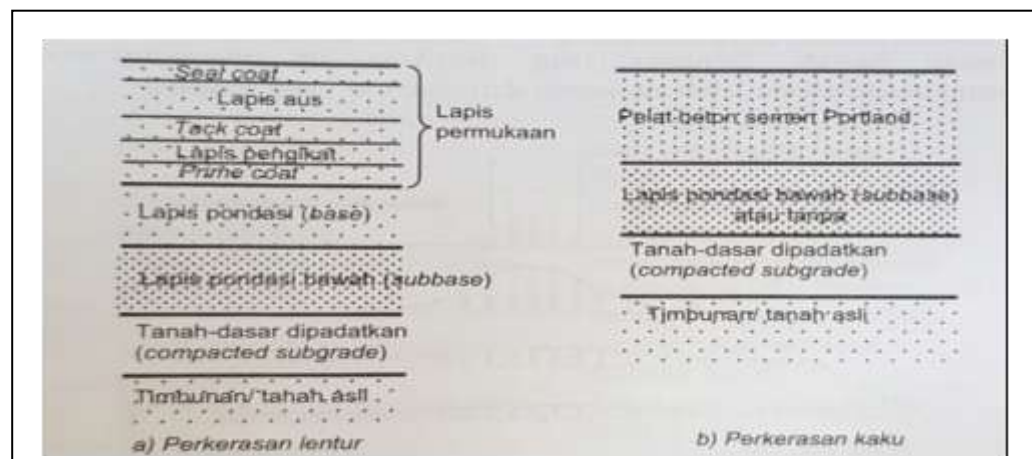
2.2 Dasar Teori Perkerasan Jalan Menurut Ahli

A. Menurut Yoder dan Witczak (1975) perkerasan lentur adalah struktur perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Sedangkan perkerasan kaku adalah struktur perkerasan yang menggunakan semen (portland cement) sebagai pengikatnya.

B. Menurut Hari Christady Hardiyatmo (2015) Perkerasan / *Pavement* Tanah asli di alam jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban berulang lalu lintas kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Karena itu dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda.

Tipe-tipe Perkerasan yang Banyak digunakan :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) terdiri lapis permukaan aspal yang berada diatas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan diatas tanah dasar. Secara umum perkerasan lentur terdiri dari 3 lapisan utama :
 - a. Lapis Permukaan (*surface course*)
 - b. Lapis Pondasi (*base course*)
 - c. lapis Pondasi bawah (*subbase course*)



Gambar 2.1 Perbedaan struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Sumber Hari Christady Hardiyatmo (2015) / NAVFAC DM-5.4, (1979).

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen portland dengan atau tanpa tulangan.

Tabel 2.2. Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
1	Komponen perkerasan terdiri dari pelat beton yang terletak tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah (subbase)	Komponen perkerasan terdiri dari lapis permukaan, pondasi atas (base) dan pondasi bawah (subbase)
2	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelas tinggi	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas
3	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit.
4	Umur rencana dapat mencapai 20-40 tahun	Umur rencana lebih pendek yaitu 10-20 tahun, jadi kurang dari perkerasan kaku
5	Lebih tahan terhadap drainase yang buruk	Kurang tahan terhadap drainase buruk
6	Biaya awal pembangunan lebih tinggi	Biaya awal pembangunan lebih rendah
7	Biaya pemeliharaan kecil, Namun jika terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi	Biaya pemeliharaan rendah
8	Kekuatan perkerasan lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton	Kekuatan perkerasan ditentukan oleh kerjasama setiap komponen lapis perkerasan
9	Tebal struktur perkerasan adalah tebal pelat betonnya	Tebal struktur perkerasan adalah seluruh lapisan pembentuk perkerasan diatas tanah dasar
10	Perkerasan dibuat dalam panel-panel (untuk tipe JPCP dan JRCP) sehingga dibutuhkan sambungan-sambungan (kecuali tipe CRCP)	Tidak dibuat dalam panel-panel, sehingga tidak ada sambungan

Sumber : Olahan Penulis

3. Perkerasan komposit (*composite pavement*) adalah perkerasan gabungan antara perkerasan beton semen portland dan perkerasan aspal. Perkerasan terdiri dari lapis beton aspal (*asphalt concrete, AC*) yang berada diatas perkerasan beton semen portland atau lapis pondasi yang dirawat.

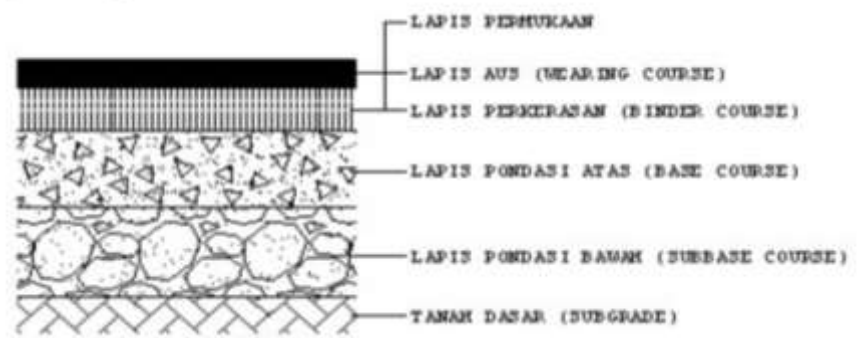
4. Jalan tak diperkeras (*unpaved road*) adalah jalan dengan perkerasan sederhana, dimana permukaan jalan hanya berupa lapisan granuler (kerikil) yang dihamparkan diatas tanah dasar. Kadang kala berupa jalan tanah dasar (asli atau dimodifikasi) yang dipadatkan.

C. Menurut Sukirman (2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan (Menurut Sukirman 1999), dapat dibedakan menjadi:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan dengan menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. 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.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

1). Struktur Perkerasan Jalan Lentur

Struktur perkerasan jalan lentur dibuat secara berlapis dimana Masing-masing elemen lapisan termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu lintas, atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.2 : *Lapis Flexible Pavement*

Sumber : Sukirman (2003)

A. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas, terdiri dari :

(1) Lapis Aus (*Wearing Course*)

Merupakan lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus

(a) Lapis Perekat (*tack coat*)

Sama halnya dengan lapis resap pengikat, lapis perekat dilaburkan diantara lapis beraspal lama dengan lapis beraspal yang baru (yang akan dihampar di atasnya), yang berfungsi sebagai perekat diantaranya. Lapis perekat (*tack coat*) merupakan lapisan aspal cair yang diletakkan di atas lapisan beraspal atau lapis beton semen sebelum lapis berikutnya dihampar. Lapis perekat berfungsi untuk memberikan daya ikat antara lapis lama dengan baru

Bahan lapis perekat terdiri dari aspal emulsi yang cepat menyerap atau aspal keras pen 80/100 atau pen 60/70 yang dicairkan dengan 25 sampai 30 bagian minyak tanah per 100 bagian aspal. Pemakaiannya berkisar antar 0,15 liter/m² sampai 0,50 liter /m². Lebih tipis dibandingkan dengan pemakaian lapis resap pengikat.

KITASIPIL *Saturday*, April 08, 2017 Konstruksi

<https://www.kitasipil.com/2017/04/mengenal-perbedaan-lapis-resap.html>.

(2) Lapis Perkerasan (*Binder Course*)

Merupakan lapis antara, salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh

Bina Marga bersama- sama dengan Pusat Litbang Jalan. (Affandi, 2009).

Adapun fungsi Lapis Permukaan :

- (1) Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda, lapisan yang memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan
- (2) Sebagai lapis kedap air, yaitu lapisan yang melindungi lapisan di bawahnya dari resapan air yang jatuh di atas permukaan perkerasan.
- (3) Sebagai lapisan aus (*wearing course*) yaitu lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- (4) Sebagai lapis-lapis yang menyebabkan beban ke lapisan dibawahnya sehingga dapat dipukul oleh lapisan lainnya dengan daya dukung yang lebih jelek.

(a) Lapis Resap Pengikat (*Prime Coat*)

Lapis resap pengikat merupakan bagian dari struktur perkerasan lentur yang tidak mempunyai nilai struktur akan tetapi mempunyai fungsi yang sangat besar terhadap kekuatan dan keawetan struktur terutama untuk menahan gaya lateral atau gaya rem. Lapis resap pengikat dilaburkan diantara lapisan material tidak beraspal dengan lapisan beraspal yang berfungsi untuk menyelimuti permukaan lapisan tidak beraspal.

Prime Coat merupakan lapisan ikat aspal cair yang diletakkan di atas lapis pondasi agregat Klas A. Lapis resap pengikat biasanya dibuat dari aspal dengan penetrasi 80/100 atau penetrasi 60/70 yang dicairkan dengan minyak tanah. Volume yang digunakan berkisar antara 0,4 sampai dengan 1,3 liter/ m² untuk lapis pondasi agregat kelas A dan 0,2 sampai 1 liter/m² untuk pondasi tanah semen. Setelah pengeringan selama 4 sampai 6 jam, bahan pengikat harus telah meresap kedalam lapis pondasi. lapis resap pengikat yang berlebih dapat mengakibatkan pelelehan (*bleeding*) dan dapat menyebabkan timbulnya bidang geser. Oleh karena itu, untuk daerah yang berlebih ditabur dengan pasir halus dan dibiarkan agar pasir tersebut diselimuti aspal.

Fungsi dari lapis resap pengikat antara lain :

- Memberikan daya ikat antara lapis pondasi agregat dengan campuran aspal

- Mencegah lepasnya butiran lapis pondasi agregat (segregasi) jika dilewati kendaraan sebelum dilapis dengan campuran aspal.
- Menjaga lapis pondasi agregat dari pengaruh cuaca, khususnya hujan. Sehingga air tidak masuk ke dalam lapisan pondasi agregat yang dapat mengakibatkan kerusakan struktur jalan.

KITASIPIL Saturday, April 08, 2017 Konstruksi

<https://www.kitasipil.com/2017/04/mengenal-perbedaan-lapis-resap.html>.

Berdasarkan fungsinya lapis permukaan:

- (1). Lapis non struktural, sebagai lapis aus dan kedap air, antara lain:
 - **Burtu** (laburan aspal satu lapis), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
 - **Burda** (laburan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi agregat, yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal maksimum 3,5 cm.
 - **Latasir** (lapis tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus, dicampur dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat maksimum 1-2 cm.
 - **Buras** (laburan aspal), merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
 - **Latasbun** (lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan dingin dengan ketebalan maksimum 1 cm.
 - **Lataston** (lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *Hot Rolled Sheet (HRS)* merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi timpang/ senjang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu panas dengan tebal padat maksimum 2,5-3 cm.
- (2) Lapis Struktural, sebagai lapis yang menahan dan menyebarkan beban roda, antara lain :
 - **Lapen** (Lapis Penetrasi Macadam), merupakan lapis perkerasan yang terdiri atas agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka seragam yang diikat oleh aspal

dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dengan ketebalan maksimum 4-10 cm.

- **Lasbutag** (Lapisan Asbuton Agregat) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri atas campuran agregat asbuton dan bahan pelunak yang dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin dengan ketebalan padat pada tiap lapisan antara 3-5 cm.
- **Laston** (lapis aspal beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri atas campuran aspal keras dan agregat bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu panas
- **Campuran Emulsi bergradasi rapat (CEBR)** dan campuran emulsi bergradasi terbuka (**CEBT**).

B. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Adalah bagian lapis perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Menurut SNI 1732-1989-F,Pt T -01-2002-B memiliki : (CBR > 50 %, PI < 4%). Adapun fungsi Lapis Pondasi Atas :

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
2. Lapisan peresan untuk pondasi bawah
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan

C. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Course*)

Adalah bagian lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dengan tanah dasar. Menurut SNI 1732-1989-F, Pt T -01-2002-B memiliki : (CBR > 20 %, PI < 10%). Adapun fungsi Lapis Pondasi Bawah:

1. Menyebarkan Beban roda ke tanah dasar
2. Efisiensi penggunaan material. Materi pondasi bawah lebih murah daripada lapisan diatasnya.
3. Lapis peresan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
4. Lapisan partikel partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan atas.

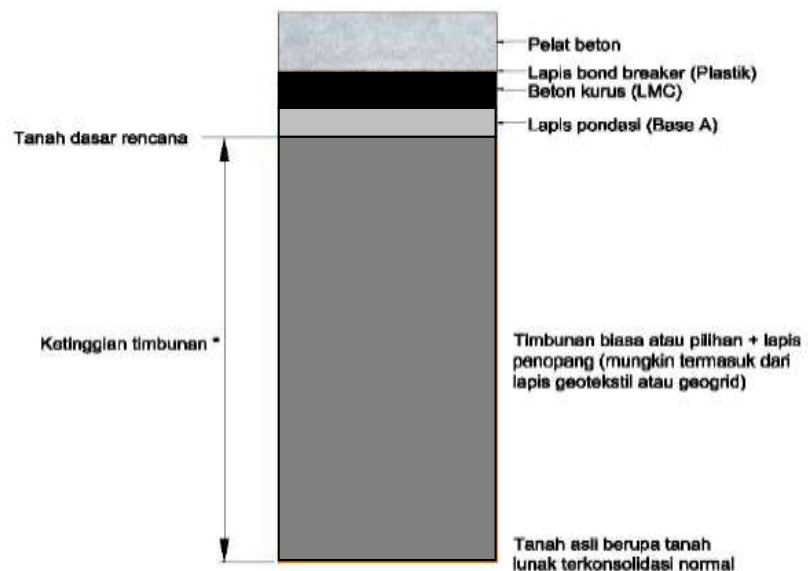
D. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan

merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian perkerasan lainnya.

2) Struktur Perkerasan Jalan Kaku (*Rigid Pavement*).

Perkerasan kaku atau perkerasan beton semen adalah suatu konstruksi (perkerasan) dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya, (Aly,2004).



Gambar 2.3 Struktur perkerasan kaku
 Sumber : Manual Perkerasan Jalan Raya,
 Revisi Juni 2017 Nomor 04/SE/Db/2017

(a) **Plat beton/ Slab (pelat)** adalah sebuah elemen struktur horizontal yang berfungsi menyalurkan beban mati maupun beban hidup menuju rangka pendukung vertical dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen horizontal tersebut dapat dibuat bekerja dalam satu arah ataupun bekerja dua arah yang saling tegak lurus (biaksial).

(b) **Lapis Bond Breaker (Plastik)** dipasang diatas subbase aagara tidak ada kelekatan (*bonding*) atau gesekan (*friction*) antara lapis pondasi bawah dengan plat beton. Dalam prakteknya bond breaker dibuat dari plastik tebal (minimum 125 mikron)



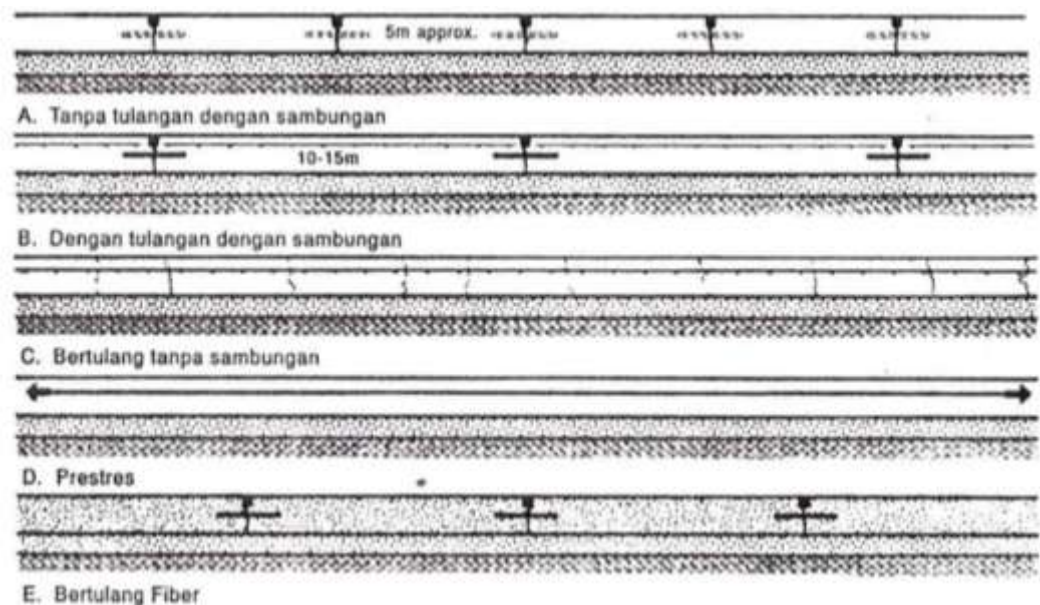
Gambar 2.4 Struktur lapis bond breaker

Sumber: Teknis Pelaksanaan Jalan Beton Semen (Nurchahyo)

- (c) **Beton Kurus (Lean Mix Concete, LMC)** Campuran material berbutir dan semen dengan kadar semen yang rendah. Digunakan sebagian bagian dari lapis fondasi perkerasan beton.
- (d) **Lapis Fondasi Agregat Kelas A** adalah mutu Lapis Fondasi Atas untuk lapisan di bawah lapisan beraspal.
- (e) **Timbunan Pilihan** harus digunakan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dasar pada lapisan penopang (*capping layer*) dan jika diperlukan di daerah galian. Timbunan pilihan dapat juga digunakan untuk stabilisasi lereng atau pekerjaan pelebaran timbunan jika diperlukan lereng yang lebih curam karena keterbatasan ruangan, dan untuk pekerjaan timbunan lainnya di mana kekuatan timbunan adalah faktor yang kritis.
Timbunan Pilihan harus digunakan sebagai lapisan penopang (*capping layer*) pada tanah lunak yang mempunyai CBR lapangan kurang 2,5% yang tidak dapat ditingkatkan dengan pemadatan atau stabilisasi.
- (f) **Tanah Dasar (Subgrade)** adalah Permukaan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan timbunan yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakan struktur perkerasan di atasnya.
Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah dengan CBR lapangan kurang dari 2,5%. Tanah lunak tidak memiliki daya dukung terhadap pemadatan pada lapisan di atasnya tanpa dilakukan penanganan khusus. Daerah tanah lunak di Indonesia pada umumnya adalah tanah lempung kelanauan alluvial atau marine yang umumnya terkonsolidasi normal atau terkonsolidasi sebagian dan umumnya atau seringkali dalam kondisi jenuh.

Pada saat ini dikenal ada 5 jenis perkerasan beton semen yaitu :

1. Perkerasan beton semen tanpa tulangan dengan sambungan (*Jointed plain concrete pavement*).
2. Perkerasan beton semen bertulang dengan sambungan (*Jointed reinforced concrete pavement*).
3. Perkerasan beton semen tanpa tulangan (*Continuously reinforced concrete pavement*).
4. Perkerasan beton semen prategang (*Prestressed concrete pavement*).
5. Perkerasan beton semen bertulang fiber (*Fiber reinforced concrete pavement*).



Gambar 2.5 Macam Perkerasan Beton Semen

Sumber : Anas Aly Perkerasan Beton Semen (2014)

Karena beton akan segera mengeras setelah dicor, dan pembuatan beton tidak dapat menerus, maka pada perkerasan ini terdapat sambungan-sambungan beton atau joint. Pada perkerasan ini juga slab beton akan ikut memikul beban roda, sehingga kualitas beton sangat menentukan kualitas pada rigid pavement.

2.3. Umur Rencana

Menurut Andi Tenrisukki Tenri Ajeng : Umur Rencana Pekerjaan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan overlay lapis perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan harus tetap dilakukan seperti

pelapisan non struktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana perkerasan lentur jalan baru umumnya 20 tahun dengan peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar untuk mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi) umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada Tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber Manual Perkerasan Jalan Raya, Revisi Juni 2017 Nomor 04/SE/Db/2017 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga Hal. 37

Umur Rencana dapat berbeda dengan tabel diatas apabila :

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted lifecyclecost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discountedlifecycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari <http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/>.
2. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

2.4. Rencana Anggaran Biaya

RAB adalah perkiraan biaya material, biaya upah, dan biaya lain-lain yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu bangunan. RAB diperlukan sebagai pedoman pembangunan agar proses pembangunan tersebut berjalan secara efektif dan efisien. Hal tersebut perlu dilakukan agar

menghindari penggunaan dana yang tidak tepat yang dapat mengacaukan jalannya pembangunan suatu proyek..

1. Pengertian RAB menurut Ahli diantaranya sebagai berikut :

a) Menurut J. A. Mukomoko

Dalam bukunya Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan, 1987 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah perkiraan nilai uang dari suatu kegiatan (proyek) yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan.

b) Menurut Bachtiar Ibrahim

Dalam bukunya Rencana dan Estimate Real of Cost,1993, yang dimaksud Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

c) Menurut Sugeng Djojowiriono

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

2. Harga satuan pekerjaan

Adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja atau harga yang harus dibayar untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi berdasarkan perhitungan analisis. Analisis disini adalah ketentuan umum yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Dalam analisis satuan komponen, telah ditetapkan koefisien (indeks) jumlah tenaga kerja, bahan dan alat untuk satu satuan pekerjaan. Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biayabiaya yang lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan, Ibrahim (2003) menyatakan bahwa biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

Harga Dasar Satuan Upah Sistem pengupahan pada tenaga kerja orang adalah sebagai berikut :

- a. Hari orang standar (*standart man day*), maksudnya pekerja terampil yang dapat mengerjakan satu jenis kerja (*skilled labour*). Dalam system pengupahan dipergunakan satuan upah berupa orang hari standar (*standart man day*) yang disingkat dengan

istilah lain HO (Hari Orang) atau MD (*Man Day*). Pekerjaan dalam 1 (satu) hari kerja (8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat).

- b. Jam orang standar (*man hour*), maksudnya 1 hari 8 jam kerja terdiri dari 7 jam kerja dan 1 jam istirahat.

3. Peran Rencana Anggaran Biaya (RAB)

a) Secara Umum

Tanpa adanya RAB, sangat mungkin terjadi pembengkakan biaya dikarenakan pembelian material yang tidak sesuai dengan volume pekerjaan, upah pekerja yang tidak terkontrol, pengadaan peralatan yang tidak tepat, dan berbagai dampak negatif lainnya. Peran rencana anggaran biaya (RAB) secara umum adalah:

- 1) Sebagai Alat Koordinasi,

Peran RAB sebagai alat koordinasi ialah pada saat melaksanakan program kegiatan tentunya harus memperlihatkan berbagai fungsi atau bagian yang ada dalam perusahaan.

- 2) Sebagai Pedoman Perencanaan

Contoh sederhana misalnya digunakan sebagai pedoman untuk penyusunan program kegiatan perusahaan.

- 3) Sebagai Alat Pengendalian

Dikatakan sebagai alat pengendalian misalnya saat pengevaluasian hasil pelaksanaan program kegiatan atau pekerjaan dalam perusahaan dengan standar yang telah ditentukan.

b) Peran Pada Proyek Konstruksi

Maksudnya yaitu merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti: material, tenaga kerja, pelayanan, maupun waktu. Meskipun kegunaannya sama, namun untuk masing-masing organisasi peserta proyek mempunyai penekanannya yang berbeda-beda atau fungsi estimasi antara lain sebagai berikut:

- 1) Bagi kontraktor

Merupakan angka finansial yang diajukan dalam proses lelang guna memperoleh pekerjaan dan memperhitungkan keuntungan, diperlukan ketrampilan dalam perkiraan biaya. Harga yang diajukan oleh kontraktor ini disebut dengan *estimasi Engineering (EE)*

- 2) Bagi Konsultan

Merupakan angka yang diajukan kepada pemilik proyek (*Owner*) sebagai usulan biaya yang terbaik untuk berbagai kegunaan sesuai perkembangan proyek dan sampai derajat ketelitian tertentu, kredibilitasnya terkait dengan kebenaran atau

ketepatan angka-angka yang diusulkan. Harga estimasi yang diajukan oleh konsultan disebut dengan *Bill of Quantity* (BQ).

3) Bagi Owner

Merupakan angka yang menunjukkan jumlah perkiraan biaya yang akan menjadi salah satu patokan untuk menentukan kelanjutan suatu investasi. Secara praktis di lapangan disebut dengan *Owner Estimation* (OE).

4. Manfaat Rencana Anggaran Biaya

- a) Acuan dasar pelaksanaan proyek, mulai dari pemilihan kontraktor yang sesuai, pembelian bahan bangunan, sampai pengawasan proyek agar berjalan sesuai dengan rancangan dan kesepakatan awal Anda dengan kontraktor.
- b) Biaya pekerjaan proyek bangun atau renovasi akan menjadi lebih jelas dan terperinci.
- c) Dapat membantu memilih bahan bangunan yang cocok untuk proyek. Untuk itu pastikan sudah membuat RAB sebelum memulai pekerjaan proyek.

5. Faktor Yang Mempengaruhi Perhitungan Rencanan Anggaran Biaya (RAB)

a) Desain ekonomi

Perubahan desain seperti misalnya perubahan bentuk, tinggi, ukuran dan sebagainya, akan menyebabkan penyesuaian terhadap tarif yang dipakai dalam estimasi pendekatan.

b) Kondisi Pasar

Ketika menyiapkan estimasi, tarif dan harga yang dipakai biasanya akan diperoleh dari proyek - proyek sebelumnya atau data biaya histori serta estimasi pendekatan pada waktu tertentu di masa mendatang. Karenanya sangatlah perlu untuk memperbarui harga - harga tersebut dengan menggunakan indeks harga tender sehingga sesuai dengan tingkat harga sekarang. Selain itu perlu pula untuk memasukkan peningkatan biaya buruh dan material yang telah diumumkan tetapi belum dilaksanakan. Kelonggaran juga pasti diberikan untuk memperhitungkan perubahan kondisi kontrak, tipe owner, tersedianya buruh, beban kerja dan sebagainya serta naik turunnya dunia industri.

c) Sarana Teknis

Masalah ini menimbulkan suatu peningkatan proporsi proyek bangunan. Pentingnya biaya ini menghendaki agar peninjauannya terpisah dari komponen biaya bangunan lainnya. Pada rencana

proyek yang besar, Quantity Surveyor ahli pasti dipakai untuk memberikan pedoman terutama pada tahap estimasi perkiraan..

d) Pertimbangan Kualitas

Tarif dari proyek lama adalah ditetapkan berdasarkan standart kualitas tertentu. Jika standart ini akan dinaikkan atau diturunkan maka diperlukan adanya perubahan dalam tarif estimasi yang diajukan.

e) Harga Dan Resiko Desain

Estimasi disusun berdasarkan kombinasi tiga factor yaitu: kualitas, kuantitas dan harga. dua hal pertama dari komponen ini menyangkut tentang desain, yang selalu mengalami perubahan hingga penanda tangan kontrak. Desain yang ada akan mempengaruhi metode kerja yang akan pengaruh pada harga. Resiko biaya yang berkaitan dengan desain akan lebih banyak terjadi pada tahap permulaan dari pada tahap tender. Oleh karenanya persentase yang lebih besar harus ditambahkan untuk menutup resiko desain pada tahap permulaan, dari pada dalam tahap selanjutnya selama proses desain terjadi.

f) Pekerjaan Eksternal

Akibat sering terjadinya perbedaan yang cukup besar antara tapak-tapak bangunan, maka terdapat hubungan biaya antara elemen pekerjaan eksternal dengan bangunan sesungguhnya. Karenanya umumnya perlulah mencakup biaya-biaya ini sebagai komponen tersendiri dalam estimasi. Ukuran tapak atau lokasi dan pekerjaan yang harus dilaksanakan merupakan factor penting yang harus dipertimbangkan.

(g) Kealpaan

Usulan estimasi biaya yang dilakukan kontraktor mungkin melakukan kealpaan dalam penghitungan pengeluaran. Contoh nyata dari kealpaan ini antara lain: fee professional dan ongkos-ongkos lain, VAT (Value Added Tax, pajak pertambahan nilai), biaya lahan, tagihan bunga, perabot kecil- kecil dan komponen-komponen peralatan khusus yang mungkin dibutuhkan untuk bengkel atau laboratorium.

2.5 Faktor-Faktor Ekonomi Teknik

Menurut Eugene I. Grant, W Grant Ireson, Richard S. Leavenworth. (1996) : Rumus - rumus bunga majemuk yang digunakan mengevaluasi pengambilan keputusan dalam rangka pemecahan masalah sebagai alternative investasi.

2.5.1 Bunga Majemuk

Adalah Bunga tiap tahun yang diambil dari Jumlah Total yang dipinjam pada akhir tahun sebelumnya, jumlah total yang termasuk pinjaman pokok ditambah akumulasi bunga yang belum dibayarkan ketika tiba waktunya.

2.5.2 Rumus -Rumus Bunga Majemuk

Simbol-simbol

i menyatakan tingkat suku bunga perperiode bunga

n menyatakan jumlah periode bunga

P menyatakan jumlah uang sekarang

F menyatakan jumlah uang pada akhir n periode dari saat sekarang yang ekuivalen dengan P dengan bunga i

A menyatakan pembayaran pada akhir periode atau penerimaan mendatang seri yang uniform yang berlanjut untuk n periode mendatang seri seluruhnya ekuivalen dengan P pada tingkat bunga i

Diketahui P , untuk mencari F

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

Diketahui F , untuk mencari P

$$P = F \left[\frac{1}{(1 + i)^n} \right]$$

Diketahui F , untuk mencari A

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

Diketahui P , untuk mencari A

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

Atau

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

Diketahui A untuk mencari F

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

Diketahui A , untuk mencari P

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

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

- 1) Bila F yang diperoleh dalam n tahun dari pokok sebesar P diketahui maka ;

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

Bentuk $(1+i)^n$ disebut single payment compound factor (jumlah pembayaran tunggal).

Simbol fungsionalnya dapat ditulis sebagai berikut : $F = P (F/P , i\%, n)$

2) Jika P dalam bentuk F diketahui ,I dan n

maka ;

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Bentuk $(1+i)^n$ disebut single payment present worth factor (jumlah nilai sekarang pembayaran tunggal)

Simbol fungsionalnya dapat ditulis sebagai berikut : $P = F (P/F , i\%, n)$

3) Bila A dalam bentuk F diketahui

maka ;

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

Bentuk $\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$ disebut sinking fund factor (faktor peana)

Simbol fungsionalnya dapat ditulis sebagai berikut : $A = F (A/F , i\%, n)$

4) Bila A dalam bentuk P diketahui

maka ;

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

Bentuk $\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$ disebut capital recovery factor (faktor pengembalian).

Simbol fungsionalnya dapat ditulis sebagai berikut : $A = P (A/P , i\%, n)$

5) Bila F dalam bentuk A diketahui

maka ;

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

amount factor Bentuk $\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$ disebut uniform series compound
 (faktor jumlah majemuk seri uniform) atau biasa disebut menjadi series compound amount factor (faktor jumlah majemuk seri). Simbol fungsionalnya dapat ditulis sebagai berikut : $F = A (F/A , i\% , n)$

6) Bila P dalam bentuk A diketahui

maka ;

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$
 Bentuk $\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$ disebut uniform series present worth
 amount factor

(faktor nilai sekarang seri uniform) atau biasa disebut menjadi series present worth factor (faktor nilai sekarang seri). Simbol fungsionalnya dapat ditulis sebagai berikut : $P = A (P/F , i\% , n)$.

2.6 Macam Analisa Arus Kas

Dalam menganalisis proyek -proyek teknik dapat diselesaikan lebih dari satu alternatif, dimana alternatif ini akan meniadakan sembarang pilihan yang lain dan bersifat eksklusif satu sama lain. Terdapat 5 metode dasar dalam menganalisis arus kas yaitu :

1. Analisa nilai sekarang (*Present Worth*)
2. Analisa deret seragam (*Annual Worth*)
3. Analisa nilai mendatang (*Futurre Worth*)
4. Analisa berkali-kali secara seragam (*Cash flow gradient*)
5. Analisa Periode Bunga (*Interest Periode*)

2.6.1 Analisa nilai sekarang (*Present Worth*)

Present Worth adalah nilai sejumlah uang pada saat sekarang yang merupakan ekivalensi dari sejumlah cash flow (aliran kas) tertentu pada periode tertentu dengan tingkat suku bunga (i) tertentu.

Present worth analysis (analisis nilai sekarang) didasarkan pada konsep ekuivalensi dimana semua arus kas masuk dan arus kas keluar diperhitungkan terhadap titik waktu sekarang pada suatu tingkat pengembalian minimum yang diinginkan (*minimum attractive rate of return – MARR*).

Usia pakai berbagai alternatif yang akan dibandingkan dan periode analisis yang akan digunakan bisa berada dalam situasi:

1. Usia pakai sama dengan periode analisis
2. Usia pakai berbeda dengan periode analisis
3. Periode analisis tak terhingga

Analisis dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung *Net Present Value* (NPV) dari masing-masing alternatif. NPV diperoleh menggunakan persamaan:

$$\text{NPV} = \text{PW pendapatan} - \text{PW pengeluaran}$$

Untuk alternatif tunggal, jika diperoleh nilai $\text{NPV} \geq 0$ maka alternatif tersebut layak diterima. Sementara untuk situasi dimana terdapat lebih dari satu alternatif, maka alternatif dengan NPV terbesar merupakan alternatif yang paling menarik untuk dipilih. Pada situasi dimana alternatif yang ada bersifat *independent*, dipilih semua alternatif yang memiliki $\text{NPV} \geq 0$.

2.6.2 Analisa deret seragam (*Annual Worth*)

Annual Worth atau nilai sekarang adalah sejumlah serial cash flow yang nilainya seragam setiap periodenya. Nilai tahunan diperoleh dengan mengkonversikan seluruh aliran kas ke dalam suatu nilai tahunan (anuitas) yang seragam.

Annual worth analysis (analisis nilai tahunan) didasarkan pada konsep ekuivalensi dimana semua arus kas masuk dan arus kas keluar diperhitungkan dalam sederetan nilai uang tahunan yang sama besar pada suatu tingkat pengembalian minimum yang diinginkan (*minimum attractive rate of return* – MARR)

Hasil AW alternatif sama dengan PW dan FW, dimana $\text{AW} = \text{PW}(A/P, i, n)$ dan $\text{AW} = \text{FW}(A/F, i, n)$. Dengan demikian, AW dari setiap alternatif dapat dihitung juga dari nilai-nilai ekuivalen lainnya. Nilai AW alternatif diperoleh dari persamaan:

$$\text{AW} = \text{R} - \text{E} - \text{CR}$$

Dimana:

R = *revenues* (penghasilan atau penghematan ekuivalen tahunan)

E = *expences* (pengeluaran ekuivalen tahunan)

CR = *capital recovery* (pengembalian modal)

Untuk alternatif tunggal, jika diperoleh nilai $\text{AW} \geq 0$ maka alternatif tersebut layak diterima. Sementara untuk situasi dimana terdapat lebih dari satu alternatif, maka alternatif dengan NPV terbesar merupakan alternatif yang paling menarik untuk dipilih. Pada situasi dimana alternatif yang ada bersifat *independent*, dipilih semua alternatif yang memiliki $\text{AW} \geq 0$.

Capital Recovery suatu alternatif ialah nilai seragam tahunan yang ekuivalen dengan modal yang diinvestasikan. Beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung CR adalah:

$$CR = I(A/P, i, n) - S(A/F, i, n)$$

$$CR = (I - S)(A/F, i, n) + I(i)$$

$$CR = (I - S)(A/P, i, n) + S(i)$$

Dimana:

I = investasi awal alternatif

S = nilai sisa di akhir usia pakai

n = usia pakai alternatif

2.6.3 Analisa nilai mendatang (*Future Worth*)

Future Worth atau nilai kelak adalah nilai sejumlah uang pada masa yang akan datang yang merupakan konversi sejumlah aliran kas dengan tingkat suku bunga tertentu.

Future worth analysis (analisis nilai masa depan) didasarkan pada nilai ekuivalensi semua arus kas masuk dan arus kas keluar di akhir periode analisis pada suatu tingkat pengembalian minimum yang diinginkan (MARR). Oleh karena tujuan utama dari konsep *time value of money* adalah untuk memaksimalkan laba masa depan, informasi ekonomis yang diperoleh dari analisis ini sangat berguna dalam situasi-situasi keputusan investasi modal.

Hasil FW alternative sama dengan PW, dimana $FW = PW (F/P, i\%, n)$. Perbedaan dalam nilai ekonomis yang dihasilkan bersifat relative terhadap acuan waktu yang digunakan saat ini atau masa depan. Untuk alternatif tunggal, jika diperoleh nilai $FW \geq 0$ maka alternatif tersebut layak diterima. Sementara untuk situasi dimana terdapat lebih dari satu alternatif, maka alternatif dengan FW terbesar merupakan alternatif yang paling menarik untuk dipilih. Pada situasi dimana alternatif yang ada bersifat *independent*, dipilih semua alternatif yang memiliki $FW \geq 0$.

2.6.4 Gradient

Gradient adalah pembayaran yang terjadi berkali-kali tiap tahun naik dengan kenaikan yang sama atau penurunan secara seragam.

Cash flow gradient adalah cash flow dimana jumlah aliran uangnya meningkat atau berkurang dalam jumlah tertentu setiap periodik. Ada dua jenis, yaitu

- a. Arithmetic Gradient, cash flow yang melibatkan penerimaan-penerimaan atau pengeluaran-pengeluaran yang diproyeksikan agar meningkat atau berlurang jumlahnya secara konstan, G, pada setiap periode, yang dapat dimodelkan dengan suatu kemiringan/gradient yang seragam (uniform gradient / arithmetic gradient).

- Mencari P jika G diketahui kondisi P berada dalam satu periode sebelum nilai cash flow nol.
 - Mencari A jika G diketahui kondisi A berada mulai dari cash flow nol sampai dengan penerimaan / pengeluaran yang diproyeksikan agar meningkat / berkurang berakhir secara konstan.
- b. Geometric Gradient, pola proyeksi cash flow yang berubah pada tingkat/rate, g setiap periode, dinyatakan sebagai urutan gradient geometric (geometric gradient series)
- Mencari P jika A diketahui
- Jika $i \neq g$
 Jika $i = g$
- Untuk mendapatkan nilai A dan F yang ekuivalen, hasil yang didapat dikalikan dengan faktor.

2.6.5 Interest Periode

Periode Bunga (interest period) adalah interval waktu yang dijadikan dasar dalam perhitungan bunga. Biasanya dalam perhitungan bunga digunakan periode 1 tahun (annually), $\frac{1}{2}$ tahun (semi annually), atau bulanan (monthly). Secara umum tingkat suku bunga dinyatakan dengan annual interest rate.

Periode Bunga periode pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembangkan saat terjadinya kondisi pulang pokok (break even-point). Lamanya periode pengembalian (k) saat kondisi BEP adalah: $K(BEP) =$ dimana : k = periode pengembalian C_f = cash flow period ke t , Jika komponen cash flow benefit dan cost-nya bersifat annual, maka formulanya menjadi : $K(PBP)$ = periode waktu