

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai tolak ukur dan acuan untuk menyelesaikannya. Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Koswari Ari Abizar, 2010, 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.

Penelitian yang dilakukan oleh Adi Rahman Hidayat, 2015, dengan Judul 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 Pekerjaan) 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 material diperlukan saat perkerasan kaku sedang perkerasan lentur tidak.

Penelitian yang dilakukan oleh Abdulloh Farid, 2013, dengan judul 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 konstruksi 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 perkerasan 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

Penelitian yang dilakukan oleh Lutfi ana Sahrianto, 2016, dengan 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 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

Penelitian yang dilakukan oleh Risman, 2017, dengan 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 diipakai 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 Kuru (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.

Penelitian yang dilakukan oleh Triase, Risma Marleno, 2019, dengan Judul yang dipakai adalah Analisis Manajemen Resiko Pembangunan Proyek Lintas Bawah Tanah Bynderan Mayjen Sungkono Surabaya. Proyek pembangunan jalan lintas bawah tanah dikawasan bunderan satelit merupakan proyek dengan tingkat resiko yang sulit diprediksi, sehingga diperlukan analisis manajemen risiko yang mendalam. Dengan pendekatan dari spek mutu, biaya dan waktu, akan dicari faktor-faktor risiko yang dominan serta perubahan biaya dan waktu akibat pengaruh dari factor risiko tersebut. Dengan menggunakan sebesar 35 responden ternyata hasil akhir analisisnya ternyata menunjukkan bahwa dari aspek mutu, maka faktor perubahan perencanaan, material kurang berkualitas, produktivitas alat kerja rendah menjadi faktor resiko yang dominan. Sedang dari aspek waktu, ternyata factor kegagalan tim/manajemen proyek, perubahan perencanaan, dan kesalahan perencanaan menjadi faktor risiko yang dominan. Sementara itu dari aspek biaya faktor manajemen proyek dan keselamatan lalu lintas, galian struktur, pekerjaan geotextile, perkerasan rigid menjadi faktor risiko yang dominan dan dari aspek alam serta aspek perencanaan menjadi sumber risiko yang dominan dari segi waktu dan lingkup pekerjaan struktur, lingkup pekerjaan umum dari segi biaya. Akibat adanya factor-faktor resiko tersebut, maka mengakibatkan perubahan biaya untuk pekerjaan struktur sebesar 75 juta atau sebesar 53%, sedang pada pekerjaan umum sebesar 63 juta atau sebesar 11% dengan perubahan waktu > 30 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Eduardi Prahara; Andika Sunarsa, 2010, dengan Judul 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 memergunakannya. 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.

Tabel 2.1 Peneliti Terdahulu

No.	Topik/judul	Penulis	Metode	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).	Perhitungan perencanaan konstruksi berdasarkan beban lalu lintas	Metode Analisa BCR (<i>Benefit Cost Ratio</i>)	Ruas jalan antara kota Pontianak dengan Kabupaten Sanggau (Lintas Ambawang-Tayan Kalimantan Barat).	1.Perkerasan lentur: surface coursetebal=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	Adi Rahman Hidayat, 2015. Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS).	Metode penelitian dibagi dalam 3 (tiga) tahap yaitu tahap pertama adalah studi pustaka dan survey awal, tahap kedua	Analisa biaya berdasarkan AHSP (Analisa harga satuan) tahun 2919	Jalan Bade-Batangan, Kecamatan Klego Kabupateb Boyolali.	1.Dari hasil analisis biaya masing-masing konstruksi perkerasan kaku sebesar Rp. 908,846,000.00 dan konstruksi perkerasan lentur sebesar Rp. 920,642,000.00.2. Ditinjau

No.	Topik/judul	Penulis	Metode	Teknik Analisis	Lokasi Penelitian	Pokok Pembahasan
	Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur		adalah pengumpulan data sekunder, dan tahap ketiga adalah analisa hasil dan kesimpulan saran.	Kabupaten Boyolali.		dari metode pelaksanaan, kedua pekerjaan mempunyai perbedaan pada waktupelaksanaan. Perkerasan lentur lebih efektif.
3	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton dan Jalan Aspal 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	Abdulloh Farid, 2013 Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya Edisi Juli 2013)	Populasi dalam penelitian ini adalah umur perkerasan jalan kaku dan jalan lentur pada proyek Jalan Tol Mojokerto Kertosono Jawa Timur. Metode pengumpulan data melalui <i>liberali study</i> dan <i>field research</i> .	Analisa perbedaan biaya konstruksi Beton dan Aspal dengan metode Bina Marga dan Aashto 1993	Proyek Jalan Tol Mojokerto STA 0+00- 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

No.	Topik/judul	Penulis	Metode	Teknik Analisis	Lokasi Penelitian	Pokok Pembahasan
4	Analisa Perbandingan Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan dan Biaya	Lutfiana Sahrianto, 2016, Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS)/Usulan.	Pada kegiatan ini metode penelitian dibagi menjadi 4 tahap, yaitu tahap studi literatur dan survey awal, pengumpulan data skunder, pembahasan dari setiap pekerjaan dan tahap kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan.	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	Risman PT. Bukaka Teknik Utama	Tahapan penelitian ini melalui studi kepustakaan, observasi lapangan, dan menganalisa biaya	Analisa harga satuan dari jurnal harga satuan bahan bangunan konstruksi dan	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

No.	Topik/judul	Penulis	Metode	Teknik Analisis	Lokasi Penelitian	Pokok Pembahasan
	Industri Jalan Soekarno Hatta, Bandung Kawasan Industri di Bandung		konstruksinya dengan tujuan agar didapat jenis perkerasan yang lebih tepat dan efisien	interior untuk daerah Jawa Barat, edisi 35 tahun 2016		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.
6	Analisis Manajemen Resiko Pembangunan Proyek Lintas Bawah Tanah Bunderan Mayjen Sungkono Surabaya	Triase, Risma Marleno, 2019	Analisis manajemen risiko dengan meninjau pada aspek mutu, waktu, biaya dan kondisi alam	Analisis manajemen risiko	<i>Underpass</i> Bunderan Mayjend Sungkono Surabaya	Akibat adanya factor-faktor resiko tersebut, maka mengakibatkan perubahan biaya untuk pekerjaan struktur sebesar 75 juta atau sebesar 53%, sedang pada pekerjaan umum sebesar 63 juta atau sebesar 11% dengan perubahan waktu > 30 hari.

No.	Topik/judul	Penulis	Metode	Teknik Analisis	Lokasi Penelitian	Pokok Pembahasan
7	Perencanaan dan Analisis Biaya Investasi antara Perkerasan Kaku dengan Perkerasan Lentur pada jalur trans Jakarta <i>Busway</i> : Study kasus Pada Trans Jakarta Busway Koridor 8 antara Halte Pondok Indah 2 hingga Halte Permata Hijau	Euardi Prahara; Andika Sunarsa, 2010	Survey Tingkat kemacetan dan perkerasan jalan yang dilalui Busway.	Analisa harga satuan pekerjaan metode Bina Marga	Trans Jakarta Busway Koridor 8 antara Halte Pondok Indah 2 hingga Halte Permata Hijau	Secara umum, perkerasan kaku cocok untuk jalan yang menginginkan biaya perawatan tahunan minim dan biaya pembangunan awal yang besar.

Sumber : Olahan Penulis

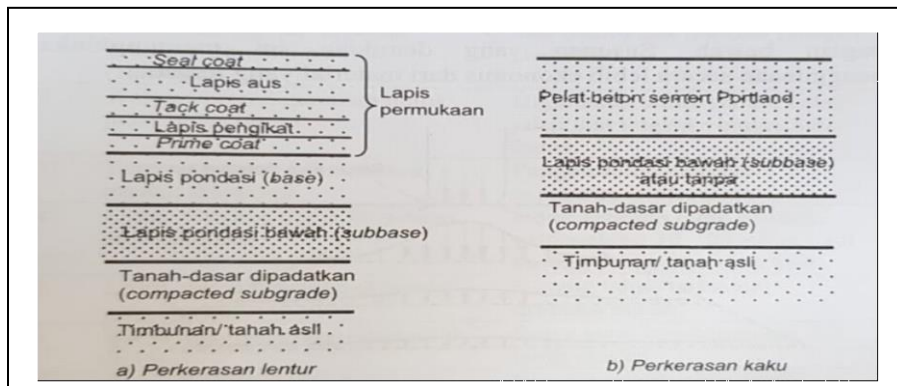
2.2 Dasar Teori Perkerasan Jalan Menurut Ahli

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 lapisan 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, 2019 (Hardiyatmo, 2015)

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 di atas 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 di atas tanah dasar. Kadang kala berupa jalan tanah dasar (asli atau dimodifikasi) yang dipadatkan.

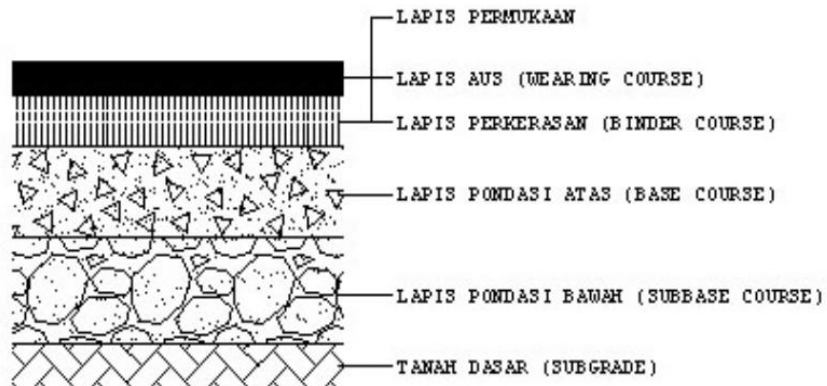
C. Menurut Sukirman (2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Berdasarkan bahan pengikatnya, 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, 2017).

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:

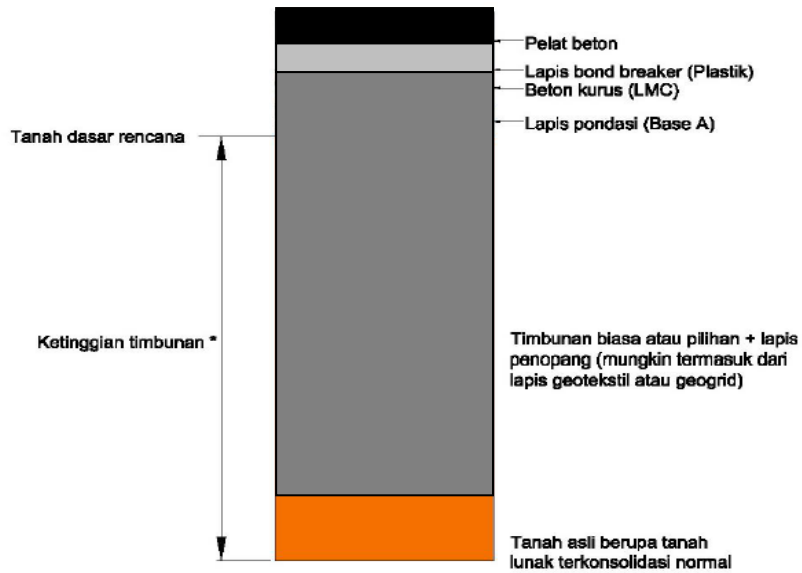
1. Menyebarkan Beban roda ke tanah dasar
2. Efisiensi penggunaan material. Materi pondasi bawah lebih murah daripada lapisan diatasnya.
3. Lapis peresan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
4. Lapisan partikel partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan atas.

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

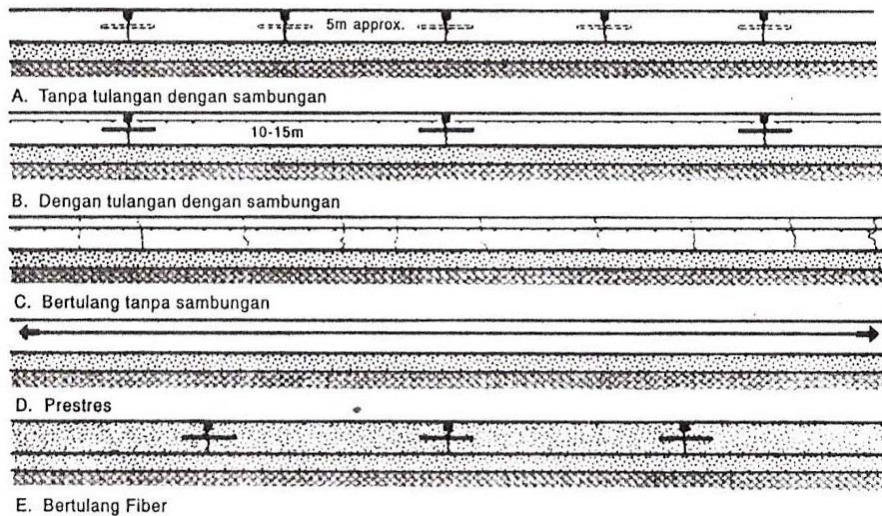
Sumber: Teknis Pelaksanaan Jalan Beton Semen (Nurchahyo)

- (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 segeher 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 Lapisan Perkerasan Jalan Lentur / Aspal

2.3.1. Elemen Tanah Dasar (Sub Grade)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanent) dari macam tanah tertentu akibat beban.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu-lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Tidak semua jenis tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar pendukung badan jalan secara baik, karena harus dipertimbangkan beberapa sifat yang penting untuk kepentingan struktur jalan, seperti:

- Daya dukung dan kestabilan tanah yang cukup.
- Komposisi dan gradasi butiran tanah.
- Sifat kembang susut (*swelling*) tanah.
- Kemudahan untuk dipadatkan.
- Kemudahan meluluskan air (*drainase*)
- Plastisitas dari tanah.
- Sifat *ekspansive* tanah dan lain-lain.

Pemilihan jenis tanah yang dapat dijadikan tanah dasar melalui penyelidikan tanah menjadi penting karena tanah dasar akan sangat menentukan tebal lapis perkerasan di atasnya, sifat fisik perkerasan

dikemudian hari dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan dan lain sebagainya.

Para perancang dan pelaksana harus menganti betul bagaimana sifat dan karakteristik tanah dari bahan material tanah dasar. Disiplin ilmu mekanika tanah dan geoteknik sangat membantu untuk mengantisipasi perilaku dari tanah dasar, sebelum benar-benar dipilih sebagai subgrade (pertimbangan perancangan) dan sebelum dilaksanakan pengerjaannya sebagai struktur perkerasan yang paling bawah (pertimbangan pelaksanaan).

Beberapa pedoman praktis dalam rancangan tanah dasar dapat dilihat pada lampiran A-1 yang merupakan sifat spesifik tanah untuk klasifikasi dari Cassagrade, yang sekaligus menunjukkan rating sebagai tanah dasar, sedangkan pada lampiran A-2 merupakan petunjuk dari *Highway Research Board USA* untuk mendapatkan rating tanah dasar berdasarkan system klasifikasi '*Group Index*'. (GI) atau kadangkala disebut *System Unified Classification*.

2.3.2. Elemen Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Coure*)

Lapis pondasi bawah (subbase) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi "atas" (base), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi bawah dibuat diatas tanah dasar yang berfungsi diantaranya sebagai:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Menjaga efisiensi penggunaan material yang relative murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat berat atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Bermacam-macam material setempat (CBR > 20%, PI < 10%) yang relative lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah.

Ada berbagai jenis lapis pondasi bawah yang sering dilaksanakan yaitu:

- a. Pondasi bawah yang menggunakan batu pecah, dengan balas pasir.
- b. Pondasi bawah yang menggunakan sirtu yang mengandung sedikit tanah.
- c. Pondasi bawah yang menggunakan tanah pasir.
- d. Pondasi bawah yang menggunakan *agregate*.
- e. Pondasi bawah yang menggunakan material ATSB (*Asphalt Treated Sub-Base*) atau disebut Leston Bawah (Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah).
- f. Pondasi bawah menggunakan stabilitas tanah.

2.3.3. Elemen Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (LPA) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi “bawah” (*subbase*), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi atas dibuat diatas lapis pondasi bawah yang berfungsi diantaranya:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
- c. Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke lapis pondasi bawah.

Bahan-bahan untuk pondasi atas, umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai lapis pondasi atas, hendaknya dilakukan penyeledikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik yang ada.

Bermacam-macam bahan aqlam/bahan setempat ($CBR > 50\%$, $PI < 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi atas, antara lain : batu pecah, kerikil pecah, dan / atau stabilitas tanah dengan semen atau kapur.

Secara umum dapat berupa:

- a. Pondasi atas yang menggunakan material pondasi *Telford*.
- b. Pondasi atas yang menggunakan material *agregate*.
- c. Pondasi atas yang menggunakan material ATB (*Asphalt Treated Base*) atau disebut Laston (Lapis Aspal Beton) Atas.

- d. Pondasi atas menggunakan stabilisasi material.
- e. Pondasi atas yang menggunakan *Asphalt Treated Base* = Laston (Lapis Aspal Beton) Pondasi Atas.

2.3.4. Elemen Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Fungsi lapis permukaan antara lain:

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
- b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah campuran bahan agregat dan aspal, dengan persyaratan bahan yang memenuhi standar. Penggunaan bahan aspal diperlukan sebagai bahan pengikat agregat dan agar lapisan dapat bersifat kedap air; disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu-lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana, serta pertahanan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2.4. Desain Perkerasan Kaku Metode Bina Marga

2.4.1. Parameter Desain Perkerasan Kaku Metode Bina Marga

Desain Rigid Pavement Metode Bina Marga 2003 Parameter perencanaan perkerasan kaku metode Bina Marga 2003 tersebut antara lain adalah :

- a. Lalu lintas Perhitungan lalu lintas dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.
- b. Tanah dasar Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR.
- c. Pondasi bawah Bahan pondasi bawah dapat berupa bahan berbutir, stabilisasi, dan campuran beton kurus.
- d. Material konstruksi Kekuatan beton dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok yang besarnya 30-50 kg/cm².
- e. Faktor erosi dan tegangan ekuivalen

Prosedur perencanaan perkerasan kaku didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

- a. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- b. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan. Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

2.4.2. Perancangan Tebal Pelat Metode Bina Marga

Langkah-langkah dalam perencanaan tebal pelat untuk metode Bina Marga 2003 adalah:

- a. Menentukan nilai CBR tanah dasar.
- b. Perkiraan distribusi sumbu kendaraan niaga dan jenis/beban sumbu sesuai data LHR.
- c. Menentukan CBR.
- d. Pilih faktor keamanan, tentukan memakai bahu beton atau tidak, kemudian pilih kuat tarik lentur beton pada umur 28 hari.
- e. Taksir tebal pelat.
- f. Menentukan faktor erosi dan tegangan ekuivalen pada setiap jenis sumbu.
- g. Tentukan jumlah repetisi ijin untuk setiap sumbu beban menggunakan Dalam menentukan tegangan ekuivalen, sebelum menentukan repetisi ijin harus menentukan faktor rasio tegangan (FRT).
- h. Hitung kerusakan erosi dan kerusakan fatik setiap beban sumbu dengan membagi perkiraan jumlah sumbu dengan jumlah repetisi ijin, kemudian hasilnya dijumlahkan. Kerusakan erosi dan kerusakan fatik harus < 100%.
- i. Total fatik dan kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100% tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan diulangi.

2.5. Desain Perkerasan Lentur Metode Bina Marga

Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga Metode ini merupakan metode yang digunakan di Indonesia dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Metode ini diadopsi dari Metode AASHTO 1972 Amerika Serikat yang perencanaan jalan baru ini digunakan untuk penentuan tebal perkerasan dimana perkerasan jalan tersebut akan terdiri atau meliputi seluruh lapisan perkerasan jalan dari tanah dasar, subbase course, base course dan surface course. Juga berlaku untuk perencanaan rekonstruksi jalan (*full depth pavement*) dan pelebaran jalan.

2.5.1. Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar sangat mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Untuk menentukan daya dukung tanah dasar, terlebih dahulu harus ditentukan CBR (*California Bearing Ratio*) dari tanah dasar itu. Pada satu titik pengamatan diharapkan telah mewakili nilai CBR tanah dasar sedalam ± 1 meter. Apabila terjadi perbedaan nilai CBR pada satu titik pengamatan, maka dilakukan perhitungan CBR mewakili dengan formula dibawah ini :

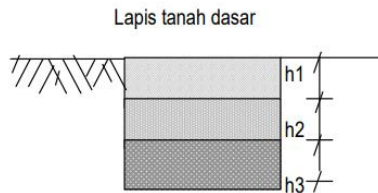
$$CBR_{\text{mewakili}} = \frac{\left(h_1 \cdot CBR_1^{1/3} + h_2 \cdot CBR_2^{1/3} + h_3 \cdot CBR_3^{1/3} + h_n \cdot CBR_n^{1/3} \right)^3}{h_1 + h_2 + h_3 + h_n} \dots(2.1)$$

(Sumber : *Manual For Design and Construction of Asphalt Pavement, Japan Road Association, 1980*)

Dan memenuhi persyaratan :

- a. Jika $h_1 > 40$ CBR mewakili $> CBR_1$
- b. Jika $h_1+h_2 > 40$ dan $CBR_1 < CBR_2$ CBR mewakili $> CBR_1$
- c. Jika $h_1+h_2 > 40$ dan $CBR_1 > CBR_2$ CBR mewakili $> CBR_2$
- d. Jika $h_1+h_2 < 40$, $CBR_1 < CBR_2 < CBR_3$ CBR mewakili $> CBR_1$
- e. Jika $h_1+h_2 < 40$, $CBR_2 < CBR_1 < CBR_3$ CBR mewakili $> CBR_2$
- f. Jika $h_1+h_2 < 40$, $CBR_3 < CBR_1 < CBR_2$ CBR mewakili $> CBR_3$

Sumber : Design Parameter and Model for the Road Works Design System, Sub Directorate of Technical Planning Bina Program Jalan, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, April 1987.



Gambar 2.6. : Lapisan tanah dasar

Pada satu segmen jalan, pengambilan CBR untuk perencanaan dilakukan setiap jarak 200 meter ditambah pada setiap lokasi terjadinya perubahan jenis tanah atau kondisi lingkungan. CBR design yang mewakili pada segmen jalan tersebut adalah : $CBR_{design} = CBR_{rata-rata} - std\ CBR_{std\ CBR}$ = standard deviasi nilai CBR. Pada badan jalan yang terletak diatas tanah timbunan yang lebih besar dari 1 meter maka : $CBR_{design} = CBR_{timbunan}$. Apabila perencanaan dilakukan serempak dalam beberapa segmen sehingga diperlukan waktu yang singkat dalam penentuan nilai CBR design, maka nilai CBR design dapat ditentukan dengan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan dilakukan langsung dilapangan. CBR design juga dapat diambil berdasar metode Bina Marga. Persyaratan untuk perencanaan daya dukung tanah dasar yang baik minimum nilai CBR adalah 6 %. Korelasi antara Daya Dukung Tanah (DDT) dengan CBR diberikan dalam bentuk Nomogram seperti pada Gambar 2.3. dengan persamaan sebagai berikut : $DDT = 4,3 \log (CBR) + 1,7$

2.5.2.Faktor Regional

Faktor regional (Tabel 2.3.) ditentukan oleh beberapa hal yaitu :

- Keadaan iklim
- Persentase kendaraan berat (≥ 5 ton)
- Derajat kemiringan memanjang jalan

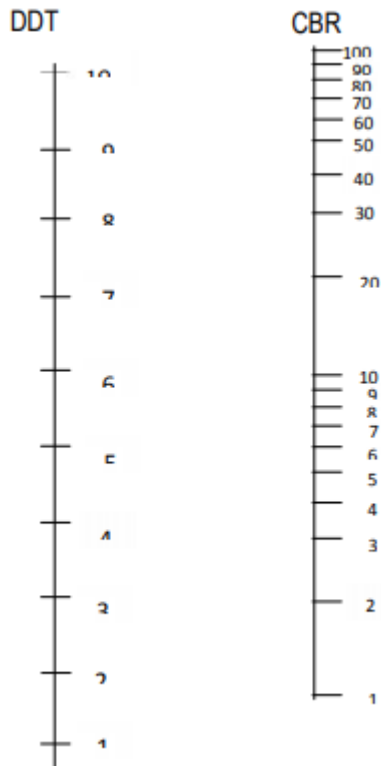
Tabel 2.3. : Faktor Regional (FR).

	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(< 6 %)		(6 - 10 %)		(> 10 %)	
	% Kendaraan berat		% Kendaraan berat		% Kendaraan berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim : < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim : > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

Pada bagian jalan tertentu yaitu :

- Persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (R = 30 m) nilai FR ditambah 0,5
- Daerah rawa nilai FR ditambah 1,0



Gambar 2.7. : Korelasi antara Daya Dukung Tanah (DDT) dan CBR

2.5.3. Lebar jalan dan jumlah lajur lalu-lintas

Lebar perkerasan jalan ditentukan dari jumlah lajur yang direncanakan. Seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4. : Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan.

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

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.5.

Tabel 2.5. : Koefisien distribusi kendaraan (C).

Jumlah lajur	Kendaraan ringan Berat total < 5 T		Kendaraan berat Berat total > 5 T	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,000
2	0,60	0,50	0,70	0,500
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,450
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,400

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

2.5.4. Volume lalu-lintas

Untuk perencanaan jalan diperlukan suatu kemampuan memperkirakan volume lalu-lintas yang diharapkan melewati suatu jalur jalan. Volume lalu-lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan pada suatu jalur jalan selama satu satuan waktu. Untuk mendapatkan volume lalu lintas dilakukan survey volume lalu lintas. Survei volume lalu-lintas dilakukan selama 3 x 24 jam atau 3 x 16 jam terus menerus dari hari Selasa sampai dengan Kamis dan bukan hari libur. Dalam survei volume lalu-lintas untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan, jenis kendaraan dibagi dalam komposisi sebagai berikut :

- 1) Sedan, jeep, dan station wagon
- 2) Oplet, pick up suburban dan combi (penumpang)
- 3) Micro truck dan Mobil penumpang
- 4) Bis kecil
- 5) Bis besar
- 6) Truk 2 As
- 7) Truk Tangki 2 As > 10 T
- 8) Truk Tangki gandengan
- 9) Truk 3 As atau lebih

Dari hasil survei volume lalu lintas dapat diketahui :

- Lalu lintas Harian rata-rata (LHR).

- Komposisi arus lalu lintas.

Catatan : Tata-cara survai volume lalu-lintas (traffic counting), tergantung ketentuan lain yang diberlakukan.

2.5.5. Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal / ganda kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 Lb).

Angka Ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus dibawah ini :

dimana :

L = beban sumbu kendaraan (ton)

k = 1 : untuk sumbu tunggal

= 0,086 : untuk sumbu tandem

= 0,021 : untuk sumbu triple

Dengan rumus diatas maka angka ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat diketahui, untuk lebih praktisnya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. : Angka ekuivalen beban sumbu.


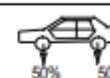
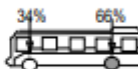



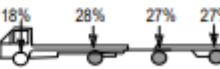


Beban sumbu		Angka ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1.000	2.205	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11.023	0,1410	0,0121
6.000	13.228	0,2933	0,0251
7.000	15.432	0,5415	0,0466
8.000	17.637	0,9328	0,0794
8.160	18.000	1,0000	0,0860
9.000	19.841	1,4798	0,1273
10.000	22.046	2,2555	0,1940
11.000	24.251	3,3022	0,2840
12.000	26.455	4,6770	0,4022
13.000	28.660	6,4419	0,5540
14.000	30.864	8,6447	0,7452
15.000	33.069	11,4184	0,9820
16.000	35.276	14,7815	1,2712

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

Konfigurasi beban sumbu pada berbagai jenis kendaraan beserta angka ekivalen kendaraan dalam keadaan kosong (min) dan dalam keadaan bermuatan (max), dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Untuk perencanaan, berat kendaraan harus disurvei sehingga dapat diketahui berat rata-rata tiap kendaraan yang melewati jalur tertentu. Tetapi bila waktu tidak mencukupi untuk mengadakan survei maka diambil diantara dalam keadaan kosong sampai dengan keadaan muatan maksimum. Angka Ekivalen tiap jenis kendaraan diatas dapat dihitung berdasarkan Tabel 2.6. dengan persentase konfigurasi beban sumbu pada Tabel 2.7. serta rumus angka ekivalen beban sumbu tunggal dan ganda diatas.

Tabel 2.7. : Konfigurasi beban sumbu.

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAI KOSONG	UE 18 KSAI MAKSIMUM	 ○ RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU ● RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam No. 01/MN/BM/83).

2.5.6. Lintas ekivalen

Yang dimaksud dengan lintas ekivalen adalah suatu nilai ekivalen tingkat kerusakan jalan akibat repetisi dari lintasan kendaraan selama satu satuan waktu. Lintas Ekivalen dibedakan atas :

a. Lintas Ekivalen Permulaan

Yaitu besarnya lintas ekivalen pada saat jalan dibuka (awal umur rencana).

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad \dots\dots(2.2)$$

Dimana :

LHR = Lalu lintas harian rata-rata

C = Koefisien distribusi kendaraan sesuai dengan jumlah jalur

E = Angka ekivalen (faktor kerusakan jalan akibat lalu lintas kendaraan)

J = Jenis kendaraan

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Yaitu besarnya lalu lintas ekivalen pada saat akhir umur rencana.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad \dots\dots(2.3)$$

Dimana :

UR = Umur Rencana

i = Perkembangan lalulintas

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Yaitu besarnya lintas ekivalen rata-rata selama umur perencanaan.

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad \dots\dots(2.4)$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Yaitu besarnya lintas ekivalen rencana yang digunakan dalam perencanaan.

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP}$$

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

FP = Faktor Penyesuaian

.....(2.5)

2.5.7. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan (IP) ini menyatakan nilai dari pada kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Indeks permukaan ini diukur dari kemampuan pelayanan (*service ability*) suatu jalan berdasarkan pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan-kerusakan seperti retak-retak, alur, lubang, kekasaran permukaan dan lain sebagainya yang terjadi selama umur pelayanan jalan. Nilai Indeks Permukaan bervariasi dari angka 0 s/d 5.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya seperti yang tersebut dibawah ini :
 IP = 1,0 : Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

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

IP = 2,0 : Tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

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

IP > 2,5 : Menyatakan permukaan jalan cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana menurut Tabel 2.6.

Dalam menentukan IPt pada akhir umur rencana perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan LER menurut Tabel 2.8.

Tabel 2.8. : Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo).

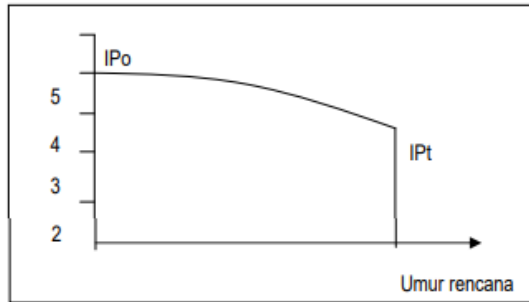
Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness *) (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
Burda	3,9 - 3,5	< 2000
Burtu	3,4 - 3,0	< 2000
Lapen	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
Lastasbum	2,9 - 2,5	
Buras	2,9 - 2,5	
Latasir	2,9 - 2,5	
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	

Tabel 2.9. : Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP).

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 20	-
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 : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal. Tingkat pelayanan lalu-lintas selama umur rencana ditentukan dari rasio kehilangan kemampuan pelayanan. Masa kemampuan pelayanan ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. : Masa kemampuan pelayanan

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

2.5.8. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang stabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Daftar koefisien kekuatan relatif ditentukan menurut Tabel 2.10.

Tabel 2.10. : Koefisien kekuatan relatif (a).

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen(mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen(manual)
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	

Tabel 2.11. : Koefisien kekuatan relatif (a) – Lanjutan. (jadikan 1)

Koefisien kekuatan relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a ₁	a ₂	a ₃	MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dg semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. tanah dg kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu / pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu / pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu / pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tnh / lempung kepasiran

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

Koefisien kekuatan relatif bahan untuk *Cement Treated Base* (CTB) sebagai berikut :

- CTB dengan kuat tekan > 45 kg/cm² : a = 0,23
- CTB dengan kuat tekan 28 - 45 kg/cm² : a = 0,20
- CTB dengan kuat tekan < 28 kg/cm² : a = 0,15

(Sumber : Teknik Jalan Raya, Clarkson H Oglesby, R Gary Hicks, Jilid 2, 1996)

2.5.9. Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks tebal perkerasan (ITP) adalah suatu indeks yang menentukan tebal perkerasan dan ditulis dengan rumus umum sebagai berikut :

$$\overline{ITP} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot D_i = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 + a_4 \cdot D_4 \dots\dots(2.6)$$

dimana :

a₁ = Koefisien kekuatan relatif lapisan permukaan.

a₂ = Koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi atas perkerasan beraspal.

a₃ = Koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi atas perkerasan berbutir.

a_4 = Koefisien kekuatan relatif lapisan pondasi bawah.

D1 = Tebal lapisan permukaan.

D2 = Tebal lapisan pondasi atas perkerasan beraspal.

D3 = Tebal lapisan pondasi atas perkerasan berbutir.

D4 = Tebal lapisan pondasi bawah.

10. Batas minimum tebal perkerasan

a. Lapis permukaan

Korelasi Indeks tebal perkerasan (ITP) dengan tebal lapisan permukaan dan bahan lapisan permukaan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.12 Lapis Permukaan

ITP	Tebal min. (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
≥ 10,00	10	Laston

b. Lapis pondasi

Korelasi Indeks tebal perkerasan (ITP) dengan tebal lapisan pondasi dan bahan lapisan pondasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.13 Lapis Pondasi

ITP	Tebal min. (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
3,00 – 7,49	20 *) 10	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur. Laston atas.
7,50 – 9,99	20 15	Batu pecah, stabilisasi tanah dgn semen, stabilisasi tnh dgn kapur, macadam. Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Macadam, Lapen, Laston atas.
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Macadam, Lapen, Laston atas.

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, 1987.

*) Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

c. Lapis pondasi bawah.

Untuk setiap nilai ITP, bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

2.6. 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 2.14 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
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 (CTB)</i>	
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 lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle 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.

2.7. 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.

d) Menurut Firmansyah (2011:25)

Perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan. Secara umum perhitungan RAB dapat dirumuskan sebagai berikut: $RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$

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 biaya-biaya 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 rencanan anggaran biaaya (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 lai 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 peninjauanya 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.

2.7.1 Program Perawatan Konstruksi dan Biaya Perawatan

Program perawatan (*maintenance*) terhadap pembangunan jalan sangat diperlukan dalam upaya mempertahankan umur rencana yang ditetapkan dalam kegiatan perencanaan. Hal tersebut terdapat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, Pasal 18 ayat 1,2 dan 3 dimana :

1. Pemeliharaan jalan meliputi kegiatan pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi jalan, dan rekonstruksi jalan.
2. Pemeliharaan rutin jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan sepanjang tahun, meliputi kegiatan:
 - a. pemeliharaan/pembersihan bahu jalan;
 - b. pemeliharaan sistem drainase (dengan tujuan untuk memelihara fungsi dan untuk memperkecil kerusakan pada struktur atau permukaan jalan dan harus dibersihkan terus menerus dari lumpur, tumpukan kotoran, dan sampah);
 - c. pemeliharaan/pembersihan rumaja;
 - d. pemeliharaan pemotongan tumbuhan/tanaman liar (rumput-rumputan, semak belukar, dan pepohonan) di dalam rumija;
 - e. pengisian celah/retak permukaan (*sealing*);
 - f. laburan aspal; g. penambalan lubang;
 - g. pemeliharaan bangunan pelengkap;
 - h. pemeliharaan perlengkapan jalan; dan
 - i. Grading operation / Reshaping atau pembentukan kembali permukaan untuk perkerasan jalan tanpa penutup dan jalan tanpa perkerasan.
3. Pemeliharaan berkala jalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), meliputi kegiatan:
 - a. pelapisan ulang (*overlay*);
 - b. perbaikan bahu jalan;
 - c. pelapisan aspal tipis, termasuk pemeliharaan pencegahan/preventive yang meliputi antara lain *fog seal*, *chip seal*, *slurry seal*, *micro seal*, *strain alleviating membrane interlayer (SAMI)*;;
 - d. pengasaran permukaan (*regrooving*);
 - e. pengisian celah/retak permukaan (*sealing*);
 - f. perbaikan bangunan pelengkap;
 - g. penggantian/perbaikan perlengkapan jalan yang hilang/rusak;

- h. pemarkaan (*marking*) ulang;
- i. penambalan lubang;
- j. Untuk jalan tidak berpenutup aspal/ beton semen dapat dilakukan penggarukan, penambahan, dan pencampuran kembali material (*ripping and reworking existing layers*) pada saat pembentukan kembali permukaan; dan
- k. pemeliharaan/pembersihan rumaja.

2.8. 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.

2.8.1 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.

2.8.2 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 ekivalen 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 ekivalen dengan *P* pada tingkat bunga *i*

Diketahui <i>P</i> , untuk mencari <i>F</i>	$F = P(1 + i)^n$ (2.6)
---	------------------	-------------

Diketahui <i>F</i> , untuk mencari <i>P</i>	$P = F \left[\frac{1}{(1 + i)^n} \right]$ (2.7)
---	--	------------

Diketahui <i>F</i> , untuk mencari <i>A</i>	$A = F \left[\frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right]$ (2.8)
---	--	------------

Diketahui P, untuk mencari A	$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$	
	Atau	
	$A = P \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \right]$ (2.9)
Diketahui A untuk mencari F	$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$ (2.10)
Diketahui A, untuk mencari P	$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$	
	$P = A \left[\frac{1}{\frac{i}{(1+i)^{n-1}} + i} \right]$... (2.11)

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

$$F = P (1+i)^n \quad \dots (2.12)$$

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 ;

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad \dots (2.13)$$

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 ;

$$A = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad \dots (2.14)$$

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

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

4) Bila A dalam bentuk P diketahui

maka ;

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

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

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

5) Bila F dalam bentuk A diketahui

maka ;

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

$$\text{Bentuk} \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

(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 ;

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

$$\text{Bentuk} \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

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

2.8.3 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 $AW = PW(A/P,i,n)$ dan $AW = FW(A/F,i,n)$. Dengan demikian, AW dari setiap alternatif dapat dihitung juga dari nilai-nilai ekuivalen lainnya. Nilai AW alternatif diperoleh dari persamaan:

$$AW = R - E - CR \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

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

E = *expences* (pengeluaran ekuivalen tahunan)

CR = *capital recovery* (pengembalian modal)

Untuk alternatif tunggal, jika diperoleh nilai $AW \geq 0$ 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 $AW \geq 0$.

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

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

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

$$CR = (I - S)(A/P,i,n) + S(i) \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

I = investasi awal alternatif
S = nilai sisa di akhir usia pakai
n = usia pakai alternatif

2.8.4 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 $FW \geq 0$.