

## BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Kajian Penelitian Terdahulu

Sebagai perbandingan, terdapat beberapa kajian penelitian terdahulu. Pertama, yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Rifan Abdi Hutomo (2009) dengan judul Perencanaan Tebal Perkerasan Beserta Anggaran Biayanya Pada Lajur Khusus Bus Trans Pakuan Kota Bogor Koridor Terminal Bubulak-Pool Bus Wisata Baranangsiang. Tujuan pada penelitian ini adalah mengadakan perbandingan nilai perencanaan tebal perkerasan antara metode analisa komponen dengan metode *NAASRA*, kemudian memilih metode yang paling ekonomis dan sesuai dengan kondisi lapangan, serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya. Hasil analisa yang diperoleh adalah untuk perkerasan lentur rata-rata diperoleh tebal lapis permukaan *Asphalt Concrete* ATB adalah 10,3 cm, tebal LPA kelas B adalah 20 cm, sedangkan LPB kelas C adalah 10 cm dengan anggaran biaya sebesar Rp 32.474.430.740,00. Sedangkan tebal rata-rata untuk perkerasan kaku diperoleh tebal lapis permukaan beton 15 cm, tebal LPB adalah 30 cm, Ruji Ø20 - 300 mm, tulangan memanjang Ø19 - 200 mm, tulangan melintang Ø12 - 300 mm dan membutuhkan biaya sebesar Rp 44.298.603.030,00. Dari kedua perkerasan memiliki perbandingan biaya sebesar Rp 11.824.172.290,00.

Selanjutnya, Wahyu Faridi Hidayat (2014) dengan penelitiannya yang berjudul Analisa Kelayakan Peningkatan Perkerasan Jalan dari Lapen menjadi *Hotmix* ( Studi Kasus pada ruas jalan Rabatul – Karang Penang di Kabupaten Sampang. Penelitian ini memiliki tujuan :1. Menetapkan tebal perkerasan serta perhitungan biaya jalan pada Peningkatan Perkerasan ruas jalan Rebatul – Karang

Penang dengan menggunakan bahan lapis penetrasi dan *hotmix*. 2. Memilih bahan yang paling layak digunakan dalam Peningkatan Perkerasan Jalan pada ruas jalan Rebatul – Karang Penang. Setelah dilakukan Analisa Komponen, maka didapatkan hasil : 1. Tebal perkerasan untuk peningkatan ruas jalan Rebatul – Karang Penang apabila menggunakan lapis permukaan Lapen 7 cm membutuhkan biaya total Rp.5,575 Milyar, sedangkan apabila menggunakan lapis permukaan *Hotmix* 5 cm dengan biaya total Rp.7,708 Milyar. Berdasarkan hasil perbandingan biaya dan perawatannya, meskipun perkerasan dengan *Hotmix* lebih mahal ternyata untuk 5 tahun ke depan biaya perawatannya lebih layak dibandingkan dengan Lapen. Hal itu ditunjukkan dengan biaya *Hotmix* sebesar Rp.14.523 Milyar, dan biaya Lapen sebesar Rp.14.689 Milyar. 2. Dilihat dari biaya perawatan selama 5 tahun, maka penggunaan bahan perkerasan *Hotmix* lebih layak dibandingkan penggunaan bahan perkerasan Lapen untuk peningkatan perkerasan ruas jalan Rebatul – Karang Penang dengan penghematan biaya sebesar Rp.165,580 juta.

Berikutnya, Surat (2011) dengan penelitiannya yang berjudul Analisis Struktur Perkerasan Jalan di Atas Tanah Ekspansif, bertujuan untuk menganalisis serta mengevaluasi stabilitas struktur perkerasan eksisting terhadap angka keamanan terhadap lendutan dan tegangan sehingga diperoleh alternatif desain perbaikan struktur perkerasan yang tepat pada tanah *expansif* tersebut. Diperoleh alternatif struktur perkerasan yang paling baik adalah struktur perkerasan kaku yang terdiri dari lapis perkerasan beton semen bertulang tebal 25 cm dan lapis WLC tebal 5 cm. Dengan pertimbangan bahwa perkerasan kaku memenuhi persyaratan teknis yaitu momen yang relatif kecil pada dasar perkerasan, daya dukung yang besar, lendutan yang kecil, distribusi tegangan

yang merata dan distribusi lendutan yang merata berdasarkan hasil evaluasi momen, tegangan dan lendutan dengan menggunakan program SAP-2000 dan BISAR 3.0.

Untuk penelitian ini penulis membandingkan antara biaya pelaksanaan dan perawatan lapisan permukaan lentur menggunakan fondasi CTRB dan fondasi konvensional yang belum dilakukan oleh peneliti terdahulu.

## 2.2. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah kombinasi antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Konstruksi perkerasan jalan dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- Perkerasan lentur (*flexible pavement*); dan
- Perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis perkerasan gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Perencanaan konstruksi perkerasan dapat dibedakan antara perencanaan untuk jalan baru, perencanaan untuk pemeliharaan dan perencanaan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah pernah diperkeras).

Metode yang digunakan untuk Perencanaan konstruksi atau tebal perkerasan jalan, antara lain : AASHTO dan *The Asphalt Institute* (Amerika), *Road Note* (Inggris), Manual Desain Perkerasan Jalan No.20/M/BM/2013 Bina Marga (Indonesia).

## 2.1. Tabel Peneliti Terdahulu

No	Judul	Penulis	Tahun	Metode	Hasil	Kelebihan dan Kekurangan
1	Perencanaan Tebal Perkerasan beserta Anggaran Biaya pada Jalur Khusus Bus Trans Pakuan Kota Bogor Koridor Terminal Bubulak – Pool Bus Wisata Baranangsiang	Rifani Abdi Hartono	2009	NAASRA	Perkerasan Lentur lapis permukaan <i>Aspal concrete</i> ATB adalah 10,3 cm dan tebal LPA kelas B = 20 cm, LBB Kelas C = 10 cm. Perkerasan kaku tebal beton 5 cm, tebal LPB = 30 cm, Riji Ø 20 - 300 mm, dengantulanganm endatar Ø 19 – 200 mm. Tulangan memanjang Ø 12 – 300 mm.	Kelebihan : - Membandingkan 2 jenis konstruksi yaitu perkerasan lentur dengan perkerasan kaku  Kekurangan : - Tidak menganalisis untuk biaya pemeliharaan
2	Analisis kelayakan peningkatan perkerasan jalan dari Lapen menjadi Hotmix (studi kasus pada ruas jalan Rabatul – Karang Penang Kabupaten Sampang)	Wahyu Farido Hidayat	2014	Analisa Komponen	Tebal perkerasan Lapis permukaan lapen 7 cm dan lapisan permukaan Hotmix 5 cm	Kelebihan : - Mendapatkan desain yang efisien Kekurangan : - Hanya 1 konstruksi yaitu perkerasan lentur dan tidak menghitung anggaran biaya
3	Analisa Struktur perkerasan jalan di atas tanah Ekspansif	Surat	2011	Dengan Program SAP – 2.000 dan Bisar 30	Perkerasan Semen bertulang tebal 25 cm dan WLC tebal 5 cm	Kelebihan : Analisis menggunakan SAP 2000 dan Bisar 3,0 Kekurangan : - Hanya 1 konstruksi yaitu perkerasan kak
4	Analisis perbandingan biaya perkerasan lentur menggunakan pondasi CTRB dengan pondasi Konvensional	Andreas Rando	2016	Analisa Komponen dan Perhitungan Suku Bunga	Tebal perkerasan jl. di RTA.Milono menggunakan hotmix tebal 6 cm dengan biaya Rp. 2.392.551.323,00 dan di jl. Palantaran – Parenggean – Tb. Sangai menggunakan lapen tebal 7 cm dengan biaya Rp. 2.594.859.778,00	Kelebihan : - Mendapatkan desain ekonomis beserta anggaran biayanya dan biaya perawatan  Kekurangan : - Hanya memandingkan satu jenis konstruksi yaitu perkerasan lentur

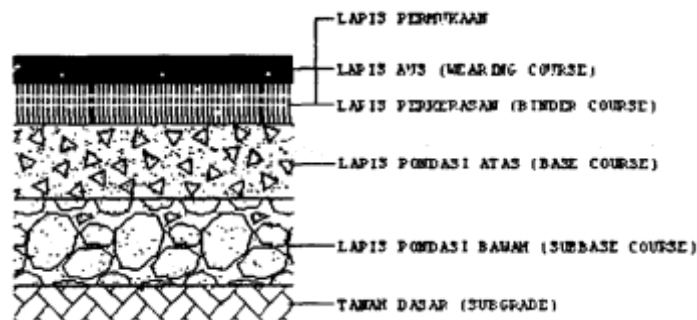
Sumber : Olahan Penulis (2016)

### 2.2.1. Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan pengikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri, antara lain:

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

- a. Bahan pengikat adalah aspal.
- b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban ditandai timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).

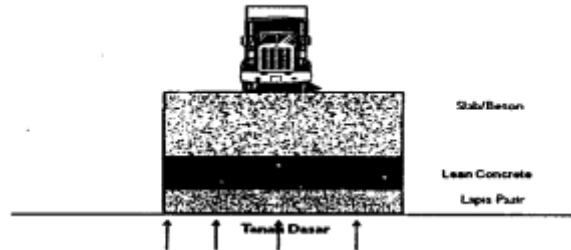


Gambar 2.1. Komponen Perkerasan Lentur  
Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

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

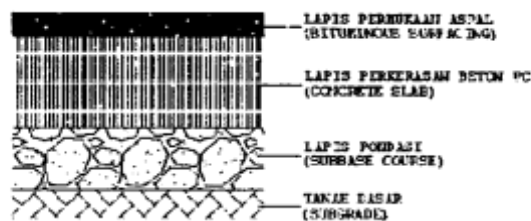
- a. Bahan pengikat yang dipakai semen portland (PC).
- b. Sebagian besar beban lalu lintas dipikul oleh lapisan utama (plat beton).
- c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan

- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan



Gambar 2.2. Komponen Perkerasan Kaku  
Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
- a. Merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur
  - b. Kombinasi lapis perkerasan bervariasi yaitu perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya



Gambar 2.2. Komponen Perkerasan Komposit  
Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1987

### 2.2.2. Fungsi Lapis Perkerasan

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang mantap dan tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Departemen Pekerjaan Umum, 1987).

1. Lapis Permukaan (*LP*)

Bagian perkerasan paling atas disebut lapis permukaan. Berdasarkan Fungsinya lapis permukaan meliputi :

a. Struktural :

Berfungsi mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Oleh karena itu persyaratan lapis permukaan yang harus dipenuhi adalah kuat, kokoh, dan stabil.

b. Non Struktural, mencakup

- 1) Lapis kedap air, berfungsi mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- 2) Membentuk permukaan yang rata, agar kendaraan dapat berialan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, menjamin keamanan lalu lintas dengan tersedianya koefisien gerak (*skid resistance*).
- 4) Sebagai lapisan aus, merupakan lapisan perkerasan yang ditempatkan paling atas yaitu sebagai lapis permukaan (*surface*), lapisan ini merupakan lapisan yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Berdasarkan letaknya lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

1) Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah

- a. Mengamankan perkerasan dari pengaruh air, untuk itu lapisan ini bersifat kedap air;
- b. Menyediakan permukaan yang halus, agar didapat kenyamanan bagi kendaraan
- c. Menyediakan permukaan yang kesat, untuk menjamin keamanan lalu lintas

## 2) Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis permukaan selanjutnya terletak antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*) yang disebut juga Lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis antara adalah

- a) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas, dimana beban lalu lintas tersebut diteruskan pada lapis di bawahnya.
- b) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang paling tinggi pula.

## 2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Ditemui pula lapisan ini terletak diantara lapis permukaan dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Lapis pendukung terhadap beban bagi lapis permukaan di atasnya
- b. Memikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Sebagai lapis perkerasan bagi pondasi bawah

## 3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*



Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda ke lapisan tanah dasar;
- b. Lapis peresap dari air agar air tanah tidak berkumpul di pondasi;
- c. Lapis pencegah masuknya partikel halus tanah dasar ke lapis pondasi;
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan agar pelaksanaannya berjalan lancar.

#### 4. Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah lapisan yang menggunakan permukaan tanah semula (apabila kondisi tanahnya sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan), permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagianbagian perkerasan lainnya.

#### **2.2.3. Parameter Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)**

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan perkerasan lentur jalan adalah :

- 1) Jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C) digunakan untuk menghitung lalu lintas ekuivalen sesuai dengan Petunjuk perencanaan Tebal. Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen (SKBI - 2.3.26.1987).

Tabel 2.1. Tabel Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1.00	1.00	1.00	1.00	
0.60	0.50	0.70	0.50	
0.40	0.40	0.50	0.475	
-	0.30	-	0.45	
-	0.25	-	0.425	
-	0.20	-	0.40	

Sumber SKBI - 2.3.26. 1987/SNI 03-1732-1989

\* berat total < 5 Ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

\* berat total  $\geq$  5 Ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi triler, trailer

- 2) Angka ekuivalen sumbu kendaraan (E) Angka ekuivalen masing-masing golongan beban sumbu untuk setiap kendaraan ditentukan dengan rumus

- a. Urituk sumbu tunggal

$$E = \left[ \frac{P(kg)}{8.160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.1)$$

- b. Untuk sumbu ganda

$$E = 0,086 \times \left[ \frac{P(kg)}{8.160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.2)$$

- c. Untuk sumbu tripel

$$E = 0,053 \times \left[ \frac{P(kg)}{8.160} \right]^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

- 3) Lalu lintas harian rata-rata

- a. Lalu lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan didapat dengan mengadakan pengamatan pada awal umur rencana, dihitung untuk dua arch pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

- b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), yang dihitung dengan rumus:

$$LEP = \sum LHRJ \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana :

$i$  = koefisien distribusi arab

$j$  = masing-masing jenis kendaraan

- c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), yang dihitung dengan rumus:

$$LEA = \sum LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.5)$$

di mana :

$i$  = tingkat pertumbuhan lalu lintas

$j$  = masing-masing jenis kendaraan

UR = Umur Rencana

- d. Lintas Ekuivalen Tengah, yang dihitung dengan rumus:

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

- e. Lintas Ekuivalen Rencana, dihitung dengan rumus:

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

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

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

#### 4) Umur Rencana

Umur rencana adalah waktu dalam tahun yang dihitung sejak dibukanya jalan sampai saat diperlukan perbaikan berat atau sampai dianggap perlu memberi lapisan permukaan baru. Agar jalan tetap berfungsi dengan baik. Umur rencana lebih besar dari 20 tahun tidak ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapat ketelitian untuk memperkirakan lalu lintas yang akan datang.

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

CBR adalah perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan dengan beban standar, dengan parameter pengukuran pada penetrasi dan kecepatan pembebanan yang sama. Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas:

a. CBR lapangan, disebut juga  $CBR_{inplace}$  atau *field CBR*.

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

b. CBR lapangan rendaman / *Undisurbed soaked CBR*

Bergunanya untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan maksimum. CBR lapangan sering digunakan untuk meneliti daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau. Kondisi ideal pemeriksaan dilaksanakan pada saat kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau.

c. CBR rencana titik / CBR laboratorium / desain CBR

Tanah contoh disiapkan di laboratorium dengan terlebih dahulu dipadatkan secara modified baik dengan rendaman atau tanpa rendaman. Daya dukung tanah dasar merupakan nilai kemampuan

lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut di padatkan. Tanah dasar (subgrade) pada konstruksi jalan baru merupakan 'tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Data CBR yang digunakan adalah harga-harga CBR dari pemeriksaan lapangan dan uji laboratorium. dari data CBR ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR segmen. Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

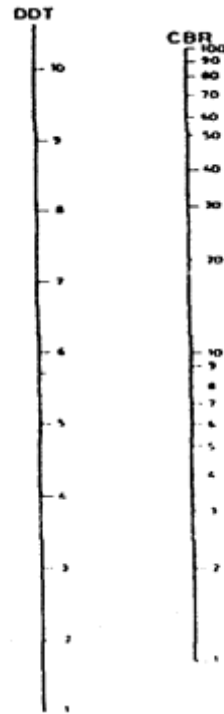
$$1. \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min.}}) / R$$

Dimana harga R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen, dan besarnya nilai R sebagai berikut :

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

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

Dan nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 2.4. Korelasi antara DDT dan CBR  
Sumber : SKBI - 2.3.23.1987

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu Narga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

#### 6) Faktor Regional

Faktor Regional adalah faktor keadaan setempat yang menyangkut keadaan lapangan dan iklim yang berpengaruh pada pembebanan, daya

dukung tanah dasar dan perkerasan. Faktor Regional ini mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan MST  $\geq$  13 ton dan kendaraan yang berhenti, serta iklim.

Tabel 2.2. Faktor Regional (FR)

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

Sumber : SKBI – 2.3.26.1987

### 7) Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan adalah parameter yang dipergunakan untuk menyatakan kerataan / kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang berkaitan dengan pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Nilai indeks permukaan awal (IPo) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan nilai indeks permukaan akhir (IPt) ditentukan dari nilai LER. Nilai IPo dan IN dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.3. Ipo Terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapi Pernapasan	IPo	Rougness (mm/km)
<b>Laston</b>	$\leq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$\leq 1000$
<b>Lasbutag</b>	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
<b>HRA</b>	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
<b>Burda</b>	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
<b>Burtu</b>	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
<b>Lapen</b>	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
	2,9 – 2,5	$\leq 2000$
<b>Latasbum</b>	2,9 – 2,5	
<b>Buras</b>	2,9 – 2,5	
<b>Latasir</b>	2,9 – 2,5	
<b>Jalan Tanah</b>	$\leq 2,4$	
<b>Jalan Keriki!</b>	$\leq 2,4$	

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Sedangkan kondisi yang diharapkan pada saat akhir dari umur rencana disebut pula Indeks Permukaan Akhir (IPt)

Tabel 2.4. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IPt)

LER	Klafikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1.5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1.000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1.000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Nilai IN lebih kecil dari 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam kondisi rusak berat dan amat mengganggu lalu lintas kendaraan yang melewatinya. Tingkat pelayanan jalan terendah masih bisa dicapai bila nilai IN sebesar 1,5. tingkat pelayanan jalan masih cukup mantap dinyatakan dengan nilai IN sebesar 2,0. sedangkan nilai IN sebesar 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih baik dan cukup stabil.

#### 8) Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

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

#### 9) Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.5. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (Kg)	Kt (kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
0,4			744			LASTON
0,35			590			
0,32			454			
0,3			340			
0,35			744			

Sumber : SKBI – 2..23.1987



Tabel 2.5. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a) (Lanjutan)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
A1	A2	A3	MS (Kg)	Kt (kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
0,31			590			LABUSTAG
0,28			454			
0,26			340			
0,3			340			HRA
0,26			340			Aspal Makadam
0,25						LAPEN mekanis
0,2						LAPEN manual
	0,28		590			
	0,26		454			LASTON Atas
	0,24		340			
	0,23					LAPEN mekanis
	0,19					LA PEN manual
	0,15			22		Stabilitas Tanah
	0,13			18		dengan semen
	0,15			22		Stabilitas Tanah
	0,13			18		dengan kapur
	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 Kelas A
		0,12			50	Sirtu Kelas B
		0,11			30	Sirtu Kelas C
		0,1			20	Tanah Lempung / Kepasiran

Sumber : SKBI – 2..23.1987

#### 10) Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan dan lapis pondasi dibawah ini.

Tabel 2.6. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/ Burtu/ Burda )
3,00 – 6,70	5	Laston / 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

Sumber. SKBI - 2.3.23.1987

Sedangkan tabel minimum lapis pondasi bawah untuk setiap nilai

ITP ditentukan sebesar 10 cm.

Tabel 2.7. Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
10,00 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
> 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber. SKBI - 2.3.23.1987

Berdasarkan parameter-parameter tersebut dipergunakan untuk memperoleh nilai ITP dan nilai koefisien kekuatan relatif untuk masing-masing bahan perkerasan. Perhitungan tebal masing-masing bahan perkerasan untuk masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah dapat dinyatakan dengan rumus :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots \dots \dots (2.9)$$

di mana :

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

$A_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan relatif bahan untuk masing-masing lapisan perkerasan

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapis perkerasan

### 2.3. Aspal

Lapis permukaan pada perkerasan lentur terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, atau pecah/ agregat dan lain-lain. Komponen bahan ikat untuk perkerasan bermacam-macam, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, *portland cement*, atau kapur/*lime*.

Aspal terdiri atas senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang terbentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Fungsi dari Aspal pada lapis perkerasan sebagai bahan pengikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan pada masing-masing agregat. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Aspal mempunyai sifat *thermoplastis* pada temperatur ruangan, apabila dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal akan mencair dan kembali membeku jika temperatur turun. Agregat dan aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

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

### **2.3.1. Beton Aspal**

Beton aspal adalah beton dengan bahan pengikat aspal yang dicampur dalam keadaan panas. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan.

Untuk mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (*viskositas*) yang tinggi dalam pencampurannya. Penggunaan jenis aspal yang akan dipilih ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

### **2.3.2. Jenis dan Fungsi Beton Aspal**

Suhu pencampuran material pembentuk beton aspal dapat menyebabkan perbedaan jenis dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, campuran beraspal (beton aspal) dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) diperoleh ketika material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.

2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) diperoleh ketika di campur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) diperoleh ketika di campur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal untuk lapisan aus/ *wearing course* (WC), adalah lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan, lapisan aus berhubungan langsung dengan ban kendaraan;
2. Beton aspal untuk lapisan pondasi/ *binder course* (BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan perlu stabilisasi.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, diberikan untuk memperbaiki dan memperkuat ketidakteraturan permukaan perkerasan setempat dan membentuk ulang permukaan yang ada.

#### **2.4. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan**

Berat kendaraan yang lewat, kekuatan komponen dibawahnya, umur rencana dan material yang digunakan pada umumnya mempengaruhi tebal perkerasan suatu jalar. Kerusakan jalan dapat dialami jika tebal perkerasan tidak sesuai dengan berat kendaraan yang lewat. Demikian juga dengan kekuatan komponen dibawahnya dan material yang digunakan mempunyai pengaruh langsung untuk merencanakan tebal perkerasan. Penentuan tebal perkerasan berdasarkan Analisa Komponen adalah sebagai berikut:

a) Menentukan DDT, yaitu dengan menghubungkan korelasi DDT dengan CBR pada nomogram

b) Menentukan umur rencana

Umur rencana untuk jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*) berdasarkan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga.

c) Menentukan jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat.

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar sebagai berikut :

Tabel 2.8. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasar. (L)	Jumlah Jalur
$L \leq 5,5$ m	1 Jalur
$5,5 \leq L \leq 8,25$	2 Jalur
$8,25 \leq L \leq 11,25$	3 Jalur
$11,25 \leq L \leq 15,00$	4 Jalur
$15,00 \leq L \leq 18,75$	5 Jalur
$18,75 \leq L \leq 12,00$	6 Jalur

Sumber : SKBI 2.3.23.1987.

d) Menentukan. angka ekivalen dari suatu beban sumbu kendaraan

e) Menentukan LHR rencana dan akhir umur rencana

f) Menentukan Faktor Regional (FR)

g) Menentukan LEP (Lintas Ekivalen Permulaan)

h) Mencantumkan LEA (Lintas Ekivalen Akhir)

i) Menentukan LET (Lintas Ekivalen Tengah)

j) Menentukan LER (Lintas Ekivalen Rencana)

k) Menentukan Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

IP = 1.0 : Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas

IP = 1.5 : Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2.0 : Tingkat pelayanan rendah jalan yang masih mantap.

IP = 2.5 : Menyatakan Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

l) Menentukan ITP dengan menggunakan nomogram

m) Menentukan koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relative (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 distabilasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

n) Menentukan tebal minimum perkerasan

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

Untuk meningkatkan atau untuk memperpanjang umur pelayanan jalan merupakan tujuan utama dari perencanaan tebal lapisan tambahan (*overlay*). Jalan yang sudah tidak berfungsi atau dalam kondisi rusak sehingga amat mengganggu

pelayanan sebagai mana yang diharapkan perlu dilakukan pelapisan tambahan. Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai daftar di bawah ini :

### 1. Lapis permukaan

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

### 2. Lapis pondasi

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

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

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

Indeks plastissitas (*plasticity Indeks = PI*)  $\leq 10$  70 – 100%

#### c) Pondasi Macadam atau Batu Pecah

Indeks plastissitas (*plasticity Indeks = PI*)  $\leq 6$  80 – 100%

### 3. Lapis Pondasi bawah

- Indeks plastissitas (*plasticity Indeks = PI*)  $\leq 6$  90 – 100%.



- Indeks plastissitas (*plasticity Indeks = PI*)  $\leq 6$  70 – 100%

Menurut Metode Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987 dan Metode Bina : Marga 01 /MN/B/B1983, untuk meningkatkan atau memperpanjang umur pelayanan jalan raya adalah sebagai berikut :

a. Faktor Umur Rencana

Faktor Umur Rencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

di mana

N = Faktor Umur Rencana

n = Umur rencana

R = Perkembangan lalu lintas (%)

b. Jumlah Lalu Lintas Secara Akumulatif Secara Umur Rencana

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

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

c. Perhitungan tebal overlay dengan metode lendutan balik

Rumus yang digunakan :

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

di mana :

d = lendutan balik (mm)

d1 = pembacaan awal (mm)

d2 = pembacaan antara

d3 = pembacaan akhir

$f_t$  = faktor penyesuaian temperatur lapis permukaan

$t_I$  = memakai grafik

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

di mana :

$t_p$  = temperatur permukaan

$t_t$  = temperatur tengah

$t_b$  = temperatur bawah

d. Perhitungan faktor keseragaman lendutan balik

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

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

di mana :

$F_k$  = nilai yang menyatakan presentase besaran lendutan balik dalam satu segmen yang kurang seragam.

$S$  = standart deviasi

$d$  = lendutan balik rata-rata

Kriteria :

Nilai $F_k$	Keadaan
<15%	Sangat seragam
15-20%	Seragam
20-25%	Baik

25-30%	Cukup
30-40%	Jelek
>40%	Tidak seragam

e. Menentukan lendutan yang mewakili (D)

Untuk jalan arteri  $D = d + 2 S$

Untuk jalan kolektor  $D = d + 1,64 S$

Untuk jalan lokal  $D = d + 1,28 S$

f. Umur rencana jalan

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

$$LHRZ \text{ akhir} = LHR \text{ awal} (1+i) \dots \dots \dots (2.15)$$

di mana :

i = pertumbuhan lalu lintas

n = umur rencana

g. Perhitungan Lapisan Tambahan (*Overlay*)

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

## 2.6. Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan biaya berdasarkan gambar dan spesifikasi yang telah ditentukan untuk mendapatkan jumlah nilai atau besarnya kebutuhan biaya yang digunakan untuk mendirikan suatu konstruksi. Besarnya kebutuhan biaya tersebut berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK).

## 2.7. Perhitungan Bunga dan Nilai Uang

Nilai uang pada saat sekarang lebih berharga dari pada nilai uang yang sama pada saat yang akan datang, (Pujawan, 1995). Besarnya nilai uang pada masa sekarang sama dengan besarnya nilai uang yang sama ditambah bunga selama jangka waktu tertentu. Bunga merupakan biaya modal. Besar kecilnya jumlah bunga yang merupakan beban terhadap peminjam (debitor) sangat tergantung terhadap waktu, jumlah pinjaman, dan tingkat bunga yang berlaku.

Berikut adalah beberapa jenis perhitungan bunga:

- *Simple Interest.*
- *Compound interest*
- *Annuity*

Simbol ini digunakan dalam rumus-rumus bunga :

$i$  = menyatakan tingkat suku bunga per periode bunga

$n$  = menyatakan jumlah periode bunga

$P$  = menyatakan jumlah uang sekarang

$F$  = menyatakan jumlah pada akhiran periode saat sekarang yang ekuivalen dengan  $P$  dengan bunga  $i$ .

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

Jadi I adalah untuk *interest* (bunga), n untuk number (jumlah) periode, P untuk present *worth* (nilai sekarang), F untuk *future worth* (nilai masa depan) dan A untuk *annual payment* (pembayaran tahunan).

Rumus-rumus bunga fundamental yang menyatakan hubungan antara P,F dan A dalam bentuk i dan n adalah sebagai berikut :

**Perhitungan suku bunga sederhana (*simple interest*)**

$$I = P \cdot i \cdot n \dots\dots\dots (2.16)$$

$$F = P + I = (1 + i \cdot n) \cdot P \dots\dots\dots (2.17)$$

**Perhitungan suku bunga berbunga (*compound interest*)**

Cash Flow diagarm



Untuk mendapatkan nilai F, jika diketahui P

$$F = P(1 + i)^n \dots\dots\dots (2.18)$$

$$F = P (F / p, i \%, n) \dots\dots\dots (2.19)$$

Untuk mendapatkan nilai F, jika diketahui A

$$F = A \cdot \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$F = A \cdot (F / A, i \%, n) \dots\dots\dots (2.21)$$

Untuk mendapatkan nilai P, jika diketahui F

$$P = F (P / F, i \%, n) \dots\dots\dots (2.22)$$

Untuk mendapatkan nilai P, jika diketahui A

$$P = A (P / A, i \%, n) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$P = A \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots\dots\dots (2.24)$$

Untuk mendapatkan nilai A, jika diketahui F

$$A = F \cdot \frac{i}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$A = F (A / F, i \%, n) \dots\dots\dots (2.26)$$

Untuk mendapatkan nilai A, jika diketahui P

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$A = P (A / P, i \%, n) \dots\dots\dots (2.28)$$