

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geometrik Jalan

Menurut Sukirman (1999), perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan jalan yang berfokus pada perencanaan bentuk fisik jalan agar fungsi jalan dapat terpenuhi dan pelayanan menjadi optimum pada arus lalu lintas. Tujuan utama perencanaan geometrik jalan adalah untuk mendapatkan hasil perencanaan infrastruktur yang aman dan meningkatkan efisiensi pelayanan arus lalu lintas. Hal yang menjadi dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraan serta karakteristik arus pada lalu lintas.

Syarat geometri jalan perkotaan menurut RSNI T-14-2004 (2004) adalah mempertimbangkan aspek berikut :

- a. Terpenuhinya aspek keselamatan, kelancaran, ekonomi, efisiensi, ramah lingkungan dan kenyamanan;
- b. Dimensi tiap kendaraan;
- c. Efisiensi tiap kendaraan;
- d. Pandangan bebas pemakai jalan;
- e. Drainase jalan;

2.2 Parameter Geometrik Jalan

Menurut Sukirman (1999), parameter geometrik jalan berfungsi sebagai variabel penentu tingkat kenyamanan dan keamanan geometrik jalan pada jalan yang akan direncanakan. Parameter geometrik jalan terdiri dari kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan dan tingkat pelayanan jalan.

2.2.1 Kendaraan rencana

Menurut Sukirman (1999), kendaraan rencana adalah kendaraan yang mewakili kelompok kendaraan yang akan digunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Hal yang mempengaruhi lebar lajur pada perencanaan geometrik jalan adalah ukuran lebar kendaraan. Tingkat kelandaian pada geometrik jalan dipengaruhi oleh daya kendaraan dan jarak pandang kemudi

dipengaruhi oleh tinggi tempat didil pengemudi. Pada perencanaan geometrik jalan, kendaraan rencana ditentukan berdasarkan fungsi dari jalan serta jenis kendaraan dominan yang memakai jalan tersebut. Pertimbangan biaya dalam hal ini juga menentukan kendaraan rencana yang akan dipilih sebagai kriteria perencanaan.

2.2.1 Kecepatan Rencana

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), kecepatan yang dipilih merupakan nilai kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman pada jalan yang direncanakan. Pada kondisi lingkungan dengan keadaan medan yang sulit, maka nilai V_R pada bagian dalam ruas jalan tersebut dapat diturunkan. Syarat penurunan kecepatan yang diizinkan yaitu tidak boleh lebih dari 20 kilometer per jam (km/h). Menurut RSNI T-14-2004 (2004) nilai kecepatan rencana pada tiap-tiap fungsi jalan dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Kecepatan rencana (RSNI T-14-2004, 2004)

No	Fungsi jalan	Kecepatan rencana, V_R (km/h)
1	Arteri Primer	50 – 100
2	Kolektor Primer	40 – 80
3	Arteri Sekunder	50 – 80
4	Kolektor Sekunder	30 – 50
5	Lokal Sekunder	30 - 50

2.2.2 Jarak Pandang

Menurut Sukirman (1999), jarak pandang adalah panjang jalan di depan kendaraan yang diukur dari titik kedudukan pengemudi yang masih dapat dilihat dengan jelas. Fungsi jarak pandang adalah untuk menghindari terjadinya kecelakaan berupa tabrakan yang dapat merugikan serta berbahaya bagi kendaraan dan manusia akibat adanya benda dengan ukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur. Memaksimalkan volume pelayanan jalan dapat dengan memberi kesempatan kepada kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan rendah dengan menggunakan lajur yang ada disebelahnya untuk mendahului.

2.3 Alinyemen Horizontal

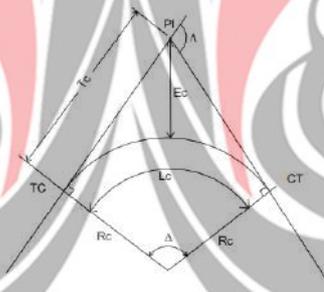
Menurut Sukirman (1999), alinyemen horizontal atau lebih dikenal dengan trase jalan adalah sumbu jalan yang diproyeksikan pada bidang horizontal. Bagian dari alinyemen horizontal adalah beberapa garis lurus yang terhubung dengan garis lengkung. Garis lengkung terdiri dari busur lingkaran dengan busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja.

2.3.1 Bentuk Tikungan

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), terdapat tiga bentuk tikungan horizontal, yaitu :

a. *Full Circle* (FC)

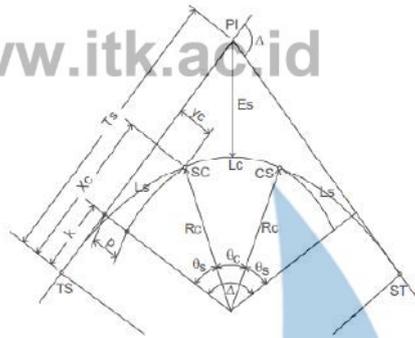
Menurut Sukirman (1999), *full circle* adalah tikungan dengan busur lingkaran secara penuh dan hanya bisa diterapkan pada lengkung dengan radius yang besar. Super elevasi pada lengkung *full circle* dibutuhkan nilai $\leq 3\%$. Berikut adalah gambaran lengkung FC:



Gambar 2. 1 Tikungan *Full Circle* (FC) (RSNI T-14-2004, 2004)

b. *Spiral-circle-spiral* (SCS)

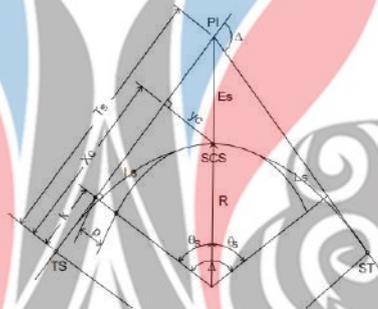
Menurut Sukirman (1999), *spiral-circle-spiral* (SCS) adalah tikungan yang terdiri lebih dari 1 lengkung. SCS terdiri dari 1 lengkung *circle* dan 2 lengkung spiral. Bentuk tikungan memiliki peralihan dari bagian lurus ke bagian *circle*, yang mengalami gaya sentrifugal terjadi secara berangsur-angsur. Berikut adalah gambaran lengkung SCS :



Gambar 2. 2 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SCS)* (RSNI T-14-2004, 2004)

c. *Spiral-spiral (SS)*

Menurut Sukirman (1999), *spiral-spiral (SS)* adalah tikungan yang berbentuk spiral-spiral dan tanpa busur lingkaran. Panjang busur lingkaran (L_c) bernilai 0. Berikut adalah gambaran lengkung SS :



Gambar 2. 3 Tikungan *Spiral – Spiral (SS)* (RSNI T-14-2004, 2004)

2.3.2 Panjang Tikungan

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), panjang tikungan (L_t) terdiri dari panjang busur lingkaran dan panjang 2 lengkung *spiral* (L_s). Ukuran panjang tikungan yaitu sepanjang sumbu jalan. Fungsi dari panjang tikungan yaitu memberi kelancaran dan kemudahan pada kendaraan saat berada pada posisi menikung di jalan arteri perkotaan. Panjang tikungan yang disarankan yaitu tidak kurang dari 6 detik perjalanan. Pada tikungan *full circle* (FC) nilai $L_s = 0$ dan nilai $L_t = L_c$. Pada tikungan *spiral-spiral* nilai $L_c = 0$ dan $L_t = 2L_s$. Panjang tikungan berdasarkan nilai V_R menurut RSNI T-14-2004 (2004) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Panjang bagian lengkung minimum (RSNI T-14-2004, 2004)

V_R (km/jam)	Panjang tikungan minimum (m)
100	170
90	155
80	135

V_R (km/jam)	Panjang tikungan minimum (m)
70	120
60	105
50	85
40	70
30	55

2.3.3 Superelevasi

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), superelevasi dilakukan tahap demi tahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan lurus hingga menuju kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Syarat menentukan nilai superelevasi menurut RSNI T-14-2004 (2004) yaitu :

- Nilai superelevasi direncanakan sesuai nilai V_R dan direncanakan pada semua tikungan kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari R_{min} ;
- Penentuan nilai superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas serta bahu jalan;
- Nilai maksimum superelevasi yaitu 6%;
- Permasalahan drainase untuk pencapaian kemiringan harus diperhatikan. Untuk jalan perkotaan dengan kecepatan rendah superelevasi boleh ditiadakan jika keadaan seperti akses lahan, persimpangan, tanggung jawab serta adanya perbedaan elevasi tidak mampu diatasi;
- Superelevasi dapat ditiadakan dengan syarat kondisi yang tidak memungkinkan.

2.3.4 Jari-Jari Tikungan

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jari-jari tikungan menurut RSNI T-14-2004 (2004) adalah sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{max} + f_{max})} \quad (2.1)$$

Keterangan :

R_{min} : jari-jari tikungan minimum (m)

V_R : kecepatan rencana (km/jam)

e_{max} : superelevasi maksimum (%)

f_{max} : koefisien gesek untuk perkerasan aspal ($f = 0,012 - 0,017$)

Berikut adalah nilai R_{\min} dengan nilai $e_{\max} = 6\%$ berdasarkan kecepatan rencana (V_R), namun tidak disarankan menggunakan R_{\min} karena akan mengurangi kenyamanan pegemudi kecuali dengan kondisi tertentu seperti kekurangan biaya.

Tabel 2. 3 Jari-jari tikungan minimum (RSNI T-14-2004, 2004)

V_R (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
f_{\max}	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
R_{\min} (m)	435	335	250	195	135	90	55	30

2.3.5 Lengkung Peralihan

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), fungsi engkung peralihan yaitu mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak hingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R pada pegemudi. Adapun ketentuan pada lengkung peralihan adalah sebagai berikut :

- a. Menggunakan bentuk lengkung peralihan spiral (*clothoide*);
- b. Panjang lengkung peralihan (L_s) ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Panjang minimum L_s (m) (RSNI T-14-2004, 2004)

km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
$L_{S-\min}$	56	50	44	39	33	28	22	17

Nilai tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum ditampilkan pada tabel 2.9 berikut :

Tabel 2. 5 Kelandaian melintang maksimum (RSNI T-14-2004, 2004)

V_R (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
Δ (m/m)	1/227	1/213	1/200	1/182	1/167	1/150	1/143	1/133

2.4 Alinyemen Vertikal

Menurut Indriani dan Muqoddam (2017), alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan. Bagian dari alinyemen vertikal yaitu bagian lurus dan bagian lengkung. Hal yang mempengaruhi perencanaan alinyemen vertikal adalah

kondisi air tana, keadaan medan jalan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah dan kelandaian yang cukup memungkinkan.

2.4.1 Kelandaian Maksimum

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), tujuan kelandaian maksimum adalah untuk memungkinkan kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Nilai kelandaian maksimum untuk jalan arteri perkotaan berdasarkan nilai V_R ditampilkan pada tabel 2.11 berikut :

Tabel 2. 6 Kelandaian maksimum yang diijinkan (RSNI T-14-2004, 2004)

V_R (km/jam)	100	90	80	70	60	50
Kelandaian maksimum (%)	5	5	6	6	7	8

2.4.2 Panjang lengkung vertikal

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), lengkung vertikal berfungsi untuk mengurangi guncangan akibat adanya perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti. Berikut adalah tabel nilai vertikal lengkung:

Tabel 2. 7 Nilai lengkung cembung vertikal (RSNI T-14-2004, 2004)

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)	Nilai Lengkung Vertikal (K)
20	20	1
30	35	2
40	50	4
50	65	7
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39
100	185	52

Keterangan : Nilai K adalah perbandingan antara panjang lengkung vertikal cembung (L) dan perbedaan aljabar kelandaian (A), $K = L/A$

Tabel 2. 8 Nilai lengkung cekung vertikal (RSNI T-14-2004, 2004)

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)	Nilai Lengkung Vertikal (K)
20	20	3
30	35	6
40	50	9

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)	Nilai Lengkung Vertikal (K)
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
100	185	45

Keterangan : Nilai K adalah perbandingan antara panjang lengkung vertikal cembung (L) dan perbedaan aljabar kelandaian (A), $K = L/A$

2.5 Koordinasi alinyemen

Menurut RSNI T-14-2004 (2004), koordinasi alinyemen diperlukan agar bentuk suatu jalang memudahkan pengemudi untuk mengemudikan kendaraannya dan dalam kondisi yang aman dan nyaman. Kesatuan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan melintang jalan arteri diharapkan mampu memberi petunjuk kepada pengemudi terhadap bentuk jalan yang akan dilalui didepannya, sehingga pengemudi dapat mengantisipasi lebih awal. Ketentuan dalam koordinasi alinyemen adalah sebagai berikut :

- a. Secara ideal alinyemen horisontal lebih panjang sedikit melingkupi alinyemen vertikal, sehingga sebaiknya lengkung horisontal berhimpit dengan lengkung vertikal;
- b. Menghindari adanya tikungan yang tajam pada bagian bawah lengkung vertikal cekung atau pada bagian atas lengkung vertikal cembung;
- c. Menghindari lengkung vertikal cekung pada jalan yang landai lurus dan panjang;
- d. Menghindari dua atau lebih lengkung vertikal dalam satu lengkung horisontal.

2.6 Perkerasan Jalan

Menurut Hardiyatmo (2015) dalam Gunawan (2019), menjelaskan bahwa fungsi utama dari perkerasan jalan adalah untuk meneruskan beban dari roda kendaraan ke permukaan tanah dasar, sehingga mampu mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar dengan kondisi pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan. Fungsi perkerasan jalan secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan struktur yang kuat untuk menahan beban lalu lintas;

- b. Memberikan kenyamanan pada pengendara dengan permukaan jalan rata bagi pengendara;
- c. Memberikan kekassatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan;
- d. Menyalurkan beban dari kendaraan ke tanah dasar agar tanah dasar terlindungi dari tekanan berlebihan;
- e. Melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Adapun jenis perkerasan jalan dibagi menjadi 3 yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan komposit (*composite pavement*) atau gabungan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Adapun penjelasan perkerasan lentur dan perkerasan kaku sebagai berikut :

2.6.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Hardiyatmo (2015) dalam Gunawan (2019), perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan jalan dengan menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya. Fungsi perkerasan lentur yaitu seperti fungsi perkerasan secara umum, meneruskan beban kendaraan ke perkerasan tanpa merusak konstruksi jalan dan memberikan kenyamanan pengguna jalan.:

2.6.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Menurut Hardiyatmo (2015) dalam Gunawan (2019) menyatakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan dengan menggunakan bahan beton sebagai komponen utama. Perkerasan kaku terdiri dari pelat (*slab*) beton semen portland dan lapisan pondasi diatas tanah dasar. Modulus elastisitas perkerasan beton cukup tinggi dan mampu mendistribusikan beban terhadap bidang area yang luas. Perencanaan perkerasan kaku berfokus pada kekuatan beton itu sendiri. Adapun jenis perkerasan kaku yaitu sebagai berikut :

a. Perkerasan Beton Bersambung Tanpa Tulangan (*Rigid Pavement*)

Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (*rigid pavement*) adalah perkerasan beton semen tanpa adanya tulangan dimana ukuran pelat mendekati bujur sangkar. Untuk mencegah retak beton, pada perkerasan ini panjang pelat dibatasi oleh sambungan – sambungan melintang. Pada

umumnya perkerasan jenis ini menggunakan ruji (*dowel*) dan batang pengikat (*tie bar*), namun tidak menggunakan tulangan.

b. Perkerasan Beton Bersambung Dengan Tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan kaku jenis ini menggunakan tulangan pada struktur perkerasannya. Ukuran pelat pada perkerasan jenis ini berbentuk persegi panjang. Panjang dari pelat dibatasi oleh sambungan melintang dengan panjang pelat senilai 8-15 m.

c. Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*)

Perkerasan kaku jenis ini dibuat dengan menggunakan tulangan dan pelat tulangan melintang. Pembatas pelat beton menerus adalah sambungan muai melintang. Panjang pelat beton lebih dari 75 m.

d. Perkerasan Beton Semen Pra-Tegang (*Prestressed Concrete Pavement*)

Tulangan prategang digunakan pada perkerasan kaku jenis ini agar berkurangnya pengaruh susut, muai yang diakibatkan adanya perubahan suhu dan umumnya tanpa tulangan melintang. Banyak digunakan untuk *airport, apron, taxiway, runway*.

2.7 Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2003

Metode manual desain perkerasan Bina Marga 2003 merupakan pengembangan dari metode manual desain perkerasan Bina Marga 1987. Adanya pengembangan metode ini yaitu untuk menyesuaikan dengan kondisi Indonesia dengan memperbarui acuan perencanaan. Adapun tahapan perencanaan perkerasan kaku menurut metode bina marga 2003 adalah sebagai berikut:

2.7.1 Lalu Lintas

Menurut Bina Marga 2003, untuk menentukan beban pada lalu lintas rencana pada perkerasan beton dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga yang disesuaikan dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Data volume lalu lintas yang digunakan yaitu minimal data pada 2 tahun terakhir. Terdapat 4 jenis konfigurasi sumbu pada Bina Marga 2003 yaitu Sumbu tunggal roda tunggal (STRT), Sumbu tunggal roda ganda (STRG), Sumbu tandem roda ganda (STdRG) dan Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

a. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Menurut Bina Marga 2003, lajur rencana merupakan satu lajur pada lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Penentuan nilai koefisien distribusi dapat ditentukan berdasarkan tabel 4.

Tabel 2. 9 koefisien distribusi (C) kendaraan (Bina Marga 2003)

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

b. Umur Rencana

Menurut Bina Marga 2003, umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan jenis dan fungsional jalan, pola lalu lintas serta pertimbangan dengan menggunakan beberapa metode seperti Benefit Cost Ratio dan sebagainya. Pada umumnya umur rencana perkerasan jalan beton semen adalah 20 tahun sampai 40 tahun.

c. Pertumbuhan Lalu Lintas

Menurut Bina Marga 2003, untuk mencegah pertambahan lalu lintas yang dapat melebihi umur rencana, maka faktor pertumbuhan lalu lintas direncanakan untuk memenuhi kapasitas jalan. Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan persamaan 2.7.

d. Lalu Lintas Rencana

Menurut Bina Marga 2003, lalu lintas rencana merupakan jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga yang direncanakan selama umur rencana pada lajur rencana mencakup proporsi sumbu dan distribusi beban pada tiap kendaraan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah sumbu kendaraan niaga adalah sebagai berikut:

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (2.2)$$

Keterangan :

JSKN : Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

- JSKNH : Jumlah sumbu kendaraan per hari di saat jalan dibuka
 R : Faktor pertumbuhan lalu lintas
 C : Koefisien distribusi kendaraan

f. Faktor Keamanan Beban (Fkb)

Menurut Bina Marga 2003, faktor Keamanan Beban (Fkb) ditentukan dengan mengalikan beban sumbu kendaraan dengan Fkb. Nilai Fkb menurut Bina Marga 2003 ditampilkan pada tabel

Tabel 2. 10 Nilai Fkb (Bina Marga, 2003)

No	Penggunaan	Nilai Fkb
1	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan dengan lajur banyak, dimana aliran lalu lintas tidak terhambat dan volume kendaraan niaga tinggi. Digunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (weight-in-motion) serta adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan (freeway) dan volume kendaraan niaga menengah untuk jalan arteri	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

g. Penentuan Tebal Pelat

Menurut Bina Marga 2003, penentuan tebal pelat pada perkerasan kaku ditentukan dengan menggunakan grafik. Parameter yang di jadikan acuan dalam penentuan tebal pelat adalah nilai CBR tanah dasar, mutu baja tulangan, kelas jalan dan nilai Fkb. Grafik yang digunakan pada penentuan tebal pelat beton dapat dilihat pada lampiran 3.

2.7.2 Sambungan

Menurut Bina Marga 2003, sambungan direncanakan untuk memberikan batasan tegangan dan mengendalikan retak yang disebabkan oleh penyusutan serta pengaruh beban lalu lintas. Dengan adanya sambungan juga memberikan kemudahan dalam pelaksanaan dan mampu mengendalikan gerakan pelat. Sambungan yang direncanakan yaitu *dowel* dan *tie bars*.

a. *Tie bars*

Menurut Bina Marga 2003, tujuan dari perencanaan tie bars yaitu untuk mengontrol terjadinya retak pada arah memanjang. Ukuran yang

ditetapkan untuk perencanaan tie bars yaitu batang ulir dengan mutu BJTU-24 dan diameter 16 mm serta jarak antar tie bars adalah 75 cm. Pada perencanaan ukuran tie bars digunakan persamaan berikut :

$$I = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (2.3)$$

Keterangan :

I : Panjang batang pengikat (mm).

ϕ : Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

b. *Dowel*

Menurut Bina Marga 2003, tujuan dari perencanaan tie bars yaitu untuk mengontrol terjadinya retak pada arah melintang. Perencanaan dowel yang ditentukan oleh Bina Marga 2003 adalah ruji polos dengan panjang 45 cm dan jarak antar ruji 30 cm. Untuk memastikan tidak adanya ikatan pada beton maka digunakan cat anti lengket pada separuh bagian dowel. Perencanaan diameter dowel tergantung pada tebal perkerasan beton dengan tabel sebagai berikut:

Tabel 2. 11 Diameter Dowel (Bina Marga, 2003)

No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	125 < h < 140	20
2	140 < h < 160	24
3	160 < h < 190	28
4	190 < h < 220	33
5	220 < h < 250	36

2.7.3 Penulangan

Menurut Bina Marga (2003), tujuan dari penulangan yaitu :

1. Pembatas lebar retakan untuk kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan;
2. Penggunaan pelat yang lebih panjang bertujuan untuk mengurangi jumlah sambungan melintang agar meningkatkan kenyamanan
3. Biaya pemeliharaan menjadi lebih ringan.

Beberapa jenis penulangan menurut Bina Marga (2003) yaitu sebagai berikut:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada penulangan jenis ini, penulangan memungkinkan untuk digunakan. Pemasangan penulangan bertujuan untuk mengendalikan retak. Pada umumnya, penulangan dilaksanakan pada :

- a. Bentuk pelat yang tak lazim (*odd-shaped slabs*), dikatakan tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25, atau jika pola pada sambungan pelat tidak berbentuk bujur sangkar atau tidak berbentuk empat persegi panjang;
 - b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*);
 - c. Pelat berlubang (*pits or structures*).
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Persamaan yang digunakan untuk menghitung luas penampang tulangan menurut Bina Marga (2003) adalah sebagai berikut :

$$A_s = \frac{\mu.L.M.g.h}{2.f_s} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- A_s : luas penampang tulangan baja (mm² /m lebar pelat)
- f_s : kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.
- g : gravitasi (m/detik²).
- h : tebal pelat beton (m)
- L : jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)
- M : berat per satuan volume pelat (kg/m³)
- μ : koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Bentuk luas penampang tulangan adalah anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar menurut Bina Marga (2003) ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 12 Ukuran dan berat tulangan polos anyaman las (Bina Marga, 2003)

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat per Satuan Luas (kg/m ²)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm ² /m)	Melintang (mm ² /m)	
Empat persegi panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat per Satuan
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552
Bujur sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

Menurut Bina Marga (2003), ada 3 elemen yang harus direncanakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan, yaitu sebagai berikut:

a. Penulangan memanjang

Persamaan yang digunakan untuk menghitung penulangan memanjang menurut Bina Marga (2003) adalah sebagai berikut:

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

P_s : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

f_{ct} : kuat tarik langsung beton (kg/cm^2)

f_y : tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n : angka ekivalensi antara baja dan beton, dapat dilihat pada Tabel 2.21 atau dihitung dengan persamaan (E_s/E_c)

μ : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

E_s : modulus elastisitas baja (kg/cm^2)

E_c : modulus elastisitas beton (kg/cm^2)

Tabel 2. 13 Hubungan kuat tekan beton dan angka ekivalen baja
(Bina Marga, 2003)

f'_c (kg/cm ²)	n
175-225	10
235-285	8
290- ke atas	6

Persentase minimum tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% dari luas penampang beton. Untuk menghindari jarak dan lebar retakan, maka jumlah tulangan memanjang harus optimum. Persamaan yang digunakan untuk menghitung luas teoritis retakan menurut Bina Marga (2003) adalah sebagai berikut:

$$L_{cr} = \frac{f_{ct}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (\epsilon_s \cdot E_c - f_{cr})} \quad (2.6)$$

Keterangan :

L_{cr} : jarak teoritis antara retakan (cm).

p : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

u : perbandingan keliling terhadap luas tulangan

f_b : tegangan lekat antara tulangan dengan beton (kg/cm²)

ϵ_s : koefisien susut beton

f_{ct} : kuat tarik langsung beton (kg/cm²)

n : angka ekivalensi antara baja dan beton

E_c : modulus Elastisitas beton (kg/cm²)

E_s : modulus Elastisitas baja (kg/cm²)

Menurut Bina Marga (2003), untuk menghindari retakan halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka presentase tulangan dan perbandingan antara keliling dengan luas tulangan bernilai besar dan menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*). Hal ini bertujuan untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak retakan teoritis

di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm dan 20 mm.

b. Penulangan melintang

Menurut Bina Marga (2003), luas tulangan melintang (A_s) yang dibutuhkan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dapat dihitung dengan persamaan 2.14. Tulangan melintang yang direkomendasikan oleh Bina Marga (2003) yaitu diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm dan jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu yaitu 75 cm.

c. Penempatan tulangan

Menurut Bina Marga (2003), penempatan tulangan melintang pada perkerasan beton semen yaitu ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat ≤ 20 cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat > 20 cm. Untuk tulangan dengan arah memanjang dapat dipasang di atas tulangan arah melintang.

2.8 Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2017

Metode manual desain perkerasan Bina Marga 2017 merupakan pengembangan dari metode manual desain perkerasan Bina Marga 2013. Perubahan meliputi perubahan struktur penyajian untuk mempermudah pemahaman pengguna dan penambahan serta perbaikan kandungan manual. Adapun tahapan perencanaan perkerasan kaku menurut metode bina marga 2017 adalah sebagai berikut:

2.8.1 Umur rencana

Penentuan umur rencana pada desain perkerasan kaku menurut Bina Marga 2017 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 14 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) (Bina Marga, 2017)

Jenis perkerasan	Elemen perkerasan	Umur rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20

Jenis perkerasan	Elemen perkerasan	Umur rencana (tahun)
	Fondasi jalan Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	40
	<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

2.8.2 Struktur Fondasi Jalan

Menurut Bina Marga 2017, untuk mendukung stabilisasi tanah dasar, perbaikan tanah yang dapat dilakukan yaitu dengan material timbunan pilihan, stabilisasi kapur atau stabilisasi semen. Pelebaran perkerasan pada saat galian meliputi tanah dasar yang sempit atau tidak teratur, maka pelaksanaan jadi lebih sulit. Pada kasus ini perbaikan yang dapat dilakukan yaitu dengan material timbunan pilihan. Adapun desain fondasi jalan minimum menurut Bina Marga 2017 akan ditampilkan pada lampiran 1.

2.8.3 Lalu Lintas

Menurut Bina Marga 2017, dalam melakukan analisis lalu lintas, ada beberapa parameter yang perlu dianalisa yaitu:

a. Volume lalu lintas

Menurut Bina Marga 2017, data lalu lintas merupakan hal penting dalam analisa. Hal ini diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Perhitungan beban yitu dengan menghitung volume lalu lintas pada tahun survey yang akan diproyeksikan ke depan sepanjang tahun rencana.

b. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Menurut Bina Marga 2017, nilai pertumbuhan lalu lintas rencana dapat ditentukan dengan tiga persamaan yaitu kondisi laju pertumbuhan

konstan, kondisi laju pertumbuhan selama umur rencana berubah, dan kondisi yang perbandingan volume terhadap kapasitas jalan tercapai selama umur rencana perkerasan tercapai. Jika nilai pertumbuhan lalu lintas tidak tersedia, maka dapat digunakan tabel berikut sesuai dengan Bina Marga 2017:

Tabel 2. 15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%) (Bina Marga, 2017)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Persamaan yang digunakan untuk menghitung faktor pertumbuhan kumulatif menurut Bina Marga 2017 adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \quad (2.7)$$

a. Lalu lintas pada lajur rencana

Menurut Bina Marga 2017, lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari ruas jalan yang dapat menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Pada jalan dua arah, nilai faktor distribusi arah (DD) adalah 0,5, kecuali pada lokasi dengan jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu. Untuk nilai faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL) dapat dilihat berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2. 16 Faktor distribusi lajur (DL) (Bina Marga, 2017)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

b. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Menurut Bina Marga 2017, faktor ekivalen beban (*vehicle damage factor*) adalah faktor perbandingan tingkat kerusakan yang diakibatkan satu lintasan kendaraan tertentu terhadap kerusakan akibat suatu lintasan beban sumbu standar. Nilai VDF didapatkan berdasarkan survei atau data yang telah ada pada penelitian sebelumnya melalui timbangan survei beban gandar. Jika nilai VDF tidak diketahui maka dapat menggunakan tabel nilai VDF menurut Bina Marga 2017. Berikut adalah tabel nilai VDF pada daerah kalimantan.

Tabel 2. 17 Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga (Bina Marga, 2017)

Jenis kendaraan	Kalimantan			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,58	0,5	0,55	0,5
6B	4,8	8,5	3,4	4,7
7A1	9,9	18,3	4,1	5,3
7A2	9,6	17,7	4,2	5,4
7B1	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-
7C1	11,,7	20,4	7,0	10,2
7C2A	8,2	14,7	4,0	5,2
7C2B	-	-	-	-
7C3	13,5	22,9	9,8	15,0

c. Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan

Menurut Bina Marga 2017, pada perencanaan memiliki 4 konfigurasi sumbu, yaitu :

1. Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)
2. Sumbu Tunggal Ganda (STRG)
3. Sumbu Tandem Roda Ganda (STdRG)
4. Sumbu Tridem Roda Ganda (STrRG)

Nilai sebaran kelompok sumbu kendaraan pada perkerasan kaku, mengacu pada (Pd T-14-2003). Beban lalu-lintas di desain didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group*, HVAG) dan bukan pada nilai ESA. Tabel nilai sebaran kelompok sumbu kendaraan ditampilkan pada lampiran 2.

d. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Menurut Bina Marga 2017, beban sumbu standar kumulatif atau *cumulative equivalent single axle load* (CESAL) adalah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai CESAL menurut Bina Marga 2017 adalah sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.8)$$

e. Jumlah Kelompok Sumbu Kendaraan Berat

Menurut Bina Marga 2017, persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah kelompok sumbu kendaraan berat adalah sebagai berikut:

$$V \text{ sumbu kendaraan niaga} = \sum (\text{jmlh kelompok sumbu/kendaraan} \times LHR \times DD \times DL \times R) \quad (2.9)$$

2.8.4 Penentuan Tebal Pelat

Berdasarkan Bina Marga 2017, tebal perkerasan jalan kaku dapat ditentukan dengan tabel berikut :

Tabel 2. 18 Perkerasan Kaku untuk Beban Lalu lintas Berat (Bina Marga, 2017)

Struktur perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4,3	< 8,6	< 25,8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
Struktur Perkerasan (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Tabel 2. 19 Perkerasan Kaku untuk Beban Lalu Lintas Rendah (Bina Marga, 2017)

	Tanah dasar				
	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan normal		
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	
Bahu pelat beton (<i>tied shoulder</i>)	Ya	Tidak	Ya	Tidak	
Tebal Pelat Beton (mm)					
Akses terbatas	160	175	135	150	

	Tanah dasar			
	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan normal	
hanya mobil penumpang dan motor				
Dapat diakses oleh truk	160	200	160	175
Tulangan distribusi retak		Ya	Ya jika daya dukung fondasi tidak seragam	
<i>Dowel</i>			Tidak dibutuhkan	
LMC			Tidak dibutuhkan	
Lapis Fondasi Kelas A (ukuran butir nominal maksimum 30 mm)			125 mm	
Jarak sambungan melintang			4 mm	

2.8.5 Perencanaan Tulangan

Berdasarkan Bina Marga (2017), perencanaan tulangan mengacu pada Bina Marga 2003. Persamaan dan teori yang mendukung perencanaan tulangan dapat dilihat pada acuan Bina Marga 2003 yang telah dijelaskan pada subab sebelumnya.

2.8.6 Prediksi Sisa Umur Layanan Perkerasan

Persamaan yang digunakan untuk menghitung sisa umur layanan perkerasan adalah sebagai berikut:

$$\text{umur perkerasan yang sudah dilewati} = \frac{\text{beban lalu lintas pada tahun sekarang}}{\text{beban lalu lintas pada umur rencana}} \times 100\% \quad (2.10)$$

2.9 Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993

Metode perencanaan tebal perkerasan jalan yang umum digunakan adalah metode AASHTO'93. Metode ini telah digunakan secara umum di seluruh dunia untuk merencanakan serta di adopsi untuk digunakan standar perencanaan di berbagai negara. Metoda AASHTO'93 ini pada dasarnya adalah metode yang

didasarkan pada metoda empiris. Parameter yang dibutuhkan pada perencanaan menggunakan metoda AASHTO'93 adalah sebagai berikut:

2.9.1 Analisis Lalu Lintas

Menurut AASHTO (1993) prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Cumulative Equivalent Standard Axle*, CESA). Perhitungan untuk CESA ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8.16 kN. Parameter - parameter perencanaan untuk *traffic Design* adalah sebagai berikut :

a. Umur rencana

Menurut AASHTO (1993), umur rencana merupakan waktu umur perkerasan dari awal perencanaan hingga sebelum dilakukannya perawatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pengalaman dan kebijakan dari masing-masing perencanaan. Besaran umur rencana yang disarankan menurut AASHTO (1993) adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 34. Besaran Umur Rencana Berdasarkan Volume Kendaraan (AASHTO, 1993)

<i>Highway Conditions</i>	<i>Analysis Period (Year)</i>
<i>High-Volume Urban</i>	30-50
<i>High-Volume Rural</i>	20-50
<i>Low-Volume Paved</i>	15-25
<i>Low-Volume Aggregate Surface</i>	10-20

b. Volume lalu-lintas harian rata – rata (LHR)

Volume lalu-lintas harian rata – rata (LHR) didapatkan dari hasil survey kendaraan pada titik jalan yang akan direncanakan. Jumlah lalu lintas yang memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Menurut Sukirman (1999), volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu. Untuk merencanakan tebal perkerasan, volume lalu lintas dapat ditentukan dengan kendaraan/hari/2 arah untuk jalan dua arah tidak terpisah dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan satu arah atau 2 arah terpisah.

c. Directional Distribution Factor/Faktor Distribusi Arah (D_D)

Menurut AASHTO (1993), nilai faktor distribusi arah yaitu bernilai 0,3-0,7. Pada umumnya digunakan nilai faktor distribusi arah sebesar 0,5.

d. Lane Distribusi Factor/Faktor distribusi Lajur (D_L)

Menurut AASHTO (1993), nilai faktor distribusi lajur merupakan rasio yang mempengaruhi lalu lintas pada saat dua jalur atau lebih berada pada satu arah. Nilai D_L menurut AASHTO (1993) didapatkan dengan menggunakan tabel berikut:

Tabel 2. 20 Faktor Distribusi (DL) (AASHTO, 1993)

<i>Number of Lane in Each Direction</i>	D_L (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

e. Desain ESAL

Menurut AASHTO (1993), parameter ini digunakan agar lintas ekuivalen kumulatif selama umur kinerja jalan dapat terpenuhi. Prosedur perencanaan didasarkan pada jumlah kumulatif 18 KIP *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) yang diharapkan selama periode analisa (W18). Persamaan yang digunakan menurut AASHTO (1993) yaitu sebagai berikut:

Beban gandar standar kumulatif untuk 2 arah /*cumulative two-directional predicted for specific section* :

$$W_{18} = LHR \times E \times 365 \quad (2.11)$$

Lalu Lintas pada Lajur Rencana Selama Setahun :

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18} \quad (2.12)$$

Keterangan :

W18 : Lalu lintas pada lajur rencana selama setahun/ Beban gandar standart kumulatif untuk 2 arah

DD : Faktor diistribusi arah

DL : Faktor distribusi lajur

LHR : Jumlah lalu lintas harian untuk rata-rata 2 arah untuk jenis kendaraan j.

E : Angka ekivalen

www.itk.ac.id

Menurut AASHTO (1993) dalam Indriani & Muqqodam (2017) untuk menentukan jumlah lalu lintas kumulatif pada umur rencana yaitu dengan mengalikan lalu lintas pada lajur rencana yaitu dengan mengalikan lalu lintas pada lajur rencana selama setahun dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas.

$$W_t = W_{18} \frac{(1+g)^n - 1}{g} \quad (2.13)$$

Keterangan :

W_t : Jumlah beban gandar tunggal standart kumulatif

W_{18} : Lalu lintas pada lajur rencana selama setahun

N : Umur pelajanan, umur rencana (tahun)

g : Perkembangan lalu lintas (%)

2.9.2 Serviceability

Menurut Indriani & Muqqodam (2017) *serviceability* adalah tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang pengguna jalan akan rasakan. Nilai *serviceability* adalah penentu tingkat pelayanan fungsional dari sistem perkerasan jalan. Secara numerik *serviceability* ini adalah fungsi beberapa parameter yaitu ketidakrataan, jumlah lobang, luas tambalan, dan sebagainya. Beberapa tingkatan nilai *serviceability* adalah sebagai berikut :

1. Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)

Menurut Hardiyatmo (2015) dalam Gunawan (2019) menyatakan bahwa kemampuan pelayanan akhir (Pt) ditentukan dari survei pendapat yang menyatakan sejauh mana perkerasan masih bisa diterima. Dari survei tersebut, didapatkan nilai minimum Pt. AASHTO (1993) menyarankan nilai-nilai kemampuan pelayanan akhir (Pt) sebagai berikut:

Tabel 2. 21 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (AASHTO, 1993)

Pt	Persen Orang Berpendapat Tidak Setuju
3,0	12%
2,5	55%
2	85%

www.itk.ac.id

2. Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (P_o)

Menurut Gunawan (2019) Kemampuan Pelayanan Awal (P_o) adalah Untuk perkerasan yang baru dibuka (*open traffic*) bergantung pada tingkat kehalusan atau kerataan perkerasan awal, sedangkan Kemampuan Pelayanan Akhir (P_t) bergantung pada kekasaran atau tidak rataanya jalan yang masih memungkinkan untuk dilalui kendaraan sebelum dilakukan rehabilitasi. Untuk nilai P_o AASHTO (1993) menyarankan sebagai berikut.

- a. Untuk perkerasan beton atau perkerasan kaku, $P_o = 4,5$.
- b. Untuk perkerasan aspal atau perkerasan lentur, $P_o = 4,2$.

Nilai-nilai tersebut masih dapat berubah, karena masih dipengaruhi oleh metode pembangunan, pengalaman setempat, dan standar yang digunakan.

3. Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI)

Menurut AASHTO (1993) dalam Gunawan (2019) untuk menetapkan nilai P_t dan P_o dapat digunakan penetapan parameter *serviceability* yang ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 22 Nilai P_t dan P_o (AASHTO, 1993)

Parameter	Nilai
<i>Initial serviceability</i>	$P_o : 4,5$
Terminal <i>serviceability index</i> Jalur utama (major highways)	$P_t : 2,5$
Terminal <i>serviceability index</i> Jalan lalu lintas rendah	$P_t : 2,0$

Kehilangan Kemampuan Pelayanan (*total loss of serviceability*) dihitung dengan menggunakan nilai P_o dan P_t sebagai berikut :

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (2.14)$$

Keterangan :

P_o : Indeks Kemampuan Pelayanan

P_t : Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

ΔPSI : Total kehilangan kemampuan pelayanan

2.9.3 Reliability (R) www.itk.ac.id

Menurut Hardiyatmo (2015) dalam Gunawan (2019) *reliability* merupakan probabilitas bahwa perkerasan yang direncanakan akan tetap memuaskan selama masa layannya yang nantinya nilai ini akan digunakan untuk mengkomisadi ketidakpastian hitungan volume lalu lintas dan kinerja perkerasan. Penetapan angka *reliability* berkisar dari 50 % sampai 99,99 %. Menurut AASHTO (1993) dalam Indriani & Muqqodam (2017) *reliability* merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melesetnya besaran-besaran desain yang dipakai. Semakin tinggi *reliability* yang dipakai semakin tinggi tingkat mengatasi kemungkinan terjadinya selisih (deviasi) desain dan kenyataan. Besaran-besaran desain yang terkait dengan ini antara lain :

- a. Peramalan kinerja perkerasan.
- b. Peramalan lalu-lintas.
- c. Perkiraan tekanan gandar.
- d. Pelaksanaan konstruksi.

Nilai R yang disarankan menurut AASHTO (1993) ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2. 23 Nilai R yang disarankan (AASHTO, 1993)

Tipe Jalan	Nilai (R) dalam %	
	Perkotaan (urban)	Pedesaan (rural)
Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>)	90-99	85-99,9
Utama	85-99	80-95
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

Pengaplikasian dari konsep *reliability* ini diberikan juga dalam parameter standar deviasi yang mempresentasikan kondisi-kondisi lokal dari ruas jalan yang direncanakan serta tipe perkerasan antara lain perkerasan lentur ataupun perkerasan kaku. Penentuan nilai standar deviasi normal (Z_R) dapat ditentukan dengan hubungan antara nilai R yang ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 24 Hubungan nilai Z_R dan nilai R (AASHTO, 1993)

R (%)	Z_R
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,647
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

2.9.4 Deviasi Standar Keseluruhan (S_o)

Hardiyatmo (2015) dalam Gunawan (2019) menyatakan bahwa deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*, S_o) merupakan parameter yang digunakan untuk menghitung adanya variasi dari input data. Deviasi standar keseluruhan dipilih sesuai dengan kondisi lokal. Nilai S_o yang disarankan oleh AASHTO (1993) adalah sebagai berikut :

1. Untuk perkerasan lentur : S_o diantara 0,40 – 0,50.
2. Untuk perkerasan kaku : S_o diantara 0,30 – 0,40.

Disarankan dalam AASHTO (1993), untuk nilai S_o perkerasan lentur (aspal) = 0,45 dan untuk nilai S_o perkerasan kaku (beton) = 0,35.

2.9.5 Modulus Reaksi Tanah Dasar

Menurut AASHTO (1993), sifat bahan yang dimaksud adalah modulus elastisitas atau *resilien* yang merupakan sifat teknis utama untuk bahan perkerasan. Modulus *resilien* berpegangan pada sifat tegangan bahan dibawah kondisi pembebanan normal (M_R). Perhitungan Modulus Resilien tergantung kepada jenisnya. Untuk pengukuran elastisitas tanah dasar dinyatakan dengan Modulus *Resilien* (M_R) yang dapat diperoleh dari korelasi dengan nilai CBR.

Penentuan modulus reaksi tanah dasar berdasarkan pada ketentuan nilai CBR tanah dasar. *Modulus of subgrade reaction* (k) menggunakan gabungan formula dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar. Persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut :

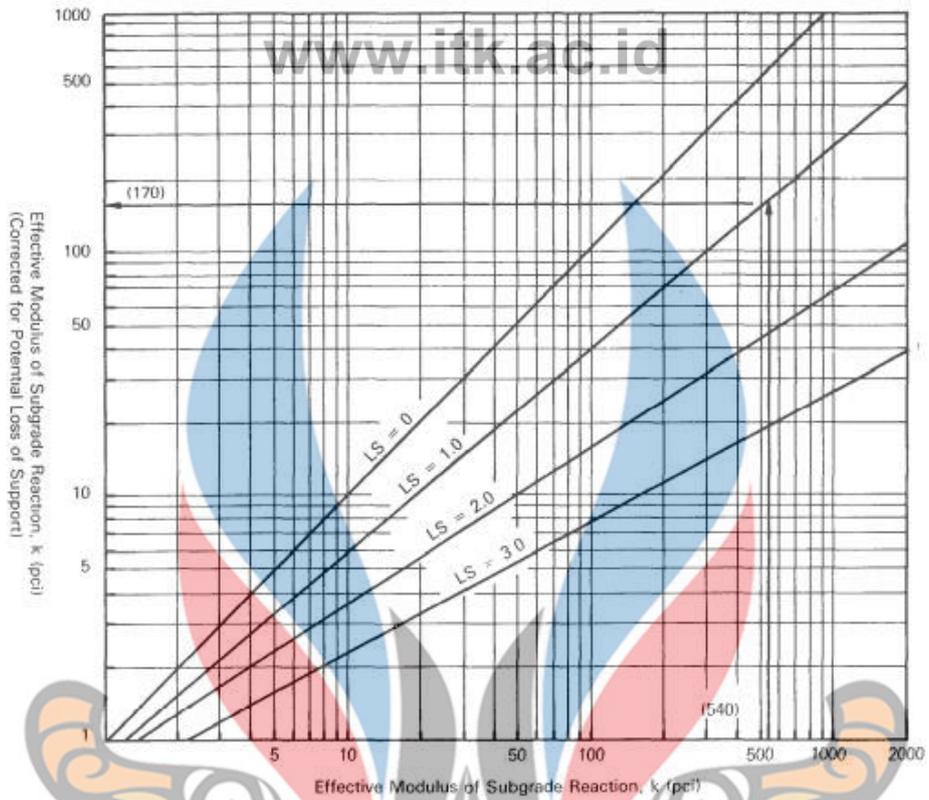
$$M_R = 1500 \times CBR$$

$$k = \frac{M_R}{19,4} \quad (2.15)$$

Koreksi *Effective Modulus of Subgrade Reaction* menurut AASHTO (1993), menggunakan Grafik pada Gambar 2.17 dan nilai faktor *Loss of Support* (LS) mengacu pada tabel sebagai berikut:

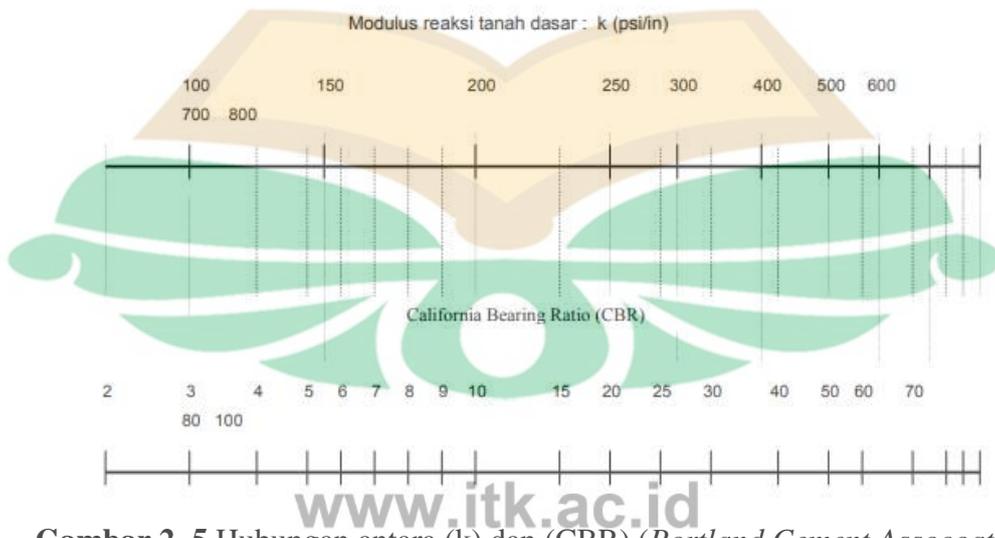
Tabel 2. 25 Nilai faktor *Loss of Support* (LS) (AASHTO, 1993)

No	Type Material	LS
1	<i>Cement Treated Granular Base</i> (E = 1.000.000 – 2.000.000 psi)	0-1
2	<i>Cement Aggregate Mixtures</i> (E = 500.000 – 1.000.000 psi)	0-1
3	<i>Asphalt Treated Base</i> (E = 350.000 – 1.000.000 psi)	0-1
4	<i>Bituminous Stabilized Mixtures</i> (E = 40.000 – 300.000 psi)	0-1
5	<i>Lime Stabilized</i> (E = 20.000 – 70.000 psi)	1-3
6	<i>Unbound Granular Materials</i> (E = 15.000 – 45.000 psi)	1-3
7	<i>Fine grained / Natural subgrade materials</i> (E = 3.000 – 40.000 psi)	2-3



Gambar 2. 4 Modulus reaksi tanah dasar (k) (AASHTO, 1993)

Dengan menggunakan sumber lain yaitu literatur *Highway Engineering* (Teknik Jalan Raya), Clarkson H Oglesby, R Gary Hicks, Stanford University & Oregon State University, 1996 dalam Gunawan (2019) pendekatan nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) dapat ditentukan dengan hubungan nilai CBR dengan k seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. 5 Hubungan antara (k) dan (CBR) (Portland Cement Association)

2.9.6 Mutu Beton www.itk.ac.id

Menurut Gunawan (2019) kuat tekan beton ditentukan sesuai dengan spesifikasi pekerjaan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung modulus elastisitas beton dan *Flexural strength* (Sc') adalah sebagai berikut :

$$E_c = 57.000\sqrt{f_c'} \quad (2.16)$$

$$Sc' = 7,5\sqrt{f_c'} \quad (2.17)$$

Keterangan :

E_c : Modulus elastisitas beton (psi)

Sc' : *Flexural strength* (psi)

F_c' : Kuat tekan beton silinder (psi)

2.9.7 Koefisien Drainase

Menurut Gunawan (2019), penentuan koefisien drainase ditentukan berdasarkan 2 variable, yaitu penetapan kualitas drainase dan penetapan variabel presentase perkerasan terkena air.

1. Variabel mutu drainase

Menurut Hardiyatmo (2015) dalam Indriani (2017) menyatakan bahwa dalam perancangan dengan menggunakan AASHTO 1993 diperlukan data kondisi kualitas drainasi yang mempengaruhi kekuatan lapis pondasi dan pondasi bawah. Penentuan kualitas Drainase dilakukan dengan mempertimbangkan hal-hal berikut.

- a. Air hujan atau air dari atas permukaan jalan yang akan masuk kedalam pondasi jalan.
2. Air dari samping jalan yang kemungkinan akan masuk ke pondasi jalan dan muka air tanah yang tinggi di bawah tanah dasar.
- b. Pendekatan waktu (lamanya) dan frekuensi hujan, yang rata-rata terjadi hujan selama 3 jam per hari (hujan jarang terjadi secara terus menerus selama 1 minggu).

Berdasarkan AASHTO (1993), koefisien drainase dapat ditentukan sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2. 26 Kualitas Drainase (AASHTO, 1993)

Kualitas drainase	Air tersingkir (waktu)
Sempurna	2 jam
Baik	3 hari
Sedang	1 minggu
Buruk	1 bulan
Sangat Buruk	Air tidak mengalir

2. Variabel presentase perkerasan terkena air

Menurut Gunawan (2019), variable kedua dalam penentuan koefisien drainase yaitu penetapan presentase struktur dalam satu tahun terkena air sampai tingkat *saturated*, relatif sulit, belum ada data rekaman pembanding dari jalan lain yang ada, namun dengan pendekatan-pendekatan, pengamatan dan perkiraan berikut ini, nilai dari faktpr variable kedua tersebut dapat didekati. Presentase struktur perkerasan dalam 1 tahun terkena air dapat dilakukan pendekatan dengan persamaan berikut :

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100 \quad (2.18)$$

Keterangan :

P_{heff} : Presentase hari effective hujan dalam setahun yang akan berpengaruh terkenanya perkerasan (dalam %)

T_{jam} : Rata-rata hujan per hari (jam)

T_{hari} : Rata-rata jumlah hari hujan per tahun (hari)

W_L : Faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan (%)

Tabel 2. 27 Koefisien Drainase (AASHTO, 1993)

Kualitas drainase	Presentase waktu struktur perkerasan terkena air hingga tingkat kelembabannya mendekati jenuh air (P)			
	< 1%	1-5 %	5-25 %	> 25 %
Sempurna	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Buruk	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Sangat Buruk	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

2.9.8 Load Transfer

Berdasarkan AASHTO (1993) nilai *load transfer coefficient* dapat ditentukan dari tabel berikut :

Tabel 2. 28 Nilai *load transfer coefficient* (AASHTO, 1993)

No	Shoulder Load transfer devices	Asphalt		Tied PCC	
		Yes	No	Yes	No
		<i>Pavement type</i>			
1	Plain jointed & jointed reinforced	3,2	3,8 – 4,4	2,5 – 3,1	3,6 – 4,2
2	CRCP	2,9 – 3,2	N/A	2,3 – 2,9	N/A

2.9.9 Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat menggunakan parameter yang sudah disebutkan sebelumnya. Untuk menentukan tebal pelat beton dilakukan *trial and error* pada tebal pelat beton D. Menurut AASHTO (1993), penentuan tebal pelat beton dapat digunakan persamaan berikut :

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 7,35 \log(D + 1) - 0,06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 p_1) \times \log \frac{S'_0 \cdot C_d \times \left[D^{0,75} - 1,132 \right]}{215,63 \times J \times \left[\frac{D^{0,75} - 18,42}{(E_c : k)^{0,25}} \right]} \quad (2.19)$$

Keterangan :

- Wt18 : Beban sumbu standar total (ESAL) selama umur rencana
- Zr : Standar Normal Deviasi
- So : Standar deviasi
- D : Tebal pelat beton (inc)
- ΔPSI : *Serviability*
- Po : *Initial serviceability index*

Sc'	: Modulus of rupture sesuai spesifikasi pekerjaan (psi)
Cd	: Drainage Coefficient
J	: Load transfer coefficient
Ec	: Modulus elastisitas (psi)
k	: Modulus reaksi tanah dasar (pci)

2.9.10 Desain Gabungan Rigid Dan Flexible Pavement (Composite)

Perencanaan perkerasan komposit menggunakan pendekatan desain *overlay hotmix* diatas rigid pavement yang mengacu pada AASHTO (1993). Persamaan yang dapat digunakan menurut AASHTO (1993) adalah sebagai berikut :

$$D_{ol} = A(D_f - D_{eff})$$

$$A = 2,2233 + 0,0099(D_f - D_{eff})^2 - 0,1534(D_f - D_{eff}) \quad (2.20)$$

Keterangan :

D_{ol}	: Tebal flexible pavement (inch)
D_f	: Tebal total perkerasan rencana (inch)
D_{eff}	: Tebal lapis pelat beton effective (inch)
A	: Faktor konversi lapis perkerasan beton ke hotmix

2.9.11 Sisa Umur Perkerasan Jalan

Menurut AASHTO (1993), untuk menentukan sisa umur suatu perkerasan jalan dapat ditentukan dari total lalu lintas yang telah melewati jalan sampai tahun tersebut dengan total lalu lintas pada saat akhir umur rencana perkerasan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung sisa umur perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_2} \right) \right] \quad (2.21)$$

Keterangan :

RL	: Remaining Life (%)
N_p	: Total lalu lintas yang telah melewati perkerasan, diperoleh dari kumulatif nilai

Wt N2 : Total lalu lintas pada kondisi perkerasan berakhir sesuai umur rencana, diperoleh dari kumulatif nilai Wt pada akhir umur rencana.

2.10 Desain Penulangan

Adapun komponen pada desain penulangan yaitu sebagai berikut:

2.10.1 Kuat tarik baja

Kuat tarik baja disesuaikan dengan spesifikasi pekerjaan. Nilai kuat tarik yang dizinkan yaitu f_s untuk grade 40 = 30.000 psi.

2.10.2 Faktor gesekan (*Friction Factor, F*)

Nilai faktor gesekan yang disarankan menurut AASHTO (1993) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 29 Nilai *friction factor* yang disarankan (AASHTO, 1993)

Tipe material dibawah slab	<i>Friction factor (F)</i>
<i>Surface treatment</i>	2,2
<i>Lime stabilization</i>	1,8
<i>Asphalt stabilization</i>	1,8
<i>Cement stabilization</i>	1,8
<i>River gravel</i>	1,5
<i>Crushed stone</i>	1,5
<i>Sandstone</i>	1,2
<i>Natural subgrade</i>	0,9

2.10.3 Tulangan longitudinal dan tulangan transversal

Menurut AASHTO (1993), persamaan yang digunakan untuk menghitung tulangan longitudinal dan tulangan transversal adalah sebagai berikut:

$$P_s = \frac{LF}{2f_s} \times 100 \quad (2.22)$$

Keterangan :

P_s : Tulangan longitudinal dan tulangan transversal yang diperlukan (%)

L : Panjang slab (*feet*)

F_s : kuat tarik baja (psi)

F : *friction factor*

2.10.4 Tie Bar

Menurut AASHTO (1993), *tie bar* merupakan batang pengikat yang berfungsi untuk menahan pelat agar kuat dan untuk menahan gaya tarik maksimum, namun *tie bar* tidak dirancang untuk memindah beban. Berikut adalah tabel spesifikasi tie bar menurut AASHTO (1993) yang dapat digunakan untuk perenecanaan :

Tabel 2. 30 Tie Bar (AASHTO, 1993)

Jenis dan mutu baja	Tegangan kerja (psi)	Tebal perkerasan (in)	Diameter batang ½ in				Diameter batang 5/8 in			
			Panjang (in)	Jarak maksimum			Panjang (in)	Jarak maksimum		
				Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft		Lebar lajur 10 ft	Lebar lajur 11 ft	Lebar lajur 12 ft
Grade 40	30.000	6	25	48	48	48	30	48	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48	48
		12	25	32	29	26	30	48	48	48

2.10.5 Dowel

Pada umumnya, alat pemindah beban yang digunakan yaitu dowel baja bulat polos. Menurut AASHTO (1993) dan PCA (1991) dalam Ilpandari (2019), batang dowel berdiameter 1/8 dari tebal pelat beton, panjang 46 cm (18 in) dan jarak 30 cm (12 in). Persamaan yang digunakan Menurut AASHTO (1993) dan PCA (1991) untuk menghitung diameter dowel adalah sebagai berikut :

$$d = \frac{D}{8} \quad (2.23)$$

Keterangan :

d : diameter dowel (in)

D : tebal pelat beton (in)

2.11 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Estimasi biaya merupakan suatu proses utama dalam proyek kontruksi. Menurut Soedrajat (1984) dalam Budiarmo & Pamungkas (2018), jenis RAB dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Rencana Anggaran Biaya Kasar

Rencana anggaran biaya kasar adalah rencana anggaran biaya sementara dengan menghitung biaya pekerjaan tiap ukuran luas. Ketelitian perencanaan anggaran biaya kasar sangat dipengaruhi oleh pengalaman perencana.

2. Rencana Anggaran Biaya Terperinci

Rencana anggaran biaya terperinci dilakukan dengan menghitung volume dan harga dari seluruh pekerjaan yang dilaksanakan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara baik. Perhitungan rencana anggaran biaya terperinci dilakukan dengan analisa harga satuan, dimana semua harga satuan dan volume tiap pekerjaan diperhitungkan. Selanjutnya yaitu menghitung harga keseluruhan yang akan dikalikan dengan harga serta dijumlahkan seluruhnya.

Tujuan dilakukannya perencanaan anggaran biaya yaitu :

1. Sebagai bahan dasar dalam pengajuan proposal untuk mendapatkan sejumlah dana untuk pelaksanaan proyek;
2. Sebagai standar patokan penentuan harga sebuah proyek yang dibuat oleh *stakes holder* dalam bentuk *owner estimate* (OE);
3. Sebagai rincian harga untuk penawaran yang dibuat kontraktor dalam penawaran pekerjaan proyek;
4. Sebagai acuan dalam penentuan kelayakan ekonomi teknik sebuah investasi proyek sebelum pembangunan dilaksanakan.

Secara umum, persamaan yang digunakan untuk perhitungan rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

$$RAB = \sum [\text{volume} \times \text{harga satuan pekerjaan}] \quad (2.24)$$

2.12 Tahapan Perencanaan Rencana Anggaran Biaya

Adapun tahapan perencanaan menurut Budiarmo & Pamungkas (2018) anggaran biaya sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data dan pengecekan gambar desain, penentuan harga material serta data upah pekerja. Gambar kerja merupakan acuan dalam penentuan pekerjaan apa saja yang akan ada dalam komponen bangunan yang dikerjakan. Dari gambar rencana akan didapatkan ukuran, bentuk,

spesifikasi pekerjaan dan penyusunan metode pelaksanaan konstruksi yang akan dilakukan nantinya.

2. Melakukan perhitungan volume pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan dilakukan dengan menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan pekerjaan.

3. Melakukan perhitungan analisa bahan, upah, dan alat

a. Analisa Bahan

Analisa bahan yaitu perhitungan banyaknya volume masing-masing bahan untuk setiap aktifitas hingga biaya yang dibutuhkan.

b. Analisa Upah

Analisa upah yaitu menentukan banyaknya tenaga yang diperlukan untuk setiap kegiatan hingga besar biaya yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut.

c. Analisa Alat

Analisa alat yaitu merencanakan peralatan yang dibutuhkan untuk setiap pekerjaan pada suatu proyek dimana digunakan alat-alat yang membutuhkan biaya.

d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan analisa terhadap penjumlahan dari harga satuan bahan dengan harga satuan upah. Untuk memudahkan analisa dapat digunakan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor : 28/Prt/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum untuk menentukan besaran AHS.

e. Membuat rekapitulasi

Rekapitulasi dengan menghitung jumlah masing – masing sub item pekerjaan yang kemudian dijumlah sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan.

2.13 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan digunakan sebagai acuan dan referensi untuk melakukan penelitian. Lingkup studi pendahuluan berupa perencanaan perkerasan

dengan metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga serta kontrol alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal pada jalan. Berikut adalah tabel hasil studi pendahuluan.

Tabel 2. 31 Studi pendahuluan (Penulis, 2021)

No	Tahun Publikasi	Hasil
1	Fitriana Ratna, 2014	<p>Metode : Metode Bina Marga 2002 Dan Aashto 1993</p> <p>Hasil : Parameter input perencanaan tebal perkerasan untuk metode AASHTO 1993 adalah parameter lalu lintas, modulus reaksi tanah dasar, material konstruksi perkerasan, <i>reability</i>, dan koefisien drainase. Untuk studi kasus jalan tol SoloKertosono tebal pelat beton berdasarkan perhitungan metode Bina Marga 2002 adalah 20 cm, sedangkan berdasarkan metode AASHTO 1993 adalah 29 cm. Selisih yang didapat cukup besar yaitu 9 cm. Hal ini dikarenakan perbedaan parameter input dari masing-masing metode. Berdasarkan survei yang telah dilakukan diperoleh tebal pelat beton kondisi eksisting adalah 29 cm, tebal tersebut sama dengan hasil perhitungan dengan menggunakan metode AASHTO 1993.</p>
2	Fatchan, 2020	<p>Metode : Metode Aashto 1993 Dan Bina Marga (Pd-T-14-2003)</p> <p>Hasil : Pada metode Bina Marga 2003 nilai beban lalu lintas serta analisis fatik dan erosi dijadikan sebagai acuan untuk menentukan tebal lapis perkerasan beton sedangkan untuk metode AASHTO 1993 parameter seperti deviasi standar keseluruhan dan koefisien drainase ikut dipertimbangkan dalam perencanaan tebal perkerasan. Tebal perkerasan Bina Marga 2003</p>

No	Tahun Publikasi	Hasil
		adalah 22 cm dan dengan AASHTO 1993 28 cm.
3	Almufid dkk, 2020	<p>Metode : Metode Bina Marga 04/Se/Db/2017 dan Metode Aashto 1993</p> <p>Hasil : Untuk metode Bina Marga 2017 adalah parameter lalu lintas, tanah dasar, pondasi bawah, pondasi bawah material berbutir, dan kekuatan beton. Parameter input perencanaan tebal perkerasan untuk metode AASHTO 1993 adalah parameter lalu lintas, modulus reaksi tanah dasar, material konstruksi perkerasan, <i>reability</i>, dan koefisien drainase. Tebal perkerasan Bina Marga 2017 adalah 28,5 cm dan dengan AASHTO 1993 26 cm.</p>
4	Alda dkk, 2019	<p>Metode : Metode Bina Marga 04/Se/Db/2017 dan Metode Aashto 1993</p> <p>Hasil : Perhitungan dengan metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal 34 cm dengan biaya Rp 142.888.087.400, sedangkan untuk metode Bina Marga 2017 menghasilkan tebal lapis permukaan beton 30,5 cm dengan biaya Rp126.845.004.800. Sehingga, metode Bina Marga 2017 lebih murah Rp 16.043.082.590 atau lebih ekonomis 11,23%.</p>
5	Khuswatun dkk, 2018	<p>Metode : RSNI T-14-2004</p> <p>Hasil : Desain geometri jalan ini tidak sesuai dengan SNI, terutama alinyemen horizontal, sedangkan alinyemen vertikal tidak perlu dievaluasi. Dengan kecepatan rencana 30 km/jam dan perlambatan kendaraan $3,4 \text{ m/dt}^2$, maka jarak pandang henti</p>

No	Tahun Publikasi	Hasil
		<p>sebesar 35 m. Radius tikungan minimum untuk semua tikungan sebesar 36.8 m, sedangkan jari-jari eksisting pada titik B1, B2, B3 dan B4 berturut-turut sebesar 10 m, 16 m, 6.4 m dan 9 m. Berdasarkan pendekatan jari-jari radius putar agar kendaraan tetap dapat melintas pada jalurnya dengan aman maka jari-jari minimum pada B3 dan B4 di persimpangan sebesar 7.3 m.</p>
6	Dzaky dkk, 2019	<p>Metode : RSNI T-14-2004 (BSN 2004) dan Pedoman No. 038/TBM/1997 (Dirjen BM 1997)</p> <p>Hasil : Jalan lingkaran Leuwiliang berada pada daerah kepadatan penduduk yang rendah sehingga kecepatan maksimal yang diatur 50 km/jam. Berdasarkan kecepatan tersebut pada alinyemen horisontal jarak pandang bebas daerah bebas samping terdapat bagian yang tidak memenuhi kriteria pedoman yang berlaku yaitu daerah bebas samping pada tikungan ke-4 sebesar 3 m kurang dari 3.04. Kelandaian pada alinyemen vertikal yang melebihi 9% terjadi pada segmen 2, segmen 4, segmen 13, segmen 14, segmen 26, segmen 27, segmen 28, segmen 29 dan segmen 30. Marka jalan yang tidak terdapat pada Jalan Lingkaran Leuwiliang. Marka jalan kemudian didisain menggunakan marka membujur garis utuh pada tepi dan pembatas jalan dengan paku jalan. Lampu penerangan pada tiang ke-7 sampai tiang ke-22 tidak ada. Lampu penerangan jalan yang didisain menggunakan jenis SON 100 W dengan tinggi 6 m dari permukaan tanah pada tiang – tiang yang tidak terdapat lampu penerangan.</p>

No	Tahun Publikasi	Hasil
7	Fitriyanti dkk, 2020	<p>Metode : Bina Marga 1997</p> <p>Hasil : Diperoleh 14 tikungan, 8 diantaranya tidak memenuhi syarat jari-jari minimum yang dianjurkan Bina Marga dengan kecepatan rencana 60 km/jam $R_{min} = 110$ m. Berdasarkan perhitungan perencanaan ulang geometrik jalan diperoleh 8 tikungan dengan tipe tikungan <i>Spiral Circle Spiral</i> dengan 3 lengkung vertikal dimana didapat 2 lengkung vertikal cembung dan 1 lengkung vertikal cekung.</p>
8	Diar dkk, 2018	<p>Metode : AASHTO 1993</p> <p>Hasil : Didapatkan bahwa umur rencana jalan akan berakhir pada tahun ke 8 yaitu tahun 2023 sehingga umur jalan mengalami penurunan umur 2 tahun dari umur rencana awal yaitu 10 tahun.</p>

Berdasarkan penelitian terdahulu maka dapat disimpulkan topik acuan untuk tiap-tiap penelitian merupakan irisan dari penelitian terdahulu. Berikut adalah letak penelitian dari penelitian terdahulu :

Tabel 2. 32 Letak Penelitian (Penulis, 2021)

Penulis, Tahun Penelitian	Bina Marga 2017	AASHTO 1993	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	Kontrol Alinyemen	Umur Sisa
Alda dkk, 2019	✓	✓	✓		
Fitriana Ratna, 2014		✓			
Almufid dkk, 2020	✓	✓			
Fatchan, 2020		✓			
Khuswatun dkk, 2018				✓	
Dzaky dkk, 2019				✓	
Fitriyanti dkk, 2020				✓	
Diar dkk, 2018					✓
Ika Bela Anisa, 2021	✓	✓	✓	✓	✓