

BAB II

STUDI PUSTAKA

Perencanaan pada suatu proyek membutuhkan dasar teori. Dasar teori ini diambil dari kajian pustaka yang ada dari bahan-bahan kuliah dan literatur-literatur yang berhubungan dengan perencanaan proyek tersebut.

Dalam memecahkan permasalahan yang timbul selama perencanaan, kami menggunakan rumus-rumus yang diambil dari literatur yang berhubungan dengan persoalan yang kami hadapi. Untuk lebih jelas dalam memberikan gambaran terhadap proses perencanaan ini maka studi pustaka diuraikan sebagai berikut:

- Aspek lalu-lintas
- Aspek perkerasan jalan
- Aspek geoteknik / kondisi tanah
- Aspek sistem drainase

2.1 ASPEK LALU-LINTAS

2.1.1 Klasifikasi Jalan

Tertuang dalam peraturan pemerintah No. 34 tahun 2006 tentang jalan pasal 7 dan pasal 8, sistem jaringan jalan berdasarkan fungsinya diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu:

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:

- a. menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan; dan
- b. menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.1.2 Klasifikasi Perencanaan

Berdasarkan jenis hambatannya, jalan perkotaan dibagi dalam dua tipe yaitu:

- Tipe I : pengaturan jalan masuk secara penuh.
- Tipe II : sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.

Tabel 2.1 Jalan Tipe I

Fungsi		Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor	2
Sekunder	Arteri	2

(Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992)

Tabel 2.2 Jalan Tipe II

Fungsi	DTV (satuan SMP)	Kelas
Primer	Arteri	1
	Kolektor >10.000	1
	< 10.000	2
Sekunder	Arteri > 20.000	1
	< 20.000	2
	Kolektor > 6.000	2
	< 6.000	3
	Jalan lokal > 500	3
	< 500	4

(Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992)

- **Jalan Arteri** adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- **Jalan Kolektor** adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- **Jalan Lokal** adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Dasar klasifikasi perencanaan adalah sebagai berikut:

- Tipe I kelas 1 adalah jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu-lintas cepat antar regional atau antar kota dengan pengaturan jalan masuk secara penuh.
- Tipe I kelas 2 adalah jalan dengan standar tertinggi dalam melayani lalu-lintas cepat antar regional atau di dalam kota-kota metropolitan dengan sebagian atau tanpa pengaturan jalan masuk.
- Tipe II kelas 1 merupakan standar tertinggi bagi jalan dengan 4 lajur atau lebih, memberikan pelayanan angkutan cepat bagi angkutan antar kota atau dalam kota dengan kontrol.
- Tipe II kelas 2 merupakan standar tertinggi bagi jalan dengan 2 atau 4 lajur dalam melayani angkutan cepat antar kota dan dalam kota, terutama untuk persimpangan tanpa lampu lalu-lintas.
- Tipe II kelas 3 merupakan standar menengah bagi jalan dengan 2 lajur untuk melayani angkutan dan dengan kecepatan sedang, terutama untuk persimpangan tanpa lampu lalu-lintas.
- Tipe II kelas 4 merupakan standar terendah bagi jalan satu arah yang melayani hubungan dengan jalan lingkungan.

2.1.3 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Menurut Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992, satuan volume kendaraan dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), nilai perbandingan untuk berbagai jenis kendaraan pada kondisi jalan pada daerah datar adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|-----|
| • sepeda motor | 0,5 |
| • kendaraan penumpang/kendaraan bermotor roda tiga | 1,0 |
| • truk kecil (berat < 5 ton)/bus-mikro | 2,5 |
| • truk sedang (berat > 5 ton) | 2,5 |
| • bus | 3,0 |
| • truk berat (berat < 10 ton) | 3,0 |

Pada kondisi jalan berbukit/gunung faktor koefisien di atas dapat diperbesar. Kendaraan tak bermotor seperti sepeda, becak, dan kendaraan yang ditarik hewan tidak dapat diberikan koefisien seperti di atas karena pengaruhnya terhadap lalu-lintas sangat dipengaruhi oleh volume kendaraan sesaat.

2.1.4 Volume Rencana

VJR adalah volume lalu-lintas pada jam puncak (Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan 1992) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk jalan 2 jalur:

$$VJR = LHR_n \times (K/100)$$

Untuk jalan berjalur banyak:

$$VJR = LHR_n \times (K/100) \times (D/100)$$

Dimana: VJR = Volume jam rencana (SMP/jam)

LHR_n = Lalu-lintas harian rata-rata pada tahun ke-n (SMP/hari)

K = Faktor LHR_{Tahunan} (%), merupakan perbandingan volume lalu-lintas pada urutan jam ke-30 tertinggi dibagi dengan volume LHR tahunan dan bila tidak diketahui dalam data diambil nilai 10%

D = Koefisien arah (%) merupakan hasil pengamatan di lapangan, bila tidak diketahui dalam data dapat diambil nilai 60%

2.1.5 Pertumbuhan Lalu-lintas

Untuk memperkirakan pertumbuhan lalu-lintas di masa yang akan datang dapat dihitung dengan memakai rumus eksponensial sebagai berikut:

$$LHR_n = LHR_0 \times (1 + i)^n$$

Dimana:

LHR_n = LHR tahun rencana

LHR₀ = LHR awal

i = faktor perkembangan lalu-lintas (%)

n = umur rencana

2.1.6 Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan (FV)

Analisa ini digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan arus bebas yang melalui suatu ruas jalan. Kecepatan arus bebas (FV) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan. Kecepatan arus bebas yang dihitung adalah untuk kendaraan ringan (LV) saja, karena ini telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada arus nol (*MKJI untuk jalan perkotaan*).

Persamaan untuk menentukan kecepatan arus bebas adalah sebagai berikut:

$$FV = (FV_0 + FV_W) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS}$$

Dimana: FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan.

FV₀ = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan.

FFV_W = Penyesuaian kecepatan arus bebas untuk lebar jalur lalu-lintas efektif.

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian kondisi hambatan samping.

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota.

Tabel 2.3 Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV₀) untuk Jalan Perkotaan

Tipe jalan	Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)			
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	Semua kendaraan (rata-rata)
4/2 UD	53	46	43	51
2/2 UD	44	40	40	42

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalur Lalu-lintas (FFV_W)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu-lintas efektif	FV _W (km/j)
4/2 UD	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
2/2 UD	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Keterangan: lebar jalur lalu-lintas yang digunakan pada 4/2 D dan 4/2 UD adalah lebar per lajur. Lebar jalur lalu-lintas yang digunakan pada 2/2 UD adalah lebar total.

2.5 Jalan dengan Kerb

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kerb – penghalang			
		Jarak kerb – penghalang (m)			
		≤ 0,5 m	1,0 m	1,5 m	≥ 2,0 m
4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
2/2 D Atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Dimana **Kerb** adalah batas yang ditinggikan berupa bahan kaku antara tepi jalur lalu-lintas dan trotoar.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Ukuran Kota (FFVCS)

Ukuran kota (juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,90
0,1-0,5	0,93
0,5-1,0	0,95
1,0-3,0	1,00
> 3,0	1,03

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2.1.7 Kriteria Analisa Kapasitas Jalan Perkotaan

Untuk menganalisa besarnya kapasitas jalan dalam kota, berdasarkan MKJI bab jalan perkotaan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf} \cdot FC_{cs}$$

Dimana: C = Kapasitas jalan (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (Tabel 2.7)

FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalan (Tabel 2.8)

FC_{sp} = Faktor penyesuaian akibat prosentase arah (Tabel 2.9)

FC_{sf} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (Tabel 2.10)

FC_{cs} = Faktor penyesuaian akibat ukuran kota (Tabel 2.12)

Tabel 2.7 Kapasitas Dasar untuk Jalan Perkotaan (C_0)

Tipe jalan	Kapasitas Dasar (SMP/jam)	Catatan
Dua lajur tak terbagi	2900	Total 2 arah
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Per lajur

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalur Lalu-lintas (FC_w)

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu-lintas Efektif (W_c) (m)	FC_w
Dua lajur tak terbagi	5,00	0,56
	6,00	0,87
	7,00	1,00
	8,00	1,14
	9,00	1,25
	10,00	1,29
	11,00	1,34
Empat lajur tak terbagi	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
	4,00	1,09
Empat lajur terbagi Atau Jalan satu arah	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
	4,00	1,08

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Akibat Prosentase Arah (FC_{sp})

% arah	50 – 50	55 – 45	60 – 40	65 – 35	70 – 30
FC_{sp}	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

**Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping (FCsf)
Jalan dengan Kerb**

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	FC _{sf}			
		Jarak Kerb – Penghalang			
		≤ 0,5	1,0	1,0	≥ 2,0
2/2 UD Atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	0,93	0,95	0,97	0,99
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sedang	0,86	0,88	0,91	0,94
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82
4/2 UD	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,90	0,92	0,95	0,97
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,93
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
4/2 D	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,94	0,96	0,98	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,95	0,98
	Tinggi	0,86	0,89	0,92	0,95
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Untuk menentukan kelas hambatan samping digunakan Tabel 2.11 berikut ini.

Tabel 2.11 Penentuan Kelas Hambatan Samping

Kelas hambatan samping	Kode	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	Daerah permukiman, jalan dengan jalan samping
Rendah	L	Daerah permukiman, beberapa kendaraan umum
Sedang	M	Daerah industri, beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	H	Daerah komersial, aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat tinggi	VH	Daerah komersial, aktifitas pasar di samping jalan

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Akibat Ukuran Kota (FC_{cs})

Ukuran kota (juta penduduk)	FC _{cs}
< 0,1	0,86
0,1-0,5	0,90
0,5-1,0	0,94
1,0-3,0	1,00
> 3,0	1,04

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

2.1.8 Derajat Kejenuhan / Ds (Degree of Saturation)

Ds yaitu perbandingan antara volume dengan kapasitas. Perbandingan tersebut menunjukkan kepadatan lalu-lintas dan kebebasan bagi kendaraan. Bila $Ds < 0.75$ maka jalan tersebut masih layak, dan bila $Ds > 0,75$ maka jalan sudah tidak layak dan memerlukan pelebaran. Hubungan antar tingkat pelayanan dan kapasitas ditunjukkan persamaan berikut:

$$D_s = \frac{Q}{C}$$

Dimana : Ds = Derajat Kejenuhan

Q = Volume lalu-lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.2 ASPEK PERKERASAN JALAN

Struktur perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan raya yang diperkeras lapisan konstruksi dengan ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu. Sehingga perkerasan tersebut direncanakan agar mampu memikul tegangan yang ditimbulkan beban kendaraan, perubahan suhu, kadar air, dan perubahan volume pada lapisan di bawahnya.

2.2.1 Metode Perencanaan Struktur Perkerasan

Pada proyek peningkatan ruas jalan Ronggowarsito terdapat hal penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaannya, yaitu adanya penurunan tanah di lokasi proyek dan sekitarnya. Hal tersebut terjadi akibat kurangnya daya dukung tanah dasar di daerah tersebut sehingga penurunan tanah yang terjadi cukup besar. Penurunan tanah tersebut masih ditambah dengan beban yang diterima perkerasan jalan dari beban kendaraan yang besar.

Oleh karena itu diperlukan perencanaan yang lebih bersifat solutif dalam proyek perencanaan ruas jalan Ronggowarsito agar dapat mengatasi permasalahan yang terjadi. Dalam hal ini kami mencoba alternatif lain dalam merencanakan perkerasan ruas jalan Ronggowarsito, yaitu penggunaan paving block. Pemilihan paving block sebagai perkerasan jalan Ronggowarsito berdasarkan massanya yang lebih ringan dengan kekuatan yang memenuhi syarat sebagai perkerasan jalan raya. Di samping itu, paving block bersifat portabel sehingga dapat dipergunakan kembali apabila dilakukan peningkatan ulang pada jalan tersebut. Perkerasan paving block memang sudah banyak diterapkan di Indonesia, akan tetapi hingga saat ini belum ada standar perhitungan perkerasan paving block di Indonesia.

Maka dari itu kami menggunakan perhitungan perkerasan paving block pada peningkatan ruas jalan Ronggowarsito berdasarkan perhitungan British Standard.

Pada tahap perencanaan konstruksi perkerasan paving block berdasarkan perhitungan British Standard diawali dengan perhitungan desain yang merupakan jumlah pergerakan dari beban kritis lalu-lintas yang melintas (repetisi/pengulangan). Perhitungan desain perkerasan paving block itu sendiri mengacu pada rumus sebagai berikut:

$$L = \sum \frac{\text{cumulative_movements_x_average_PAWL}}{\text{max_imum_critical_PAWL}}$$

Nilai L yang didapat dalam perhitungan desain digunakan sebagai acuan untuk menentukan jumlah pergerakan lalu-lintas yang melintas. Langkah tersebut dapat dilakukan dengan cara mengalikan nilai L dengan faktor reduksi. Hasil dari perkalian tersebut merupakan nilai repetisi/pengulangan pada ruas jalan tersebut. Di samping itu, data-data penunjang lain juga diperlukan untuk menentukan perkerasan seleksi pada perhitungan selanjutnya.

Selain perhitungan nilai repetisi/pengulangan juga dilakukan perhitungan nilai *Port Area Wheel Load (PAWL)*. Nilai tersebut ditentukan berdasarkan jumlah beban kendaraan yang direncanakan (Tabel 2.14). Nilai yang didapatkan merupakan nilai dampak kerusakan akibat kendaraan yang melintas. Dari nilai PAWL yang didapatkan kemudian dimasukkan pada tabel indeks klasifikasi beban (Tabel 2.13) untuk mendapatkan nilai *Load Classification Index (LCI)*.

Tabel 2.13 Indeks Klasifikasi Beban

PAWLS	L.C.I Value
Kurang dari 2	A
2 – 4	B
4 – 8	C
8 – 16	D
16 – 32	E
32 – 64	F
64 – 128	G
128 – 256	H
Lebih dari 256	Tidak tergolong

(Sumber: www.paving.org.uk)

1 W _c Kg	2 W ₁ kg	3 W ₂ Kg	4 W ₃ Kg	5 d ₁ PAWLS	6 d ₂ PAWLS	7 d ₃ PAWLS	8 D PAWLS	9 40/60 Distribution	10 Proportional Damaging Effect
0	3300	990	1100	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
1000	3315	1095	1263	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

Tabel 2.14 Highway Trailer Critical & Average PAWL Calculation

2000	3330	1200	1425	0.01	0.00	0.00	0.01	0.28	0.00
3000	3345	1305	1588	0.01	0.00	0.00	0.01	0.89	0.01
4000	3360	1410	1750	0.01	0.00	0.00	0.01	1.84	0.02
5000	3375	1515	1913	0.01	0.00	0.00	0.01	2.59	0.03
6000	3390	1620	2075	0.01	0.00	0.00	0.01	2.76	0.04
7000	3405	1725	2238	0.01	0.00	0.00	0.01	2.93	0.04
8000	3420	1830	2400	0.01	0.00	0.01	0.02	3.27	0.05
9000	3435	1935	2563	0.01	0.00	0.01	0.02	3.17	0.06
10000	3450	2040	2725	0.01	0.00	0.01	0.02	3.52	0.07
11000	3465	2145	2888	0.01	0.00	0.01	0.02	4.20	0.10
12000	3480	2250	3050	0.01	0.00	0.01	0.03	4.99	0.13
13000	3495	2355	3213	0.01	0.00	0.02	0.03	4.69	0.14
14000	3510	2460	3375	0.01	0.00	0.02	0.03	5.14	0.17
15000	3525	2565	3538	0.01	0.00	0.02	0.04	5.29	0.20
16000	3540	2670	3700	0.01	0.00	0.03	0.04	5.76	0.25
17000	3555	2775	3863	0.01	0.00	0.03	0.05	5.91	0.29
18000	3570	2880	4025	0.01	0.00	0.03	0.05	6.10	0.33
19000	3585	2985	4188	0.01	0.01	0.04	0.06	6.89	0.43
20000	3600	3090	4350	0.01	0.01	0.05	0.07	8.58	0.60
21000	3615	3195	4513	0.01	0.01	0.06	0.08	8.19	0.64
22000	3630	3300	4675	0.01	0.01	0.07	0.09	6.43	0.56
23000	3645	3405	4838	0.01	0.01	0.07	0.10	3.69	0.36
24000	3660	3510	5000	0.01	0.01	0.08	0.11	1.25	0.14
25000	3675	3615	5163	0.01	0.01	0.10	0.12	0.47	0.06
26000	3690	3720	5325	0.01	0.01	0.11	0.13	0.27	0.04
27000	3705	3825	5488	0.01	0.02	0.12	0.15	0.29	0.04
28000	3720	3930	5650	0.01	0.02	0.13	0.16	0.21	0.03
29000	3735	4035	5813	0.01	0.02	0.15	0.18	0.17	0.03
30000	3750	4140	5975	0.01	0.02	0.16	0.20	0.11	0.02
31000	3765	4245	6138	0.02	0.02	0.18	0.22	0.01	0.00
32000	3780	4350	6300	0.02	0.03	0.20	0.24	0.01	0.00
33000	3795	4455	6463	0.02	0.03	0.22	0.26	0.00	0.00
34000	3810	4560	6625	0.02	0.03	0.24	0.29	0.02	0.00
								Total :	4.89

(Sumber: www.paving.org.uk)

Dari perhitungan desain di atas, data-data yang didapat lalu diplotkan pada grafik perkerasan paving block (terlampir). Ketebalan masing-masing lapis perkerasan akan didapatkan sesuai dengan kriterianya. Pada prinsipnya konstruksi perkerasan paving block dalam perhitungan British Standard yang didapat meliputi, diantaranya:

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Pada perkerasan paving block berdasarkan perhitungan British Standard, lapis permukaan merupakan suatu kesatuan yang terdiri dari lapis paving block dengan ketebalan 80 mm dan lapis sand bedding dengan ketebalan 50 mm.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Material yang menjadi pilihan sebagai base course adalah lean concrete. Lean concrete dipilih sebagai material base course karena kekuatan lean concrete dianggap yang paling memungkinkan untuk diaplikasikan pada perkerasan paving block. Berikut ini ditunjukkan tabel karakteristik kuat lantai beton pada base course:

Tabel 2.15 Karakteristik Kuat Lantai Beton

Compressive Strength N/mm ²	Flexural strength N/mm ²	Elastic Modulus N/mm ²
6	1	27.000
12	2	35.000
18	3	42.000
24	4	48.000

(Sumber: www.paving.org.uk)

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

Tanah berbutir/granular menjadi pilihan pada lapis pondasi bawah (sub-base course). Untuk ketebalan yang dipakai pada lapis pondasi bawah (sub-base course) meliputi 600 mm, 300 mm, dan 150 mm.

4. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Pada lapisan ini, penentuan tanah dasar diambil berdasarkan nilai *California Bearing Ratio (CBR)*. Nilai-nilai yang memungkinkan untuk dilakukan perhitungan perhitungan perkerasan diantaranya, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7%, 10%, 15%, 20%, dan 30%.

2.3 ASPEK GEOTEKNIK / KONDISI TANAH

Tanah merupakan dasar sebuah konstruksi yang berperan sebagai pendukung pondasi pada sebuah konstruksi bangunan. Maka diperlukan tanah dengan kondisi kuat untuk menahan beban di atasnya dan menyebarkannya secara merata. Dengan fungsi utama tersebut diperlukan suatu rekayasa perkuatan terhadap kondisi tanah yang ada, sehingga dihasilkan suatu kondisi yang lebih baik secara kekuatan maupun struktural untuk meninjau stabilitasnya terhadap pembebanan.

Penyelidikan tanah untuk perencanaan pondasi jalan dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar setempat sebagai pondasi perkerasan jalan. Tinjauan aspek tanah pada perencanaan jalan ini meliputi tinjauan terhadap data-data tanah yang ada, seperti γ tanah, hasil pengujian konsolidasi, data boring, serta kedalamannya. Selain itu, data-data tanah di atas juga dapat digunakan untuk menentukan jenis perkuatan tanah dan kestabilan tanah guna mendukung keamanan dari struktur perkerasan yang akan dibuat.

Sedangkan permasalahan yang terjadi pada lapisan tanah di lokasi proyek adalah adanya penurunan tanah. Terjadinya penurunan disebabkan oleh kondisi mekanik tanah yang dipengaruhi beberapa hal sebagai berikut:

1. Deformasi dan Penurunan Tanah/Settlement

Jika lapisan tanah mengalami pembebanan maka lapisan tanah akan mengalami regangan yang hasilnya berupa penurunan (settlement). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun pengurangan rongga pori/air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanahnya. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera (immediate settlement) dan penurunan konsolidasi (consolidation settlement).

Penurunan yang terjadi pada tanah berbutir kasar dan halus yang kering atau tak jenuh terjadi dengan segera sesudah penerapan bebannya. Penurunan pada kondisi ini disebut penurunan segera. Penurunan segera merupakan bentuk penurunan elastis. Dalam prakteknya, sangat sulit memperkirakan besarnya penurunan. Hal ini tidak hanya karena tanah dalam kondisi alamnya tidak homogen dengan modulus elastis yang bertambah dengan kedalamannya, tetapi juga terdapat kesulitan dalam mengevaluasi kondisi tegangan dan regangan yang terjadi di lapisannya. Penurunan segera banyak diperhatikan pada pondasi bangunan yang terletak pada tanah granuler atau tanah berbutir kasar.

Penurunan tanah yang mengalami pembebanan, secara garis besar diakibatkan oleh konsolidasi. Konsolidasi merupakan proses deformasi yang tergantung pada waktu dalam

suatu medium berpori jenuh seperti tanah yang mengalami pembebanan. Bahan akan berdeformasi bersama dengan waktu ketika air dalam pori secara sedikit demi sedikit berdifusi. Penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah dan memerlukan waktu yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanahnya. Penurunan konsolidasi dapat dibagi dalam 3 fase, yaitu:

Fase awal, yaitu fase dimana terjadi penurunan segera sesudah beban bekerja. Di sini penurunan terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya. Proporsi penurunan awal dapat diberikan dalam perubahan angka pori dan dapat ditentukan dari kurva waktu terhadap penurunan dari pengujian konsolidasi.

Fase konsolidasi primer, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanahnya akibat adanya tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanahnya seperti permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horisontal dari zona mampat dan batas lapisan lolos air, dimana air keluar menuju lapisan lolos air ini.

Fase konsolidasi sekunder, merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, dimana prosesnya berjalan sangat lambat. Penurunannya jarang diperhitungkan karena pengaruhnya biasanya sangat kecil, kecuali pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa lempung tak organik yang sangat mudah mampat.

Penurunan konsolidasi primer terjadi jauh lebih lama dan lebih besar dari penurunan segera. Hubungan antara penurunan dan waktu dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.

Gambar 2.1 Proses penurunan akibat deformasi/regangan tanah

Penurunan total adalah jumlah dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Bila dinyatakan dalam bentuk persamaan, penurunan total adalah: $S=S_i+S_c+S_s$ dengan:

S = penurunan total (cm)

S_i = penurunan segera (cm)

S_c = penurunan akibat konsolidasi primer (cm)

S_s = penurunan akibat konsolidasi sekunder (cm)

Karena jenis lempung pada kasus ini bukan termasuk tanah organik maka konsolidasi sekunder tidak diperhitungkan. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam fase-fase penurunan tanah:

a. Penurunan Segera (Immediate Settlement)

Penurunan segera atau penurunan elastis dari suatu pondasi terjadi segera setelah pemberian beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air. Besar penurunan ini bergantung pada ketentuan dari pondasi dan tipe material dimana pondasi tersebut berada. Suatu pondasi lentur yang memikul beban merata dan terletak di atas material yang elastis (seperti lempung jenuh) akan mengalami penurunan elastis yang berbentuk cekung. Tetapi bila pondasi tersebut kaku dan berada di atas material yang elastis seperti lempung, maka tanah di bawah pondasi itu akan mengalami penurunan yang merata dan tekanan pada bidang sentuh akan mengalami pendistribusian ulang.

Untuk tanah pasir yang tidak berkoheesi, modulus elastisitas akan bertambah besar bila kedalamannya bertambah. Di samping itu, tekanan ke samping pada permukaan tanah di tepi pondasi ternyata lebih kecil. Pasir di tepi pondasi lentur tertekan ke luar, dan kurva *differential settlement* dari pondasi tersebut mempunyai bentuk cembung menghadap ke bawah. Hasil dari pengujian SPT (*Standart Penetration Test*) yang dilakukan oleh Meyerhof (1974) menghasilkan persamaan guna menghitung penurunan segera, yaitu:

$$S_i = \frac{q\sqrt{B}}{N}$$

Keterangan: S_i = penurunan (inchi)

q = intensitas beban yang diterapkan (Ton/ft^2)

B = lebar lapis pondasi (m)

N = nilai SPT

b. Penurunan Konsolidasi (Consolidation Settlement)

Bila suatu lapisan tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori dalam tanah tersebut akan segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Karena permeabilitas tanah yang rendah, proses ini membutuhkan waktu. Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terlepasnya air pori keluar dari rongga tanah.

Penambahan beban di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan adanya deformasi partikel tanah, keluarnya air atau udara dari dalam pori. Faktor-faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Bilamana suatu lapisan tanah jenuh diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik. Keluarnya air dalam pori selalu disertai berkurangnya volume tanah yang menyebabkan penurunan lapisan tanah tersebut.

c. Kecepatan Waktu Penurunan

Lamanya waktu penurunan yang diperhitungkan adalah waktu yang dibutuhkan oleh tanah untuk melakukan proses konsolidasi. Hal ini dikarenakan proses penurunan segera (immediate settlement) berlangsung sesaat setelah pembebanan bekerja pada tanah ($t = 0$). Waktu penurunan akibat proses konsolidasi primer tergantung pada besarnya kecepatan konsolidasi tanah lempung yang dihitung dengan memakai koefisien konsolidasi (C_v), panjang aliran rata-rata yang harus ditempuh air pori selama proses konsolidasi (H_{dr}) serta faktor waktu (T_v). Faktor waktu ditentukan berdasarkan derajat konsolidasi (u) yang merupakan perbandingan penurunan yang telah terjadi akibat konsolidasi (S_{ct}) dengan penurunan konsolidasi total (S_c), dimana S_{ct} adalah besar penurunan aktual saat ini (S_t) dikurangi besar penurunan segera (S_i).
$$u = \frac{S_{ct}}{S_c} = \frac{S_t - S_i}{S_c}$$

Cassagrande (1938) dan Taylor (1948) yang dikutip oleh Das, B.M. (1993) memberikan hubungan u dan T_v sebagai berikut:

- Untuk $u < 60\%$; $T_v = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{u\%}{100} \right)^2$
- Untuk $u > 60\%$; $T_v = 1,781 - 0,933 \log (1 - u)$

Untuk menghitung waktu konsolidasi digunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{T_v \cdot H_1^2}{C_{v_1}}$$

Panjang aliran rata-rata (Hdr) ditentukan sebagai berikut:

- Untuk tanah dimana air porinya dapat mengalir ke arah atas dan bawah, maka Hdr sama dengan setengah tebal lapisan tanah yang mengalami konsolidasi.
- Untuk tanah dimana air porinya hanya dapat mengalir ke luar dalam satu arah saja, maka Hdr sama dengan tebal lapisan tanah yang mengalami konsolidasi.

2. Distribusi Tegangan

Bila suatu lapisan tanah diberi penambahan tegangan, maka penambahan tegangan akan diteruskan ke air pori dan butiran tanah. Hal ini berarti bahwa penambahan tegangan terbagi ke tegangan efektif dan tekanan air pori. Sehingga didapat rumus: $\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$.

Keterangan: $\Delta\sigma$ = penambahan tegangan total

$\Delta\sigma'$ = penambahan tegangan efektif

Δu = penambahan tekanan air pori

Tanah lempung mempunyai daya rembes yang sangat rendah, dan air adalah zat yang tidak begitu termampatkan dibandingkan dengan butiran tanah. Oleh karena itu pada saat $t = 0$, seluruh penambahan tegangan ($\Delta\sigma$) akan dipikul oleh air sehingga $\Delta\sigma = \Delta u$ pada seluruh kedalaman lapisan tanah. Tidak sedikitpun dari penambahan tegangan tersebut akan dipikul oleh butiran tanah (jadi penambahan tegangan efektif $\Delta\sigma' = 0$). Sesaat setelah pemberian penambahan tegangan, air dalam ruang pori mulai tertekan dan akan mengalir keluar dalam dua arah menuju lapisan pasir. Dengan proses ini, tekanan air pori pada tiap kedalaman akan berkurang secara perlahan dan tegangan yang dipikul oleh butiran tanah akan bertambah. Jadi pada saat $0 < t < \infty$ $\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$ ($\Delta\sigma' > 0$ dan $\Delta u < \Delta\sigma$)

Tetapi besar $\Delta\sigma'$ dan Δu pada tiap kedalaman berbeda tergantung pada jarak minimum yang harus ditempuh oleh air pori untuk mengalir ke lapisan pasir yang berada di atas atau di bawah lapisan lempung. Secara teori, pada saat $t = \infty$, seluruh kelebihan tekanan air pori sudah hilang dari lapisan tanah lempung, jadi $\Delta u = 0$. Sekarang penambahan tegangan total akan dipikul oleh butir tanah, jadi: $\Delta\sigma = \Delta\sigma'$. Proses keluarnya air dari dalam pori-pori tanah akibat penambahan beban akan menyebabkan terjadinya penurunan.

Untuk menghitung penurunan akibat konsolidasi primer dapat digunakan rumus:

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \left(\frac{P_o + \Delta p}{P_o} \right)$$

- Keterangan:
- Sc = penurunan konsolidasi (m)
 - Cc = indeks pemampatan
 - H = tebal lapisan tanah (m)
 - e_o = angka pori awal
 - P_o = tekanan efektif rata-rata (T/m²)
 - Δp = penambahan tekanan (T/m²)

Untuk menghitung indeks pemampatan lempung yang struktur tanahnya tidak terganggu/belum rusak, menurut Terzaghi dan Peck (1967) seperti yang dikutip oleh Braja M. Das menyatakan penggunaan rumus empiris sebagai berikut:

Cc = 0,009 (LL – 10), dengan LL adalah batas cair dalam persen.

Cara sederhana untuk menghitung tambahan tegangan beban di permukaan diberikan Boussinesq. Gambar 2.2 menunjukkan garis penyebaran beban. Dalam cara ini, dianggap beban pondasi Q didukung piramida yang mempunyai kemiringan sisi 2V : 1H.

Gambar 2.2 Penyebaran beban 2V : 1H Menurut Boussinesq

Dengan cara pendekatan ini, nilai tambahan tegangan vertikal dinyatakan oleh persamaan:

$$\Delta p = \frac{q \cdot L \cdot B}{(L \div Z)(B \div Z)}$$

Keterangan:

Δp = tambahan tegangan vertikal (T/m^2)

q = beban terbagi rata pada dasar pondasi (T/m^2)

L = panjang pondasi (m)

B = lebar pondasi (m)

Z = kedalaman yang ditinjau (m)

Dalam menghitung besar tegangan total yang terjadi dalam tanah, setelah tegangan vertikal yang diperoleh dari persamaan-persamaan Boussinesq, Westergaard maupun dari teori penyebaran beban 2V : 1H diperoleh, hasilnya masih harus ditambah dengan tegangan akibat beban tanah di kedalaman yang ditinjau (yaitu tekanan overburden).

3. Keruntuhan Geser Akibat Terlampauinya Daya Dukung Tanah

Analisa daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Dalam perencanaan diperhitungkan agar beban pondasi tidak mengakibatkan timbulnya tekanan yang berlebihan pada tanah di bawahnya, karena tekanan yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan yang besar bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan.

Jika beban yang diterapkan pada tanah secara berangsur ditambah, maka penurunan pada tanah akan semakin bertambah. Akhirnya pada waktu tertentu, terjadi kondisi dimana pada beban tetap, pondasi mengalami penurunan yang besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan daya dukung tanah telah terjadi. Gambar 2.3 menunjukkan kurva penurunan yang terjadi terhadap besarnya beban. Mula-mula pada beban yang diterapkan, penurunan yang terjadi sebanding dengan bebannya. Hal ini digambarkan sebagai kurva yang mendekati garis lurus yang menggambarkan hasil distorsi elastis dan pemampatan tanahnya. Bila beban bertambah terus, kurva berbentuk lengkungan tajam dengan bagian garis lurus kedua memiliki kemiringan yang lebih curam. Bagian ini menggambarkan keruntuhan geser telah terjadi pada tanahnya. Daya dukung ultimit didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas di mana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka:

$$q_u = \frac{pu}{A}$$

Keterangan: q_u = daya dukung ultimit (T/m^2)

pu = beban ultimit (Ton)

A = luas area beban (m²)

Jika tanah padat, sebelum terjadi keruntuhan di dalam tanahnya, penurunannya kecil dan bentuk kurva penurunan beban akan seperti yang ditunjukkan kurva 1 dalam gambar 2.3. Kurva 1 menunjukkan kondisi geser umum (general shear failure). Saat beban ultimit tercapai, tanah melewati fase kedudukan keseimbangan plastis. Jika tanah sangat tidak padat atau lunak, penurunan yang terjadi sebelum keruntuhan sangat besar. Keruntuhannya terjadi sebelum keseimbangan plastis sepenuhnya dapat dikerahkan, seperti yang ditunjukkan pada kurva 2. Kurva 2 menunjukkan kondisi keruntuhan geser lokal (local shear failure).

Gambar 2.3 Kurva penurunan terhadap beban yang diterapkan

Untuk menghitung daya dukung ultimit dari tanah dapat digunakan rumus :

$$Sf = \frac{q_{ult}}{q_{beban}} ; q_{ult} = 1,3 cNc + qNq + 0,4 B_y N_y$$

Keterangan : q = γD_f = tekanan efektif overbuden (T/m²)

Sf = faktor keamanan

Nc = $(Nq - 1) \cotg \varphi$

$$Nq = \frac{a^2}{2 \cos^2(45^\circ + \varphi / 2)}$$

$$a = e^{(0,75\pi - \varphi / 2) \tan \varphi}$$

$$N_y = \frac{\tan \varphi}{2} \left\{ \frac{Kpy}{\cos^2 \varphi} - 1 \right\}$$

Nilai N_c , N_q , N_y dari tabel disebut factor-faktor kapasitas daya dukung Terzaghi (Terzaghi bearing capacity factors) yang merupakan fungsi sudut geser dalam (fungsi ϕ). Perhitungan H kritis pada timbunan tanah dilakukan dengan memperhitungkan faktor keamanan:

$$H_{kritis} = \frac{C \cdot N_c}{y_{timbunan}}$$

$$F_s = \frac{H_{kritis}}{H_{timbunan}}; \text{ dengan } F_s > 1 \rightarrow \text{aman (faktor keamanan)}$$

Keterangan : C = kohesi tanah (T/m^2)

N_c = faktor kapasitas daya dukung Terzaghi

4. California Bearing Ratio

Mula – mula dikembangkan oleh California Division of Highways sekitar 1930-an. Kemudian dianut oleh banyak badan-badan perencana jalan, diantaranya US Corps of Engineers, AASHTO, dan lain-lain. California Bearing Ratio adalah suatu jenis tes untuk mengukur daya dukung kekuatan dasar tanah atau bahan pondasi jalan. Misal suatu tanah lempung bila mongering (W_c mengecil) maka harga CBR naik. Sebaliknya kalau membasah (W_c membesar) maka harga CBR mengecil. Suatu tanah pasir yang renggang (tidak padat) maka CBR-nya kecil. Bila kemudian pasir tersebut dipadatkan maka CBR-nya naik. Jadi makin besar harga CBR tanah/bahan, makin besar kemampuannya untuk mendukung beban kendaraan tanpa mengalami deformasi yang berarti.

2.4 ASPEK SISTEM DRAINASE

Saluran drainase adalah bangunan yang bertujuan mengalirkan air dari badan jalan secepat mungkin agar tidak menimbulkan bahaya dan kerusakan pada jalan. Dalam banyak kejadian, kerusakan konstruksi jalan disebabkan oleh air, baik itu air permukaan maupun air tanah. Air dari atas badan jalan yang dialirkan ke samping kiri dan atau kanan jalan ditampung dalam saluran samping (*side ditch*) yang bertujuan agar air mengalir lebih cepat dari air yang mengalir di atas permukaan jalan dan juga bertujuan untuk bisa mengalirkan kejenuhan air pada badan jalan.

Dalam merencanakan saluran samping harus memenuhi beberapa persyaratan berikut:

- Mampu mengakomodasi aliran banjir yang direncanakan dengan kriteria tertentu sehingga mampu mengeringkan lapis pondasi.
- Saluran sangat baik diberi penutup untuk mencegah erosi maupun sebagai trotoar.
- Pada kemiringan memanjang, harus mempunyai kecepatan rendah untuk mencegah erosi tanpa menimbulkan pengendapan.
- Air dari saluran dibuang ke outlet yang stabil ke sungai atau pengaliran yang lain.
- Perencanaan drainase harus mempertimbangkan faktor ekonomi, faktor keamanan dan segi kemudahan dalam pemeliharaan.

Adapun jenis sistem drainase pada perkerasan paving block dibedakan menjadi dua, yaitu sistem drainase terbuka dan sistem drainase tertutup. Pada konstruksi paving block yang sambungan di antara blocknya bersifat kedap air (sedikit mengalirkan air), maka saluran permukaan dengan sistem terbuka sangat diperlukan. Sedangkan sistem drainase tertutup digunakan pada konstruksi grass block yang sambungan di antara blocknya bersifat permeable (tidak kedap air). Sehingga air hujan yang akan masuk (infiltrasi) ke dalam konstruksi jalan sebesar 30% sampai 50%.

2.4.1 Ketentuan-ketentuan

1. Sistem drainase jalan terdiri dari kemiringan melintang jalan dan saluran samping.
2. Kemiringan melintang normal (e_n) perkerasan jalan untuk lapis permukaan aspal adalah 2 % - 3 %, Sedangkan untuk bahu jalan diambil $= e_n + 2$ %.
3. Selokan samping jalan
 - Kecepatan aliran maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu dan beton adalah 1,5 m/detik.
 - Kemiringan arah memanjang (i) maksimum yang diizinkan untuk material dari pasangan batu adalah 7,5 %.
 - Penampang minimum selokan samping adalah 0,50 m².

2.4.2 Perhitungan debit aliran

1. Intensitas curah hujan (I)
 - Data yang diperlukan adalah data curah hujan maksimum tahunan, paling sedikit $n = 10$ tahun dengan periode ulang 5 tahun.
 - Rumus menghitung intensitas curah hujan menggunakan analisa distribusi frekuensi sebagai berikut:

$$X_T = \bar{x} + \frac{S_x}{S_n} \cdot (Y_T - Y_n) ; I = 1/4 \cdot (90\% \cdot X_T)$$

Dimana: X_T = besar curah hujan

\bar{x} = nilai rata-rata aritmatik curah hujan

S_x = standar deviasi

Y_T = variabel yang merupakan fungsi dari periode ulang, diambil= 1,4999

Y_n = variabel yang merupakan fungsi dari n, diambil 0,4952 untuk n = 10

S_n = standar deviasi, merupakan fungsi dari n, diambil 0,9496 untuk n = 10

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

- Waktu konsentrasi (TC) dihitung dengan rumus:

$$T_C = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L_0 \cdot \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot v}$$

Dimana: T_C = waktu konsentrasi (menit)

t_1 = waktu inlet (menit); t_2 = waktu aliran (menit)

L_0 = jarak dari titik terjauh dari saluran drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan, diambil 0,013 untuk lapis permukaan aspal

s = kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata-rata di saluran (m/detik)

2. Luas daerah pengaliran dan batas-batasnya

Batas daerah pengaliran yang diperhitungkan $L = L_1 + L_2 + L_3$ (m)

Dimana: L_1 = dari as jalan sampai tepi perkerasan.

L_2 = dari tepi perkerasan sampai tepi bahu jalan.

L_3 = tergantung kebebasan samping dengan panjang maksimum 100 m.

3. Nilai koefisien pengaliran (C) dihitung berdasarkan kondisi permukaan yang berbeda.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Dimana: C_1 = koefisien untuk jalan aspal = 0,70.

C_2 = koefisien untuk bahu jalan (tanah berbutir kasar) = 0,65.

C_3 = koefisien untuk kebebasan samping (daerah pinggir kota) = 0,60.

A_1, A_2, A_3 = luas masing-masing bagian.

4. Untuk menghitung debit pengaliran, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dimana: Q = debit pengaliran (m³/detik)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

2.4.2 Penentuan Penampang Saluran

Berdasarkan “*Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*”, ketentuan-ketentuan umum untuk menentukan dimensi saluran jalan dengan pasangan adalah sebagai berikut:

- Luas minimum penampang saluran samping dengan pasangan adalah 0,50 m².
- Tinggi minimal saluran (T) adalah 70 cm.

Berdasarkan asumsi untuk mendapatkan debit air (Q) dan ketentuan-ketentuan umum untuk mendapatkan dimensi saluran samping dengan pasangan, maka dapat dihitung penampang saluran samping. Berikut ini ditunjukkan tabel tinggi saluran samping:

Tabel 2.16 Tinggi Saluran Samping dengan Pasangan Tegak (T)

	L = 100 m	L = 200 m	L = 300 m	L = 400 m
I (%)	Tinggi (cm)	Tinggi (cm)	Tinggi (cm)	Tinggi (cm)
(Kemiringan Saluran)	(Luas (cm ²))			
0-1	70 (4900)	80 (5600)	90 (6300)	100 (7000)
1-2	70 (4900)	70 (4900)	80 (5600)	90 (6300)
2-5	70 (4900)	70 (4900)	70 (4900)	80 (5600)
5-10	70 (4900)	70 (4900)	70 (4900)	70 (4900)

(Sumber: *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*)