

BAB III

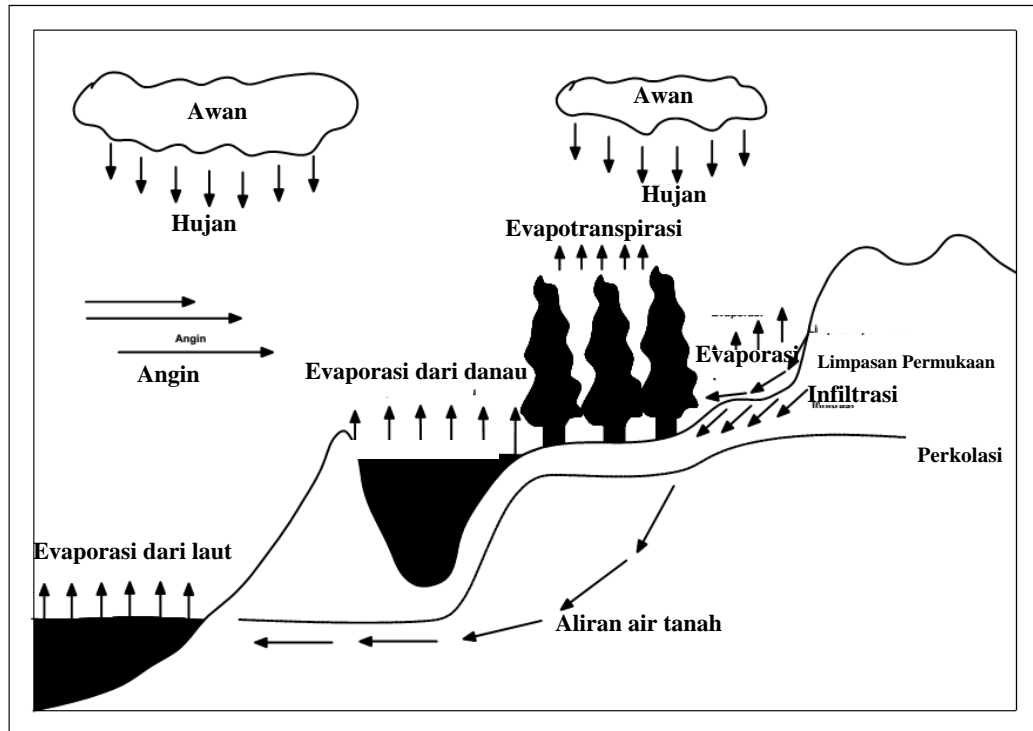
LANDASAN TEORI

A. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat – sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008:1). Secara umum hidrologi dimaksudkan sebagai ilmu yang menyangkut masalah air, baik di atmosfer, di bumi, dan di dalam bumi, tentang bagaimana siklusnya, kejadiannya, serta pengaruh terhadap kehidupan yang ada di alam ini.

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air di permukaan tanah, sungai, danau, dan air laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik – titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik – titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh – tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang mengalir ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air dan mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai di sungai sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi. (Triatmodjo, 2008:2)

Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan, peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainasi, pengendalian polusi air limbah, dan sebagainya.



Gambar 3.1. Siklus Hidrologi (Soemarto, 2005)

B. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya, yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan sebagainya (Triatmodjo, 2008). Jumlah hujan yang jatuh di permukaan bumi dinyatakan dalam kedalaman air (biasanya mm), yang dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh daerah tangkapan air. Intensitas hujan bervariasi dalam ruang dan waktu, yang tergantung pada lokasi geografis dan iklim.

Intensitas hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu. Intensitas hujan atau ketebalan hujan per satuan waktu lazimnya dilaporkan dalam satuan milimeter per jam (Asdak, 1995).

Intensitas hujan sangat menentukan didalam perhitungan limpasan permukaan, yang besarnya dapat diperoleh dari pengamatan di lapangan. Besarnya intensitas hujan akan tergantung pada lebat dan lamanya hujan serta frekuensi hujan dengan membandingkan antara tinggi hujan dengan lamanya hujan dalam satuan mm/jam atau dengan persamaan.

Tabel 3.1 adalah keadaan hujan dan intensitas hujan, menurut Suyono Sosrodarsono (dalam Triatmodjo, 2008). Tabel tersebut menunjukkan bahwa curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika durasi waktu lebih lama, penambahan curah hujan adalah lebih kecil dibanding dengan penambahan waktu, karena hujan tersebut bisa berkurang atau berhenti

Tabel 3.1. Klasifikasi intensitas hujan

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Sumber: Triatmodjo, 2008.

Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan:

- I : Intensitas hujan (mm/menit)
- d : Tinggi Hujan (mm)
- t : Waktu (menit)
- V : Volume hujan dalam penampang (mm³)
- A : Luas penampang hujan (mm²)

C. Limpasan

Limpasan merupakan aliran air yang mengalir diatas permukaan tanah akibat intensitas hujan yang jatuh melebihi kapasitas infiltrasi. Setelah laju

infiltrasi terpenuhi, air akan mengisi pada cekungan – cekungan yang ada pada permukaan tanah. Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan tersebut akan mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit – parit dan selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Limpasan dinyatakan dalam volume atau debit. Satuan dari volume limpasan adalah meter kubik, sedangkan debit adalah volume per satuan waktu yang melalui suatu luasan tertentu, dan dinyatakan dalam meter kubik per detik. Di dalam hidrologi, sering limpasan dinyatakan dalam satuan kedalaman. Hal ini dilakukan dengan membagi volume limpasan dengan luas aliran sungai untuk memperoleh kedalaman limpasan ekuivalen yang terdistribusi pada seluruh daerah aliran. Limpasan terdiri dari air yang berasal dari tiga sumber antara lain yaitu aliran permukaan, aliran antara, dan aliran air tanah (Triatmodjo, 2008).

Aliran permukaan (*surface flow*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan disebut juga dengan aliran langsung (*direct runoff*). Aliran permukaan dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu yang singkat, sehingga aliran permukaan merupakan penyebab utama terjadinya banjir. Aliran antara (*interflow*) adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah, yang akhirnya masuk ke sungai. Proses aliran antara ini lebih lambat dari aliran permukaan, dengan tingkat kelambatan dalam beberapa jam sampai hari. Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju ke sungai atau langsung ke laut. Air hujan yang terinfiltrasi melalui permukaan tanah sebagian menjadi aliran antara dan sebagian yang lain mengalir ke bawah (perkolasi) sehingga mencapai muka air tanah. Muka air tanah mempunyai kemiringan yang sangat kecil, dan aliran air searah dengan kemiringan tersebut menuju ke sungai sebagai aliran dasar (*base flow*). Proses aliran air tanah ini lebih lambat dari aliran antara, dengan tingkat kelambatan dalam mingguan sampai tahunan.

Limpasan permukaan sangat berhubungan dengan infiltrasi, oleh karena itu dengan memahami proses terjadinya limpasan permukaan, faktor yang

berpengaruh, akan bisa dilakukan analisis limpasan permukaan serta kaitannya dengan erosi dan sedimentasi. Faktor – faktor yang mempengaruhi infiltrasi juga akan berpengaruh pada limpasan permukaan. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh jenis tanah, kandungan bahan organik, kepadatan tanah, kadar air awal tanah dan tipe hujan yang terjadi.

Menurut Sosrodarsono (1978) dalam Trihandoko (2015) mengemukakan bahwa limpasan permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan atau depresi pada permukaan tanah. Setelah pengisian selesai maka air akan mengalir dengan bebas dipermukaan tanah.

D. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan adalah koefisien yang besarnya tergantung pada kondisi permukaan tanah, kemiringan medan, jenis tanah, dan lamanya hujan di daerah pengaliran. Besarnya angka koefisien pengaliran pada suatu daerah dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 3.2 Koefisien Aliran

Tipe daerah aliran	C
Rerumputan :	
- Tanah pasir, datar, 2 %	0,50 – 0,10
- Tanah pasir, sedang, 2 – 7 %	0,10 – 0,15
- Tanah pasir, curam, 7 %	0,15 – 0,20
- Tanah gemuk, datar 2 %	0,13 – 0,17
- Tanah gemuk, sedang, 2 –7%	0,18 – 0,22
- Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Perdagangan:	
- Daerah kota lama	0,75 – 0,95
- Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan :	
- Daerah single family	0,30 – 0,50
- Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
- Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
- Suburban	0,25 – 0,40
- Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri :	
- Daerah ringan	0,50 – 0,80
- Daerah berat	0,60 – 0,90

Tabel 3.3 Koefisien Aliran (Lanjutan)

Taman, kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan :	
- Beraspal	0,70 – 0,95
- Beton	0,80 – 0,95
- batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

Sumber : Triatmodjo, 2008

Dalam perencanaan bangunan air pada suatu daerah pengaliran sungai sering di jumpai dalam perkiraan puncak banjir di hitung dengan metode yang sederhana dan praktis. Namun demikian, metode perhitungan ini dalam teknik penyajiannya memasukan faktor curah hujan, keadaan fisik dan sifat hidrolika daerah aliran sehingga di kenal sebagai metode rasional (Subarkah,1980).

Menurut Triatmodjo (2008). Metode rasional banyak di gunakan untuk memperkirakan debit puncak yang di timbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan, metode rasional di dasarkan pada persamaan berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan:

- Q : Debit puncak (m³/detik)
- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- A : Luas daerah tangkapan (m²)
- C : Koefisien aliran

E. Hujan

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang bisa berupa hujan air, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Di daerah tropis termasuk di Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan air, sehinga sering seringkali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi (Triatmodjo, 2008:17).

Hujan terjadi karena penguapan air, terutama air dari permukaan laut, yang naik ke atmosfer, dan mendingin kemudian menyuling dan jatuh sebagian di atas laut dan sebagian di atas daratan. Air hujan yang jatuh di atas daratan, sebagian

meresap ke dalam tanah (infiltrasi), sebagian ditahan tumbuh-tumbuhan (intersepsi), sebagian menguap kembali (evaporasi) dan sebagian menjadi lembab. Air yang meresap ke dalam tanah untuk sebagian menguap melalui pori – pori di dalam tanah (evaporasi), menguap (transpirasi). Air hujan yang menguap, yang meresap ke dalam tanah, yang ditahan tumbuh – tumbuhan dan transpirasi tidak ikut menjadi aliran air di dalam sungai maka disebut aliran hilang (Subarkah, 1978).

Jumlah air yang jatuh di permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan. Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Adapun jumlah dan variasi debit aliran tergantung pada jumlah, intensitas, dan distribusi hujan.

F. Drainase

Secara umum sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004 dalam hasmar 2012).

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu (Hasmar, 2012).

Drainase perkotaan adalah ilmu yang diterapkan dengan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial yang ada di kawasan kota (Hasmar, 2012).

Adapun tujuan dari perencanaan drainase adalah sebagai berikut.

1. Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan.
2. Pengendalian kelebihan air dapat dilakukan secara aman, lancar, dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.
3. Dapat mengurangi/menghilangkan genangan – genangan air yang menyebabkan terjadinya sumber penyakit (Hasmar, 2012)

Selanjutnya adalah fungsi dari drainase diantaranya sebagai berikut.

1. Membebaskan suatu wilayah dari genangan air erosi dan banjir.

2. Karena aliran lancar, maka drainase juga berfungsi untuk memperkecil resiko kesehatan lingkungan bebas dari malaria dan penyakit lainnya.
3. Kegunaan tanah pemukiman padat akan menjadi baik.
4. Dengan sistem yang baik, tata guna lahan dapat dioptimalkan.

Pada sistem jaringan drainase terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Sistem drainase makro yaitu sistem saluran/badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*catchment area*).
2. Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan air hujan.

Apabila ditinjau dari segi fisik (hirarki susunan saluran) sistem drainase diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Saluran Primer

Saluran yang memanfaatkan sungai dan anak sungai. Saluran primer adalah saluran utama yang menerima aliran dari saluran sekunder.

2. Saluran Sekunder

Saluran yang menghubungkan saluran tersier dengan saluran primer (dibangun dengan beton/plesteran semen).

3. Saluran Tersier

Saluran untuk mengalirkan limbah rumah tangga ke saluran sekunder, berupa plesteran, pipa dan tanah.

4. Saluran Kuarter

Saluran yang merupakan kolektor jaringan drainase lokal.

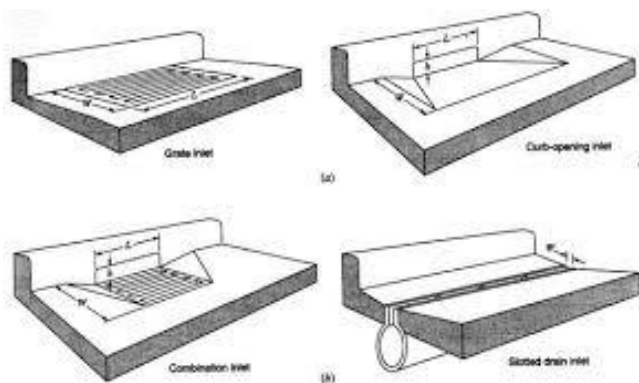
G. *Street Inlet*

Street inlet adalah bangunan pelengkap pada sistem drainase yang merupakan lubang atau bukaan pada sisi – sisi jalan yang berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan yang berada di sepanjang ruas jalan menuju ke dalam saluran drainase. Sesuai dengan kondisi dan penempatan saluran serta fungsi jalan yang ada, maka pada jenis saluran terbuka tidak diperlukan *street inlet*, karena ambang saluran yang ada merupakan bukaan bebas. Perlengkapan *street inlet* mempunyai ketentuan – ketentuan sebagai berikut.

1. Ditempatkan pada daerah yang rendah dimana limpasan air hujan menuju ke arah tersebut.

2. Diletakkan pada tempat yang tidak memberikan gangguan lalu lintas dan pejalan kaki.
3. Air yang masuk ke *street inlet* harus dapat masuk menuju saluran drainase dengan cepat.
4. Jumlah *street inlet* harus cukup agar dapat menangkap limpasan air hujan pada jalan yang bersangkutan.

Bentuk - bentuk inlet yang sering di gunakan ialah berupa inlet datar dan inlet tegak (*grate inlet*). Inlet datar ialah inlet yang posisinya dekat kerb dengan posisi sejajar permukaan jalan, sehingga lubang inlet menghadap ke atas. Jenis yang kedua ialah inlet tegak (*curb inlet*), yaitu inlet yang posisinya tegak lurus atau membentuk sudut tertentu terhadap jalan raya dan berada di bawah kerb. Ilustrasi dari jenis-jenis inlet ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Jenis-jenis *inlet* menurut Suharyanto (2006)

H. Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan raya menunjukkan standar operasi yang dibutuhkan dan merupakan suatu bantuan yang berguna bagi perencana. Di Indonesia berdasarkan peraturan perencanaan geometrik jalan raya yang dikeluarkan oleh Bina Marga, jalan dibagi dalam kelas – kelas yang penetapannya berdasarkan fungsinya. Dalam buku Silvia Sukirman 1999 menurut fungsinya, jalan raya dapat di bagi menjadi tiga bagian yaitu.

1. Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani (angkutan) terutama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata – rata tinggi, dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri – ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata – rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata – rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Sesuai dengan Undang – undang tentang jalan, No. 13 tahun 1980 dan peraturan pemerintah No. 26 tahun 1985, sistem jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan atas sistem jaringan primer dan jaringan sekunder. Dengan demikian sistem jaringan primer terdiri dari :

1. Jalan Arteri Lokal

Jalan arteri lokal adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer adalah.

- a. Kecepatan rencana >60 km/jam.
- b. Lebar badan jalan >8.0 m

2. Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua atau kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor primer diantaranya adalah.

- a. Kecepatan rencana jalan > 40 km/jam
- b. Lebar badan jalan > 7 m

3. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil, atau kota dibawah jenjang ketiga dengan persil. Adapun persyaratan jalan lokal primer, yaitu.

- a. Kecepatan rencana > 20 km/jam

- b. Lebar badan jalan > 6 m

Selanjutnya adalah sistem jaringan sekunder yang terdiri dari :

1. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Persyaratan jalan arteri sekunder yaitu :

- a. Kecepatan rencana > 30 km/jam.
- b. Lebar badan jalan > 8 m

2. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Persyaratan jalan kolektor sekunder yaitu :

- a. Kecepatan rencana > 20 km/jam.
- b. Lebar badan jalan 7 m

3. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Persyaratan jalan lokal sekunder yaitu :

- a. Kecepatan rencana > 10 km/jam.
- b. Lebar badan jalan > 5 m.

Dalam konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuannya dalam memikul dan menyebarkan beban dengan memenuhi syarat – syarat yang ada diantaranya yaitu permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat dialirkan dengan cepat. Pada kondisi ini, air sangat berperan penting dalam kekuatan terhadap kondisi jalan. Adapun jenis jalan yang akan dilakukan uji coba dalam penelitian ini adalah jalan kolektor (Silvia Sukirman, 1999).