

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Drainase

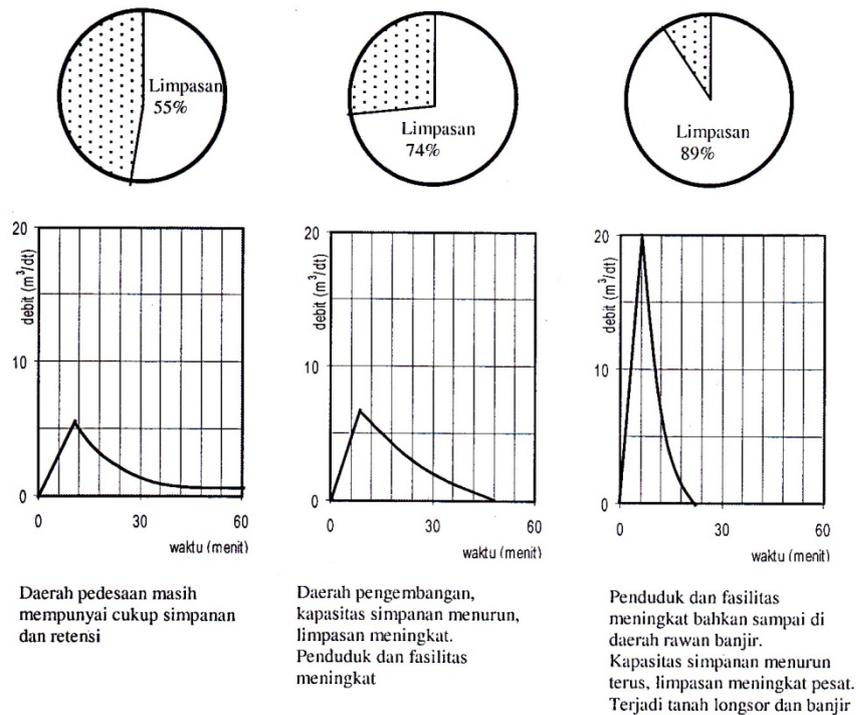
2.1.1. Pengertian Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun kelebihan air irigasi di suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah. (Suripin :2004)

2.1.2. Permasalahan Drainase

Perkotaan merupakan pusat segala kegiatan manusia, pusat produsen, pusat perdagangan sekaligus pusat konsumen. Di daerah perkotaan tinggal banyak manusia, banyak terdapat fasilitas umum, transportasi, komunikasi, dan sebagainya. Saluran drainase di daerah perkotaan menerima tidak hanya air hujan, tetapi juga air buangan (limbah) rumah tangga dan limbah pabrik. Hujan yang jatuh di wilayah perkotaan kemungkinan besar terkontaminasi manakala air itu memasuki dan melintasi atau berada pada lingkungan perkotaan tersebut

Kebutuhan akan lahan, baik untuk permukiman maupun kegiatan perekonomian meningkat. sehingga lahan yang berfungsi sebagai retensi dan resapan menurun. Akibatnya, aliran permukaan bertambah besar. Perubahan fungsi lahan dan hutan (kawasan terbuka) menjadi daerah terbangun juga mengakibatkan peningkatan erosi. Material yang tererosi terbawa serta ke dalam saluran air dan sungai mengakibatkan pendangkalan dan penyempitan.



Gambar 2.1 Pengaruh urbanisasi pada daerah tangkapan air terhadap laju limpasan

2.1.3 Perencanaan Saluran Drainase

Saluran drainase harus direncanakan untuk dapat melewati debit rencana dengan aman. Perencanaan teknis saluran drainase mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut:

- (1) Menentukan debit rencana.
- (2) Menentukan jalur (trase) saluran.
- (3) Merencanakan profil memanjang saluran.
- (4) Merencanakan penampang melintang saluran.
- (5) Mengatur dan merencanakan bangunan-bangunan serta sistem drainase.

Dalam perencanaan perlu memperhatikan cara pelaksanaan, ketersediaan lahan dan bahan, biaya, serta operasi dan pemeliharaan setelah pembangunan selesai. Seluruh item-item pekerjaan yang disebutkan di atas tidak berdiri sendiri-

sendiri, tetapi saling kait-mengkait, sehingga dalam proses perencanaan perlu saling cek.

1. Debit rencana

Perhitungan debit rencana untuk saluran drainase di daerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunkan rumus rasional, atau hidrograf satuan, dalam perhitungan waktu konsentrasi dan koefisien limpasan perlu memperhitungkan perkembangan tata guna lahan di masa mendatang. Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dll. Tabel berikut menyajikan standar desain saluran drainase berdasar "Pedoman Drainase perkotaan dan Standar Desain Teknis".

Tabel 2.1 kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
> 500	10 – 25	Hidrograf satuan

(Suripin : 2004)

2. Jalur saluran

Jalur saluran sedapat mungkin mengikuti pola jaringan yang telah ada, kecuali untuk saluran tambahan, dan/atau saluran drainase di daerah perluasan kota. Penentuan jalur saluran harus memperhatikan jaringan dan/atau rencana fasilitas (komponen infrastruktur) yang lain, misalnya rencana jalan, pipa air minum, jaringan kabel bawah tanah, dll.

3. Profil memanjang

Dalam merencanakan profil memanjang pada saluran drainase perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Tinggi muka air di muara (outlet). Tinggi muka air di hilir saluran harus didesain berdasarkan pada tinggi muka air rencana di saluran buangan, dalam hal ini bisa berupa saluran induk, kolam

penampungan, atau langsung ke laut. Dalam hal yang terakhir perlu memperhatikan fluktuasi air laut akibat adanya pasang surut.

- Profil memanjang rencana muka air tertinggi harus direncanakan kira-kira sama dengan kemiringan tanah sepanjang saluran sehingga air hujan dari semua titik di daerah tangkapan dapat mengalir ke saluran dengan lancar. Kemiringan muka air tertinggi harus berubah secara berangsur-angsur dari terjal di hulu menjadi landai di hilir.
- Kemiringan dasar saluran didesain sama dengan kemiringan muka air tertinggi kecuali pada saluran yang terpengaruh oleh aliran balik. Elevasi dasar saluran didesain serendah mungkin selama masih praktis untuk menjamin terpenuhinya penampang basah. Hal ini dilakukan karena pelebaran sungai di daerah perkotaan sering mengalami kesulitan.

4. Penampang melintang saluran

Penampang melintang saluran cukup didesain dengan menggunakan rumus aliran seragam, kecuali pada bagian saluran yang terpengaruh aliran balik (pengembangan). Pengambilan angka kekasaran Manning perlu memperhatikan kondisi dan kemiringan dasar saluran, dinding saluran, dan pemeliharaan saluran.

5. Perkuatan dinding saluran

Mengingat bahwa lebar saluran drainase di daerah perkotaan sangat terbatas, maka kemiringan dinding saluran biasanya dibuat lebih tegak, sehingga diperlukan perkuatan untuk menjamin supaya dinding tidak longsor. Perkuatan dinding saluran dapat berupa pasangan batu kali, atau lapisan beton.

2.1.4. Jenis – Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi: beberapa bagian

A. Menurut sejarah terbentuknya :

1. Drainase alamiah (*natural drainage*)
yaitu sistem drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia.
2. Drainase buatan (*Artificial Drainage*)
yaitu sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran.

B. Menurut letak saluran :

1. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*), yaitu saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open channel flow.
2. Drainase bawah tanah (*sub surface drainage*), yaitu saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman, dan lain-lain.

C. Menurut Fungsi :

1. Single Purpose,
yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.
2. Multy Purpose,
yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

D. Menurut konstruksi :

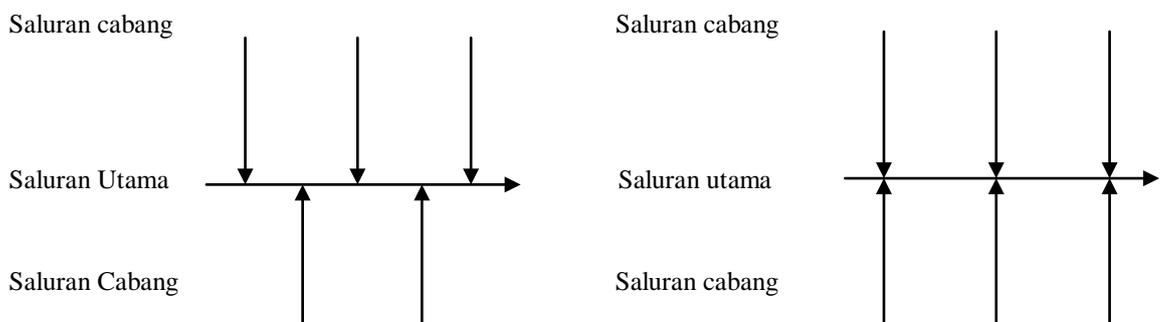
1. Saluran terbuka,
yaitu sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan (sistem terpisah), namun kebanyakan sistem saluran ini berfungsi sebagai saluran campuran. Pada pinggiran kota, Saluran terbuka ini biasanya tidak diberi lining (lapisan pelindung). Akan tetapi saluran terbuka di dalam kota harus diberi lining dengan beton, pasangan batu (masonry) ataupun dengan pasangan bata.
2. Saluran tertutup, yaitu saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus digunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota metropolitan dan kota-kota besar lainnya.

2.1.5. Pola – Pola Drainase

Pembuatan saluran Drainase disesuaikan dengan keadaan lahan dan lingkungan , Oleh karena itu dalam perencanaan drainase terdapat banyak pola drainase, yang antara lain:

a. Siku

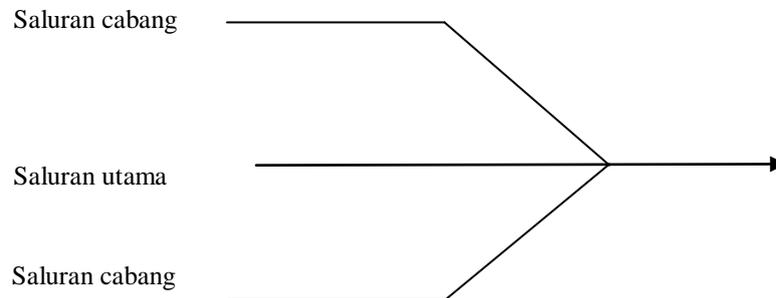
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada pada kota.



Gambar 2.2 Pola siku

b. Jaringan Drainase Paralel

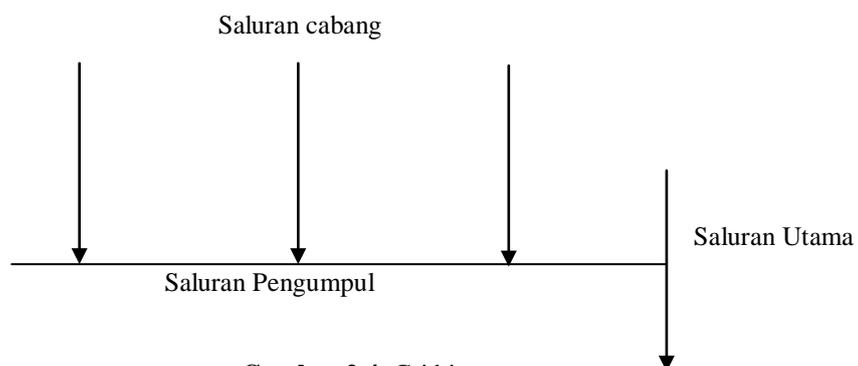
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.3 Pola paralel

c. Jaringan drainase grid iron

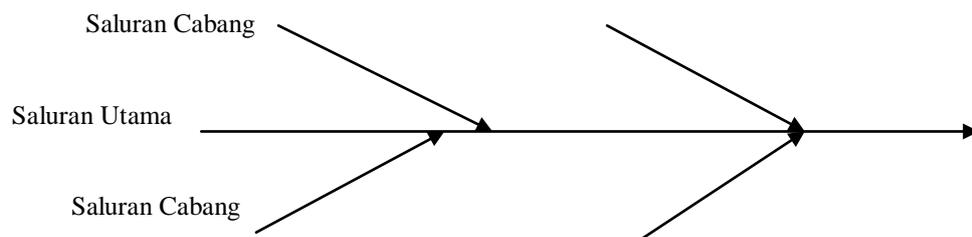
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.4 Grid iron

d. Jaringan drainase alamiah

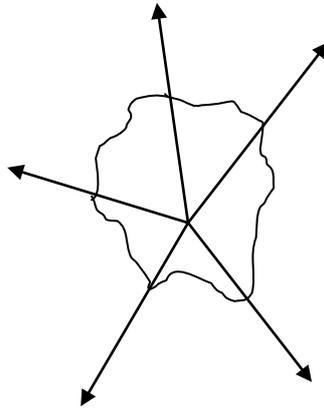
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.5 Pola alamiah

e. Jaringan drainase radial

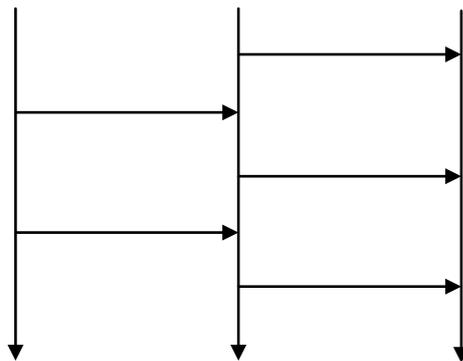
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluan memencar ke segala arah.



Gambar 2.6 pola radial

f. Jaringan drainase jaring – jaring

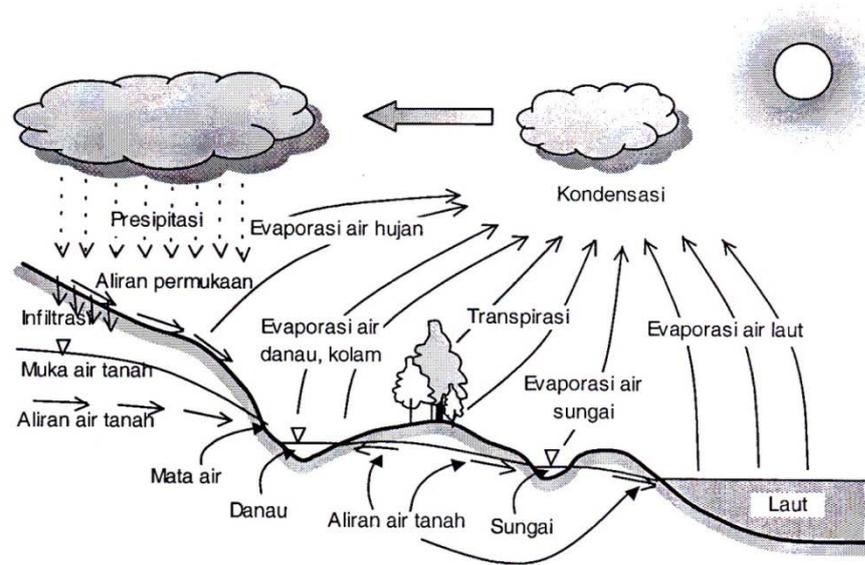
Pola ini mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikutinarah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi rendah.



Gambar 2.7 Pola jaring-jaring

2.2. Siklus Hidrologi

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus, dimana kita tidak tahu kapan dan dari mana berawalnya dan kapan pula berakhirnya. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*hydrological cycle*)



Gambar 2.8 Siklus hidrologi

2.2.1. Pengukuran Hujan

Di Indonesia, data curah hujan ditakar dan dikumpulkan oleh beberapa instansi, antara lain Dinas Pengairan, Dinas Pertanian, dan Badan Meteorologi dan Geofisika. Jenis dan tipe alat penakar hujan yang digunakan juga berbeda-beda. Secara umum alat penakar hujan dibagi menjadi dua, yaitu alat penakar hujan manual dan penakar hujan otomatis.

2.2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Pengaliran Sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana air meresap atau mengalir melalui sungai dan anak-anak sungai yang bersangkutan. Sering disebut dengan DAS (daerah aliran sungai) atau DTA (daerah tangkapan air). Menurut Sri Harto (1993), daerah aliran sungai merupakan daerah yang dimana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan.

DAS disebut juga sebagai watershed atau catchment area. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub DAS dan sub DAS dapat terdiri dari beberapa sub-sub DAS,

tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama (Asdak, 1995).

2.3. Limpasan (Runoff)

Air hujan yang turun dari atmosfer jika tidak ditangkap oleh vegetasi atau oleh permukaan-permukaan buatan seperti atap bangunan atau lapisan kedap air lainnya, maka akan jatuh ke permukaan bumi dan sebagian akan menguap, berinfiltrasi, atau tersimpan dalam cekungan-cekungan. Bila kehilangan seperti cara-cara tersebut telah terpenuhi, maka sisa air hujan akan langsung mengalir di atas permukaan tanah menuju alur aliran terdekat.

Dalam perencanaan drainase, bagian air hujan yang menjadi pengendalian air banjir tidak hanya aliran permukaan (*surface runoff*), sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan, tetapi limpasan (*runoff*). Limpasan merupakan gabungan antara aliran permukaan, aliran-aliran tertunda pada cekungan-cekungan dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*).

2.3.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Limpasan

Aliran pada saluran atau sungai tergantung dari berbagai faktor secara bersamaan. Dalam kaitannya dengan limpasan, Faktor yang berpengaruh secara umum dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu faktor meteorologi dan karakteristik daerah tangkapan saluran atau daerah aliran sungai (DAS).

a. Faktor Meteorologi

Faktor-faktor meteorologi yang berpengaruh pada limpasan terutama adalah karakteristik hujan, yang meliputi:

1. Intensitas hujan

Pengaruh intensitas hujan terhadap limpasan permukaan sangat tergantung pada laju infiltrasi. Jika intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Namun demikian, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan peningkatan intensitas hujan karena adanya

penggenangan di permukaan tanah. Intensitas hujan berpengaruh pada debit maupun volume limpasan.

2. Durasi hujan

Total limpasan dari suatu hujan berkaitan langsung dengan durasi hujan dengan intensitas tertentu. Setiap DAS mempunyai satuan durasi hujan atau lama hujan kritis. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari lamanya hujan kritis, maka lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung pada intensitas hujan.

3. Distribusi curah hujan

Laju dan volume limpasan dipengaruhi oleh distribusi dan intensitas hujan di seluruh DAS. Secara umum, laju dan volume limpasan maksimum terjadi jika seluruh DAS telah memberi kontribusi aliran. Namun demikian, hujan dengan intensitas tinggi pada sebagian DAS dapat menghasilkan limpasan yang lebih besar dibandingkan dengan hujan biasa yang meliputi seluruh DAS.

Jika kondisi topografi, tanah dan lain-lain di seluruh DAS seragam, untuk jumlah hujan yang sama maka curah hujan yang distribusinya merata menghasilkan debit puncak yang paling minimum. Karakteristik distribusi hujan dinyatakan dalam “koefisien distribusi”, yaitu nisbah antara hujan tertinggi di suatu titik dengan hujan rata-rata DAS.

b. Karakteristik DAS

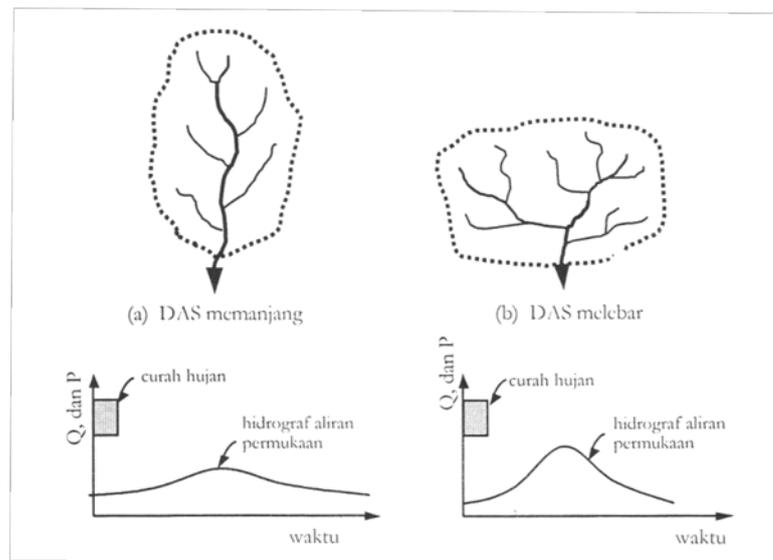
Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi (1) luas dan bentuk DAS, (2) Topografi, dan (3) tata guna lahan.

1. Luas dan bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi, apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luas DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh

sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf-hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama.



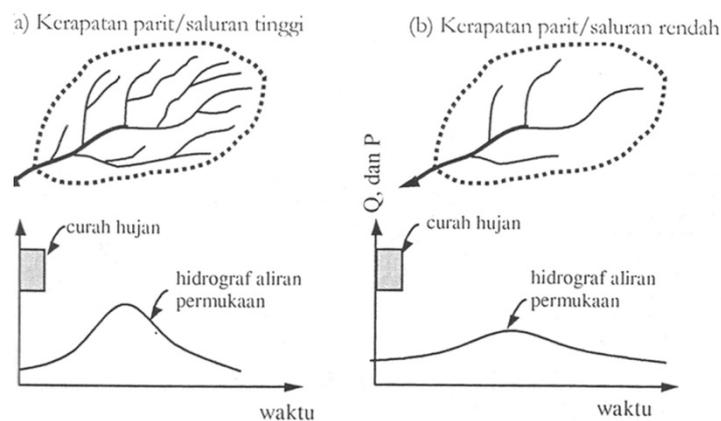
Gambar 2.9 Pengaruh bentuk DAS pada aliran permukaan

Bentuk DAS memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air di titik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak di seluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung yang lainnya, misalnya dari hilir ke hulu DAS. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar,

datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air di hulu sudah tiba sebelum aliran dari air mengecil/habis.

2. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan. Keadaan dan kerapatan parit dan/atau saluran, dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit/saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga membesar laju aliran permukaan.



Gambar 2.10 Pengaruh kerapatan parit/saluran pada hidrograf aliran permukaan.

3. Tata guna lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS.

Tabel 2.2 Koefisien limpasan

No	Kondisi permukaan tanah	Koefisien pengaliran
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,7 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,4 - 0,7
3	Bahu jalan	
	Tanah berbutir halus	0,4 - 0,65
	Tanah berbutir kasar	0,1 - 0,2
	Batuan massif keras	0,7 - 0,85
	Batuan massif lunak	0,6 - 0,75
4	Daerah perkotaan	0,7 - 0,95
5	Daerah pinggir kota	0,6 - 0,7
6	Daerah industri	0,6 - 0,9
7	Pemukiman padat	0,4 - 0,6
8	Pemukiman tidak padat	0,4 - 0,6
9	Taman dan kebun	0,2 - 0,4
10	Persawahan	0,45 - 0,6
11	Perbukitan	0,7 - 0,8
12	Pegunungan	0,75 - 0,9

(Suripin : 2004)

2.4. Analisis Hidrologi

2.4.1. Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa ekstrem berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi probabilitas. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang merupakan waktu hipotetik dimana suatu hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson III
4. Distribusi Gumbel

2.4.2. Distribusi Gumble

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Rumus-Rumus yang digunakan dalam menghitung curah hujan rancangan dengan metode Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{\sigma_n} S \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

X = Curah hujan rancangan dengan kala ulang T tahun

\bar{X} = Nilai Rata aritmatik hujan kumulatif

S = Standar Deviasi

Y_t = Variasi yang merupakan fungsi dari kala ulang

Y_n = Nilai yang tergantung pada "n"

σ_n = Standar deviasi yang merupakan fungsi dari "n"

Tabel 2.3 Tabel Reduced Standard Deviation (σ_n)

N	Σn	N	Σn	N	σ_n	n	σ_n	n	σ_n
10	0,9497	31	1,1159	52	1,1638	73	1,1881	94	1,2032
11	0,9676	32	1,1193	53	1,1653	74	1,1890	95	1,2038
12	0,9833	33	1,1226	54	1,1667	75	1,1898	96	1,2044
13	0,9972	34	1,1255	55	1,1681	76	1,1906	97	1,2049
14	1,0098	35	1,1285	56	1,1696	77	1,1915	98	1,2055
15	1,0206	36	1,1313	57	1,1708	78	1,1923	99	1,2060
16	1,0316	37	1,1339	58	1,1721	79	1,1930	100	1,2065
17	1,0411	38	1,1363	59	1,1734	80	1,1938		
18	1,0493	39	1,1388	60	1,1747	81	1,1945		
19	1,0566	40	1,1413	61	1,1759	82	1,1953		
20	1,0629	41	1,1436	62	1,1770	83	1,1959		
21	1,0696	42	1,1458	63	1,1782	84	1,1967		
22	1,0754	43	1,1480	64	1,1793	85	1,1973		
23	1,0811	44	1,1490	65	1,1803	86	1,1980		
24	1,0864	45	1,1518	66	1,1814	87	1,1987		
25	1,0914	46	1,1538	67	1,1824	88	1,1994		
26	1,0961	47	1,1557	68	1,1834	89	1,2001		
27	1,1004	48	1,1574	69	1,1844	90	1,2007		
28	1,1047	49	1,1590	70	1,1854	91	1,2013		
29	1,1086	50	1,1607	71	1,1863	92	1,2020		
30	1,1124	51	1,1623	72	1,1873	93	1,2026		

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.4 Reduced Mean (Y_n)

N	y_n	n	y_n	N	y_n	N	y_n	n	y_n
10	0,4952	31	0,5371	52	0,5493	73	0,5555	94	0,5591
11	0,4996	32	0,5380	53	0,5497	74	0,5557	95	0,5593
12	0,5035	33	0,5388	54	0,5501	75	0,5559	96	0,5595
13	0,507	34	0,5396	55	0,5504	76	0,5561	97	0,5596
14	0,51	35	0,5402	56	0,5508	77	0,5563	98	0,5598
15	0,5128	36	0,541	57	0,5511	78	0,5565	99	0,5599
16	0,5157	37	0,5418	58	0,5515	79	0,5567	100	0,56
17	0,5181	38	0,5424	59	0,5518	80	0,5569		
18	0,5202	39	0,543	60	0,5521	81	0,557		
19	0,522	40	0,5436	61	0,5524	82	0,5672		
20	0,5236	41	0,5442	62	0,5527	83	0,5574		
21	0,5252	42	0,5448	63	0,553	84	0,5576		
22	0,5268	43	0,5453	64	0,5533	85	0,5578		
23	0,5283	44	0,5458	65	0,5535	86	0,558		
24	0,5296	45	0,5463	66	0,5538	87	0,5581		
25	0,5309	46	0,5468	67	0,554	88	0,5583		
26	0,532	47	0,5473	68	0,5543	89	0,5585		
27	0,5332	48	0,5477	69	0,5545	90	0,5586		
28	0,5343	49	0,5481	70	0,5548	91	0,5587		
29	0,5353	50	0,5485	71	0,555	92	0,5589		
30	0,5362	51	0,5489	72	0,5552	93	0,5591		

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.5 Variasi Y_t

Kala Ulang	Nilai Y_t
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,296
500	6,214
1000	6,919
5000	8,539

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.4.3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Parameter penting dalam Log Pearson Type III ada tiga yaitu:

1. harga rata-rata, (*mean*)
2. simpangan baku (*standard deviation*)
3. koefisien kemencengan (*skewness*)

Prosedur perhitungan: (Montarcih : 2010)

1. Mengubah data debit/hujan sebanyak n buah (X_1, X_2, \dots, X_n) menjadi $\text{Log}X_1, \text{Log}X_2, \dots, \text{Log}X_n$

2. Menghitung harga rata-rata:

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log}xi \dots \dots \dots (2.2)$$

3. Menghitung harga simpangan baku (log):

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{log}xi - \overline{\log x})^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

4. Menghitung Koefisien kemencengan (log):

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (\text{log}xi - \overline{\log x})^3 \dots \dots \dots (2.4)$$

5. Menghitung nilai ekstrim:

$$\log x = \overline{\log x} + G.S \dots \dots \dots (2.5)$$

6. Mencari antilog dari LogX untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang dikehendaki

Tabel 2.6. Nilai G untuk distribusi Log Pearson Tipe III

Koef. G	Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Suripin : 2004)

2.5. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Curah hujan Wilayah yang diperhitungkan dengan:

- Cara rata-rata aljabar

Tinggi rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya diletakkan secara meata di areal tersebut dan hasil penakar masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rataseluruh pos diseluruh areal.

Rumus yang digunakan:

$$R = \frac{R_1+R_2+R_3+\dots+R_n}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- R = tinggi curah hujan rata-rata
 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n
 n = banyaknya pos penakar

2.6. Analisis intensitas curah hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Dalam menentukan debit banjir rencana (design flood), perlu didapatkan harga sesuatu intensitas curah hujan terutama bila dipergunakan metode ratio.

Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan (mm/jam), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam. Intensitas curah hujan dapat dihitung dari data curah hujan harian dengan menggunakan rumus Dr.Mononobe, sebagai berikut : (*Montarcih*: 2010)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^n \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 R_{24} = curah hujan maksimum dalam 1 hari (mm/jam)
 tc = waktu konsentrasi (jam)
 n = tetapan (untuk Indonesia diperkirakan: $n = 2/3$)

Catatan: faktor kala ulang dimasukkan pada R_{24}

2.6.1. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS. Dalam hal ini diasumsikan jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi. (*Suripin* : 2004)

$$tc = to + td \dots\dots\dots(2.8)$$

$$to = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lo \times \frac{nd}{\sqrt{s}}\right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$td = \frac{L}{60v} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- t_o = waktu inlet (menit)
 t_d = waktu aliran (menit)
 L_o = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
 L = panjang saluran (m)
 nd = angka kekasaran Manning
 s = Kemiringan lahan
 v = Kecepatan aliran rata-rata disaluran (m/det)

Tabel 2.7. Nilai nd unuk perhitungan t_o

No	Kondisi Lapisan Permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,02
3	Permukaan licin dan kokoh	0,1
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
5	Padang rumput dan rerumputan	0,4
6	Hutan gundul	0,6
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,8

Standar Nasional Indonesia SNI 03 - 3424 - 1994

2.7. Debit Rancangan

Pada perencanaan bangunan air yang menjadi masalah adalah besarnya debit air yang harus disalurkan melalui bangunannya. Jika yang disalurkan adalah debit suatu saluran pembuangan atau sungai, maka besarnya debit tak tentu dan berubah-ubah sesuai dengan volume debit yang mengalir.

Debit air yang disalurkan diambil pada rencana debit banjir yang besar, sebagai dasar untuk perhitungan ukuran bangunan yang direncanakan. Ini untuk menghindari terjadinya kerusakan bangunan akibat debit air yang berlebihan, juga perencanaan bangunan yang bersifat ekonomis. Debit banjir yang terjadi pada suatu area tergantung dari kondisi area tersebut. Pada area yang masih alami besarnya debit banjir cenderung lebih kecil dibandingkan area yang sudah dikembangkan pada kondisi kemiringan lahan yang sama.

Debit aliran yang akan digunakan untuk menghitung dimensi saluran didapat dari debit yang berasal dari limpahan air hujan dan debit air limbah rumah tangga, dengan rumus :

$$Q_{total} = Q_{air\ hujan} + Q_{air\ limbah\ rumah\ tangga} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

2.7.1. Debit Air Hujan

Perhitungan debit banjir rancangan dihitung pada setiap sub daerah tangkapan. Untuk tiap segmen dihitung dengan **metode rasional**. Penggunaan metode rasional untuk menentukan debit banjir rancangan dengan A (luas area) dalam satuan Km.

Rumus debit banjir metode rasional : (*Montarcih* : 2010)

$$Q = 0,278 CIA \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Q = debit limpasan (m³/detik)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

C = koefisien limpasan

Tabel 2.8 Koefisien Pengaliran C

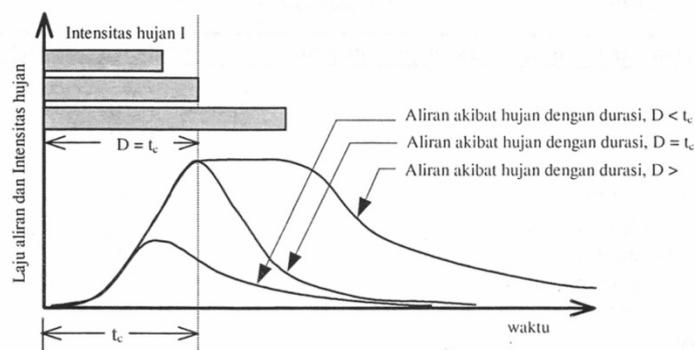
No	Kondisi Permukaan Tanah	C
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40-0,70
3	Bahu jalan dari tanah berbutir halus	0,40-0,55
4	Bahu jalan dari tanah berbutir kasar	0,10-0,20
5	Bahu jalan dari batuan masih keras	0,70-0,85
6	Bahu jalan dari batuan masih lunak	0,60-0,75
7	Daerah perkotaan	0,70-0,95
8	Daerah pinggiran kota	0,60-0,70
9	Daerah industri	0,60-0,90
10	Pemukiman padat	0,40-0,60
11	Pemukiman tidak padat	0,40-0,60
12	Taman dan kebun	0,45-0,60
13	Persawahan	0,70-0,80
14	Perbukitan	0,70-0,80
15	Pegunungan	0,75-0,90

(Sumber : Standar Nasional Indonesia SNI 03-3424-1994)

Metode rasional dikembangkan dengan asumsi bahwa:

1. Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi
2. Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas tetap, sama dengan waktu konsentrasi
3. Koefisien *run off* dianggap tetap selama durasi hujan
4. Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan

Jika asumsi terpenuhi maka curah hujan dan aliran permukaan DAS dapat digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 2.11 Hubungan curah hujan dengan aliran permukaan

untuk durasi hujan yang berbeda

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai c yang berbeda, harga c rata-rata ditentukan dengan persamaan sebagai berikut : (Suripin : 2004)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

C_i = koefisien pengaliran yang sesuai dengan jenis permukaan i

A_i = luas daerah pengaliran sesuai dengan kondisi permukaan i

n = jumlah kondisi permukaan

2.7.2. Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah debit yang berasal dari buangan aktivitas penduduk seperti mandi, cuci dan lain-lain baik dari lingkungan rumah tangga, bangunan (fasilitas) umum atau instansi, bangunan komersial, dan sebagainya.

Tabel 2.9. Pembuangan limbah cair rata-rata orang per hari

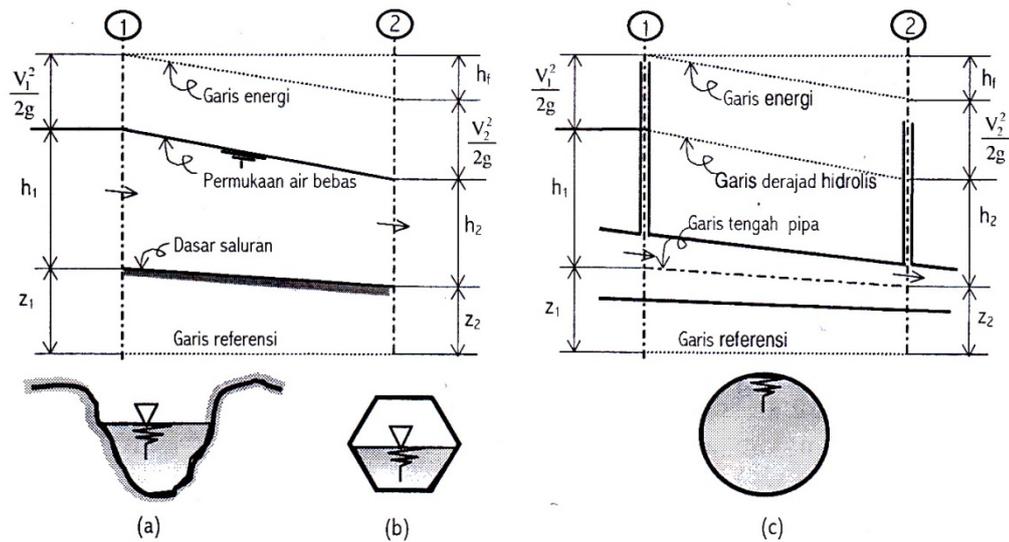
Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (liter/orang/hari)	Beban BOD (gram/orang/hari)
Daerah Perumahan :		
Rumah besar untuk keluarga tunggal	400	100
Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal.	300	80
Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun).	240 - 300	80
Rumah kecil (cottage).	200	80
(Jika dipasang penggilingan sampah, kalikan BOD dengan faktor 1,5)		
Perkemahan dan Motel :		
Tempat peristirahatan mewah.	400 - 600	100
Tempat parkir rumah berjalan (mobile home).	200	80

Kemah wisata dan tempat parkir trailer.	140	70
Hotel dan motel.	200	50
Sekolah :		
Sekolah dengan asrama.	300	80
Sekolah siang hari dengan kafetaria.	80	30
Sekolah siang hari tanpa kafetaria.	60	20
Restoran :		
Tiap pegawai.	120	50
Tiap langganan.	25 - 40	20
Tiap makanan yang disajikan.	15	12
Terminal transportasi :		
Tiap pegawai.	60	25
Tiap penumpang.	20	10
Rumah sakit.	600 - 1200	30
Kantor :	60	25
Teater mobil (drive in theatre), per tempat duduk.	20	10
Bioskop per tempat duduk	10 - 20	10
Pabrik, tidak termasuk limbah cair industri dan cafeteria.	60 -120	25

(Soeparman dan Suparmin, 2001)

2.8. Perencanaan Hidrolika

Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (free surface flow) atau aliran saluran terbuka (open channel flow). Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan bebas dan aliran dalam saluran penuh, maka aliran yang terjadi disebut aliran dalam pipa (pipe flow) atau aliran tertekan (pressurized flow).



Gambar 2.12 Aliran permukaan bebas pada saluran terbuka (a), aliran permukaan bebas pada saluran tertutup (b), aliran tertekan pada saluran pipa (c)

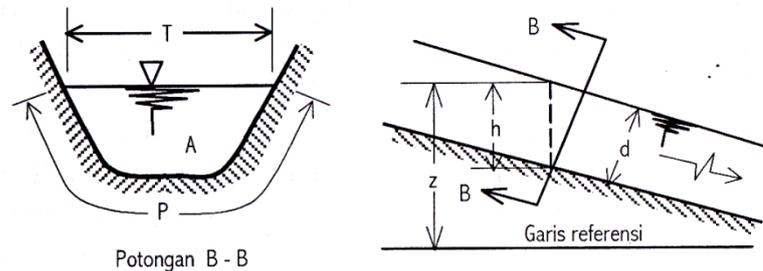
Zat cair yang mengalir pada saluran terbuka mempunyai bidang kontak hanya pada dinding dan dasar saluran. Saluran terbuka dapat berupa saluran alamiah atau buatan, yang terdiri dari:

- Galian tanah dengan atau tanpa lapisan penahan,
- Terbuat dari pipa, beton, batu, bata, atau material lain,
- Dapat berbentuk persegi, segitiga, trapesium, lingkaran, tapal kuda, atau tidak beraturan.

2.8.1. Potongan Memanjang dan Melintang saluran

Saluran dapat alamiah atau buatan. Ada beberapa macam istilah untuk saluran alamiah. Saluran panjang dengan kemiringan sedang yang dibuat dengan menggali tanah disebut kanal (canal). Saluran yang disangga di atas permukaan tanah dan terbuat dari kayu, beton, atau logam disebut flum (flume). Saluran yang sangat curam dengan dinding hampir vertikal disebut *chute*. Terowongan (tunnel) adalah saluran yang digali melalui bukit atau gunung. Saluran tertutup pendek yang mengalir tidak penuh disebut culvert. Potongan yang diambil tegak

lurus arah aliran disebut potongan melintang (cross section), sedangkan potongan yang diambil searah aliran disebut potongan memanjang (Gambar 3.4).



Gambar 2.13 Definisi potongan memanjang dan melintang saluran

Keterangan:

h = kedalaman aliran vertikal, adalah jarak vertikal antara titik terendah pada dasar saluran dan permukaan air (m),

d = kedalaman air normal, adalah kedalaman yang diukur tegak lurus terhadap garis aliran (m),

Z = adalah elevasi atau jarak vertikal antara permukaan air dan garis referensi tertentu (m),

T = lebar potongan melintang pada permukaan air (m),

A = luas penampang basah yang diukur tegak lurus arah aliran (m^2),

P = keliling basah, yaitu panjang garis persinggungan antara air dan dinding dan/atau dasar saluran yang diukur tegak lurus arah aliran,

R = jari-jari hidraulik, $R = A/P$ (m), dan

D = kedalaman hidraulik, $D = A/T$ (m).

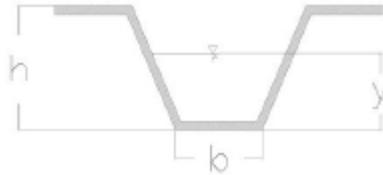
2.8.2. Bentuk Saluran Drainase

Bentuk dari saluran-saluran drainase sama halnya dengan bentuk saluran irigasi, serta dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan seekonomis mungkin.

Adapun bentuk saluran antara lain :

a. Trapesium

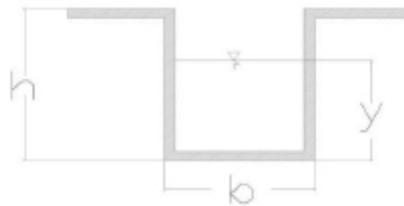
Pada umumnya saluran berbentuk trapesium terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



Gambar 2.14 Penampang Trapesium

b. Persegi

Biasanya saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



Gambar 2.15 Penampang Persegi

c. Segitiga

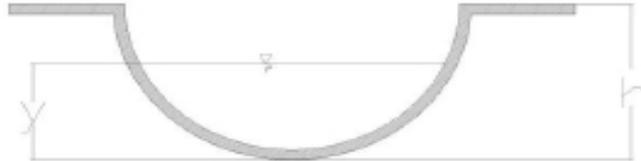
Saluran sangat jarang digunakan tetapi mungkin digunakan dalam kondisi tertentu.



Gambar 2.16 Penampang Segitiga

d. Setengah Lingkaran

Berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umum digunakan untuk saluran-saluran ruah penduduk dan pada sisi jalan perumahan padat.



Gambar 2.17 Penampang Setengah Lingkaran

Tabel 2.10. Desain Saluran Berdasarkan Kecepatan Izin

No	Jenis Bahan	V_{izin} (m/det)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lahan aluvial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	1,1
6	Lempung padat	1,2
7	Batu-batu besar	1,5
8	Pasangan bata	1,5
9	Beton	1,5

(Sumber : H.M Halim Hasmar, 2011)

Tabel 2.11. Hubungan Kemiringan Berdasarkan Jenis Material

Jenis Material	Kemiringan Saluran S(%)
Tanah Asli	0 – 5
Kerikil	5 -7,5
Pasangan	7,5

(Sumber : H.M Halim Hasmar, 2011)

Kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran. Kemiringan dasar saluran maksimum yang diizinkan adalah 0,005-0,0075 tergantung pada bahan yang digunakan. Sedangkan kemiringan dasar minimum yang diperbolehkan adalah 0,001 kemiringan yang lebih curam dari 0,005 untuk tanah padat akan menyebabkan penggerusan (erosi).

Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman air dan lumut.

Tabel 2.12. Hubungan Debit Air Dengan Kemiringan Saluran

Debit air Q (M3/det)	Kemiringan Saluran
0,00-0,75	1:1
0,75-15	1:1,5
15-18	1:2

(Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994)

Tabel 2.13. Hubungan Kemiringan Saluran Dengan Kecepatan Rata-Rata Aliran

Kemiringan Saluran I (%)	Kecepatann Rata-Rata V (m/s)
<1	0,4
1-2	0,6
2-4	0,9
4-6	1,2
6-10	1,5
10-15	2,4

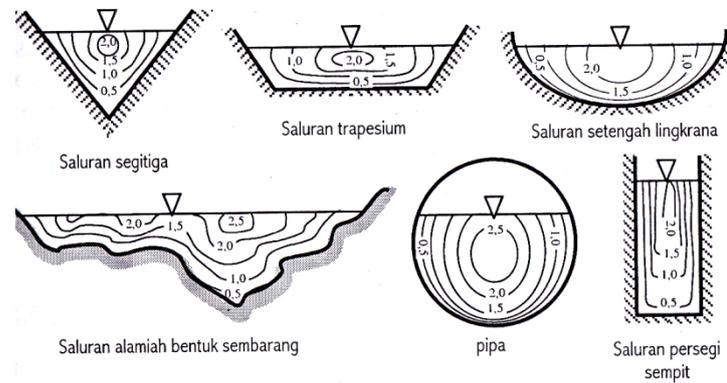
(Sumber : H.M Halim Hasmar, 2011)

2.8.3. Distribusi Kecepatan

Kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik lainnya. Hal ini disebabkan adanya tegangan geser di dasar dan dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas memperlihatkan distribusi kecepatan pada beberapa tipe potongan saluran.

Kecepatan aliran mempunyai tiga komponen arah menurut koordinat kartesius. Namun, komponen arah vertikal dan lateral biasanya kecil dan dapat diabaikan. Sehingga, hanya kecepatan aliran yang searah dengan aliran yang diperhitungkan. Komponen kecepatan ini bervariasi terhadap kedalaman dari

permukaan air. Tipikal variasi kecepatan terhadap kedalaman air diperlihatkan dalam Gambar 3'6.



Gambar 2.18 Distribusi kecepatan pada berbagai potongan melintang (chow,1959)

Tabel 2.14 Kecepatan aliran air yang diizinkan berdasarkan jenis material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/det)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,5
Lanau alluvial	0,6
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,1
Kerikil kasar	1,2
Batu - batu besar	1,5
Pasangan batu	1,5
Beton	1,5
Beton bertulang	1,5

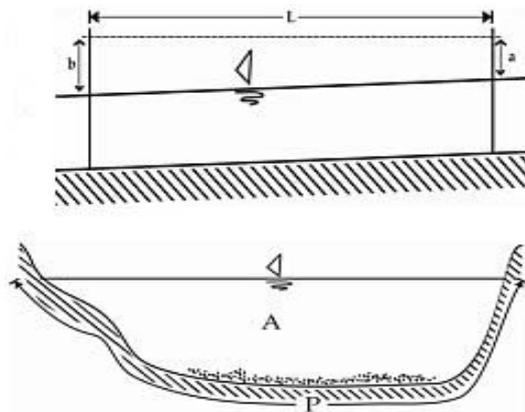
2.8.4. Rumus Empiris Kecepatan Rata-Rata

Manning (1889)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$S = \frac{b-a}{L} \dots\dots\dots(2.15)$$



Gambar 2.19 Potongan memanjang dan melintang saluran

Keterangan :

V = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik)

Q = Debit banjir rencana (m³/dtk)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Radius hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran

A = Luas saluran (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

Tabel 2.15. Koefisien kekasaran Manning

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakan, ada tumbuh - tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
	SALURAN ALAM				
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlobang	0,025	0,028	0,030	0,033
9.	Seperti no.8 tetapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10.	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,033	0,045	0,050	0,055
11.	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12.	Seperti no.10 berbatu dan ada tumbuh - tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13.	Seperti no. 11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuh – tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15.	Banyak tumbuh - tumbuhan	0,075	0,0100	0,0125	0,0150
	SALURAN BUATAN, BETON ATAU BATU KALI				
16.	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17.	Seperti no.16 tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18.	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19.	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Standar Nasional Indonesia SNI 03 - 3424 - 1994

2.8.5. Bentuk Saluran Ekonomis

Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan tertentu. Dari rumus Manning maupun Chezy dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dan dasar saluran tetap, kecepatan maksimum dicapai bila jari-jari hidraulik, R , maksimum. Selanjutnya, untuk luas penampang tetap, jari-jari hidraulik maksimum jika keliling basah P minimum.

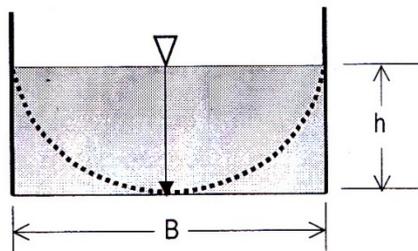
Kondisi diatas memungkinkan untuk menentukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk seperti :

a. Penampang Berbentuk Persegi yang Ekonomis

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dan lebar dasar B dan kedalaman air h , luas penampang basah, A , dan keliling basah, P , dapat dituliskan dengan rumus berikut: (Suripin : 2004)

$$A = Bh \dots\dots\dots(2.16)$$

$$P = B + 2h \dots\dots\dots(2.17)$$



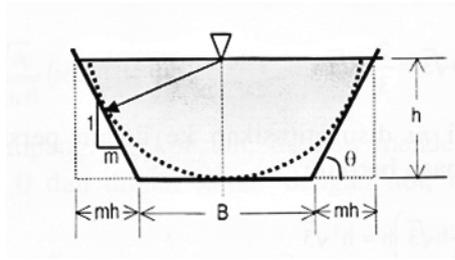
Gambar 2.20 Penampang melintang saluran berbentuk persegi

b. Penampang Trapesium Ekonomis

Luas penampang melintang, A , dan keliling basah, P , saluran dengan penampang melintang yang berbentuk trapesium dengan lebar dasar B , kedalaman aliran h , dan kemiringan dinding $1:m$, dapat dirumuskan sebagai berikut : (Suripin : 2004):

$$A = (B + mh)h \dots\dots\dots(2.18)$$

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.19)$$



Gambar 2.21 Penampang melintang saluran berbentuk trapesium

2.8.6. Tinggi Jagaan (*Free Board*)

Jagaan suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. (Chow : 1985)

$$w = \sqrt{0,5h} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

w = Tinggi jagaan (m)

h = Kedalaman aliran (m)

2.8.7. Dimensi Kolam Retensi

Kolam retensi yaitu kolam penampungan sementara air hujan dan limbah rumah tangga sebelum dialirkan ke saluran pembuang atau ke sungai. Dimensi kolam retensi dapat dihitung berdasarkan debit saluran utama yang dihitung sebelumnya.

$$\text{Volume Kolam} = Q \text{ total (m}^3/\text{detik)} \times \text{tf}(\text{detik})$$

$$\text{Volume Kolam} = \frac{\text{Luas area Bagian Atas} + \text{Luas Bagian Bawah}}{2} \times T$$

$$Q \text{ total (m}^3/\text{detik)} \times \text{tf}(\text{detik}) = \frac{\text{Luas area Bagian Atas} + \text{Luas Bagian Bawah}}{2} \times T$$

$$T = \frac{Q \text{ total } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{detik}}\right) \times \text{tf}(\text{detik})}{\frac{\text{Luas area Bagian Atas} + \text{Luas Bagian Bawah}}{2}} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana

Tf = Luas penampang Basah saluran

T = Tinggi Kolam Retensi