

BAB II

LANDASAN TEORI

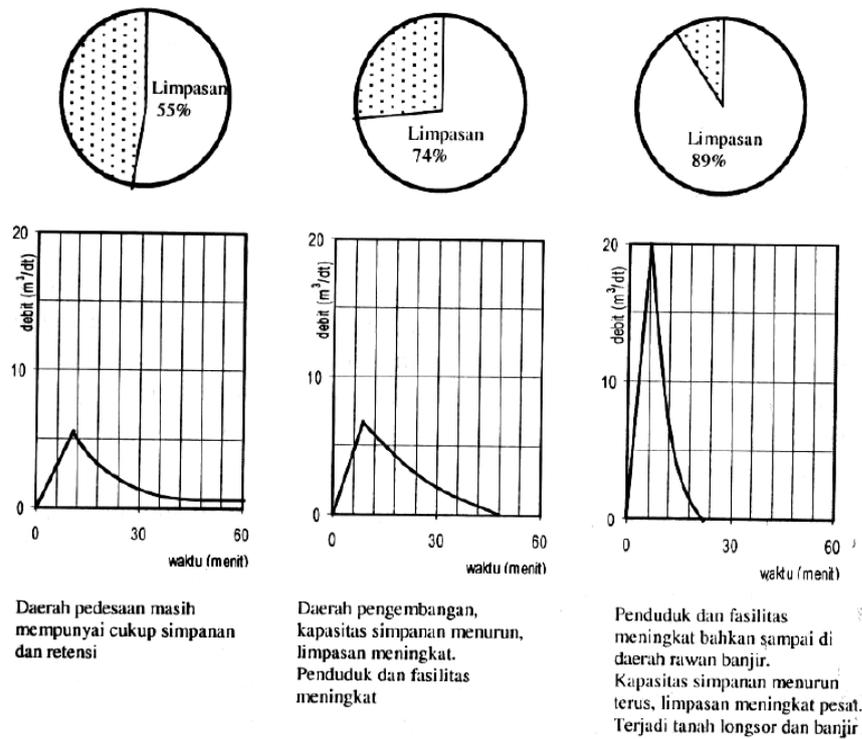
2.1 Pengertian Drainase

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)

2.2 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

2.3 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 menggunakan 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:

- a. 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.

- b. 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.
- c. 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.

2.4 Jenis - jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian, antara lain sebagai berikut:

1. Menurut sejarah terbentuknya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah yaitu sistem drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan yaitu sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran.

2. Menurut Letak Saluran

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah yaitu saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open channel flow.

b. Drainase Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)

Drainase bawah tanah 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.

3. Menurut Fungsi

a. *Single Purpose*

Single purpose yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

b. *Multy Purpose*

Multy purpose yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

a. Saluran Terbuka

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.

b. Saluran Tertutup

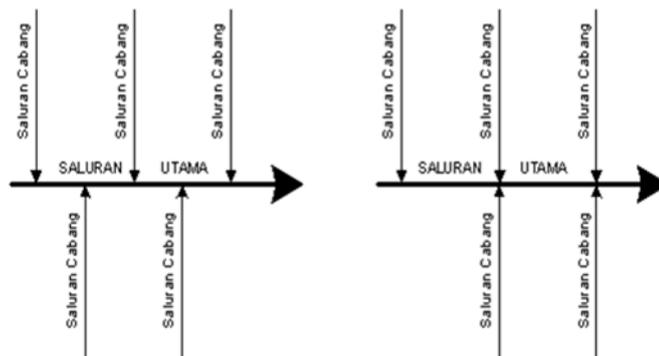
Saluran tertutup yaitu saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus di gunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota metropolitan dan kota-kota besar lainnya.

2.5 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 sebagai berikut:

1. Siku

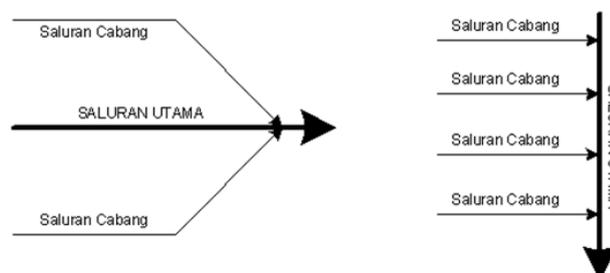
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada pada kota.



Gambar 2.2 Pola Siku

2. 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

3. Jaringan Drainase Grid Iron

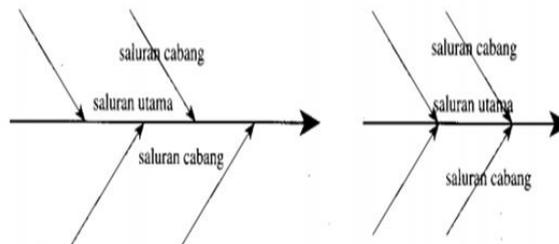
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.4 Grid Iron

4. Jaringan Drainase Alamiah

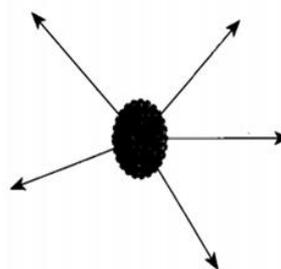
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.5 Pola Alamiah

5. Jaringan Drainase Radial

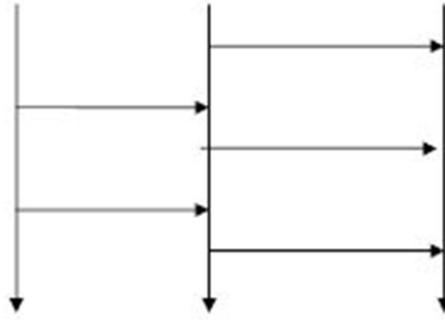
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.6 Pola Radial

6. Jaringan Drainase Jaring-jaring

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



Gambar 2.7 Pola Jaring-jaring

2.6 Sistem Jaringan Drainase

a. Sistem Campuran

Apabila saluran yang direncanakan untuk membawa air kotoran dari rumah tangga, industri, rumah sakit, dan air hujan dibuat melalui satu saluran.

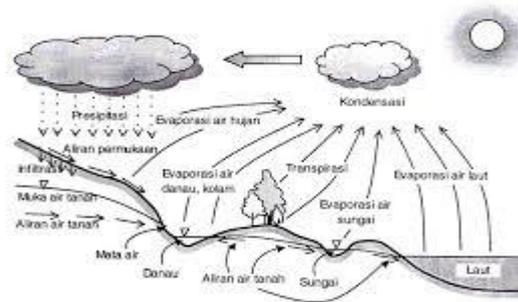
b. Sistem Terpisah

Apabila saluran yang direncanakan, yaitu air kotoran rumah tangga, industri, rumah sakit, dan air hujan dibuat melalui saluran-saluran tersendiri.

(Parahadi et al, 1996:2)

2.7 Siklus Hidrologi

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



Gambar 2.8 Siklus Hidrologi

2.7.1 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.

2.7.2 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 water shed 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 bagiandari suatu sistem sungai utama (Asdak, 1995).

2.8 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*).

2.8.1 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).

1. Faktor Meteorologi

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

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

b. 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.

c. 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.

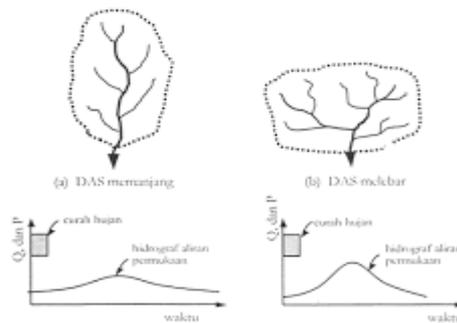
2. Karakteristik DAS

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

a. 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.

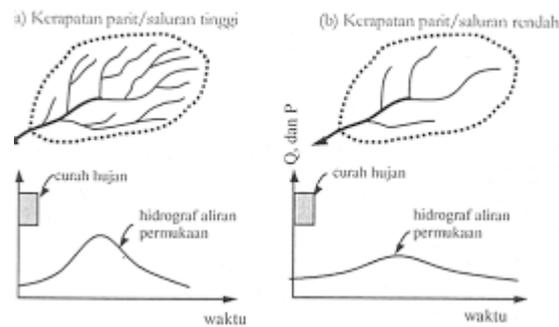


Gambar 2.9 Pengaruh Bentuk DAS pada Aliran Permukaan

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.

b. 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

c. 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)

2.9 Analisis Hidrologi

2.9.1 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 sebagai berikut:

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

2.9.2 Distribusi Gamble

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Rumus-Rumus yang di gunakan dalam menghittmg 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

Yt = Variasi yang merupakan fungsi dari kala ulang

Yn = 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 | 1,0495 | 39 | 1,1388 | 60 | 1,1747 | 81 | 1,1945 | | |
| 19 | 1,0566 | 40 | 1,1413 | 61 | 1,1759 | 82 | 1,1953 | | |
| 20 | 1,0696 | 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 | | |

(Soemarto:1999)

Tabel 2.4 Reduced Mean (Yn)

| N | yn | n | yn | N | yn | N | yn | n | yn |
|----|---------|----|--------|----|---------|----|--------|-----|---------|
| 10 | 0,4952 | 31 | 0,5371 | 52 | 0,5493 | 73 | 0,5555 | 94 | 0,559 1 |
| 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 | 0,5 128 | 36 | 0,541 | 57 | 0,551 1 | 78 | 0,5565 | 99 | 0,5599 |
| 16 | 0,51 57 | 37 | 0,5418 | 58 | 0,5515 | 79 | 0,5567 | 100 | 0,56 |
| 17 | 0,5 181 | 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 | 0,53 32 | 48 | 0,5477 | 69 | 0,5545 | 90 | 0,5586 | | |
| 28 | 0,5343 | 49 | 0,5481 | 70 | 0,5548 | 91 | 0,5587 | | |
| 29 | 0,53 53 | 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 Yt

| Kala Ulang | Nilai Yt |
|------------|----------|
| 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)

2.9.3 Distribusi Log Person Tipe III

Parameter penting dalam Log Pearson Type III ada tiga yaitu sebagai berikut :

1. Harga rata-rata (*mean*)
2. Simpangan Baku (*standard deviation*)
3. Koefisien Kemencongan (*skewness*)

Prosedur perhitungan (Montarcih : 2010)

1. Mengubah data debit/hujan sebanyak n buah (X1, X2,...,Xn)menjadi: LogX₁, LogX₂,...,Log_n

2. Menghitung harga rata-rata:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Menghitung harga simpangan baku:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (2.3)$$

4. Menghitung Koefisien kemencengan (log):

$$G = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \times \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log x)^3 \dots\dots\dots (2.4)$$

5. Menghitung nilai ekstrim:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana K adalah variabel standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.(Suripin, 2004:42)

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

Nilai K untuk distribusi Log-Person 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 | 2,922 | 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 | -2,149 | -0,732 | 0,195 | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 |
| -1,4 | -2,271 | -0,705 | 0,225 | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 |
| -1,6 | -2,388 | -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 |

Tabel 2.6 Nilai G untuk distribusi Log Pearson III

2.9.4 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 merata di areal tersebut dan hasil penakar masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos diseluruh areal. Rumus yang di gunakan sebagai berikut:

a. Cara Rata-rata Aljabar

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

Dimana:

R = tinggi cirah hujan reta-rata

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

N = banyaknya pos penakar

b. Metode Thiessen

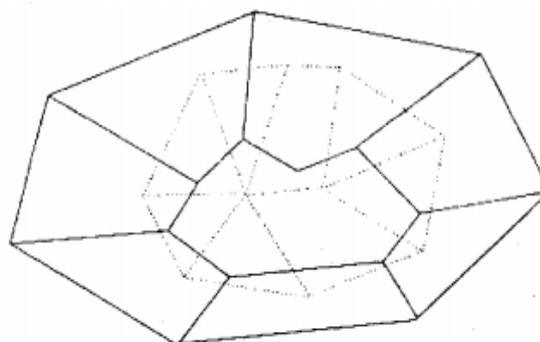
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 \cdot A_1 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

R_1, R_2, R_n = Curah hujan di tiap pos pengamatan

A_1, A_2, A_n = Luas daerah tiap pos pengamatan

(H.A Halim Hasmar, 2011:13). Adapun gambar poligon thiessen dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.11 Poligon Thiessen

c. Metode Isohyt

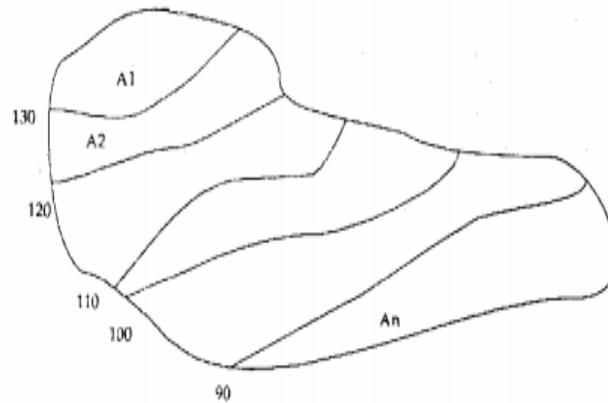
$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

R_1, R_2, R_n = Curah hujan rata-rat pada bagian-bagian A_1, A_2, \dots, A_n

A_1, A_2, A_n = Luas bagian-bagian antara garis

(H.A Halim Hasmar, 2011:13). Adapun gambar poligon isohyt dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.12 Poligon Isohyt

2.9.5 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 :

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^n \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- R24 = 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 R24

2.9.6 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)

$$Tc = to + td \dots\dots\dots (2.10)$$

$$To = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times Lo \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$td = \frac{L}{60v} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

- to = waktu inlet (menit)
- td = waktu aliran (menit)
- Lo = 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 Untuk Perhitungan to

| 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 rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput Jarang sampai rapat | 0,8 |

(Standar Nasional Indonesia SNI 03 – 3424 – 1994)

2.9.7 Debit Rancangan

Rumus yang dipakai untuk menghitung debit aliran tergantung pada besarnya *catchment area*, pada umumnya ditentukan sebagai berikut :

- Untuk catchment area < 25 km² dipakai rumus *Rational*
- Untuk catchment area 25 - 100 km² dipakai cara *Weduwen*
- Untuk catchment area > 100 km² dipakai cara *Melchior*

Perhitungan debit aliran untuk selokan samping dan gorong-gorong pada umumnya mencakup catchment area kurang dari 25 km², jadi yang digunakan adalah rumus rasional:

a. Rumus Rational

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

Q = Debit banjir puncak pada periode ulang T tahun (m³/detik) yang terjadi pada muara DAS (m³/detik)

I = Intensitas hujan untuk durasi yang sama dengan waktu konsentrasi T_c dan periode ulang T tahun. Pakailah kurva intensitas hujan untuk mendapatkan intensitas ini (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (ha)

C = Koefisien pengaliran

C_f = Koefisien frekwensi

(Departemen Pekerjaan Umum, 2005:23)

Tabel 2.8 Koefisien Pengaliran C

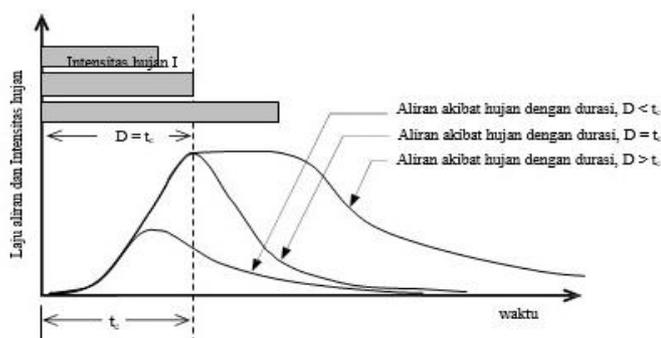
| No | Kondisi Permukaan Tanah | C |
|----|--------------------------------------|-----------|
| 1 | Jalan beton dan jalan aspal | 0,70-0,95 |
| 2 | Jalan kerikil dan jalan tanah | 0,40-0,70 |
| 3 | Bahu jalan dari tanah berbutir halus | 0,40-0,55 |
| 4 | Bahu jalan dari tanah berbutir kasar | 0,10-0,20 |
| 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 2.13 Hubungan Curah Hujan Dengan Aliran Permukaan Untuk Durasi Hujan 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)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n CiAi}{\sum_{i=1}^n Ai} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

b. Perhitungan Debit Air Kotor

1. Kepadatan penduduk rata-rata :

$$= \frac{\text{Jumlah rumah} \times \text{asumsi orang tiap rumah}}{\text{luas perumahan}} \dots\dots\dots(2.15)$$

2. $Q_{\text{air kotor rata-rata}}$:

$$Q_{\text{air kotor rata-rata}} = \text{Luas daerah pengaliran} \times \text{Kepadatan penduduk rata-rata} \dots\dots\dots(2.16)$$

3. $Q_{\text{air kotor total}}$:

$$Q_{\text{air kotor total}} = Q_{\text{air kotor rata-rata}} \times \text{faktor puncak} \dots\dots\dots(2.17)$$

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

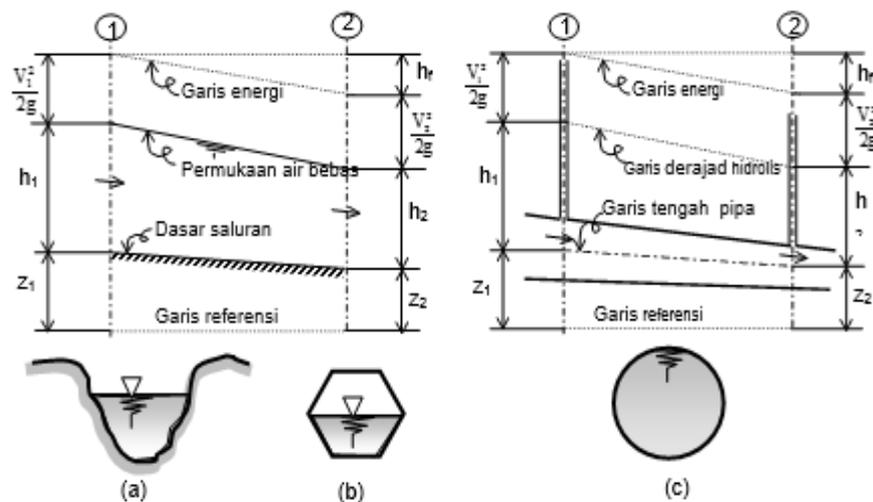
| Jenis Bangunan | Volume Limbah Cair (liter/orang/hari) | Beban BOD (gram/orang/hari) |
|--|--|--------------------------------|
| Daerah Perumahan : | | |
| Rumah besar untuk keluarga tunggal | 400 | 100 |
| Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal | 300 | 80 |
| Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun) | 240 - 300 | 80 |
| Rumah kecil (cottage) | 200 | 80 |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|
| (Jika dipasang penggilingan sampah, kalikan BOD dengan faktor 1,5) | | |
| Perkemahan dan Motel : Tempat pen'istirahatan mewah Tempat parkir rumah berjalan (mobile home) Kemah wisata dan tempat parkir trailer Hotel dan motel | 400 -600 200 140 200 | 100 80 70 50 |
| Sekolah : Sekolah dengan asrama Sekolah siang hari dengan kafetaria Sekolah siang hari tanpa kafetaria | 300 80 60 | 80 30 20 |
| Restoran : Tiap pegawai Tiap langganan Tiap makanan yang disajikan | 120 25 – 40 15 | 50 20 12 |
| Terminal transportasi: Tiap pegawai Tiap penumpang | 60 20 | 25 10 |
| Rumah sakit | 600-120 | |
| 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 industridan cafeteria | 60 - 120 | 25 |

(Soeparman dan Suparmin, 2001)

2.10 Perencanaan Hidrolika

Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*openchannel 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 2.14 Aliran permukaan bebas pada saluran terbuka (a), aliran permukaan bebas pada saluran tertutup (b), aliran tertekan pada saluran pipa (c)

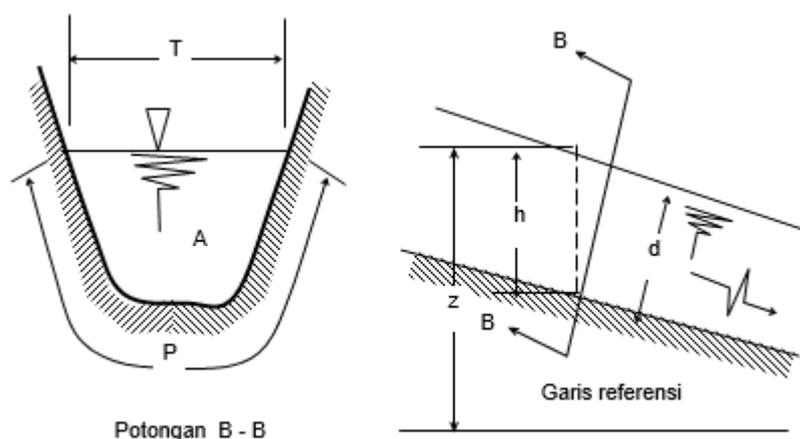
Zat cair yang mengalir pada saluran terbuka mempunyai bidang kontak hanya pada dinding dan dasar saluran. Saluran terbuka dapat berupa saluran alamiah atau buatan, yang terdiri dari:

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

2.10.1 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 Hum (*Hume*). 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 yang disebut potongan melintang (*cross section*), sedangkan potongan yang diambil searah aliran disebut potongan memanjang.



Gambar 2.15 Definisi Potongan Memanjang dan Melintang Saluran

Keterangan:

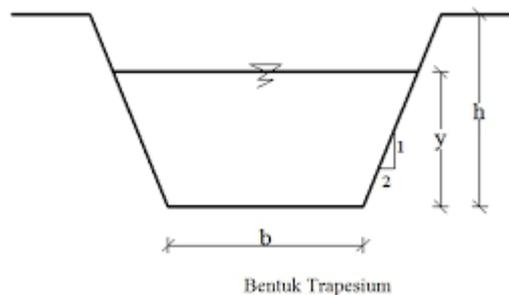
- h = kedalaman aliran vertikal, adalah jarak vertikal antara titik terendah pada dasar saluran dan permukaan air (m)
- d = kedalaman air normal, adalah kedalaman yang diukur tegak lurus terhadap garis aliran (m)
- Z = adalah elevasi atau jarak vertikal antara permukaan air dan garis referensi tertentu 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)
- D = kedalaman hidraulik, $D = A/T$ (m)

2.10.2 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:

1. Trapesium

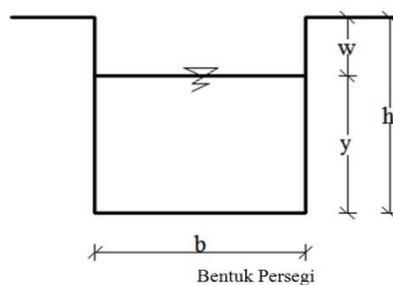
Pada umumnya saluran berbentuk trapesium terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



Gambar 2.16 Penampang Trapesium

2. Persegi

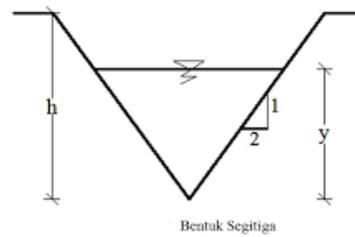
Biasanya saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



Gambar 2.17 Penampang Persegi

3. Segitiga

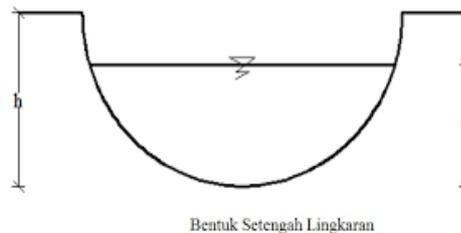
Saluran sangat jarang digunakan tetapi mungkin di gunakan dalam kondisi tertentu



Gambar 2.18 Penampang Segitiga

4. Setengah Lingkaran

Berfungsi untuk menyalurkan limbah airhujan untuk debuyangkecu, Bentuk saluran iniumumdigu danpadasisi jalanperumahan pada



Gambar 2.19 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

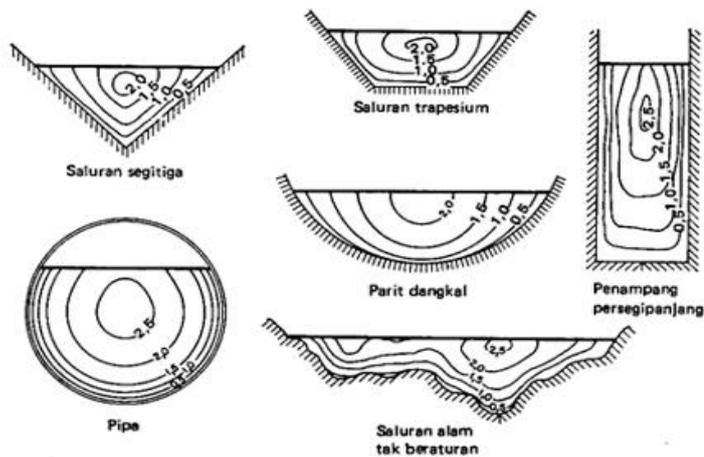
| Kemiringan Saluran I (%) | Kecepatan Rata-rata V (m/s) |
|--------------------------|-----------------------------|
| < 1 | 0,4 |
| 1 - 2 | 0,6 |
| 2 - 4 | 0,9 |
| 4 - 6 | 1,2 |
| 6 – 10 | 1,5 |
| 10 - 15 | 2,4 |

(Sumber: H.M Halim Hasmar, 2011)

2.10.3 Distribusi Kecepatan

Kecepatan aliran dalam saluran biasanya sanga 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.



Gambar 2.20 Distribusi Kecepatan pada Berbagai Potongan Melintang

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 |

(Standar Nasional Indonesia SNI 03-3424-1994)

2.10.4 Rumus Empiris Kecepatan Rata-Rata

1. Manning (1889)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$S = \frac{b-a}{L} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

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

Q = Debit banjir rencana (m³/dtk)

N = Koefisien kekasaran Manning

R = Radius hidrolik (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 |
|----|---|-------------|-------|--------|-------|
| 1 | SALURANAN BUATAN Saluran tanah, lurusteratur | 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, berlobang 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 berlobang | 0,050 | 0,060 | 0,070 | 0,080 |
| 15 | Banyak tumbuh - tumbuhan | 0,075 | 0,010 0 | 0,0125 | 0,015 0 |
| 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 | 0,015 | 0,016 | 0,016 | 0,018 |

(Standar Nasional Indonesia SNI 03-3424-1994)

2.10.5 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.

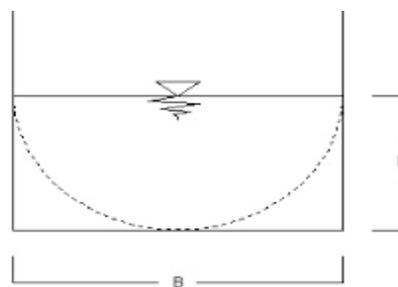
Kondisi diatas memungkinkan untuk menentukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk seperti :

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)

$$A = Bh \dots\dots\dots (2.21)$$

$$P = B + 2h \dots\dots\dots (2.22)$$



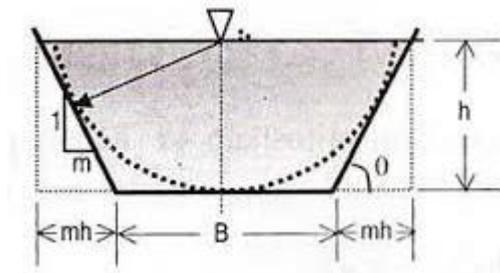
Gambar 2.21 Penampang Melintang Saluran Persegi

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 m , dapat dirumuskan sebagai berikut : (Suripin : 2004)

$$A = (B + mh) h \dots\dots\dots (2.23)$$

$$P = B + 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (2.24)$$



Gambar 2.22 Penampang Melintang Saluran Berbentuk Trapesium

2.10.6 Tinggi Jagaan (*Free Board*)

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

$$w = \sqrt{0,5 h} \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

w = Tinggi jagaan (m)

h = Kedalaman aliran (m)

2.11 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan herark (arus kegiatan) vertikal dan horisontal.

(Iman Soeharto, 199:28)

2.12 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

2.12.1 Volume/Kubikasi Pekerjaan

Yang dimaksud dengan uraian Volume Pekerjaan, ialah menguraikan secara rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Menguraikan, berarti menghitung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dengan gambar.

Sebelum menghitung volume masing-masing pekerjaan, lebih dulu harus dikuasai membaca gambar.

(Bachtiar Ibrahim, 1993: 24)

2.12.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Yang dimaksud dengan harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan.

Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda, jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan. (Bachtiar Ibrahim, 1993:133)

2.12.3 Rencana Anggaran Biaya

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek ialah menghitung banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek.

Susunan estimate real of cost bahwa biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan Harga Satuan Pekerjaan yang bersangkutan .

$$RAB = \Sigma(\text{VOLUME} \times \text{HARGA SATUAN PEKERJAAN}) \dots\dots\dots(2.26)$$

(Bachtiar Ibrahim, 1993: 165)

2.12.4 Barchart dan Kurva S

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah Barchart atau Diagram Batang atau Bagan Balok. Barchart adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan Dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap pekerjaan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok

menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Callahan, 1992)

(Irika Widiyanti dan Lenggogeni, 2013:77-78)

| WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-------|------|------|-----|-----|-------|-----|-----|--|--|--|
| PROYEK PEMBANGUNAN <small>insinyurblog.com</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NO | URAIAN PEKERJAAN | JUMLAH HARGA (RP.) | BOBOT (%) | WAKTU PELAKSANAAN | | | | | | | | | | | | KET | | | | | | |
| | | | | JANUARI | | | | FEBRUARI | | | | MARET | | | | | APRIL | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 1 | Pekerjaan Pendahuluan | 25.697.028,00 | 6,91 | 3,5 | 3,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | pekerjaan Pondasi | 64.896.432,00 | 17,45 | | | | | 5,8 | 5,8 | 5,8 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Pekerjaan Struktur | 120.000.000,00 | 32,27 | | | | | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | | | | | | | | | | | |
| 4 | Pekerjaan Dinding Bata | 4.300.000,00 | 1,16 | | | | | | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | | | | | | | | | |
| 5 | Pekerjaan Pintu, Kusen, dan Jendela | 26.000.000,00 | 6,99 | | | | | | | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | | | | | | | | |
| 6 | Pekerjaan Instalasi Listrik | 13.000.000,00 | 3,50 | | | | | | | | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | | | | |
| 7 | Pekerjaan Sanitasi | 18.000.000,00 | 4,84 | | | | | | | | | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | | | | |
| 8 | Pekerjaan Atap | 75.000.000,00 | 20,17 | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 9 | Pekerjaan finishing | 25.000.000,00 | 6,72 | | | | | | | | | | | | | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | | | |
| Jumlah | | 371.893.460,00 | 100,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RENCANA PROGRES MINGGUAN (%) | | | | 3,5 | 3,5 | 5,8 | 5,8 | 14 | 9,5 | 9,5 | 11 | 6,6 | 6,30 | 6,30 | 6,5 | 2,4 | 1,9 | 1,3 | | | | |
| KUMULATIF PROGRES MINGGUAN (%) | | | | 3,5 | 6,9 | 13 | 19 | 32 | 42 | 51 | 62 | 69 | 75,0 | 81 | 88 | 94 | 97 | 99 | 100 | | | |

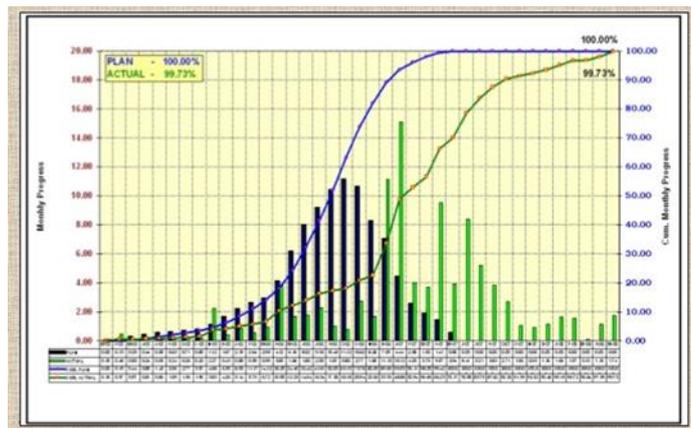
Gambar 2.23 Barchart

Cara atau langkah-langkah membuat barchart berdasarkan penjadwalan jaringan kerja AOA adalah sebagai berikut

1. Langkah pertama adalah mengisiskan kegiatan pada kolom kegiatan
2. Langkah kedua adalah membuat balok/batang sesuai panjang dengan durasi untuk kegiatan-kegiatan kritis terlebih dahulu.
3. Setelah kegiatan kritis digambarkan baloknya, maka dilanjutkan dengan menggambar balok/batang untuk kegiatan tidak kritis

(Irika Widiyanti dan Lenggogeni, 2013:86-87)

Kurva S adalah hasil plot dan Barchafi, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (Progress) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu. (Soeharto, 1997). Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Husen, 2011). (Irika Widiyanti dan Lenggogeni, 2013:125-126)



Gambar 2.24 Kurva S

2.12.5 Network Planning

Metode jaringan kerja, menurut Istimawan Dipohusodo, merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusodo, 1996). Jaringan kerja ini nantinya akan sangat membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis serta akibat keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni, 2013:77)

Pada metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1995)

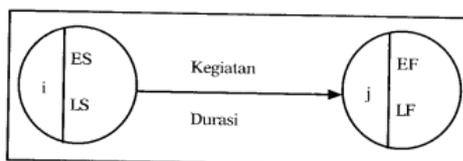
Jalur kritis penting artinya bagi para pelaksana proyek karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang pelaksanaannya harus tepat waktu, selesai juga tepat waktu. Jika terjadi keterlambatan, maka akan menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Sebelum membuat jalur kritis dalam metode penjadwalan jaringan kerja AOA, haruslah diketahui terlebih dahulu cara perhitungan durasi proyek yang

terbagi dalam hitungan maju dan hitungan mundur. Ada beberapa istilah yang terlibat sehubungan dengan perhitungan maju dan mundur metode AOA sebagai berikut:

- a. *Early Start (ES)*: waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
- b. *Late Start (LS)*: waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian jadwal proyek.
- c. *Early Finish (EF)*: waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awalnya dan diselesaikan sesuai dengan durasinya. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- d. *Late Finish (LF)*: waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

Berikut adalah gambar potongan jaringan kerja AOA dengan penempatan ES, LS, EF, dan LF. Adapun gambar potongan jaringan kerja dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.25 Potongan Jaringan Kerja

Seperti telah disebutkan di atas, untuk mendapat angka-angka ES, LS, EF, dan LF, maka dikenal dua perhitungan dalam jaringan kerja AOA, yaitu perhitungan maju dan perhitungan mundur. (Irika Widiyanti dan Lenggogeni, 2013:61-62)