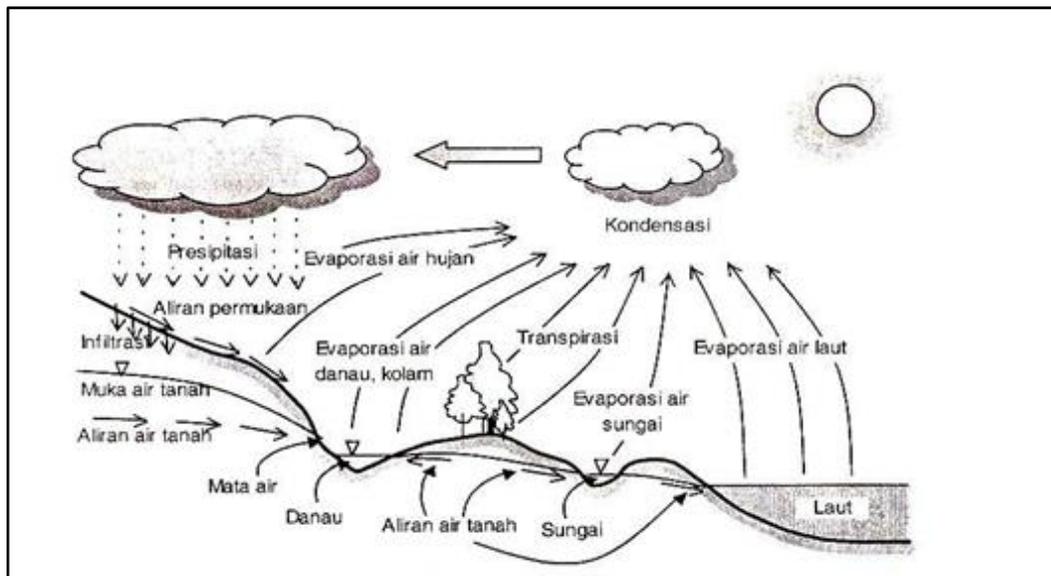


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/ penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju dan atau hujan yang jatuh ada yang mengalir di permukaan tanah, sabagai air *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah pada laboratorium. Air *run off* mengalir di permukaan muka tanah kemudian ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai dilaut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan. (Hasmar, 2002).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Hasmar, 2002)

2.2 Pasang Surut

Pasang surut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih

besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari (Wibowo, 2007).

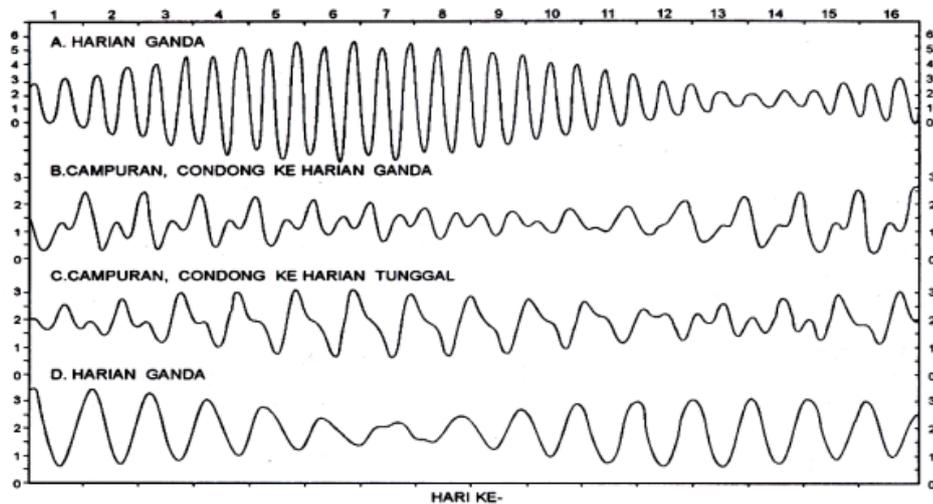
Perairan laut memberikan respon yang berbeda terhadap gaya pembangkit pasang surut, sehingga terjadi tipe pasut yang berlainan di sepanjang pesisir. Menurut Dronkers (1964), ada tiga tipe pasut yang dapat diketahui, yaitu:

1. Pasang surut diurnal yaitu pasang surut yang terjadi apabila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar khatulistiwa.
2. Pasang surut semi diurnal yaitu dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya.
3. Pasang surut campuran merupakan gabungan dari tipe 1 dan tipe 2, bila bulan melintasi khatulistiwa (deklinasi kecil), pasutnya bertipe semi diurnal, dan jika deklinasi bulan mendekati maksimum, terbentuk pasut diurnal.

Menurut Wyrcki (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 yaitu:

1. Pasang surut harian tunggal (Diurnal Tide) merupakan pasut yang hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, ini terdapat di Selat Karimata.
2. Pasang surut harian ganda (Semi Diurnal Tide) merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari, ini terdapat di Selat Malaka hingga Laut Andaman.
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (Mixed Tide, Prevailing Diurnal) merupakan pasut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu, ini terdapat di Pantai Selatan Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.
4. Pasang surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide, Prevailing Semi Diurnal) merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan

memiliki tinggi dan waktu yang berbeda, ini terdapat di Pantai Selatan Jawa dan Indonesia Bagian Timur.



Gambar 2.2 Tipe Pasang Surut di Indonesia (Bambang Triatmodjo, 2008)

2.3 Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dibangun sebagai suatu sistem guna mencukupi keperluan masyarakat dan juga merupakan komponen penting dalam perencanaan kota. Menurut Suripin (2004), drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk meminimalisir kelebihan air dari suatu tempat atau kawasan, sehingga kawasan tersebut dapat difungsikan secara baik. Drainase juga diartikan sebagai upaya untuk mengontrol kualitas air tanah erat kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase tidak hanya berbicara masalah air permukaan tetapi juga air tanah.

2.3.1 Dasar Teori Kinerja Saluran Drainase

Kinerja saluran drainase adalah bagaimana hasil saluran drainase yang sudah dibangun dan dapat mengatasi permasalahan genangan. Berdasarkan rencana induk penyusunan sistem jaringan drainase adalah aspek teknis, aspek operasi pemeliharaan dan aspek pengelolaan (Ditjen Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan, 2003). Bobot setiap komponen jaringan drainase disusun dengan menggunakan cara yang sama sebagaimana penyusunan bobot komponen irigasi, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Bobot Komponen Drainase

| No | Bangunan | Irigasi | | Drainase | |
|----|--------------------|-----------------------|-----|--------------------|-----|
| 1 | Bangunan utama | Bendung | 35% | Bangunan Outlet | 35% |
| 2 | Bangunan disaluran | Bangunan bagi/sadap | 25% | Bangunan Pelengkap | 30% |
| | | Bangunan pada saluran | 5% | | |
| 3 | Saluran | Saluran pembuang | 10% | Bangunan Fasilitas | 10% |
| | | saluran pembawa | 25% | Saluran Drainase | 25% |

Sumber: Desain Kriteria Penilaian Jaringan Drainase (Vadlon, 2011)

2.3.2 Drainase Perkotaan

Menurut Nurhamidin (2015), drainase perkotaan adalah salah satu bentuk yang mempunyai fungsi untuk mengalirkan air ke berbagai tempat dan mengeringkan lahan yang terdiri dari beberapa sistem saluran yang berada didalam kota. Menurut Hasmar (2002), definisi atau artian dari drainase perkotaan:

- a. Drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat hubungannya dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada pada daerah tersebut.
- b. Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi permukiman, kawasan industri dan perdagangan, kampus dan sekolah, rumah sakit, fasilitas umum, lapangan olahraga, lapangan paker, instalasi militer, listrik, telekomunikasi dan pelabuhan udara.

2.3.3 Sistem Drainase Perkotaan

Sistem jaringan drainase perkotaan diartikan sebagai kumpulan sistem saluran didalam kota yang berfungsi mengeringkan lahan perkotaan. Menurut Hasmar (2002), standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, yaitu:

1. Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.

3. Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
4. Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

2.3.4 Sistem Jaringan Drainase Perkotaan

Sistem drainase umumnya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran atau badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*catchment area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini sering juga disebut sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menyerap aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perancangan drainase makro ini biasanya dipakai dengan periode ulang antara 5 hingga 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perancangan sistem drainase ini.

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih mengarah pada sistem drainase mikro.

2.3.5 Jenis Drainase

Drainase mempunyai berbagai macam jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar, 2002):

1. Menurut sejarah terbentuknya

Drainase menurut sejarah terbentuknya terbentuk dalam berbagai cara, diantaranya sebagai berikut:

- a. Drainase alamiah (*natural drainase*) yaitu drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk akibat adanya gerusan air yang mengalir dan perlahan-lahan membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.
- b. Drainase buatan (*artificial drainage*) yaitu saluran atau bangunan khusus yang dibangun oleh manusia. Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

2. Menurut letak saluran

Saluran drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk, berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya:

- a. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*) adalah saluran yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan Analisis *open channel flow*.
- b. Drainase bawah permukaan tanah (*sub surface drainage*) bertujuan mengalirkan limpasan permukaan melewati media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain tuntutan dari *owner* agar terlihat artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak mengizinkan adanya saluran di permukaan contohnya seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

3. Menurut fungsi drainase

Drainase berfungsi mengalirkan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, berikut ini jenis drainase menurut fungsinya:

- a. Single purpose yakni saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.
- b. Multi purpose yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

4. Menurut konstruksi

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus tahu jenis konstruksi apa drainase dibuat, berikut ini drainase menurut konstruksi:

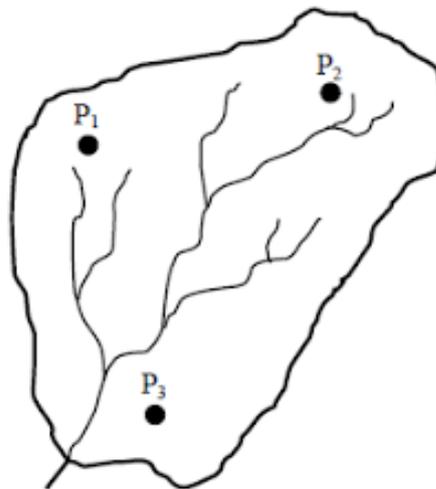
- a. Saluran terbuka yaitu saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.
- b. Saluran tertutup yaitu saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak ditengah kota.

2.4 Penentuan Hujan Kawasan

Stasiun penangkap hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diasumsikan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah atau tempat memiliki lebih dari satu stasiun penangkap hujan yang diletakkan menyebar ke seluruh area, maka data hujan yang tercatat dimasing-masing stasiun tidak sama. Maka dari itu, perlu dianalisis untuk mendapatkan data hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode sebagai berikut :

2.4.1 Metode Rerata Aritmetik (Aljabar)

Metode ini adalah metode yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga masih bisa diperhitungkan. Contoh pengukuran hujan rerata Aritmetik dengan beberapa stasiun hujan bisa dilihat seperti gambar 2.3



Gambar 2.3 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Aljabar

Dalam Metode rerata aljabar ini dapat memberikan hasil yang baik apabila:

- Stasiun tersebar secara merata di DAS
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS

Hujan rerata pada seluruh DAS dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + R_n) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

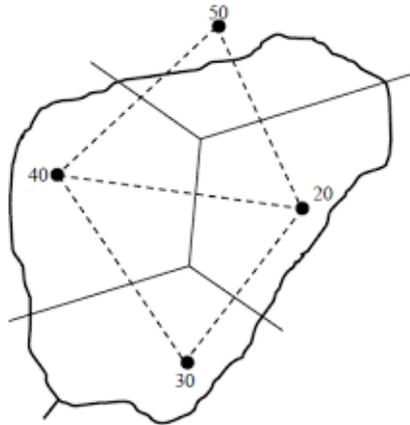
R = Curah hujan rerata tahunan (mm)

N = Jumlah stasiun yang digunakan

$R_1+R_2+R_3+R_n$ = Curah hujan rerata tahunan di tiap titik (mm)

2.4.2 Metode Thiessen

Metode thiessen dengan cara memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada sutau luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun. Contoh pengukuran hujan rerata dengan metode Thiessen dengan beberapa stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Metode poligon Thiessen (Triatmodjo, 2008)

Metode polygon Thiessen pada umumnya digunakan unuk menghitung rerata kawasan.. pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah smaaApabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat Poligon Thiessen yang baru. Perhitungan dengan metode polygon Thiessen adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

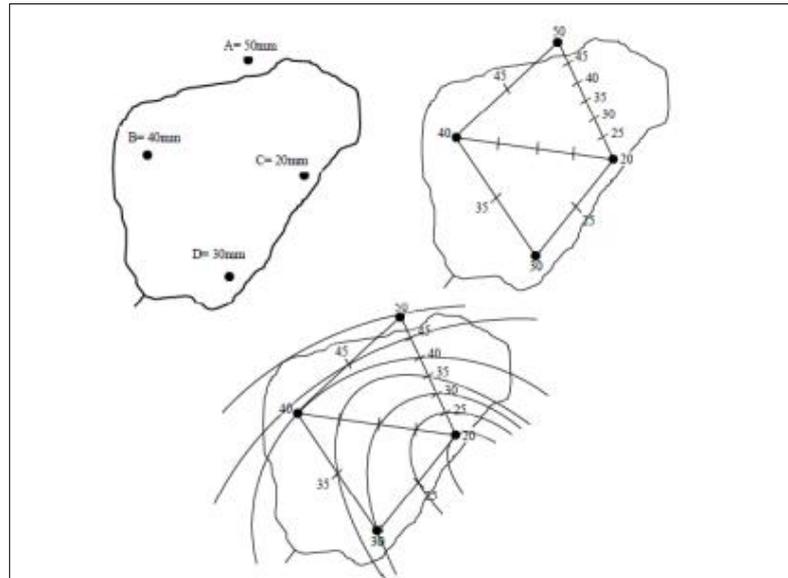
R = Curah hujan rata – rata (mm)

R_1, R_2, R_n = Curah hujan pada stasiun 1,2,.....,n

A_1, A_2, A_n = Luas daerah pada polygon 1,2,.....,n

2.4.3 Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik –titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet tersebut. Contoh pengukuran hujan rerata dengan metode isohyet dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Metode Isohyet (Triatmodjo, 2008)

Metode isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rerata di suatu daerah, tetapi cara ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibandingkan dengan dua metode sebelumnya. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis:

$$R = \frac{A_1 \frac{I_1 I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

R = Curah hujan rata-rata (mm)

I₁, I₂, ..., I_n = Garis isohyet 1, 2, ..., n, n+1

A₁, A₂, ..., A₃ = Luas daerah yang dibatasi oleh isohyet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ... n dan n+1

2.5 Analisis Frekuensi Distribusi Hujan

Dari perhitungan curah hujan rata-rata DAS, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran data curah hujan yang sesuai dengan pola sebaran data curah hujan rata-rata. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Deviasi Standar (Sd)

Rumus:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Sd = Standar Deviasi

Ri = Nilai varian ke i

\bar{R} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

2. Koefisien *skewness* (Cs)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang memperlihatkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Rumus:

$$Cs = \frac{n \sum (Ri - \bar{R})}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

n = Jumlah data

Ri = Nilai varian ke i

\bar{R} = Nilai rata-rata varian

Sd = Standar Deviasi

3. Koefisien *Kurtosis* (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus:

$$Ck = \frac{n \sum (Ri - \bar{R})^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

Ck = Koefisien Kurtosis

Ri = Nilai varian ke i

\bar{R} = Nilai rata-rata varian

Sd = Standar Deviasi

4. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien Variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi.

Rumus:

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Cv = Koefesien Variasi

Sd = Standar Deviasi

\bar{R} = Nilai rata-rata varian

2.6 Periode ulang dan Analisis Frekuensi

Periode ulang adalah waktu perkiraan dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Besarnya debit hujan untuk fasilitas drainase tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang digunakan. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan yang disamai atau dilampaui. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, antara lain :

a. Distribusi Normal

Distribusi Normal disebut pula distribusi Gauss. Secara sederhana, persamaan distribusi normal dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T + S \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T – tahunan

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi Standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang

Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 2.1 nilai variable reduksi Gauss sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Nilai variabel reduksi Gauss (Bonnier, 1980)

| No. | Periode Ulang T (<i>tahun</i>) | Peluang | K_T |
|-----|----------------------------------|---------|-------|
| 1 | 1,001 | 0,999 | -3,05 |
| 2 | 1,005 | 0,995 | -2,58 |
| 3 | 1,010 | 0,990 | -2,33 |
| 4 | 1,050 | 0,950 | -1,64 |
| 5 | 1,110 | 0,900 | -1,28 |
| 6 | 1,250 | 0,800 | -0,84 |
| 7 | 1,330 | 0,750 | -0,67 |
| 8 | 1,430 | 0,700 | -0,52 |
| 9 | 1,670 | 0,600 | -0,25 |
| 10 | 2,000 | 0,500 | 0 |
| 11 | 2,500 | 0,400 | 0,25 |
| 12 | 3,330 | 0,300 | 0,52 |
| 13 | 4,000 | 0,250 | 0,67 |
| 14 | 5,000 | 0,200 | 0,84 |
| 15 | 10,000 | 0,100 | 1,28 |
| 16 | 20,000 | 0,050 | 1,64 |
| 17 | 50,000 | 0,020 | 2,05 |
| 18 | 100,000 | 0,010 | 2,33 |
| 19 | 200,000 | 0,005 | 2,58 |
| 20 | 500,000 | 0,002 | 2,88 |
| 21 | 1,000,000 | 0,001 | 3,09 |

b. Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \text{Log } X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi log normal. Persamaan distribusi log normal dapat ditulis dengan:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T + S \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T – tahunan

Y_T = Log X

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang. Nilai

K_T dapat dilihat pada Tabel 2.1 nilai variabel reduksi Gauss.

c. Distribusi Log Pearson Tipe III

Persamaan distribusi Log Pearson Tipe III hampir sama dengan persamaan distribusi Log Normal, yaitu sama-sama mengkonversi ke dalam bentuk logaritma.

$$KT = \bar{X} + KT + S \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana besarnya nilai KT tergantung dari koefisien kemencengan G. Tabel 2.2 memperlihatkan harga KT untuk berbagai nilai kemencengan G. Jika nilai G sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Tabel 2. 3 Nilai KT untuk distribusi Log-person III (Suripin, 2004)

| Koef. G | Interval kejadian (periode ulang) | | | | | | | |
|---------|-----------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10,101 | 1,25 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| | Persentase peluang terlampaui | | | | | | | |
| | 99 | 80 | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| 3,0 | -0,667 | -0,636 | -0,396 | 0,420 | 1,18 | 2,278 | 3,152 | 4,051 |
| 2,8 | -0,714 | -0,666 | -0,384 | 0,460 | 1,21 | 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 | 2,24 | 2,970 | 3,705 |
| 2 | -0,99 | -0,777 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,892 | 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 | 2,78 | 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 | 1,34 | 2,087 | 2,626 | 3,149 |
| 1,0 | -1,588 | -0,852 | -0,164 | 0,758 | 1,34 | 2,043 | 2,542 | 3,022 |

d. Distribusi Gumbel

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

Sd = Standar Deviasi

Xi = Nilai Varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

2. Perhitungan nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana

K = Faktor frekuensi

Y_n = Harga rata-rata *reduce variate*

S_n = Reduced standart deviation

Y_t = *Reduced variated*

Besarnya nilai S_n , Y_n , dan Y_{Tr} dapat dilihat pada Tabel 2.3; Tabel 2.4; Tabel 2.5 sebagai berikut

Tabel 2. 4 Reduced Standard Deviation (S_n) (Soewarno, 1995)

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,9496 | 0,9676 | 0,9833 | 0,9971 | 10,095 | 10,206 | 10,316 | 10,411 | 10,493 | 10,565 |
| 20 | 10,628 | 10,696 | 10,754 | 10,811 | 10,864 | 10,915 | 10,961 | 11,004 | 11,047 | 11,080 |
| 30 | 11,124 | 11,159 | 11,193 | 11,226 | 11,255 | 11,285 | 11,313 | 11,339 | 11,363 | 11,388 |
| 40 | 11,413 | 11,436 | 11,458 | 11,480 | 11,499 | 11,519 | 11,538 | 11,557 | 11,574 | 11,590 |
| 50 | 11,607 | 11,623 | 11,638 | 11,658 | 11,667 | 11,681 | 11,696 | 11,708 | 11,721 | 11,734 |
| 60 | 11,747 | 11,759 | 11,770 | 11,782 | 11,793 | 11,803 | 11,814 | 11,824 | 11,834 | 11,884 |
| 70 | 11,854 | 11,863 | 11,873 | 11,881 | 11,890 | 11,898 | 11,906 | 11,915 | 11,923 | 11,930 |
| 80 | 11,938 | 11,946 | 11,953 | 11,959 | 1,967 | 11,973 | 1,198 | 11,987 | 11,994 | 12,001 |
| 90 | 12,007 | 12,013 | 12,020 | 12,026 | 12,032 | 12,038 | 12,044 | 12,049 | 12,055 | 12,061 |
| 100 | 12,065 | 12,069 | 12,073 | 12,077 | 12,081 | 12,084 | 12,087 | 12,090 | 12,093 | 12,096 |

Tabel 2. 5 Reduced Mean (Y_n) (Soewarno, 1995)

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,4952 | 0,4996 | 0,5035 | 0,5070 | 0,511 | 0,5128 | 0,5157 | 0,5181 | 0,5202 |
| 20 | 0,5236 | 0,5252 | 0,5268 | 0,5283 | 0,5296 | 0,5309 | 0,5320 | 0,5532 | 0,5343 |
| 30 | 0,5362 | 0,5371 | 0,5380 | 0,5388 | 0,8396 | 0,5403 | 0,5410 | 0,5418 | 0,5424 |
| 40 | 0,5436 | 0,5442 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5463 | 0,5468 | 0,5473 | 0,5477 |
| 50 | 0,5485 | 0,5489 | 0,5493 | 0,5497 | 0,5501 | 0,5504 | 0,5508 | 0,5511 | 0,5515 |
| 60 | 0,5521 | 0,5524 | 0,5527 | 0,5530 | 0,5533 | 0,5535 | 0,5538 | 0,5540 | 0,5543 |
| 70 | 0,5548 | 0,5550 | 0,5552 | 0,5555 | 0,5557 | 0,5559 | 0,5561 | 0,5563 | 0,5565 |
| 80 | 0,5569 | 0,5570 | 0,5572 | 0,5574 | 0,5576 | 0,5578 | 0,558 | 0,5581 | 0,5583 |
| 90 | 0,5586 | 0,5587 | 0,5589 | 0,5591 | 0,5592 | 0,5593 | 0,5595 | 0,5596 | 0,5598 |
| 100 | 0,5560 | 0,5602 | 0,5603 | 0,5604 | 0,5606 | 0,5607 | 0,5608 | 0,5609 | 0,5610 |

Tabel 2. 6 Reduced Variate (YTr) (Soewarno, 1995)

| Periode Ulang Tr (tahun) | <i>Reduced variate YTr</i> | Periode Ulang Tr (tahun) | <i>Reduced Variate Ytr</i> |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 2 | 0,3668 | 100 | 46,012 |
| 5 | 15,004 | 200 | 52,969 |
| 10 | 2,251 | 250 | 55,206 |
| 20 | 29,709 | 500 | 62,149 |
| 25 | 31,993 | 1000 | 69,087 |
| 50 | 39,028 | 5000 | 85,188 |
| 75 | 43,117 | 10000 | 92,121 |

2.7 Uji Distribusi Data Hujan

Uji distribusi data hujan dimaksudkan agar mengetahui besarnya penyimpangan dari hasil perhitungan XT maka diuji dengan metode Smirnov-Kolmogorov. Uji Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan distribusi tertentu. Preosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Urutkan data (dari besar ke kecil) dan tentunya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X1 = P(X1)$$

$$X2 = P(X2)$$

$$X3 = P(X3) \text{ dan seterusnya.}$$

- b. Urutkan masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

$$X1 = P'(X1)$$

$$X2 = P'(X2)$$

$$X3 = P'(X3) \text{ dan seterusnya}$$

- c. Dari hasil kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D \text{ maksimum} = P(Xn) - P'(Xn)$$

- d. Berdasarkan Tabel 2.6 nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga D_0 .

Tabel 2. 7 Nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004)

| N | Derajat Kepercayaan (α) | | | |
|----|----------------------------------|------|------|------|
| | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
| 5 | 0,45 | 0,51 | 0,56 | 0,67 |
| 10 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,49 |
| 15 | 0,27 | 0,3 | 0,34 | 0,4 |
| 20 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,36 |
| 25 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 |
| 30 | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,29 |
| 35 | 0,18 | 0,2 | 0,23 | 0,27 |
| 40 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,24 |
| 50 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |

Apabila nilai D maksimum lebih kecil dari D_0 , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menetapkan persamaan distribusi dapat diterima. Apabila $D_{maksimum}$ lebih besar dari D_0 , maka secara teoritis pula distribusi yang dipakai dapat diterima.

1. D maksimum = Nilai yang digunakan sebagai perbandingan nilai D_0 yang berfungsi sebagai kelanjutan dari metode log normal dengan menggunakan rumus uji Smirnov kolmagorov sebagai dasar kelanjutan perhitungan selanjutnya
2. D_0 = Selisih simpangan antara dsitribusi teoritis dengan empiris (percobaan)
3. Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut:
 - a. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima
 - b. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
 - c. Apabila peluang berada diantara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu tambahan data.

2.8 Daerah tangkapan hujan (*catchment area*)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase

yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh disuatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya/elevasi permukaan tanah suatu wilayah di sekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan kesaluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*catchment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau.

2.9 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan Analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

2.10 Debit Rencana

Debit air hujan/limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Di daerah dimana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS.

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak pada penelitian ini adalah metode *Hidrograf Satuan Snyder*.

Pada tahun 1938, *F. F Snyder* dari Amerika Serikat telah mengembangkan rumus empiris dengan koefisien-koefisien empiris yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran (Syarifudin, 2017).

Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan A = luas daerah pengaliran (km^2), L = panjang aliran utama (km), LC = jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (*outlet*) yang diukur sepanjang aliran utama. Dengan unsur-unsur tersebut maka *Snyder* membuat rumus-rumusnya sebagai berikut:

$$t_p = C_t (L.L_c) \dots \dots \dots (2.14)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5,5} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$Q_p = 2,78 \frac{C_p \times A}{t_p} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$t_b = 72 + 3 t_p \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana:

t_p = waktu mulai titik berat hujan sampai debit puncak (jam)

t_r = lama curah hujan efektif (jam)

Q_p = debit maksimum total

t_b = waktu dasar hidrograf

Nilai koefisien waktu (C_t) dan koefisien debit (C_p) harus ditentukan secara empiris, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan yang lain. Besarnya $C_t = 0,75-3,00$ sedangkan $C_p = 0,90-1,40$. Lamanya hujan efektif $t_r' = t_p/5,5$ dimana t_r diasumsi 1 jam. Jika $t_r' > t_r$ (asumsi) dilakukan koreksi terhadap t_p

$$t_p' = t_p + 0,25(t_r - t_r') \dots \dots \dots (2.18)$$

maka:

$$t_p = t_p' + \frac{t_r}{2} \dots \dots \dots (2.19)$$

Jika $t_r' < t_r$ (asumsi), maka:

$$t_p = t_p' + \frac{t_r}{2}$$

Menentukan grafik hubungan antara Q_p dan t (UH) berdasarkan persamaan *alexeyev*:

$$Q = Y \cdot Q_p \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

$$Y = 10^{-a(1-x)^2/x} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$X = \frac{T}{T_p} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$a = 1,32a^2 + 0,1a + 0,045 \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\lambda = (Q_p \times T_p)/(hxa) \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

Q = debit dengan periode hidrograf

Y = perbandingan debit periode hidrograf dengan debit puncak

X = perbandingan waktu periode hidrograf dengan waktu mencapai puncak banjir

Setelah λ dan a dihitung, maka nilai y untuk masing-masing X dapat dihitung (dengan membuat tabel), dari nilai-nilai tersebut diperoleh $t = X \cdot T_p$ dan $Q = y \cdot Q_p$ selanjutnya dibuat grafik hidrograf satuan.

2.11 Penampang Melintang Saluran Ideal

Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar. Nilai R dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Untuk mencari debit aliran pada saluran dapat menggunakan rumus:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana:

Q = debit aliran pada saluran (m^3/det)

V = kecepatan aliran (m/dt)

A = luas penampang basah saluran (m^2)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana:

n = koefisien manning

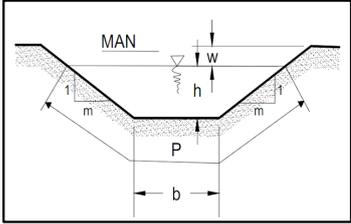
- R = jari-jari hidrolis
 S = kemiringan saluran

Nilai koefisien Manning dapat dicari dengan melihat Tabel 2.7 berikut ini:

Tabel 2. 8 Nilai Koefisien Manning (Fifi Sofia, 2006)

| Material saluran | Manning n |
|---|-------------|
| Saluran tanpa pasangan | |
| Tanah | 0,020-0,025 |
| Pasir dan kerikil | 0,025-0,040 |
| Dasar saluran batuan | 0,025-0,035 |
| Saluran dengan pasangan | 0,015-0,017 |
| Semen mortar | 0,011-0,015 |
| Beton | |
| pasangan batu adukan basah | 0,022-0,026 |
| pasangan batu adukan kering | 0,018-0,022 |
| Saluran pipa | 0,011-0,015 |
| Pipa beton sentrifugal | 0,011-0,015 |
| Pipa beton | |
| Pipa beton bergelombang | 0,011-0,015 |
| Liner plates | 0,013-0,017 |
| Saluran terbuka | |
| Saluran dengan plengsengan | |
| a. Aspal | 0,013-0,017 |
| b. Pasangan bata | 0,012-0,018 |
| c. Beton | 0,011-0,020 |
| d. Riprap | 0,020-0,035 |
| e. Tumbuhan | 0,030-0,040 |
| Saluran galian | |
| Earth, straight dan uniform | 0,020-0,030 |
| Tanah, lurus dan seragam | 0,025-0,010 |
| Tanah cadas | 0,030-0,015 |
| Saluran tak terpelihara | 0,050-0,14 |
| Saluran alam (sungai kecil, lebar atas saat banjir < 3 m) | |
| Penampang agak teratur | 0,03-0,070 |
| Penampang tak teratur dengan palung sungai | 0,010-0,100 |

Bentuk penampang saluran yang digunakan berdasarkan kapasitas saluran sebagai berikut:

| Gambar Penampang Saluran | Jenis Penampang Saluran |
|---|---|
|  | <p>Penampang Trapesium</p> $A = h (b + m \cdot h)$ $P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{m^2 + 1}$ $R = \frac{A}{P}$ $Q = A \cdot V$ |

Gambar 2.5 Bentuk dimensi saluran

2.12 Analisis Hidrolika

Hidrolika merupakan ilmu terapan dan teknik yang mempelajari sifat-sifat mekanis fluida dan juga mempelajari aliran air secara mikro maupun makro. Mekanika fluida merupakan dasar teori hidrolika yang fokus pada rekayasa sifat-sifat fluida. Dalam tenaga fluida, hidrolika digunakan untuk tenaga pembangkit, kontrol dan perpindahan tenaga menggunakan fluida yang dimampatkan. (Bambang Triatmodjo, 2008).

Ditinjau dari mekanika aliran, terdapat dua macam aliran yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka. Dua macam aliran tersebut dalam banyak hal mempunyai kesamaan tetapi berbeda dalam satu ketentuan penting. Perbedaan tersebut adalah pada keberadaan permukaan bebas, aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas, sedangkan aliran saluran tertutup tidak mempunyai permukaan bebas karena air mengisi seluruh penampang saluran.

Dengan demikian aliran saluran terbuka mempunyai permukaan yang berhubungan dengan atmosfer, sedangkan aliran tertutup tidak mempunyai hubungan langsung dengan tekanan atmosfer. Seperti yang telah kita ketahui, air mengalir dari hulu ke hilir sampai mencapai suatu elevasi permukaan air tertentu, kecuali ada gaya yang menyebabkan aliran ke arah sebaliknya. Pada umumnya perencanaan saluran ditunjukkan untuk karakteristik saluran buatan, namun konsep hidrolika dapat juga diterapkan sama baiknya pada saluran alam.