BAB II
STUDI LITERATUR

2.1 Kondisi Lokasi Studi

Blitar adalah salah satu kabupaten di provinsi Jawa Timur, Indonesia. Pusat pemerintahan kabupaten ini berada di Kanigoro setelah sebelumnya satu wilayah dengan Kota Blitar. Terdapat berbagai kondisi yang dapat dipaparkan mengenai kabupaten Blitar Jawa timur sendiri adalah sebagi berikut.

2.1.1 Topografi Kabupaten Blitar

Kabupaten Blitar secara topografi memiliki keadaan yang bervariasi yaitu daratan, perbukitan, pegunungan dan pantai dengan ketinggian rendah rata-rata 167 mdpl. Adapun mengenai persebarannya, kondisi topografi kabupaten Blitar sebagai berikut.

1. Wilayah kabupaten Blitara utara memiliki kemiringan dari 2-15 %, 15-40 % dan lebih besar dari 40 %, dengan keadaan wilayah bergelombang sampai dengan berbukit. Mengingat bagian utara kab. Blitar bagian dari gunung kelud dan gunung butak.
2. Wilayah tengah kabupaten Blitar umumnya relatif datar dengan kelerengan 0-20% dan sebelah timur memiliki kemiringan rata-rata 2-15%.
3. Wilayah selatan kabupaten Blitar sebagian besar merupakan wilayah perbukitan dengan kelerengan rata-rata 15-40% dan hanya sekitar DAS Berantas topografinya agak landai yaitu 0-2% saja.

Berdasarkan morfologi secara umum kabupaten blitar termasuk jenis morfologi pegunungan, daratan dan perbukitan. Ketinggian dari morfologi pegunungan kab. Blitar yaitu sekitar ±167 sampai dengan ±2800 mdpl dan morfologi perbukitannya berada di ketinggian ±100 sampai dengan ±350 mdpl (Sumber: Omar B, 2013).

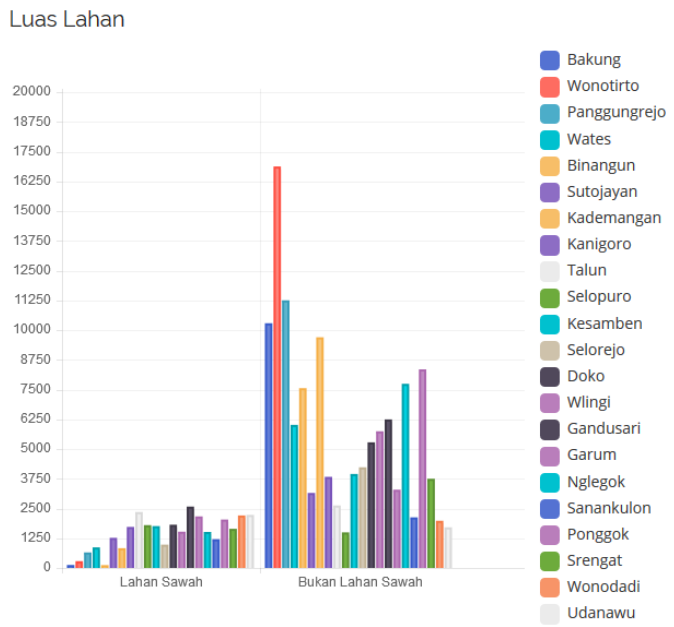
2.1.2 Geografis Kabupaten Blitar

Secara geografis Kabupaten Blitar terletak pada 111 25’ – 112 20’ BT dan 7 57-8 9’51 LS berada di barat daya. Kabupaten Blitar terletak diantara tiga gunung tipe *stratovolcano* tinggi, yaitu gunung kelud, butak dan gunung kawi yang dimana

gunung kelud merupakan gunung api aktif dan gunung kawi-butak merupakan gunung api tak aktif. Jarak dari ibu kota provinsi Jawa Timur – Surabaya kurang lebih 160 Km. Batas dari kabupaten Blitar ialah :

Sebelah Utara : Kabupaten Kediri Dan Kabupaten Malang
Sebelah Timur : Kabupaten Malang
Sebelah Selatan : Samudra Hindia
Sebelah Barat : Kabupaten Tulungagung Dan Kabupaten Kediri

Kabupaten Blitar memiliki luas wilayah 1.588.79 Km^2 dengan tata guna tanah terinci sebagai sawah, pekarangan, perkebunan, tambak, tegal, hutan, kolam Ikan dan lain-lain. Kabupaten Blitar juga terpisah menjadi dua bagian yang dibatasi oleh aliran sungai Brantas, yaitu sungai terbesar kedua di jawa timur setelah Bengawan solo sehingga kabupaten Blitar terbagi atas Blitar Utara dan Blitar Selatan.



Gambar II. 1 Luas lahan pertanian kab. Blitar 2015
Sumber : http://www.Blitarkab.go.id/infografis-pertanian-2015/

Kabupaten Blitar dengan luas 158.879 Ha, apabila di lihat dari Gambar II.1 penggunaan lahan tampak bahwa 19,95% merupakan luas sawah dan 80,05% merupakan bukan lahan sawah. Seiring dengan penggunaan lahan non sawah yang tinggi, Blitar memiliki Pertumbuhan industi pengolahan bahan mentah menjadi bahan jadi yang pesat seperti pabrik gula, pabrik terigu dan pabrik kain.

2.1.3 Klimatologi

Seperti pada daerah lainnya di indonesia, kabupaten Blitar memiliki iklim tropis dengan dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Suhu rata-rata kabupaten blitar mencapai 22^0-29^0 C pada dataran rendah dan suhu terendah pegunungan mencapai 18^0 C.

Kategori Iklim dari kabupaten Blitar termasuk kedalam tipe D menurut pengkategorian *Schmidt-Ferguson*. Pencarian rata-rata bulan kering atau bulan basah dalam klasifikasian iklim Schmidt-Ferguson dilakukan dengan membandingkan jumlah/frekwensi bulan kering atau bulan basah selama tahun pengamatan dengan banyaknya tahun pengamatan (Safi'i, 1995). dimana tingkat kebasahan sedang dengan nilai *quotient* (Q) =66,67%.

Sumber:http://rizalanggaramukti.blogspot.com/2014/11/iklim-kabupaten-blitar.html

Schmidt dan Ferguson (1951) membagi tipe-tipe iklim dan jenis vegetasi yang tumbuh pada daerah dengan tipe iklim tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel II. 1 Jenis Vegetasi Schmidt dan Ferguson

Tipe Iklim	Tingkat Kebasahan	Jenis Vegetasi
Iklim A	Sangat Basah	Hutan hujan tropis
Iklim B	Basah	Hutan hujan tropis
Iklim C	Agak Basah	Hutan dengan jenis tanaman menggugurkan daun dimusim kemarau
Iklim D	Sedang	Hutan musim
Iklim E	Agak Kering	Hutan savana
Iklim F	Kering	Hutan savana
Iklim G	Sangat Kering	Padang ilalang
Iklim H	Ekstrim Kering	Padang ilalang

Sumber : http://rizalanggaramukti.blogspot.com/2014/11/iklim-kabupaten-blitar.html

2.1.4 Geologi

Geologis tanah daerah Blitar berupa tanah vulkanik yang mengandung abu ledakan gunung berapi, pasir dan napal (batu kapur bercampuran tanah liat). Warnanya kelabu kekuning-kuningan. Sifatnya masam, gembur dan peka terhadap erosi. Tanah semacam itu disebut tanah regosol yang dapat digunakan tuntuk penanaman tanaman musiman seperti padi, tebu, tembakau dan sayur-sayuran. Disebelah

Selatan sungai Brantas (daerah Blitar selatan) jenis tanahnya berbeda, tanahmya tergolong grumusol. Tanah grumusol merupakan batu-batuan endapan yang berkapur di daerah bukit maupun gunung yang sifatnya basah.

Sumber : https://blog.ub.ac.id/bhismoasmoro/sekilas-kabupaten/letak-geografis/

2.1.5 Kependudukan

Penduduk sebagai salah satu sumber daya pembangunan daerah sangatlah berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi, sosial, dan budaya daerah setempat. Oleh karenanya data kependudukan diperlukan untuk menghitung kepadatan penduduk di kabupaten Blitar. Tabel data Per-kecamatan sekabupaten Blitar jumlah penduduk per-luas wilayah ialah sebagai berikut

Tabel II. 2 Luas Wilayah, Penduduk, dan Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan, 2014

Kecamatan	Luas Wilayah Area	Jumlah Penduduk Population	Kepadatan (Jiwa/Km^2)
	(Km^2)	(Jiwa)	
Bakung	111,24	25 463	229
Wonotirto	164,54	35 552	216
Panggungrejo	119,04	41 215	346
Wates	68,76	28 141	409
Binangun	76,79	42 733	556
Sutojayan	44,20	47 670	1 079
Kademangan	105,28	64 960	617
Kanigoro	55,55	76 108	1 370
Talun	49,78	60 427	1 214
Selopuro	39,29	39 759	1 012
Kesamben	56,96	48 444	850
Selorejo	52,23	34 924	669
Doko	70,95	37 747	532
Wlingi	66,36	50 168	756
Gandusari	88,23	66 516	754
Garum	54,56	64 337	1 179
Nglegok	92,56	69 385	750

Kecamatan	Luas Wilayah Area	Jumlah Penduduk Population	Kepadatan (Jiwa/Km^2)
	(Km^2)	(Jiwa)	
Sanankulon	33,33	55 242	1 657
Ponggok	103,83	100 303	966
Srengat	53,98	64 441	1 194
Wonodadi	40,35	46 744	1 158
Udanawu	40,98	40 514	989
Kabupaten Blitar	1 588,79	1 140 793	718

Sumber :BPS Kabupaten Blitar tahun 2014

Tabel II. 3 Proyeksi Penduduk Menurut Jenis Kelamin, 2014 - 2020

Tahun Year	Laki-laki Male	Perempuan Female	Jumlah Total
[1]	[2]	[3]	[7]
2014	571 303	569 490	1 140 793
2015	573 707	571 689	1 145 396
2016	575 877	573 833	1 149 710
2017	578 015	575 788	1 153 803
2018	579 925	577 575	1 157 500
2019	581 481	579 196	1 160 677
2020	583 075	580 714	1 163 789

Sumber :BPS Kabupaten Blitar tahun 2014

2.1.6 Permasalahan

Seperti pada kabupaten dan kota lainnya di indonesia kabupaten blitar memiliki permasalahan umum dan khusus mengenai bencana alam yang timbul baik disengaja maupun karena alam itu sendiri. Contoh bencana alam yang sering muncul di kabupaten Blitar ialah banjir, banjir lahar dingin, tanah longsor, meletusnya gunung kelud, angin topan dll. Berikut ini merupakan dokumentasi bencana alam yang terjadi di kabupaten Blitar.

Gambar II. 2 Bencana alam yang sering terjadi di kabupaten Blitar
Sumber : bangsaonline.com

Selain bencana alam, permasalahan non bencana seperti permasalahan lapangan kerja yang secara kuantitas masih kurang, sistem irigasi yang dominan masih tradisional (seadanya), angka kemiskinan penduduk masih di atas 10% dan lain-lain. (Sumber : BPS Kab.Blitar, 2013)

2.2 Drainase

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. (Suripin, 2004)

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suar kawasan ke badan air penerima. Sedangkan drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak menganggu dan/atau merugikan masyarakat (Permen PU No.12 Th 2014).

Konsep dari drainase atau pengatusan air ialah mengatuskan air berlebih ke badan air terdekat. Air kelebihan secepatnya dialirkan ke saluran drainase, kemudian ke

sungai dan akhirnya ke laut, sehingga tidak menimbulkan genangan atau banjir. (Ir.Agus Maryono, 2008)

2.2.1 Macam- Macam Drainase

Macam-macam drainase bedasarkan asal mula, konstruksi dan fungsinya adalah sebagai berikut :

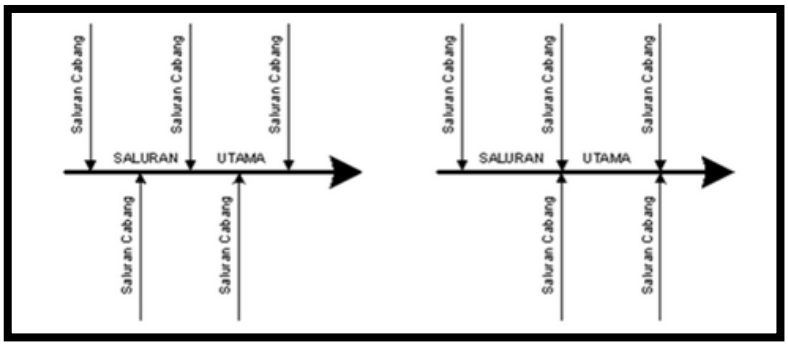
1. Menurut asalnya
   - Saluran alam, merupakan saluran drainase yang terbentuk sendiri tanpa campur tangan manusia.
   - Saluran buatan, merupakan saluran drainase buatan yang memiliki dimensi dan sistem yang telah ditentukan.
2. Menurut konstruksi
   - Saluran terbuka, merupakan saluran drainase yang dapat menanyalurkan air limpasan dari permukaan tanah
   - Saluran tertutup, ialah saluran yang diperuntukan khusus untuk di bawah permukaan tanah dan atau tanpa ada zat tambahan (kedap udara)
3. Menurut fungsi
   - *Single purpose* ialah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan.
   - *Multi purpose* ialah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

2.2.2 Pola Jaringan Drainase

Pola jaringan drainase terbagi atas lima pola yaitu :

1. Pola Jaringan Siku

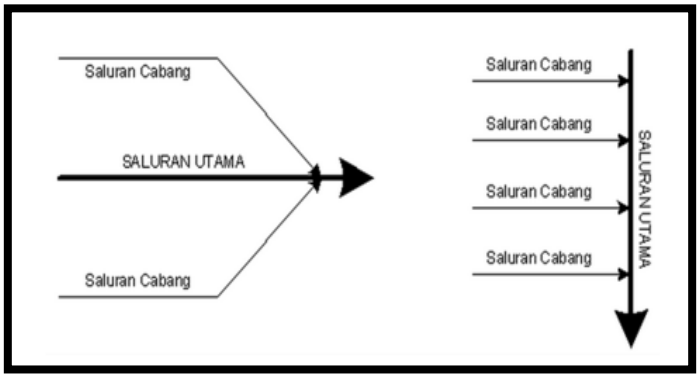
   Pola jaringan ini dibuat pada daerah yang mempunya topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai dan sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada di tengah kota.



Gambar II. 3 Pola Jaringan Siku

2. Pola Jaringan Paralel

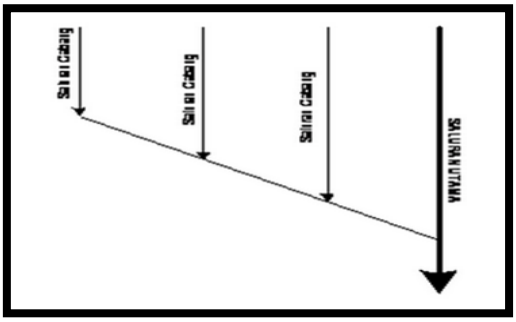
   Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan umumnya pendek



Gambar II. 4 Pola jaringan Paralel

3. Pola Jaringan *Grid Iron*

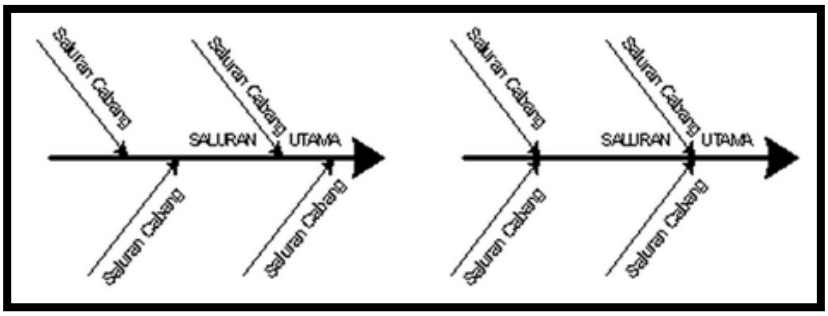
   Pola ini untuk daerah dimana sungaiinya terletak di pinggir kota/ pemukiman sehingga saluran-saluran sekunder dapat terkumpul pada saluran pengumpul.



Gambar II. 5 Pola Jaringan Grid Iron

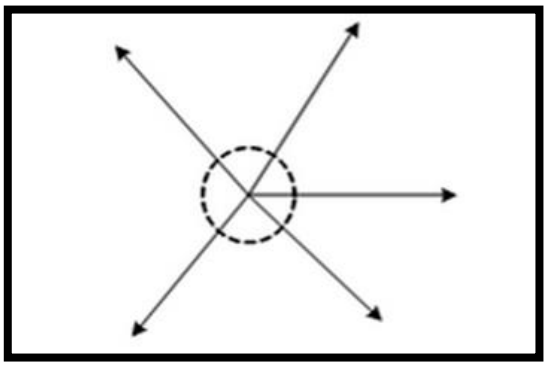
4. Pola Alamiah

   Pola ini sama dengan pola siku hanya saja lebih banyak menimbulkan gerusan serta sendimentasi karena terjadinya penambahan kecepatan setiap *juction* dari saluran ini.



Gambar II. 6 Pola Jaringan Alamiah

5. Pola Jaringan Radial Pola ini mengarah pada segala arah dengan awal pada titik pusat. Pola ini sering digunakan pada daerah perbukitan.



Gambar II. 7 Pola Jaringan Radial

2.2.3 Sistem Drainase Perkotaan

Sistem drainase perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan sarana drainase perkotaan (Kepmen PU No 12 PRT/M/2014). Sistem drainase dibagi atas 3 yaitu :

1. Sistem drainase lokal

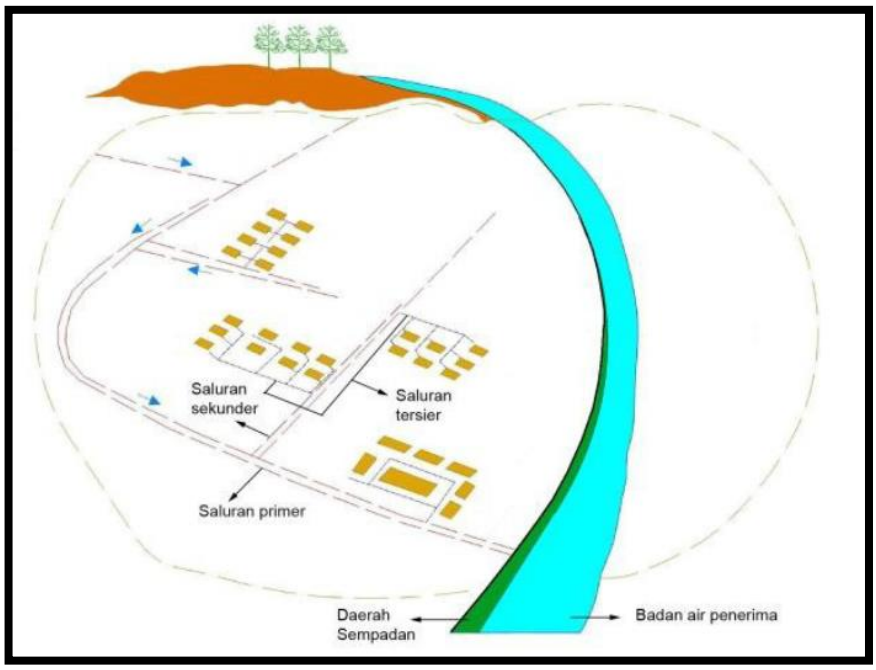
   Yaitu saluran awal yang melayani suatu kawasan tertentu seperti komplek, pemukiman, area pasar, perkantoran, pabrik dll. Sistem ini melayani area >10 Ha.

2. Sistem drainase utama

   Yaitu saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkapnya yang melayani sebagian besar kepentingan warga masyarakat. Contoh bangunannya seperti sungai, pintu air, selokan, parit dll.

3. Pengendalian banjir *(flood control)*

   Yaitu sebagai mengendalikan aliran air sungai agar tidak terjadi limpasan akibat debit banjir yang terjadi, contoh dari pengendali banjir adalah setu, danau buatan, kanal banjir, tanggul, *water basin* dll.



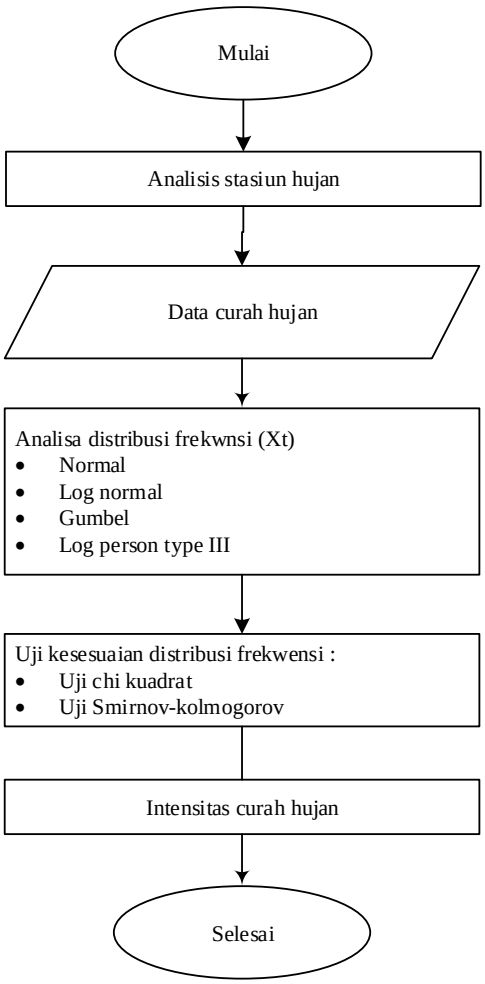
Gambar II. 8 Sistem drainase perkotaan
Sumber : https://www.infosipil.com/2017/10/drainase-perkotaan.html

2.3 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi menurut ruang serta waktu, termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan maupun manajemen (Singh, 1992).

Analisis hidrologi diperlukan untuk menghitung debit banjir atau limpasan yang terjadi di suatu daerah aliran sungai (DAS) atau daerah tangkapan air (DTA)

tertentu dengan memperhitungkan kuantitas air hujan yang terjadi di DAS tersebut. Dalam analisis hidrologi terdapat beberapa tahapan yang disajikan dalam diagram alur pada gambar II.9.



Gambar II. 9 Diagram alur analisis hidrologi

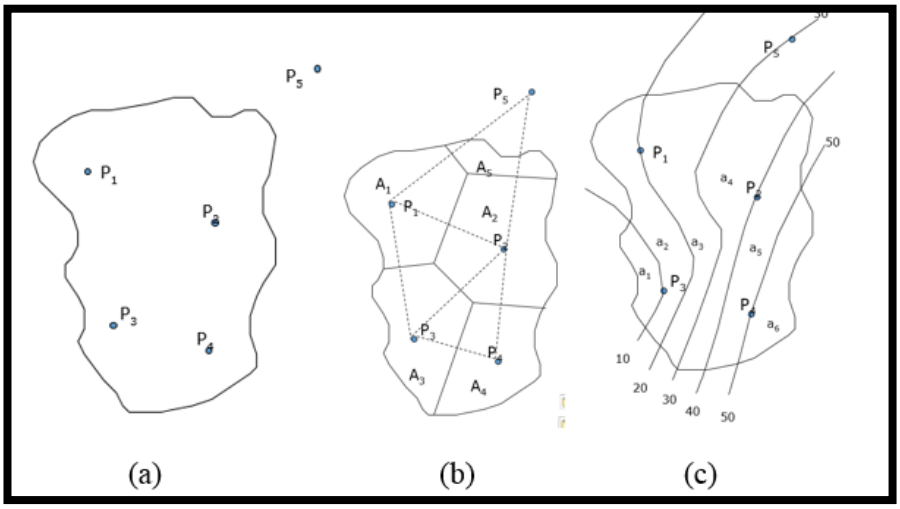
2.3.1 Frekwensi Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Curah hujan rencana dihitung berdasarkan distribusi atau sebaran curah hujan harian maksimum selama (minimal) 10 tahun berturut-turut.

Dalam perhitungan banjir, data hujan yang diperlukan adalah tinggi curah hujan darian maksimum, internsitas hujan dengan berbagai durasi curah hujan, pola distribuysi curah hujan, jaringan pos hujan yang mampu memantau karakteristik hujan di dalam DAS dengan periode pencatatan curah hujan yang memadai. (SNI 2415:2016)

1. Curah hujan rata-rata

   Presipitasi adalah proses jatuhnya butiran air atau kristal es ke permukaan bumi (Lakitan,1994: 129). Pengukuran curah hujan tentunya setiap statiun hujan tidak 100% data terpenuhi atau hilang, maka dalam menentukan curah hujan rata-rata yang terjadi pada titik tinjau di luar jangkauan stasiun hujan perlu adanya perhitungan dengan metode-metode sebagai berikut.



Gambar II. 10 luasan daerah turunnya hujan (a) metode aljabar, (b) metode Theissen & (c) metode isohiyet

a. Metode rata-rata aljabar

   Jika hujan diukur pada berbagai stasiun dalam suatu DAS menunjukkan sedikit variasi, hujan rata-rata sepanjang daerah tangkapan dapat dihitung dengan menggunakan rata-rata aritmatika dari nilai-nilai stasiun. Rumus dari metode rata-rata aljabar ialah sebagai berikut.

$$R = \frac{P1+P2+P3+Pn}{n} \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

b. Metode Theissen

Metode ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan untuk mengimbangi tidak meratanya distribusi alat ukur dengan faktor pembobot (weighting factor). Dalam arti bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan untuk suatu daerah dengan luasan tertentu, dimana luasan merupakan faktor pembobot untuk hujan di stasiun terkait. Rumus dari metode Theissen ialah sebagai berikut.

$$R = \frac{(A_1.P_1)+(A_2.P_2)+ \ldots.+(A_n.P_n)}{A_1+A_2+ \ldots+A_n} \quad \text{.....} (2.2)$$

c. Metode Isohiyet

Metode Isohyet mempertimbangkan pengaruh *orographic* pada hujan. Hujan *orographic* terjadi akibat uap air yang naik dan terangkat ke tempat lebih tinggi dikarenakan adanya penahan berupa gunung/bukit sehingga terjadi pendinginan, kondensasi, dan hujan. Rumus dari metode isohiyet ialah sebagai berikut.

$$R = \frac{a_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)+a_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)+\cdots+a_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A} \quad \text{.....} (2.3)$$

Keterangan.

R = Curah hujan rata-rata

A = luas area yang di tinjau

P = curah hujan pada stasiun

2. Frekwensi hujan

Untuk mendapatkan frekwensi hujan rancangan (X_T) dapat dilakukan analisa frekwensi dengan bebearapa metode antara lain.

a. Metode distribusi normal

Rumus dari metode distribusi normal atau disebut distribusi Gauss dapat di tulis sebgai berikut.

$$X_T = \overline{X} + k.S_x \quad \text{.....} (2.4)$$

Dengan Sx:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum\left(Xi - \overline{X}\right)^2}{n-1}}$$

Keterangan:

XT = Besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\overline{X}$ = Rata-rata hitung varian

Sx = Standard deviasi

k = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss tabel II.1)

Tabel II. 4 Nilai variabel reduksi Gauss

Periode ulang T (tahun)	Peluang	Ktr
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.010	0.990	-2.33
1.050	0.950	-1.64
1.110	0.900	-1.28
1.250	0.800	-0.84
1.330	0.750	-0.67
1.430	0.700	-0.52
1.670	0.600	-0.25
2.000	0.500	0
2.500	0.400	0.25
3.330	0.300	0.52
4.000	0.250	0.67
5.000	0.200	0.84
10.000	0.100	1.28
20.000	0.050	1.64
50.000	0.020	2.05
100.000	0.010	2.33
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1,000.000	0.001	3.09

(Sumber: Soewarno)

b. Metode distribusi log normal

Metode distribusi log normal ialah

$$\overline{\text{LogX}} = \frac{\sum logX}{n} \quad \text{.....} \quad (2.5)$$

$$\mathrm{LogX} = \overline{\mathrm{LogX}} + \mathrm{k}\,\mathrm{S}_{\mathrm{logX}}$$

$$\mathrm{S}_{\mathrm{logX}} = \sqrt{\frac{\sum(\mathrm{logX} - \log \overline{X})^2}{\mathrm{n} - 1}}$$

Keterangan:

$\overline{X}$ = nilai variant pengamatan

S_{logX} = standart deviasi dari logaritma

n = jumlah data

logX = logaritma rata-rata

k = faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss tabel II.1)

c. Metode distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel atau distribusi extrin tipe I lebih banyak digunakan untuk data analisis data maksimum, contohnya untuk analisis banjir. Rumus dari metode gumbel ialah sebagai berikut.

$X_T = \overline{X} + k.S_x$ ..... (2.6)

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \overline{X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

XT = besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\overline{X}$ = rata-rata x maksimum dari seri data Xi

k = faktor frekuensi

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Yn, Sn = besaran yang mempunyai fungsi dari jumlah pengamatan

Yt = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas

n = jumlah data

d. Metode distribusi Pearson III

Secara sederhana fungsi kerapatan distribusi pearson type III ialah sebagai berikut.

Xt = Xi + (Kt x Si)..... (2.7)

e. Metode distribusi log pearson III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi log pearson Type III adalah dengan menkorversikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis. Rumus dari log pearson Type III ialah sebagai berikut.

$logX = log\,\overline{X} + k.S_{logX}$ ..... (2.8)

$$log\,\overline{X} = \frac{\sum logX}{n}$$

$$S_{logX} = \sqrt{\frac{\sum\left(logX - log\,\overline{X}\right)^2}{n-1}}$$

Keterangan :

Log x = logaritma rata-rata

S_{logX} = standar deviasi dari logaritma

k = faktor frekwensi (tabel II.1)

N = jumlah data

XT = besarnya curah hujan dengan kala ulang T tahun

X = rata-rata hutingan varian

S_x = Standar deviasi

3. Periode ulang *(return period)*

Periode ulang ialah perioda waktu rata-rata yang diharapkan terjadi antara dua kejadian yang berurutan. Untuk memprediksi besar suatu hujan yang terjadi satu kali dalam N tahun. Penentuan tahun periode ulang dapat ditentukan sesuai dengan luas wilayah yang di tinjau tabel II.4.

Tabel II. 5 Kala Ulang berdasarkan tipologi kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 - 5 Th

Sumber : Kepmen PU No.12 PRT-M-2014

4. Syarat penentuan tipe distribusi

Secara teoritis langkah awal penentuan tipe distribusi dilihat dari parameter-parameter statistik data kejadian yang telah lampau. Parameter-parameter yang

dilakukan adalah Cs, Cv dan Ck. Analisis frekwensi menggunakan data curah hujan dari pos penakar hujan. Syarat pemilihan distribusi adalah:

Tabel II. 6 Syarat Pemilihan distribusi hujan

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	Cs = 0, Ck = 3
2	Log Normal	Cs = 3 Cv = 1.8, Cv = 0.6
3	Gumbael	Cs ≤ 1.1396, Ck ≤ 5.4002
4	Person III	Cs ≠ 0, Cv = 0.3
5	Log person III	Cs < 0, Cv = 0.3

a. Simpangan baku (Standar deviasi)

Simpangan baku adalah besar perbedaan dari nilai sampel terhadap nilai rata-rata. Rumus dari "S" ialah sbb.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - X)^2}{n}} \quad \text{.....} (2.9)$$

b. Keofisien kemencengan/Skewness (Cs)

Kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukan derajat ketidak simetrisan dari sutau bentuk distribusi. Rumus Cs ialah sbb.

$$C_s = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(X_i - X)^3}{(n-1)(n-2)} \quad \text{.....} (2.10)$$

c. Koefiesn kurtosis

Pengukurab kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Rumus Ck ialah sbb.

$$C_k = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - X)^4}{S^4} \quad \text{.....} (2.11)$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

Cs = Koefisien Skewness

C_k = Koefisien Kurtosis

X_i = Nilai varian ke i

X = Nilai rata-rata varian

N = Jumlah data

2.3.2 Uji Kesesuaian Frekwensi

Tujuan pemeriksaan uji kesesuaian frekwensi adalah untuk mengetahui kebenaran antara pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis dan mengetahui kebenaran hipotesa (diterima/tolak). Metode kesesuaian frekwensi ada dua yaitu :

1. Uji Semirnov-Kolmogorov

   Uji kecocokan Semirnov-Kolmogorov merupakan uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunkan fungsi distribusi tertentu, maka uji ini digunakan pada daerah studi. Nilai dari uji kritis smirnov-kolmogorov sebagai berikut.

Tabel II. 7 Nilai kritis uji smirnov-Kolmogorov

n	Nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (a)			
	0,2	0,1	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	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	$\frac{1,07}{n^{0.5}}$	$\frac{1,22}{n^{0.5}}$	$\frac{1,36}{n^{0.5}}$	$\frac{1,63}{n^{0.5}}$

(Sumber : https://www.statistikian.com/2013/01/rumus-kolmogorov-smirnov.html/amp)

2. Uji Chi-kuadrat

   Uji Chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sample data yang dianalisis.

$$X_h^3 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{.....(2.12)}$$

- Penentuan jumlah subkelompok

$$G = 1 + 3.322\ Log\ n$$

- Penentuan derajat kebebasan (DK)

$$DK = G - (P + 1)$$

Dimana P untuk distribusi normal dan binominal = 2

sedangkan untuk distribusi Gumbel dan poisson = 1

- Menghitung nilai teoritis

$$E_i = \frac{n}{G}$$

- Menghitung interval kelas

$$\Delta X = \frac{Xmax - Xmin}{G-1}$$

Dimana :

X awal = Xmin – 0.5 ΔX

X akhir = Xmax – 0.5 ΔX

Keterangan:

X_h^2 = Parameter Chi kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

2.3.3 Koefien Limpasan (C)

Koefiesien pengairan adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas diatas permukaan tanah dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfir. Nilai dari koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel II.8.

Tabel II. 8 Nilai Koefisien limpasan

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Limpasan (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0.70-0.95
2	Jalan kerikil dan Jalan tanah	0.40-0.70
3	Bahu jalan - Tanah berbutir halus - Tanah berbutir kasar - Batuan masif keras - Batuan masif lunak	 0.40-0.65 0.10-0.20 0.70-0.85 0.60-0.75
4	Daerah perkotaan	0.70-0.95
5	Daerah pinggir kota	0.60-0.70
6	Daerah industri	0.60-0.90
7	Pemukiman padat	0.40-0.60
8	Pemukiman tidak padat	0.40-0.60

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Limpasan (C)
9	Taman dan kebun	0.20-0.40
10	Persawahan	0.45-0.60
11	Perbukitan	0.70-0.80
12	Pegunungan	0.75-0.90

(Sumber : http://adnyana4all.blogspot.com/2013/02/debit-limpasan.html)

2.3.4 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu (Wesli,2008:25). Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan beberapa rumus yang dikemukakan oleh para ilmuan yaitu Talbot (1881), Sherman (1905), Ishiguro (1953) dan Mononobe. Dalam jurnal *Rain harvesting* Vitta P & Endang, intensitas dapat dihitung menggunakan rumus Dr. Mononobe yang menjelaskan intensitas hujan. Intensitas hujan (Rt) di dalam metode rumus rasional dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$R_t = \frac{R_{24}}{t}\left[\frac{t}{T}\right]^{2/3} \quad \text{.....(2.13)}$$

Keterangan:

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 hari

t = Lama waktu konsentrasi dalam (jam)

Rt = intensitas hujan rata-rata dalam T jam (mm/jam)

T = waktu mulai hujan

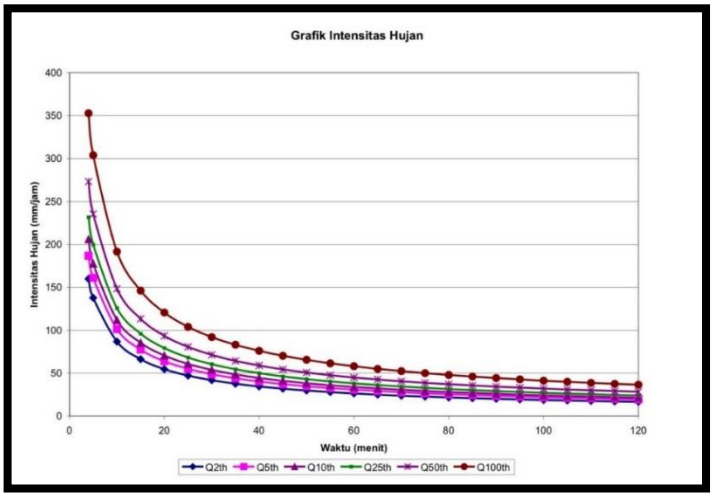
Curah hujan ke-t dihitung dengan persamaan :

$$R_t = t \times R_t - (t-1) \times R_{(t-1)} \quad \text{.....(2.14)}$$

2.3.5 Kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF)

Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) adalah kurva atau grafik yang menunjukkan hubungan antara intensitas hujan di arah vertikal (y) dan durasi hujan di sumbu (x). Kurva IDF menunjukkan karakteristik wilayah curah hujan yang digunakan untuk perecanaan, pembuatan pola, dan pengoperasian proyek

sumberdaya air atau untuk rencana penanggulangan banjir (Nhat et. al. 2006). Asumsi yang digunakan dalam kurva ini adalah secara statistik, pola curah hujan yang lampau akan berlanjut kepada pola curah hujan sekarang, dan masa yang akan datang. Informasi yang terdapat pada kurva adalah analisis satatistik, bukan prediksi dari kejadian hujan aktual (Kerr 2010). Contoh kurva IDF adalah sebagai berikut.



Gambar II. 11 Contoh kurva IDF

(Sumber : https://sanidhyanika.files.wordpress.com/2011/04/idf.jpg?w=1200&h)

2.3.6 Kecepatan Aliran Rata-Rata

Kecepatan aliran rata-rata dapat dihitung dengan berbagai rumus yang dikemukakan oleh para ahli, yaitu rumus *Chezy, Bazin dan Manning*. Di Indonesia sendiri umumnya dalam perencanaan kecepatan aliran menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Robert manning dengan rumus sebagai berikut.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3}.I^{1/2} \quad (2.15)$$

Dengan rumus koefisien sebagai berikut

$$C = \frac{i}{n} R^{2/3} \quad (2.16)$$

Penjelasan :

n = Koefisien Manning (Tabel II.8)

R = jari-jari hidraulis (m)

A = profil basah saluran (m^3)

P = keliling basah (m)

I = kemiringan dasar saluran

I = $\Delta h / L$

Δh = h_1-h_0

Tabel II. 9 Koef. Manning

No	Bahan	Koefisien Manning, n
1	Besi tuang dilapis	0.14
2	Kaca	0.010
3	Saluran beton	0.013
4	Bata dilapis mortar	0.015
5	Pasangan batu di semen	0.025
6	Saluran tanah bersih	0.022
7	Saluran tanah	0.030
8	Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0.040
9	Saluran pada galian batu padas	0.040

(Sumber : "Hidraulika", Prof.Dr.Ir. Bambang Triatmodjo,CES,DEA)

2.4 Analisis Hidrolika

Hidraulika merupakan satu topik dalam Ilmu terapan dan keteknikan yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yang mempelajari perilaku aliran air secara mikro maupun makro. Mekanika Fluida meletakkan dasar-dasar teori hidraulika yang difokuskan pada rekayasa sifat-sifat fluida. Dalam tenaga fluida, hidraulika digunakan untuk pembangkit, kontrol, dan perpindahan tenaga menggunakan fluida yang dimampatkan. *(wikipedia)*

2.4.1 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakna sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya banjir pada suatu kawasan dengan penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir terbesar. Pada umumnya perhitrungan debit banjir rencana dilakukan pada aliran sungai tertentu. Perhitungan debit banjir rencana ini dapat menggunakan rumus nakayasu sebagai berikut ini.

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3{,}6.(0{,}3.T_P + T_{0,3})} \quad \text{.....(2.15)}$$

Keterangan

Q_p = Debit Puncak (banjir) m^3/d

R_0 = Hujan satuan (mm)

Tp = Tegangan waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

Tp = tg +0,8 tr

Tg = waktu konsentrasi (jam), tenggangan waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag) dalam hal ini, jika :

L < 15 km tg= 0,21 . $L^{0,7}$

L > 15 km tg = 0,4 + 0,058 . L

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit 30% dari debit puncak

A = luas daerah tangkapan sampai outlet

C = koefisien pengaliran (tabel II.8)

Tr = tenggang waktu hidrograf

= 0,5 – 1 tg

$T_{0,3}$ = α.tg

$$\alpha = \frac{0,47 \,.\, (A \; x \; L)^{0,25}}{tg}$$

untuk :

1. Daerah pengaliran biasa α = 2
2. Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat α =1,5

   Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat α = 3

   Bagian lengkung naik (rising limb) hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Qa = Q_P = \left(\frac{t}{T_P}\right)^{2,4} \quad \text{.....(2.16)}$$

keterangan,

Qa =limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/det)

t = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (decreasing limb) hidrograf satuan

a. Selang nilai : Tp ≤ t ≤ (Tp+$T_{0,3}$)

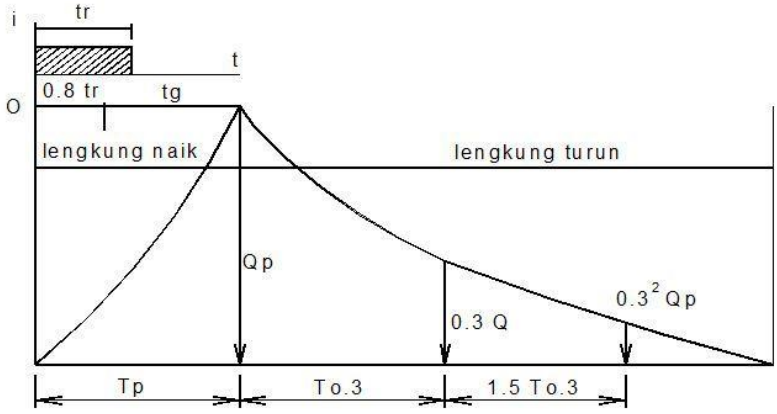
$$Q_{d1} = Q_P \; x \; 0,3^{\frac{t-T_P}{T_{0,3}}} \quad \text{.....(2.17)}$$

b. Selang nilai : (Tp+ $T_{0,3}$)≤ t ≤ (Tp + $T_{0,3}$ + 1,5 $T_{0,3}$)

$$Q_{d1} = Q_P \; x \; 0{,}3^{\left(\frac{t - T_P + 0{,}5T_{0,3}}{1{,}5T_{0,3}}\right)} \quad \text{.....(2.18)}$$

c. Selang nilai 1,5 $T_{0,3}$ > (Tp + $T_{0,3}$ +0,5 $T_{0,3}$)

$$Q_{d1} = Q_P \; x \; 0{,}3^{\left(\frac{t - T_P + 1{,}5T_{0,3}}{2T_{0,3}}\right)} \quad \text{.....(2.19)}$$



Gambar II. 12 hidrograf satuan – metode nakayasu

Sumber : https://i2.wp.com/www.belajarsipil.com/wp-content/uploads/2014/03/2.jpg?ssl=1

2.4.2 Penampang Saluran Terbaik

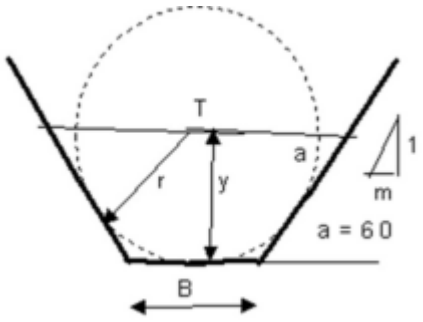
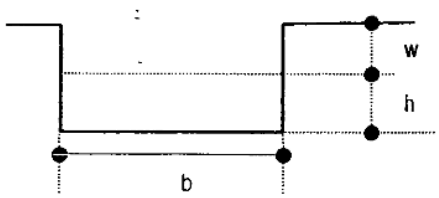
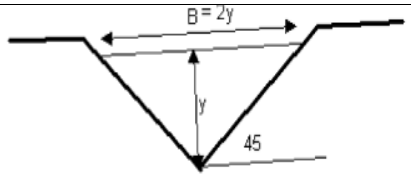
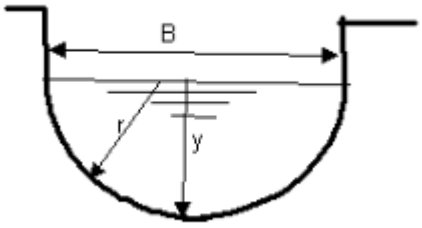
Penampang saluran terbuka yang di desain merupakan hasil dari pemilihan perhitungan beberapa dimensi yang telah ditentukan tergantung dari kondisi lapangan dan kebutuhan pengaliran (debit, kecepatan dan luasan) dalam menghitung luas, jari-jari hidrolis, keliling basah, serta lebar bawah dan atas dapat diperhitungkan dengan rumus pada tabel II.10.

Untuk saluran tertutup dapat diperhitungkan pada tabel II.11 untuk dimensi lingkaran/gorong-gorong sedangkan untuk dimensi persegi tetap menggunakan rumus persegi pada tabel II.10.

Penampang saluran terbaik atau penampang saluran ekonomis adalah penampang saluran yang mempunyai keliling basah minimum akan memberikan daya tampung maksimum kepada penampang saluran. Beberapa bentuk saluran terbaik dapat dilihat dalam tabel II. 10. Pada umumnya untuk perencanaan bentuk penampang

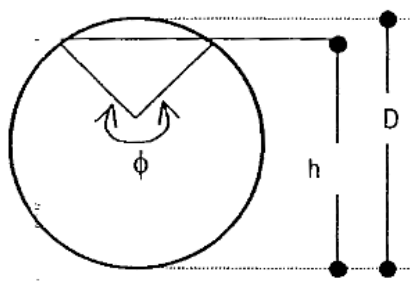
saluran terbuka menggunakan bentuk trapesium dan persegi karena dinilai lebih efisien dalam mengalirkan air dan memiliki kapasitas yang lebih besar dibanding bentuk setengah lingkaran dan segitiga.

Tabel II. 10 Ukuran penampang terbuka ekonomis

No	Bentuk	Rumus	Gambar
1	Trapesium	1. $A = (b + my)y$ 2. $P = b + 2y\sqrt{1 + m^2}$ 3. $\mathrm{B} = \mathrm{b} + 2\mathrm{y}$ 4. $(\mathrm{tga}) = 1/\mathrm{m}$ 5. $R = \frac{(b+xy)y}{b+2y\sqrt{1+x^2}}$ 6. $y = \frac{(b+my)y}{b+2my}$ a=60^0	
2	Segi empat	1. $A = yb$ 2. $P = B + 2y$ 1. B = 2y 2. $R = \frac{A}{P}$ 3. Y = B/2	
3	Segitiga	1. B) = 2y 2. $\emptyset = 45^0$	
4	Setengah lingkaran	1. r=y 2. A=1/2py^2 3. P=py 4. R=0,5y	

*(Sumber : buku **Drainase perkotaan** – Soekarsno & Nasarudin)*

Tabel II. 11 ukuran penampang tertutup terbaik (Circular)

No	Bentuk	Rumus	Gambar
1	lingkaran	1. Ø=4,5 radial 2. h=0,8 D 3. $A = \frac{1}{8}(\emptyset - sin\emptyset)D^2$ 4. P=D 5. $R = \frac{A}{P}$	

*(Sumber : buku **Drainase perkotaan** – Soekarsno & Nasarudin)*

Keterangan :

A= Luas saluran

B = Lebar Saluran

R = jari-jari Hidraulis

P = keliling basah

h atau y = tinggi saluran dari dasar

Ø = sudut penampang basah

D = diameter

Parameter atau geometrik elemen dari saluran ekonomis berbentuk trapesium, segi empat, setengah lingkaran dan segitiga dapat dilihat dalam tabel II.10.

Tabel II. 12 Dimensi penampang terbuka melintang efektif

Penampang Melintang	Luas Penampang (A)	Keliling Basah (P)	Jari-Jari Hidraulis (R)	Lebar Atas Muka Air (T)	Kedalaman Hidraulis (D)	Section Factor (Z)
1	2	3	4	5	6	7
Trapesium	$y^2\sqrt{3}$	$zy\sqrt{3}$	$0.5y$	$0.75y\sqrt{3}$	$0.75y$	$\frac{3}{2}y^{2.5}$
Segi empat	zy^3	$4y$	$0.5y$	$2y$	y	$2y^{2.5}$
Segi tiga	y^2	$2y\sqrt{2}$	$0.25y\sqrt{2}$	$2y$	$0.5y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{2.5}$
Setengah lingkaran	$p/2y^2$	py	$1/2y$	$2y$	$p/4y$	$p/y^{2.5}$

Sumber : "Urban Drainage Guides And Technical Design Standards", CIDA, November 1994

2.4.1 Tinggi Jagaan *(freeboard)*

Tinggi jagaan *(freeboard)* adalah ruang pengamanan berupa ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran dan atau muka air tanah (SNI, 2011:108). Standar yang diberikan ialah 0,30m-1,20m tergantung

dalan dan lebar saluran atau *freeboard* dapat menggunakan rumus sebagai berikut (kepmen PU No12 2014).

$f_r = \sqrt{c_f . y}$ .....(2.20)

Keterangan :

Fr = ruang bebas (m)

y = kedalaman aliran rencana (m)

Cf = koefisien yang berfariasi dari 1,5 pada Q – 60 m^3/dt sampai dengan 2,5 untuk Q = 85 m^3/dt

Atau

$fr = \sqrt{\frac{h}{2}}$ .....(2.21)

2.4.2 Limpasan Air Permukaan

Limpasan permukaan adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan karena penuhnya kapasitas infiltrasi tanah. Limpasan terjadi apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS atau DTA melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) diatas permukaan tanah. Genangan air (limpasan) itu tak bisa diketagorikan sebagai banjir apabila air perlahan surut hanya dalam tempo waktu beberapa jam. Jika genangan air bertahan lebih dari 1×24 jam baru bisa dimasukkan dalam fase banjir (Teguh Hendrawan, 2010).

Limpasan air permukaan dipengaruhi oleh faktor meteorologi meliputi intensitas, durasi dan distribusi curah hujan. Faktor lain ialah karakteristik daerah limpasan, diantaranya adalah luas dan bentuk daerah pengaliran, topografi dan tata guna lahan. (Mori, et.al. 1999, Suripin, 2002, Supirin 2004, Asdak, 2004). Limpasan terdiri dari air yang berasal dari tiga sumber :

a. Aliran Permukaan

   Aliran Permukaan *(surface flow)* adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan

disebut juga aliran langsung *(direct runoff)*. Aliran permukaan dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu singkat, sehingga aliran permukaan merupakan penyebab utama terjadinya banjir.

b. Aliran Antara

Aliran antara *(interflow)* adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah.

c. Aliran Air Tanah *(aquifer)*

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut.

2.4.3 Debit Air Limpasan

Debit air limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit air limpasan (Qr) terdiri dari tiga komponen yaitu Data Intensitas Curah Hujan (I), *Catchment Area* (A) dan Koefisien *Runoff* (C). Koefisien yang digunakan untuk menunjukkan berapa bagian dari air hujan yang harus dialirkan melalui saluran drainase karena tidak mengalami penyerapan ke dalam tanah (infiltrasi). Nilai dari koefisien pengairan dapat dilihat pada Tabel II. 2. Rumus debit limpasan adalah :

$$Qr = \frac{1}{3.6} x\ C\ x\ I\ x\ A \quad \text{.....} (2.22)$$

Keterangan:

Qr = Debit limpasan (m^3/detik)

C = Koefisien pengairan *Runoff* (Tabel II.8)

I = Intensitas Hujan

A = Luas daerah pengairan (Km^2)

2.4.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu air hujan jatuh pada lahan permukaan menuju ke saluran pembuang. Waktu konsentrasi dapat dihitunh sengan rumus *kiprich* atau US-SCS sebagai berikut.

$$Tc = 0{,}01947.L^{0{,}77}.S^{-0{,}285} \quad (2.23)$$

Keterangan :

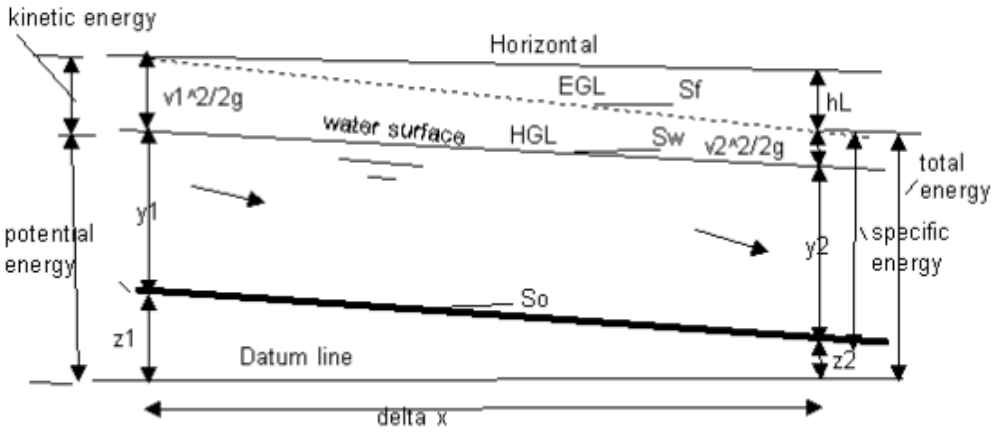
Tc = Waktu konsentrasi aliran (menit)

L = Panjang aliran (m)

S = Landai aliran ($S = \Delta h/L$)

2.4.5 Aliran Balik *(backwater)*

Back water atau aliran balik adalah suatu aliran yang memiliki hambatan untuk mengalirkan air dari hulu menuju hilir dikarenakan adanya bangunan bendung danluapan air di hilir. Perhitungan back water dapat diperhitungkan dengan rumus *Direct Step* dan *Standard Step.* Energi yang terdapat pada saluran terbuka dapat dilihat di gambar II.11



Gambar II. 13 ***Energy Of Open Channel Flow***

EGL = Energy Grade Line

HGL = Hidraulic Grade Line

Perhitungan dari *back water* menurut Permen PU No.12-2014 terdapat dua metode, ialah sebagai berikut :

1. Direct Step Method

   Persamaan metode ini adalah sbb.

   $\frac{E}{x} = S_o - S_F$ .....(2.24)

   Bilamana :

   x=Δx = panjang ruas saluran antara profil 1 dan profil 2 dalam "m" berlaku hukum bernauli sebagai berikut :

   $Z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$ .....(2.25)

   Dimana :

   $Z_1 + Z_2 = S_o \Delta x$ dan $h_f = S_w \Delta x$; maka ;

   $$S_o \Delta x + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + S_r \Delta x$$

   $\Delta x = \frac{\left(y_2 + \frac{y_2^2}{2g}\right) - (y_1 + \frac{y_1^2}{2g})}{S_o - S_f}$ atau

   $x = \Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_o - S_f}$

   Kedalaman normal

   a. Saluran Segi empat:

      $Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = By \frac{1}{n} \left(\frac{By}{B+2y}\right)^{2/3} S^{0,5}$ .....(2.26)

   b. Saluran Trapesium

      $Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = y_n (B + m y_n) \frac{1}{n} \left(\frac{(B+2my_n)y_n}{B+2y_n\sqrt{1+m^2}}\right)^{2/3} S^{1/2}$ .....(2.27)

      Kedalaman Kritis

      $$y_c = \sqrt[8]{\frac{Q^2(B + 2my_c)}{g(B + my_c)}}$$

   c. Friction Slope,

      $S_f = \frac{n^2 v^2}{R^{3/2}}$.....(2.28)

2. Standard Step Method

Pada Gambar II.15 memperlihatkan potongan ruas saluran 1 dan 2, persamaan total head potongan 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

$S_o\Delta x + y_1 + a_2\frac{V_1^2}{2g} = y_2 + a_2\frac{V_2^2}{2g} + S_r\Delta x$; .....(2.29)

Bila : a1, a2 = koefisien energi pada potongan 1 dan potongan 2. Elevasi muka air di ata sdatum pada potongan 1 dan potongan 2 persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Z_1 = S_o\Delta x + y_1 + z_2$$

$$Z_2 = y_2 + z_2$$

Friction loss : $h_f = S_f\Delta x\frac{1}{2}\left(S_{f1} + S_{f2}\right)\Delta x$

Bila : S_{f1}, S_{f2} = kemiringan friksi *(friction slope)* pada potongan 1 dan potongan 2. Kemiringan friksi rata-rata, S_f, adalah rata-rata kemiringan friksi potongan 1 dan 2 :

$$S_f = \frac{n^z y^z}{R^{4/3}}\ (METRIC)$$

Keterangan :

S_f = kemiringan friksi rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2;

R = Jari-jari hidaulis pada potongan 1 dan potongan 2

Persamaan total head menjadi :

$$Z_1 + a_1\frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + a_1\frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_o;$$

Bila : h_o= eddy loss (m).

Eddu loss sangat tergantung dari perubahan *velocity head change* dan biasanya h_0 = 0 dalam perhitungan. Total head pada penampang 1 dan penampang 2 menjadi :

$$H_1 = Z_1 + a_1\frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + a_1\frac{V_2^2}{2g}$$

Maka persamaan total menjadi :

$$H_1 = H_2 + h_f + h_o$$

2.4.6 Pematah arus

Pematah arus atau *check dam* pada suatu selokan atau penampang aliran air ditujukan untuk mengurangi kecepatan aliran air untuk mencapai izin kecepatan air sebagai berikut.

Tabel II. 13 Izin Kecepatan aliran

No	Bahan	Kecepatan Izin(m^3/d)
1	Tanah	0,7
2	Batu Kali	2
3	Beton	3

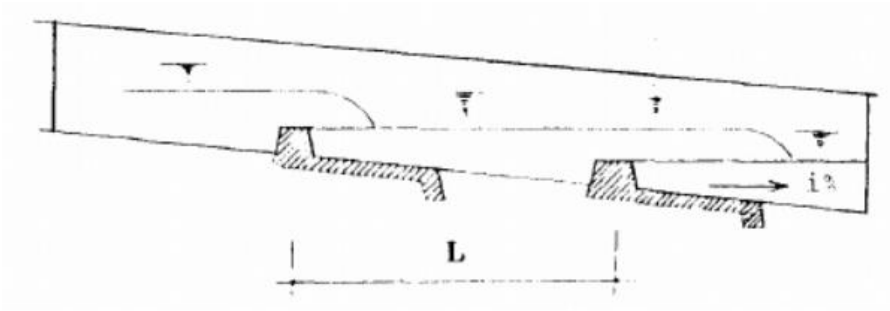
Sumber: Kelayakan teknis PERMEN PU NO 12 tahun 2014

Dalam perencanaanya pematah arus dapat berjarak sesuai dengan %kemiringan tabel II.14. Dalam persentasenya hubungan kemiringan saluran dan jarak pematah arus dapat di lihat pada tabel II.14

Tabel II. 14 Kemiringan Selokan samping dan jenis matrial

Jenis Matrial	Kemiringan Selokan Samping (i%)
Tanah asli Pasir halus Lanau aluvial Kerikil halus	0-5
Lempung padat/kokoh Batu besar	5-10
Pasangan batu Beton Beton bertulang	10

Sumber : Petunjuk Desain drainase Permukaan jalan no.008/T/BNKT/1990



1 (%)	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
L (M)	16 M	10 M	8 M	7 M	6 M

Gambar II. 13 Panjang pemasangan Pematah Arus

Sumber: Petunjuk Drainase permukaan jalan no.008/T/BNKT/1990

2.5 Sungai

Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991).

Sungai merupakan tempat berkumpulnya air di lingkungan sekitarnya yang mengalir menuju tempat yang lebih rendah. Daerah sekitar sungai yang mensuplai air ke sungai dikenal dengan daerah tangkapan air atau daerah penyangga. Kondisi suplai air dari daerah penyangga dipengaruhi aktifitas dan perilaku penghuninya (Wiwoho, 2005).

(R. Himan Haryo Teguh D) Dari jenisnya sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan debitnya menjadi beberapa kelas yaitu :

a. Sungai permanen

   Sungai permanen adalah sungai yang debit aliran airnya cenderung tetap. Contohnya adalah Sungai Barito, Mahakam, dan Kapuas.

b. Sungai periodik

   Sungai periodik adalah sungai yang pada waktu musim penghujan debit airnya besar sedangkan debitnya kecil ketika musim kemarau. Contohnya adalah Sungai Bengawan Solo dan Opak.

c. Sungai episodik

Sungai episodik adalah sungai yang pada musim kemarau kering dan pada musim hujan airnya banyak. Contohnya adalah sungai Kalada.

d. Sungai ephemeral

Sungai ephemeral adalah sungai yang hanya ada airnya pada musim hujan dan airnya belum tentu banyak.

2.6 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai *(catchment area, watershed)* adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

2.6.1 Daerah aliran sungai menurut para ahli :

a. Linsley (1949)

Daerah yang dialiri oleh suatu sistem sungai yang saling berhubungan sedemikian rupa, sehingga aliran-aliran yang berasal dari daerah tersebut keluar melalui aliran tunggal.

b. Sri Harto (1993)

Daerah yang semua alirannya mengalir ke dalam suatu sungai. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasar aliran permukaan.

c. Christanto (1989)

Suatu areal yang airnya dialirkan oleh sebuah sungai, dengan anak-anak sungainya. Suatu DAS dibatasi dari DAS lainnya oleh punggung bukit yang letaknya lebih tinggi dari DAS tersebut.

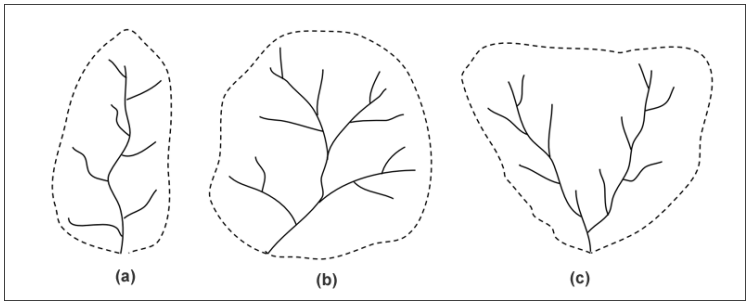
d. Asdak (1995)

Daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama.

Air pada DAS merupakan aliran air yang mengalami siklus hidrologi secara alamiah. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga akan dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup (wikipedia).

2.6.2 Bentuk DAS

Daerah aliran sungai memiliki beberapa bentuk yang terdiri dari :



Gambar II. 14 Bentuk DAS. (a) corak bulu burung, (b) corak radial, (c) corak paralel

(Sumber: https://jurnalbumi.com/knol/daerah-aliran-sungai/)

SubDAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS terbagi habis ke dalam beberapa SubDAS. SubDAS suatu wilayah merupakan kesatuan ekosistem yang terbentuk secara alamiah, air hujan meresap atau mengalir melalui cabang aliran sungai yang membentuk bagian wilayah DAS.

2.6.3 Kategori DAS

Daerah aliran sungai dapat dikategorikan dalam beberapa klasifikasi sebagai berikut.

Tabel II. 15 Kalsifikasi DAS

No	Luas DAS (m2)	Klasifikasi
1	1.500.000 keatas	DAS sangat besar
2	500.000 - < 1.500.000	DAS besar
3	100.000 - < 500.000	DAS sedang
4	10.000 - < 100.000	DAS kecil

No	Luas DAS	Klasifikasi
5	>10.000	DAS sangat kecil

(Sumber: Suwarno,2004)

2.6.4 Estimasi Limpasan (SCS CN)

Metode SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) ditujukan untuk mengestimasi/memperkirakan limpasan. Metode ini didasarkan pada kesetimbangan air. Rumus dari metode SCS-CN ini sendiri ialah sebagai berikut.

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \quad \text{.....(2.30)}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 245 \quad \text{.....(2.31)}$$

$$CN = \frac{\sum CN_i \, x \, A_i}{\sum A_1} \quad \text{.....(2.32)}$$

Keterangan:

Q = volume aliran permukaan (mm)

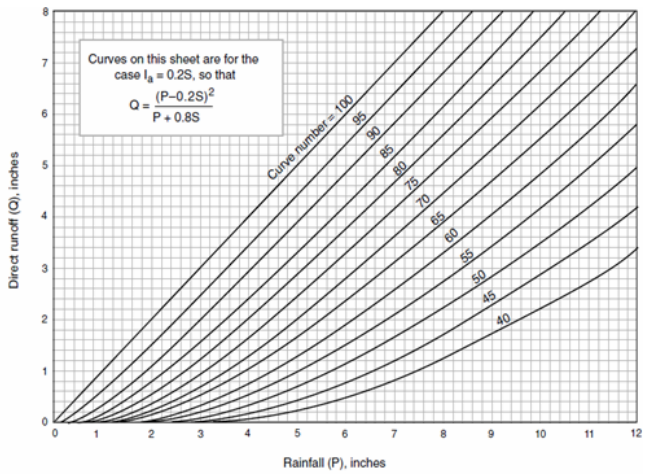
P = curah hujan (mm)

S = retensi potensial maksimum (mm)

CN = bilangan kurva rata-rata tertimbang

CN_i = bilangan kurva untuk setiap poligon penggunaan lahan jenis tanah

A_i = luas setiap poligon pengggunaan lahan jenis tanah



Gambar II. 15 Kurva angka CN

Sumber (USDA 1986)

Angka CN bervariasi dari 0 sampai 100 yang dipengaruhi oleh hidrologi tanah, penggunaan lahan, perlakuan lahan pertanian, konsisi hidrologi dan AMC atau Antecedent Soil Moisture (McCuen,1982).

AMC adalah keadaan kelembaban awal tanah yang ditentukan dengan menjumlahkan curah hujan selama 5 hari sebelumnya. Dan SCS CN juga mengklasifikasikan tanah resapan menjadi 4 kelas yaitu sebagai berikut.

Tabel II. 16 Klasifikasi tanah

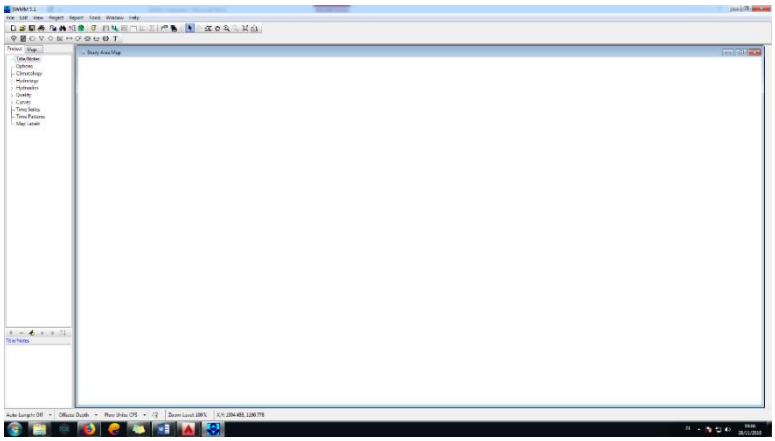
KHT	Keterangan	Laju infiltrasi minimum (mm/jam)
A	Potensi air larian paling kecil, termasuk tanah pasir dalam dengan unsur debu dan liat. Laju infiltrasi tinggi	8-12
B	Potensi aliran larian kecil, tanah berpasir lebih dangkal dari A. Tekstur halus sampai sedang	4-8
C	Potensi aliran larian sedang, tanah dangkal dan mengandung cukup liat. tekstur sedang-halus. Laju infiltrasi rendah.	1-4
D	Potensi aliran air tinggi, kebanyakn tanah liat, dangkal dengan lapisan kedap air dekat permukaan tanah. Infiltrasi paling rendah	0-1

Sumber: Asdak (2007)

2.7 EPA SWMM

2.7.1 Pengertian

EPA SWMM *(Enviromental Protection Agency Storm Water Management Model)* adalah *software* pemodelan yang digunakan untuk merencanakan, menganalisis dan mendesian suatu model yang berhubungan dengan limpasan air hujan dan sistem



Gambar II. 16 Tampilan SWMM 5.1

drainase pada area perkotaan. Pada fungsi utamanya *software* ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan-*runoff* dari suatu wilayah pada sistem drainasenya untuk jangka pendek maupun jangka panjang sekaligus memiliki fasilitas alternatif untuk mengantisipasi banjir (*Manual book* EPA SWMM 5.1).

2.7.2 Fungsi Dan Pengaplikasian

Menurut Rossman (2004), SWMM adalah model simulasi dinamis hubungan antara curah hujan dan limpasan *(rainfall-runoff)*. *Output* dari SWMM menghasilkan volume dan kualitas limpasan yang diteruskan dari masing-masing *subcatchment* dengan kecepatan aliran dan kedalaman aliran pada masing-masing pipa pada saluran selama periode simulasi yang terdiri dari berbagai tahapan waktu.

Beberapa pengaplikasian *software* EPA SWMM 5.1 menurut *manual book* Vol I EPA SWMM 5.1 sebagai berikut:

1. Mendesain dan menentukkan kapasitas setiap komponen sistem drainase untuk mengatur banjir.

2. Pengukuran fasilitas penahan dan perangkat untuk mengkontrol banjir dan pengendalian kualitas air.
3. Perencanaan pemetaan banjir dari saluran alami.
4. Mendesain strategi kontrol untuk meminimalisir penggabungan *overflow* got.
5. Evaluasi dampak dari inflow dan infiltrasi dari saluran *overflow* sanitasi
6. Evaluasi efektivitas dari BMP untuk dampak reduksi polutan atau limbah.

2.7.3 Objek Dan Penjelasannya

Adapun beberapa obyek fungsi (tools) yang terdapat pada program EPA SWMM 5.1 ialah sebagai berikut ini.

Tabel II. 17 Penjelasan beberapa tipe obyek pada EPA SWMM 5.1

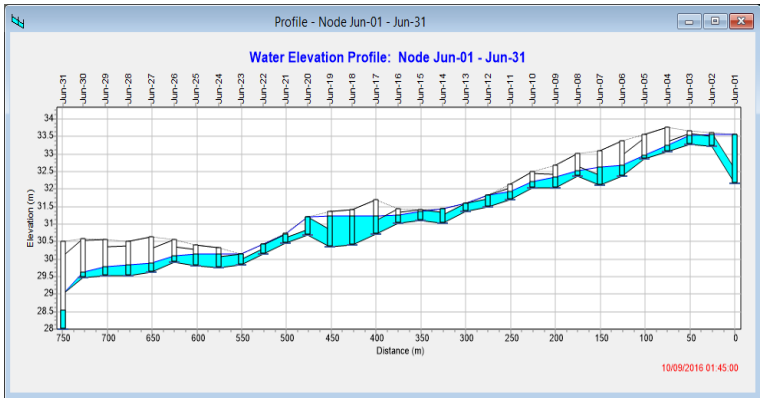
No	Tipe Obyek	Arti dan kegunaan
1	*Rain gage*	Untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment* area pada studi wilayah
2	*Subcatchment*	Adalah unit hidrologi dari tanah dimana topografi dan elemen sistem drainase menunjukan permukaan *runoff* pada satu titik pelepasan
3	*Juction*	Pada *juction* dapat menampilkan pertemuan dari saluran permukaan alami, lubang got dari sistem pembuangan atau pipa penghubung
4	*outfall*	*Outfall* adalah titik terminal dari sistem drainase biasanya ditetapkan di akhir dari batas hilir atau pembuangan akhir
5	*Flow divider*	*Flow divider* adalah sistem drainase dimana *inflow* dialihkan pada *conduit* tertentu. Sebuah *flow divider* dapat memiliki tidak lebih dari dua *conduit* pada satu sistemnya.

No	Tipe Obyek	Arti dan kegunaan
6	*Storage units*	*Storage unit* adalah penyediaan volume tampungan. Fasilitas tampungan dapat sekecil kolam atau sebesar danau. Volumetrik dari unit tampungan dibuat dari fungsi atau tabel dari area permukaan dan tinggi elevasi
7	*Conduit*	*conduit* adalah saluran yang mengalirkan air. SWMM menggunkan rumus Manning untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulis (R) dan kemiringan (S). $$Q = A\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}\sqrt{S}$$
8	*flow regulators*	*Flow regulator* adalah struktur atau sarana yang digunakan untuk mengontrol atau mengalihkan aliran.
9	*aquifer*	Akuifer adalah aliran air pada lapisan dalam tanah

(Sumber : jurnal analisa drainase untuk penanggulkangan banjir menggunakan EPA SWMM)

2.7.4 Output

Output dari EPA SWMM ialah hasil simulasi dalam bentuk tabel, grafik, dan gambaran dari limpasan pada masing-masing sub-DTA, kedalaman air pada masing-masing *node, joint* dan *link*, besaran aliran pada masing-masing node dan saluran, banjir di setiap link, waktu surut dan pasang genangan. Contoh hasil dari swmm ialah pada gambar II.18.



Gambar II. 17 Contoh output SWMM 5.1