

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjadi rujukan penelitian ini ada 6 (enam) judul, yaitu, sebagai berikut :

No	Nama Peneliti	Judul	Hasil
1	R.Dandy Jurindra Pratama (2019)	Analisis Kapasitas Pompa Bosem Kalidami Untuk Menanggulangi Banjir Wilayah Surabaya Timur	Dari hasil perhitungan diperoleh dengan nilai debit saluran terbesar (Q) yaitu 2,436 m ³ /det, dimensi penampang berbentuk saluran pre-cast persegi (U-ditch) dengan nilai lebar (B) 1,50 meter dan kedalaman saluran 1,50 meter.
2	Ivanda Kurnianto (2017)	<i>Rencana Pengendalian Banjir Di Saluran Sekunder Rungkut Barata dan Rungkut Menanggal Kota Surabaya</i>	Solusi pegendalian banjir dengan melakukan normalisasi dan menggunakan pompa air.
3	Handi Firmansyah Rahmananta (2017)	<i>Perencanaan Boezem dan Pompa Di Kawasan Hilir Kali Kandangan Surabaya Barat</i>	direncanakan boezem untuk menampung sementara limpasan air hujan saat elevasi kali Kandangan lebih tinggi dan sistem pembuangannya. Periode ulang hujan yang digunakan 10 tahun dan asumsi lama hujan 4 jam. Dengan menggunakan metode rasional untuk menghitung volume boezem yang

			dibutuhkan. Penelusuran banjir untuk memastikan berapa kapasitas pompa dan dimensi pintu yang dibutuhkan untuk sistem pembuangan.
4	Januarico Alif Darmawan, Naufal Abiyyudien (2017)	<i>Evaluasi Kapasitas Drainase Box Culvert Jalan Gebang Lor Terhadap Hulu dan Hilirnya</i>	Berdasarkan hasil analisis perlu dibangun 2 buah pompa <i>Axial Flow</i> agar genangan dapat tereduksi.
5	Utami Sylvia Lestari (2016)	<i>Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara Di RuasKecamatan Sungai Pandan</i>	Dari hasil perhitungan untuk memperoleh penyimpangan nilai debit rencana dari metode empiris dengan data debit sungai terukur sungai.
6	Eka Cahyaningsih, dkk. (2016)	<i>Perencanaan P Long Storage Jetis Kec Blora Kab Blora</i>	<i>long storage</i> untuk menerapkan sistem pengendali banjir jangka pendek yang bertujuan memperlambat waktu puncak banjir sehingga debit banjir tidak datang secara bersamaan dan akan memberikan efek pengurangan banjir di bagian hilir dan sebagai tampungan air untuk wilayah sekitar.

2.2 Sistem Drainase

2.2.1 Drainase

Pengertian Drainase : drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara – cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.

Dari sudut pandang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan air permukaan dan bawah permukaan tanah dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek dan genangan air (Suripin, 2004).

2.2.2 Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Menurut sejarah terbentuknya

- .Drainase alamiah (Natural Drainage) Drainase alamiah adalah sistem drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia.

- Drainase buatan (*Artificial Drainage*) Drainase alamiah adalah sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran.

2. Menurut letak saluran

- Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*) Drainase permukaan tanah adalah saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open channel flow.
- Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*) Drainase bawah tanah adalah 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 konstruksi

- Saluran Terbuka Saluran terbuka adalah 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.

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

4. Menurut fungsi

- Single Purpose Single purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.
- Multy Purpose Multy purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian. (H.A Halim Hasmar, 2012)

2.2.3 Permasalahan drainase

Banjir merupakan bencana yang sering terjadi ketika musim hujan tiba, mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat. Banjir merupakan suatu kondisi fenomena bencana alam yang mempunyai hubungan dengan jumlah kerusakan dari sisi kehidupan dan material. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Secara umum penyebab terjadinya banjir di berbagai belahan dunia (Haryoko, 2013) adalah :

1. Pertumbuhan penduduk yang tidak diimbangi dengan penyediaan sarana dan prasarana perkotaan yang memadai menyebabkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi tidak teratur. Pertambahan penduduk yang sangat cepat

di atas rata-rata pertumbuhan nasional, akibat urbanisasi baik migrasi musiman maupun permanen.

2. Keadaan iklim; seperti masa turun hujan yang terlalu lama dan menyebabkan banjir sungai. Banjir di daerah muara pantai umumnya diakibatkan karena kombinasi dari kenaikan pasang surut, tinggi muka air laut dan besarnya ombak yang diasosiasikan dengan terjadinya gelombang badai yang hebat.
3. Perubahan tata guna lahan dan kenaikan populasi; perubahan tata guna lahan dari pedesaan menjadi perkotaan sangat berpotensi menyebabkan banjir. Banyak lokasi yang menjadi subjek dari banjir terutama daerah muara. Perencanaan penanggulangan banjir merupakan usaha untuk menanggulangi banjir pada lokasi-lokasi industri, pemukiman dan komersial. Proses urbanisasi, kepadatan populasi, kepadatan bangunan memiliki efek pada kemampuan kapasitas drainase suatu daerah dan kemampuan tanah menyerap air dan akhirnya mengakibatkan naiknya volume limpasan permukaan. Walaupun luas area perkotaan lebih kecil 3 % dari permukaan bumi, tetapi sebaliknya efek dari urbanisasi pada proses terjadinya banjir sangat besar.
4. *Land subsidence*; merupakan proses penurunan level tanah dari elevasi sebelumnya. Pada saat gelombang pasang datang dari laut melebihi aliran permukaan sungai, area *land subsidence* akan tergenangi.

2.3 Air Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. (Bambang Triatmodjo, 2010).

Dalam sebuah DAS kemudian dibagi dalam area yang lebih kecil menjadi sub DAS. Penentuan batas-batas sub DAS berdasarkan kontur, jalan dan rel KA yang ada di lapangan untuk menentukan arah aliran air. Dari peta topografi, ditetapkan titik-titik tertinggi disekeliling sungai utama (main stream) yang dimaksudkan, dan masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS dititik kontrol tertentu (Sri Harto Br, 1993).

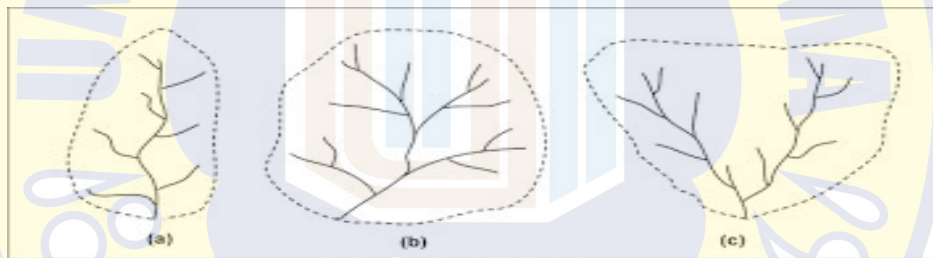
Air Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah air yang mengalir pada suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi dimana air tersebut berasal dari air hujan yang jatuh dan terkumpul dalam sistem tersebut. DAS memiliki beberapa bentuk dan karakteristik.

Para ahli Hidrologi membedakan daerah aliran sungai berdasarkan pola alirannya. Pola aliran tersebut dipengaruhi oleh Geomorfologi, Topografi, dan bentuk wilayah. Menurut (Sosrodarsono dan Takeda 1997), coraknya terdiri dari corak bulu burung, corak radial, dan corak paralel.

- a) Corak Bulu Burung, disebut bulu burung karena bentuk aliran anak sungainya menyerupai ruas-ruas tulang dari bulu burung. Anak-

anak sungai langsung mengalir ke sungai utama. Corak seperti ini resiko banjirnya relatif kecil karena air dari anak sungai tiba di sungai utama pada waktu yang berbeda-beda.

- b) Corak Radial, atau disebut juga menyebar. Anak sungai menyebar dan bertemu di suatu titik tertentu. Wilayahnya berbentuk kipas atau lingkaran. Memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik-titik pertemuan anak sungai.
- c) Corak Paralel, memiliki dua jalur sub daerah aliran sungai yang sejajar dan bergabung di bagian hilir. Memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik hilir aliran sungai.



Gambar 2.1 Corak Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.4 Analisis Hidrologi

Dalam penyusunan tugas akhir ini, hasil data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan metode-metode yang telah dipelajari dan diajarkan, atau metode lain yang mungkin diperlukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena), seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu

berubah terhadap waktu. Data hidrologi dianalisis untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan. (Soewarno, 1995)

2.4.1 Mencari Data Hujan

Untuk mengelola data hujan lebih lanjut, data hujan harus dilengkapi terlebih dahulu. Ada 2 (dua) metode untuk melengkapi data hujan yang kurang yaitu, sebagai berikut :

a. Metode Rasio Normal

Metode Rasio Normal dapat digunakan apabila persentase perbandingan hujan rata-rata tahunan stasiun yang datanya tidak lengkap 10% perbedaannya dengan stasiun indeks (stasiun hujan yang datanya lengkap). Rumus untuk mencari data hujan yang hilang metode rasio normal adalah

$$RD = \frac{1}{n} \left(\frac{ND}{NA} \times RA + \frac{ND}{NB} \times RB + \frac{ND}{NC} \times RC + \frac{ND}{ND} \times RD \right)$$

Dimana:

- R = Data hujan
N = Hujan rata-rata tahunan
n = Jumlah stasiun hujan disekitar

(Sumber: Triatmodjo, 2008:40)

b. Metode Aritmatika

Metode Aritmatika dapat digunakan apabila persentase perbandingan data hujan rata-rata tahunan stasiun yang datanya tidak lengkap <10% perbedaannya

dengan stasiun indeks (stasiun hujan yang datanya lengkap). Rumus untuk mencari data hujan yang hilang metode aritmatika adalah

$$R\bar{X} = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{N_x}{N_a} \cdot Ra \right) + \left(\frac{N_x}{N_b} \cdot Rb \right) + \left(\frac{N_x}{N_c} \cdot Rc \right) \right]$$

Dimana:

$R\bar{X}$ = Data hujan yang kosong

N = Jumlah data

N_x = Jumlah data yang ada pada daerah yang kosong

Ra, Rb, Rc = Data hujan pembanding

Na, Nb, Nc = Jumlah data sebagai pembanding

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2009)

2.4.2 Menghitung Tinggi Hujan Rata-Rata

Untuk menghitung tinggi hujan rata-rata pada suatu daerah yang memiliki beberapa stasiun hujan, setiap stasiun hujan memiliki karakteristik daerah yang berbeda-beda. Maka dari itu perlu dilakukan pembaruan sifat karakteristik dari beberapa stasiun hujan yang diperhitungkan, sehingga memiliki sifat karakteristik yang sama atau hampir sama. Untuk perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode yang sesuai dengan karakteristik dari stasiun hujan. Parameter yang digunakan untuk menghitung tinggi hujan rata-rata dapat dilihat pada table.

Tabel 2.1 Parameter tinggi hujan rata-rata

Parameter	Kondisi	Cara yang dapat Digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Isohyet
Luas DAS	Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
Kondisi Topografi	>5000 km ² (Besar) 501-5000 km ² (Sedang) <500 km ² (Kecil)	Isohyet, Poligon, Thiessen Rata-rata Aljabar
	Pegunungan, Dataran, Berbukit dan tidak beraturan	Poligon, Thiessen Aljabar, Isohyet dan Poligon Thiessen

(Sumber: Suripin, 2004)

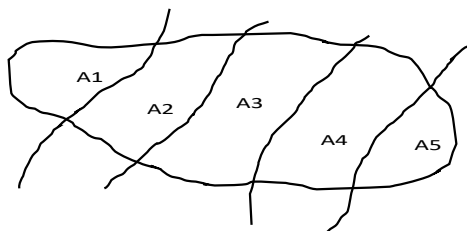
Metode untuk mengolah data hujan, yaitu:

a. Metode Isohyet

Metode perhitungan dengan memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap stasiun hujan dengan kata lain asumsi Metode Poligon Thiessen yang menganggap bahwa tiap-tiap stasiun hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode ini cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur (Suripin, 2004). Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A^1R^1 + A^2R^2 \dots + AR}{A \text{ total}}$$

Dimana: A₁, A₂, A_n = Luas daerah antara garis-garis isohyet.



Gambar 2.2 Metode Isohyet

b. Metode Aritmatik (rata-rata aljabar)

Metode rata-rata aljabar cara ini merupakan cara yang paling sederhana yaitu hanya dengan membagi rata pengukuran pada semua stasiun hujan dengan jumlah stasiun dalam wilayah tersebut. Metode ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika topografi rata atau datar, stasiun hujan banyak dan tersebar secara merata di wilayah tersebut serta hasil penakaran masing-masing stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh stasiun hujan di seluruh wilayah. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_A + R_B + R_C + \dots + R_n)$$

Dimana:

\bar{R} = Hujan rata-rata (mm)

n = Jumlah data

R_A, R_B = Tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)

c. Metode Polygon Thiessen

Merupakan metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Metode tersebut memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidak seragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode tersebut di asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan yang lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili wilayah terdekat. (Suripin, 2004), Dengan rumus:

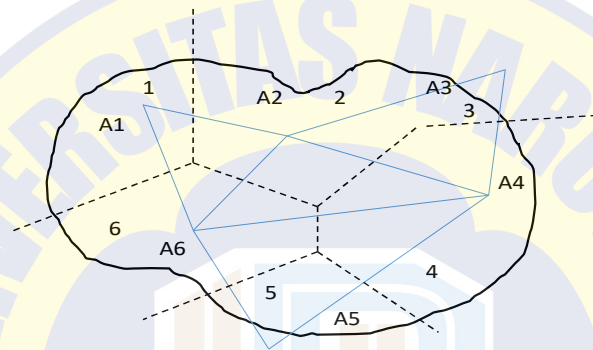
$$\bar{R} = \frac{A^1R^1 + A^2R^2 \dots + A_nR_n}{A \text{ total}}$$

Dimana:

A_1, A_2, A = Bagian daerah yang mewakili titik pengamatan

1,2,3,... = Stasiun hujan

$A \text{ total}$ = $A_1 + A_2 + \dots + A_n$



Gambar 2.3 Metode Polygon Thiessen

2.4.3 Menghitung Tinggi Hujan Rencana

Menghitung tinggi hujan rencana untuk mengetahui besarnya curah hujan sebagai dasar perhitungan debit rencana. Parameter distribusi dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 2.2. Parameter distribusi

Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$
Gumbel	$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Log Person	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
	Selain Nilai Di atas

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2009)

Untuk menghitung tinggi hujan rencana dapat menggunakan metode-
metode sebagai berikut :

a. Gumbel

Persamaan garis lurus untuk distribusi frekuensi tipe 1 Gumbel adalah
sebagai berikut:

$$X = \bar{x} + \frac{S}{\sigma} (Y - Y_n)$$

Persamaan garisnya adalah :

$$Y = a(X - X_0)$$

$$a = \frac{1,283}{\sigma}$$

$$X_0 = \mu - \frac{0,577}{a} \text{ atau } X_0 = \mu - 0,455 \sigma$$

Keterangan :

σ = Standart deviasi

μ = Nilai rata-rata Dengan:

Y_n = Reduce mean tergantung jumlah sampel (harga Y_n terdapat pada tabel)

S_n = Reduce standard deviation (harga S_n dapat dilihat pada tabel)

Y_t = Reduce variate, mempunyai nilai yang berbeda pada setiap periode ulang

X_T = Nilai variant yang diharapkan terjadi

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

K = Konstanta yang dapat dibaca pada tabel atau dapat dihitung dengan persamaan $K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$

S_d = Standar Deviasi (simpangan baku)

(Sumber: Soewarno, 1995)

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	29	1,1086	47	1,1557	65	1,1803	83	1,1959
11	0,9676	30	1,1124	48	1,1547	66	1,1814	84	1,1967
12	0,9833	31	1,1159	49	1,1590	67	1,1824	85	1,1973
13	0,9971	32	1,1193	50	1,1607	68	1,1834	86	1,1980
14	1,0095	33	1,1226	51	1,1623	69	1,1844	87	1,1987
15	1,0206	33	1,1255	52	1,1638	70	1,1854	88	1,1994
16	1,0316	35	1,1285	53	1,1658	71	1,1863	89	1,2001
17	1,0411	36	1,1313	54	1,1667	72	1,1873	90	1,2007
18	1,0493	37	1,1339	55	1,1681	73	1,1881	91	1,2013
19	1,0565	38	1,1363	56	1,1696	74	1,1890	92	1,2020
20	1,0628	39	1,1388	57	1,1708	75	1,1898	93	1,2026
21	1,0696	40	1,1413	58	1,1721	76	1,1906	94	1,2032
22	1,0754	41	1,1436	59	1,1734	77	1,1915	95	1,2038
23	1,0811	42	1,1458	60	1,1747	78	1,1923	96	1,2044
24	1,0864	43	1,1480	61	1,1759	79	1,1930	97	1,2049
25	1,0915	44	1,1499	62	1,1770	80	1,1938	98	1,2055
26	1,0961	45	1,1519	63	1,1782	81	1,1945	99	1,2060
27	1,1004	46	1,1538	64	1,1793	82	1,1953	100	1,2065
28	1,1047								

Tabel 2.3 *Reduced standart deviation (Sn)*

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.4 *Reduced Mean (Yn)*

n	Yn	N	yn	n	yn	n	yn	n	Yn
10	0,4595	29	0,5353	47	0,5473	65	0,5535	83	0,5574
11	0,4996	30	0,5362	48	0,5477	66	0,5538	84	0,5576
12	0,5053	31	0,5371	49	0,5481	67	0,5540	85	0,5578
13	0,5070	32	0,5380	50	0,5485	68	0,5543	86	0,5580
14	0,5100	33	0,5388	51	0,5489	69	0,5545	87	0,5581
15	0,5128	34	0,5396	52	0,5493	70	0,5548	88	0,5583
16	0,5157	35	0,5402	53	0,5497	71	0,5550	89	0,5585
17	0,5181	36	0,5410	54	0,5501	72	0,5552	90	0,5586
18	0,5202	37	0,5418	55	0,5504	73	0,5555	91	0,5587
19	0,5220	38	0,5424	56	0,5508	74	0,5557	92	0,5589
20	0,5236	39	0,5430	57	0,5511	75	0,5559	93	0,5591
21	0,5252	40	0,5436	58	0,5515	76	0,5561	94	0,5592

n	Yn	N	yn	n	yn	n	yn	n	Yn
22	0,5268	41	0,5442	59	0,5518	77	0,5563	95	0,5593
23	0,5283	42	0,5448	60	0,5521	78	0,5565	96	0,5595
24	0,5296	43	0,5453	61	0,5524	79	0,5567	97	0,5596
25	0,5309	44	0,5458	62	0,5527	80	0,5569	98	0,5598
26	0,5320	45	0,5463	63	0,5530	81	0,5570	99	0,5599
27	0,5332	46	0,5468	64	0,5533	82	0,5572	100	0,5600
28	0,5343								

(Sumber: Soewarno, 1995)

b. Metode Distribusi Normal

Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambar pada kertas grafik peluang akan membentuk garis lurus sebagai berikut

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot Sd$$

Dimana:

X_T = Perkiraan tinggi hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = Tinggi hujan rata-rata

K_T = Faktor frekuensi probabilitas

Sd = Standart deviasi

c. Metode Distribusi Log Pearson type III

Metode distribusi log Pearson untuk menghitung analisis curah hujan maximum dan menghitung tinggi hujan rencana. Metode distribusi log Pearson type III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson type III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

Parameter statistik untuk menentukan distribusi Pearson type III adalah :

- Menghitung nilai rata-rata
- Menghitung nilai Standar deviasi

- Menghitung nilai koefisiensi kemencengan

Langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

- Mengubah data curah hujan n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi :
 $Log X_1, Log X_2, Log X_3, \dots, Log X_n$.
- Menghitung nilai rata-rata dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Log X = \frac{\sum_{i=1}^n Log X_i}{n}$$

- Menghitung nilai Standar deviasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Log X_i - Log X)^2}{n - 1}}$$

- Menghitung koefisiensi kemencengan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (Log X_i - Log X)^3}{(n - 1)(n - 2)s_1^3}$$

- Menghitung logaritma debit dengan waktu balik menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Log X_t = \overline{Log X} + K \cdot S_d \cdot Log X$$

Dimana:

- S_d = Standard deviasi
- \overline{X} = Tinggi rata-rata hujan (mm)
- X_i = Variabel random (mm)
- n = Jumlah data

K = Faktor sifat distribusi log Pearson type III yang merupakan fungsi dari besarnya Cs

Tabel 2.5 nilai K distribusi log person III

Koefisiensi kemencengan (Cs)	Periode ulang (tahun)				
	2	5	10	50	100
3	-0,396	0,420	1,180	3,152	4,051
2,5	-0,360	0,574	1,250	3,108	3,185
2	-0,307	0,609	1,302	2,912	3,605
1,5	-0,240	0,705	1,333	2,712	3,330
1,2	-0,195	0,732	1,310	2,626	3,149
1	-0,164	0,758	1,340	2,342	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,198	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,153	2,891
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,107	2,824
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,339	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,610	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,211	2,314
0,2	-0,033	0,830	1,031	2,159	2,172
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,107	2,100
0	0,000	0,842	1,282	2,031	2,326
-0,1	0,017	0,834	1,270	2,000	2,232
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,945	2,178
-0,3	0,060	0,853	1,245	1,890	2,101
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,831	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,777	1,955
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,720	1,880
-0,7	0,166	0,857	1,183	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,606	1,733
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,519	1,660
-1	0,161	0,852	1,128	1,492	1,888
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,379	1,449
-1,5	0,240	0,832	1,018	1,217	1,256
-2	0,307	0,777	0,895	0,980	0,990
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,798	0,799
-3	0,396	0,636	0,660	0,666	0,667

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.4.4 Uji Kecocokan Distribusi

Ada dua jenis uji kecocokan (Goodness of fit test) yaitu uji kecocokan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof. Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang (cara grafik) dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya. (Soewano, 1995)

Pada penggunaan uji Smirnov Kolmogorov, meskipun perhitungan matematis namun kesimpulan hanya berdasarkan bagian tertentu (sebuah variant) yang mempunyai penyimpangan terbesar, sedangkan uji Chi Kuadrat menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya. Dengan demikian uji Chi Kuadrat lebih teliti di banding dengan uji Smirnov Kolmogorov. (Soewarno, 1995)

A. Chi Kuadrat

Uji kecocokan dengan menggunakan pengujian Chi kuadrat untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis. Dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$x^2h = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana :

x^2h = Parameter Chi-kuadrat terhitung

O_i = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

E_i = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

B. Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan dengan menggunakan pengujian Smirnov-Kolmogorof sering disebut juga uji kecocokan non parameter, karena pengujinya tidak menggunakan fungsi dari distribusi tersebut. Dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan dari terbesar ke terkecil atau sebaliknya tentukan peluang masing-masing data distribusi:

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X)_n = \frac{m}{n-1} \text{ dan } P(X <) = 1 - P(X_i)$$

Dengan :

$$P(X) = \text{peluang}$$

$$m = \text{nomer urut dari kejadian}$$

$$n = \text{jumlah data}$$

2. menentukan masing-masing dari peluang teoritis dan hasil dari data

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_m = P'(X_m)$$

$$X_n = P'(X_n)$$

$$F(t) = \frac{x-\bar{x}}{s_d} \text{ dan } P'(X_i) = 1-P'(X <)$$

3. menentukan besaran selisih dari pengamatan dengan menggunakan peluang teoritis dari kedua nilai peluang yang ada :

$$D_{maks} = [P(X_m) - P'(X_m)]$$

4. Untuk menentukan nilai D_0 berdasarkan dari tabel kritis Smirnov-Kolmogorov.

Dengan interpretasi hasil tabel adalah:

- Bila $D_{maks} < D_0$ distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.
- Bila $D_{maks} > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak sama.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan Smirnov-Kolmogorov, adalah sebagai berikut : $X = \bar{X} + k \times S_d$

Dengan :

X	= Hujan rencana
\bar{X}	= Hujan rata-rata
k	= Faktor distribusi
S_d	= Standard Deviasi

2.5 Debit Rencana

Debit Rencana (QT) adalah debit dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air. Periode ulang adalah waktu hipotetik di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu, debit rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini berarti bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap periode ulang tertentu (I Made Kamiana, 2011)

Debit rencana untuk daerah perkotaan pada umumnya direncanakan untuk pembuangan air secepatnya, agar tidak terjadi genangan air yang mengganggu, sehingga saluran drainase dibuat sesuai dengan debit rencana.

. Debit rencana dapat dihitung menggunakan metode Rasional, Dengan rumus :

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot \beta \cdot C \cdot I_t \cdot A \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- Q = Debit rencana (m³ /det)
- β = Koefisien penyebaran hujan
- I_t = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)
- C = Koefisien pengaliran (run-off coefficient)

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.6 Koefisien Penyebaran Hujan (β)

Luas Catchment Area (km ²)	Koefisien (β)
0-4	1
5	0,995
10	0,98
15	0,995
20	0,92
25	0,875
30	0,82
50	0,5

Sumber: Soewarno, 1995

Daerah perkotaan pada umumnya merupakan bagian dari daerah aliran yang lebih besar dan luas, dimana pada daerah tersebut sudah ada sistem drainase alaminya. Perencanaan dan pengembangan sistem drainase untuk daerah perkotaan yang baru, diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar kondisi aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin

2.6 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 di dapatkan.

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, sedang aliran saluran 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 kearah sebaliknya.

Pada umumnya perencanaan saluran ditunjukkan untuk karakteristik saluran buatan, namun konsep hidrauliknya dapat juga diterapkan sama baiknya pada saluran alam. Apabila saluran terbuka terhadap atmosfer, seperti sungai, kanal, gorong-gorong, maka alirannya disebut Aliran saluran terbuka atau Aliran permukaan bebas.

2.7 Kondisi Aliran

Aliran air pada saluran drainase dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) dan aliran saluran tertutup (*pipe flow*).

1. Aliran terbuka

Aliran saluran terbuka memiliki permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Permukaan bebas memiliki tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Saluran ini berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan atau air hujan yang terletak di daerah yang memiliki luasan cukup, ataupun drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan. Contoh saluran terbuka antara lain : sungai, saluran irigasi, talud, selokan dan muara. Persamaan Bernoulli untuk aliran

Terbuka dalam saluran yaitu :

$$h_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Dimana :

H = ketinggian

P = tekanan hidrolis

ρ = massa air

V = kecepatan aliran

g = gaya gravitasi

2. Aliran tertutup

Aliran saluran tertutup memungkinkan adanya permukaan bebas dan aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan (*pressurized flow*). Saluran tertutup kemungkinan dapat terjadi liran bebas maupun aliran tertekan pada saat yang berbeda. Saluran ini bertujuan untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa). Hal ini dikarenakan tuntutan artistic atau tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah, seperti lapangan terbang, lapangan sepak bola dan lain-lain. Saluran ini biasanya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota. Contoh saluran tertutup antara lain : pipa, terowongan, *aqueduct*, gorong-gorong dan siphon. Persamaan Bernoulli untuk aliran tertutup dalam saluran adalah :

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Dimana :

- h = ketinggian
- P = tekanan hidrolis
- P = massa air
- V = kecepatan aliran
- g = gaya grafitasi

2.7.1 Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran

Perhitungan debit dan dimensi saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$Q = A \times V$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/det).

A = Luas basah penampang saluran (m²).

V = Kecepatan aliran (m/det).

1. Kecepatan aliran rata-rata dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

- Aliran terbuka menggunakan rumus

Rumus Manning : $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

Rumus Strickler : $V = k \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

Rumus Chezy : $V = C\sqrt{RI}$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{1/6}$$

- Aliran tertutup menggunakan rumus

Rumus Haen Williams : $V = 0,85 \times R^{0,63} \times I^{0,54}$

Dimana :

n = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran menurut Manning.

k, c = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran Strickler Chezy.

R = Jari – jari hidrolis = A/P (m).

A = Luas basah penampang saluran (m).

P = Keliling basah penampang saluran (m).

I = Kemiringan dasar saluran.

Kecepatan aliran rata-rata (V) untuk perencanaan saluran drainase harus memenuhi batas-batas nilai tertentu, yakni diantara batas kecepatan aliran maksimum dan minimum, disesuaikan dengan bahan saluran (nilai c, n, atau k) dan angkutan sedimennya. Bila kecepatan aliran dibawah batas kecepatan minimum, maka pada saluran akan terjadi pengendapan dan pendangkalan oleh sedimen, tumbuhnya tanaman-tanaman pengganggu (rumput-rumput liar) di dasar saluran, sehingga mengganggu fungsi saluran. Sebaliknya, bila kecepatan aliran diatas batas kecepatan maksimum, akan terjadi erosi (penggerusan) pada dinding dan dasar saluran, terutama bila saluran direncanakan tidak tahan erosi (tanpa perkuatan dinding saluran).

Dimisalkan:

V minimum untuk saluran kecil dari tanah = 0,45 m/det

V minimum untuk saluran besar dari tanah = 0,60-0,90 m/det

V maksimum untuk saluran dari bahan beton= 4 m/det

2. Kekerasan dinding dan dasar saluran

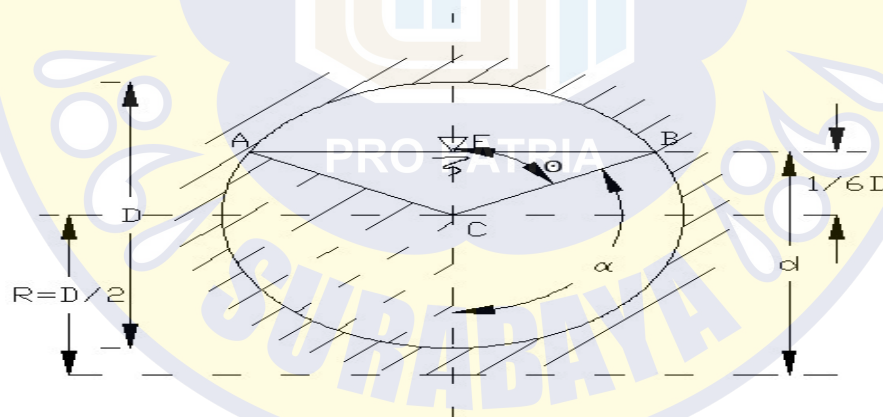
Bahan saluran (dinding dan dasar) untuk saluran drainase pada umumnya direncanakan dengan atau tanpa perkuatan atau perkeraasan. Misalnya saluran dari tanah, saluran diberi perkuatan/diplengsens, saluran dari bahan beton, pasangan batu,

kayu, kaca, dan lain-lain. Masing-masing bahan saluran mempunyai nilai kekasaran yang berbeda, misalnya bahan beton tidak sama dengan kekerasan dari bahan batu, bahan tanah, dan lain-lain. Nilai kekasaran tersebut ditetapkan oleh Manning, Chezy, Strickler, dan lain-lain. Sehingga untuk keperluan perhitungan/perencanaan ditetapkan salah satu dari ketentuan diatas, misalnya koefisien kekasaran Manning (n), Chezy (c), Stricker (k).

2.7.2 Penampang Saluran

1. Penampang saluran lingkaran

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pembersihan sedimen/endapan limbah. Bentuk saluran yang demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air irigasi maupun air rumah tangga.



Gambar 2.4 Penampang Saluran Lingkaran

Dimana:

D = Diameter saluran.

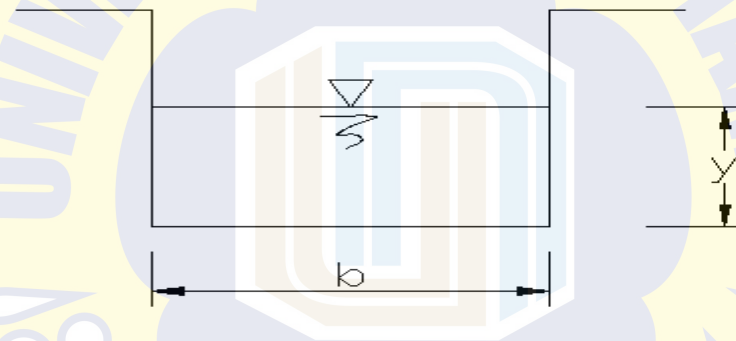
R = Jari-jari.

D = Tinggi saluran (kondisi aliran), misalnya kondisi aliran = 60%,

$D \rightarrow 0,60D$ atau $d= 2/3 D$.

2. Penampang saluran persegi

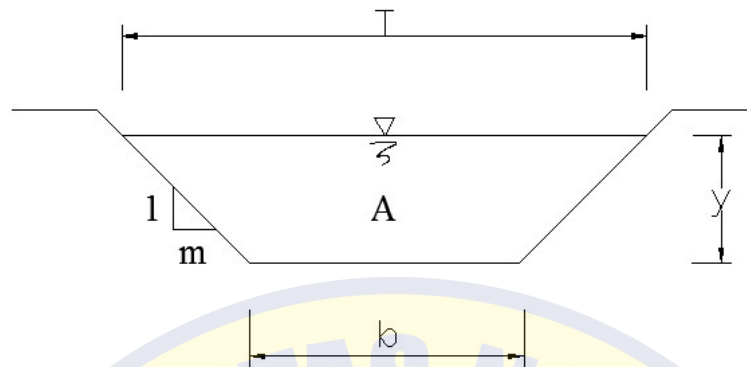
Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak memerlukan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini, saluran harus dari pasangan atau beton. Bentuk ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun saluran irigasi.



Gambar 2.5 Penampang Saluran Persegi

3. Penampang saluran trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tetapi juga dimungkinkan juga dari bentuk dari pasangan. Saluran ini memerlukan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.



Gambar 2.6 Penampang Saluran Trapesium

Dimana:

- b = Lebar dasar saluran
- y = Tinggi aliran
- m = Miring dinding saluran (talud), dinyatakan dalam 1 : m
- T = Lebar puncak
- A = Luas (luar trapesium)
- P = Keliling seluruh bagian yang terkena aliran

2.6.4 Analisa Pompa Drainase

Pompa drainase adalah pompa air yang berkapasitas besar dan berguna untuk mengalirkan air genangan dari daerah yang mempunyai elevasi lebih rendah daripada elevasi saluran pembuangan air banjir. Pompa drainase juga berfungsi untuk mempercepat pengaliran air genangan yang sudah tertampung di dalam saluran agar banjir yang terjadi cepat mengalami penurunan. Pompa drainase juga dibedakan menurut konstruksinya, kapasitasnya, dan spesifikasinya.

2.6.5 Kapasitas Pompa Drainase

Namun, umumnya pompa drainase yang digunakan adalah jenis pompa turbin seperti pompa aliran axial, jenis ini digunakan dalam saluran dengan debit yang cukup besar namun dengan ketinggian rendah (*head* kecil). Pompa aliran semi aksial juga terkadang digunakan untuk debit yang cukup besar dan dengan ketinggian sedang (*head* sedang). Sedangkan pompa dengan kapasitas debit yang cukup besar serta dengan ketinggian yang besar (*head* besar), dimana tinggi pompa ditimbulkan oleh gaya putaran sentrifugal yang mendorong putaran sudu-sudu (*impeller*) pompa sehingga pompa jenis ini disebut pompa tipe sentrifugal.

Pompa drainase yang digunakan di boezem Kalidami adalah tipe pompa air *submersible*, atau dapat juga diartikan pompa air dengan sistem kerjanya adalah memutar *impeller* dengan kecepatan rotasi yang sangat tinggi sehingga terjadi gaya sentrifugal dan mendorong air hingga ke pipa buang. Karena sistem kerjanya yang berdasar gaya sentrifugal, pompa air *submersible* tidak memiliki spesifikasi daya hisap, namun hanya memiliki kapasitas total *head* yang dapat dirumuskan sebagai berikut

$$H = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) \dots\dots\dots(2-1)$$

Dikarenakan pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* sehingga tidak terjadinya perbedaan daya hisap dan daya tekan, maka diasumsikan $P_1=P_2$, serta tidak adanya kecepatan awal ($V_1=0$) sehingga rumusannya menjadi

$$H = (z_2 - z_1) + H_{LT} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

H = *head* total pompa (m);

z = *head* statis pompa (m);

HLT = *headloss* total (m).

2.6.6 Efektivitas Pompa Drainase

Efektivitas pompa drainase sangat berkaitan erat dengan kehilangan energinya, yang dikenal dengan istilah *headloss*. *Headloss* meliputi dua hal, yaitu: *headloss* mayor, dan *headloss* minor. Penyebab *headloss* mayor adalah gesekan yang terjadi di dalam pipa. Untuk penyebab *headloss* minor adalah *fitting* pada perpipaan yang ada pada pipa hisap serta pipa buang.

1. HeadLoss mayor

Rumusan untuk menghitung *headloss* mayor adalah sebagai berikut

$$h_{ip} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan:

H_{ip} = *headloss* mayor;

f = koefisien gesekan;

L = panjang pipa;

V = kecepatan rata-rata cairan dalam pipa;

D = diameter dalam pipa.

Untuk mencari koefisien gesekan (f) dapat dicari dengan diagram Moody di mana menggunakan angka Reynolds (*Reynoldsnumber*) dan kekasaran relatif. Nilai kekasaran relatif bisa didapatkan dengan rumusan

$$\frac{e}{D} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana:

e = kekasaran permukaan dalam pipa;

D = diameter pipa.

Kekasaran permukaan di dalam pipa didapatkan melalui pemilihan bahan yang digunakan dan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2. 1 Kekasaran ekivalen untuk pipa baru

Pipa	Kekasaran ekivalen, e	
	Feet	Milimeter
Paku baja	0,003 – 0,03	0,9-9,0
Beton	0,001 – 0,01	0,3-3,0
Kayu diampelas	0,0006 – 0,003	0,18-0,9
Besi tuang	0,00085	0,26
Besi Galvanisir	0,0005	0,15
Besi Komersial atau besi tempa	0,00015	0,045
Pipa saluran	0,000005	0,0015
Plastik, gelas	0,0 (halus)	0,0 (halus)

Sumber: (Munson, Young and Okiishi, 2003: 44)

Sedangkan untuk bilangan Reynolds rumusnya adalah sebagai berikut

$$R_e = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots(2-5)$$

Di mana:

R_e = bilangan Reynolds;

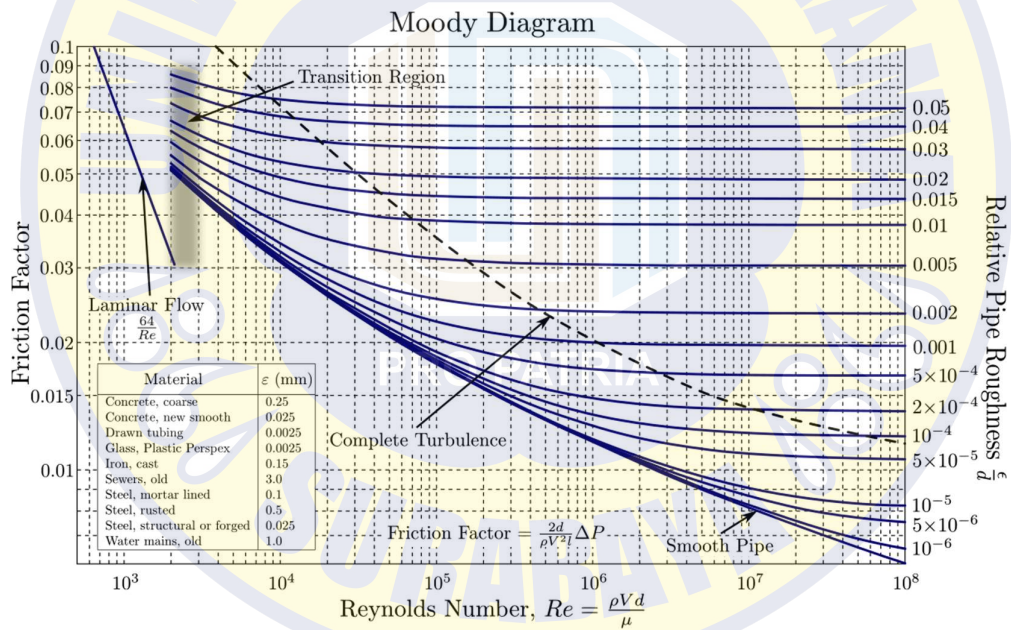
ρ = massa jenis cairan;

V = kecepatan rata-rata aliran;

D = diameter dalam pipa;

μ = viskositas absolut cairan.

Setelah bilangan Reynolds dan kekasaran relatif diketahui, kemudian mencari harga koefisien gesekan dengan mengacu pada diagram Moody seperti berikut



2. HeadLoss minor

Headloss minor yang terjadi hanya terdapat pada fitting dan lubang-lubang katup (valve) yang ada di sepanjang sistem perpipaan, sehingga dapat dirumuskan seperti berikut

$$h_{lf} = n \cdot k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2-6)$$

Keterangan:

h_{lf} = headloss minor yang terjadi;

n = jumlah fitting/valve untuk diameter yang sama;

k = koefisien gesekan;

V = kecepatan rata-rata aliran;

g = percepatan gravitasi.

i. Daya Pompa

Menghitung besarnya daya pompa dapat dilakukan dengan menghitung besar daya air yang didorong yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots(2-7)$$

Di mana:

ρ = massa jenis cairan;

g = percepatan gravitasi;

Q = kapasitas pompa;

H = total head pompa.