

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Dasar Teori

Dalam penyusunan sebuah laporan dibutuhkan beberapa pendukung berupa data *valid* yang harus disertakan. Data valid tersebut terkait dengan kekuatan sebuah laporan yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis.

1.1.1 Banjir

Banjir diartikan sebagai salah satu fenomena alam yang merugikan, dimana suatu tempat tergenangi oleh air. Menurut Kodoatie (2013) Kerusakan yang diakibatkan oleh banjir sangat besar, baik dari segi harta benda maupun korban jiwa. Secara umum ada dua faktor penyebab terjadinya banjir, diantaranya:

1. Faktor Alami

Ada beberapa faktor alami yang menyebabkan terjadinya banjir, salah satunya yaitu curah hujan, erosi dan sedimentasi yang dapat mengurangi kapasitas penampang sungai, pengaruh fisiografi, kapasitas drainase, kapasitas sungai, serta pengaruh air pasang.

2. Faktor Kegiatan Manusia

Penyebab terjadinya banjir tidak hanya datang dari alam, namun aktivitas manusia juga dapat menjadi penyebab terjadinya banjir. Aktivitas manusia yang dapat menjadi penyebab banjir diantaranya adalah perubahan kondisi DAS, penebangan hutan secara liar yang menyebabkan hilangnya vegetasi alami, kawasan kumuh, sampah yang tidak dikelola dengan baik, buruknya sistem drainase kota serta pengembangan sektor pertanian, kerusakan yang terjadi pada bangunan pengendali air seperti bendung jebol, dan kesalahan pada perencanaan sistem pengendalian banjir.

1.1.2 Pengendalian Banjir

Banjir merupakan sebuah fenomena yang tidak dapat dihindari namun dapat dikendalikan. Untuk itu diperlukan rencana penanggulangan banjir agar dapat meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan. Dalam pengendalian banjir, hal yang perlu diperhatikan yaitu mencari sistem yang tepat dalam penanggulangannya.

Menurut Grigg (1996), pengelolaan dataran banjir memiliki 4 strategi dasar, diantaranya:

1. Melakukan pengurangan banjir dengan menggunakan pengendali seperti waduk dan normalisasi sungai.
2. Menggunakan teknik mitigasi seperti asuransi untuk mengoreksi dampak banjir dan mengoreksi dampak banjir.
3. Melakukan penghijauan sebagai upaya pelestarian alam.
4. Mengatur tata guna lahan.

Sedangkan menurut lokasi atau daerah pengendaliannya, kegiatan pengendalian banjir dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu bagian hulu dan bagian hilir. Pengendalian banjir di bagian hulu meliputi pembangunan dam pengendali banjir serta menurunkan besar debit banjir, penghijauan di DAS, dan pembuatan waduk lapangan agar pola hidrograf banjir dapat berubah. Sedangkan untuk pengendalian banjir di bagian hilir meliputi normalisasi alur sungai dan tanggul, pemanfaatan daerah genangan sebagai *Retarding Pond*, dan pembuatan alur pengendalian banjir.

Salah satu upaya Pemprov DKI untuk mengatasi banjir yaitu dengan membuat 4 waduk yang dinilai efektif dalam pengendalian banjir di Jakarta, salah satunya pembangunann waduk Lebak Bulus. Keempat waduk tersebut tersebar di daerah DKI Jakarta, khususnya daerah Jakarta Selatan.

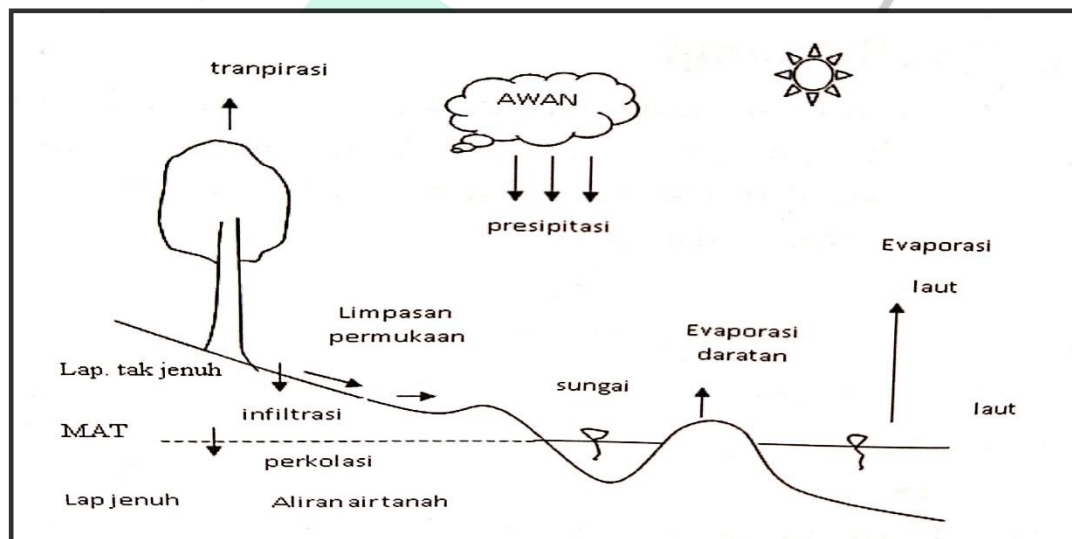
1.1.3 Waduk

Menurut perarturan No. 37 tahun 2010, bendungan merupakan suatu bangunan berupa timbunan, beton atau pasangan bata yang dibuat untuk menampung serta menyimpan air. Bendungan difungsikan juga untuk membendung serta menampung limbah pertambangan. Waduk sendiri diartikan sebagai suatu struktur bangunan air yang menyerupai kolam air yang difungsikan untuk menyimpan kelebihan air ketika musim hujan serta menyuplai air Ketika musim kemarau.

Pembangunan waduk merupakan salah satu wujud usaha dalam memenuhi kebutuhan air serta pengendalian air.

1.1.4 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air di bumi, yang ditinjau dari asal usulnya, peredaran maupun persebarannya, sifat-sifatnya serta hubungannya dengan lingkungan khususnya makhluk hidup (Triadmodjo, 2008). Sedangkan siklus hidrologi sendiri diartikan sebagai proses air yang terus menerus mengalir dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi. Menurut Triadmojo (2008), siklus hidrologi diawali dengan menguapnya air ke udara. Selanjutnya air yang menguap mengalami proses aglomerasi di udara, atau yang biasa disebut dengan awan. Siklus hidrologi merupakan siklus yang bersifat konstan dan berkelanjutan di setiap wilayah. Berikut merupakan gambaran dari siklus hidrologi:



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi (Sumber: Limantara, 2018)

Menurut Soewarno, (1995) Data hidrologi didefinisikan sebagai informasi atau fakta tentang fenomena hidrologi. Data tersebut meliputi curah hujan, suhu, evaporasi, kecepatan angin, debit sungai, ketinggian sungai, dan debit. Perencanaan normalisasi sungai memerlukan analisis hidrologi untuk mengetahui debit banjir rencana. Terdapat lima tahapan analisis debit banjir rencana, diantaranya (Priyambodo R, 2020):

1. Tentukan daerah aliran sungai dan luasannya.
2. Tentukan titik-titik pos curah hujan.
3. Tentukan besarnya hujan tahunan maksimum di setiap stasiun.

4. Melakukan analisis prediksi curah hujan dengan probabilitas T tahun.
5. Melakukan perhitungan debit banjir rencana.

1.1.5 DAS

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu wilayah yang dikelilingi pegunungan, kemudian air hujan yang jatuh di wilayah itu mengalirkannya ke sungai utama. Dalam hal ini peta topografi sangatlah penting untuk menentukan DAS, yaitu yang digambarkan dengan garis-garis kontur (Bambang Triatmodjo, 2008).

DAS diperlukan untuk menghitung curah hujan daerah serta besarnya debit banjir rencana. Dalam analisis hidrologi, hal yang perlu diketahui adalah luas dari DAS itu sendiri. Luasan DAS ini nantinya akan digunakan sebagai parameter dalam perhitungan hujan daerah serta debit banjir rencana. Untuk mengetahui luas DAS dibutuhkan aplikasi *software arc-gis* atau *google earth*. Terdapat beberapa metode dalam menentukan besarnya curah hujan daerah, diantaranya yaitu metode Rata-Rata Aljabar, Poligon Thiessen, dan Isohyet. Untuk mengetahui metode yang tepat digunakan pada suatu DAS, dapat mempertimbangkan ketiga faktor berikut:

1. Luas DAS

Tabel 2.1 Luas DAS

DAS besar (>5000 km ²)	Metode isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode rata-rata aljabar

Sumber: Suripin, 2004

2. Topografi DAS

Tabel 2.2 Topografi DAS

Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode thiessen
Berbukit	Metode isohyet

Sumber: Suripin, 2004

3. Jaringan-jaring pos penakar hujan dalam DAS

Tabel 2.3 Jaringan-Jaring Pos Penakar Hujan

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode isohyet, thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

Sumber: Suripin, 2004

1.1.6 Curah Hujan

Curah hujan adalah banyaknya air yang jatuh ke tanah dalam waktu tertentu, diukur dalam milimeter. Curah hujan diperlukan untuk mengetahui besarnya rata-rata curah hujan tertinggi serta berperan sebagai paramater utama dalam perhitungan debit banjir. Beberapa stasiun hujan diperlukan untuk menghitung curah hujan yang diharapkan. Curah hujan yang direncanakan sangat penting dalam analisis hidrologi. Untuk menghitung curah hujan rencana pada suatu DAS terdapat beberapa metode, diantaranya:

1.1.6.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Metode ini dapat dikatakan metode paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Menurut Limantara (2018), metode Rata-Rata Aljabar diasumsikan bahwasanya seluruh penakar hujan memiliki keterkaitan yang sama dengan persamaan berikut:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n}$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- d = tinggi curah huju rata-rata daerah (DAS) (mm)
- d1, d2, d3,, dn = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, 3, ...,n
- n = banyaknya pos penakar

1.1.6.2 Metode Poligon Thiessen

Menurut Triatmodjo (2008), metode ini sering dipakai untuk perhitungan hujan rerata wilayah. Dibandingkan dengan metode Rata-Rata Aljabar, hasil metode Poligon Thiessen lebih akurat. Adapun langkah-langkah dalam penerapan metode ini, diantaranya:

- 1). Lokasi kolom pengukur hujan ditandai pada peta cekungan. Garis penghubung lurus dibuat di antara tiang-tiang pengukur.
- 2). Gambarlah plumb bob di tengah setiap garis penghubung untuk membentuk poligon Teisen. Semua titik pada poligon memiliki jarak terpendek ke pos pengukuran yang ada dibandingkan dengan jarak ke pos lainnya. Selain itu, post presipitasi dianggap mewakili presipitasi di area poligon yang bersangkutan.
- 3). Luas setiap poligon dapat diukur dengan planimeter, dan luas total cekungan dapat ditentukan dengan menjumlahkan luas semua polygon.
- 4). Curah hujan rata-rata di cekungan dapat dihitung dengan rumus berikut

(Triatmodjo, 2008):

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.2)$$

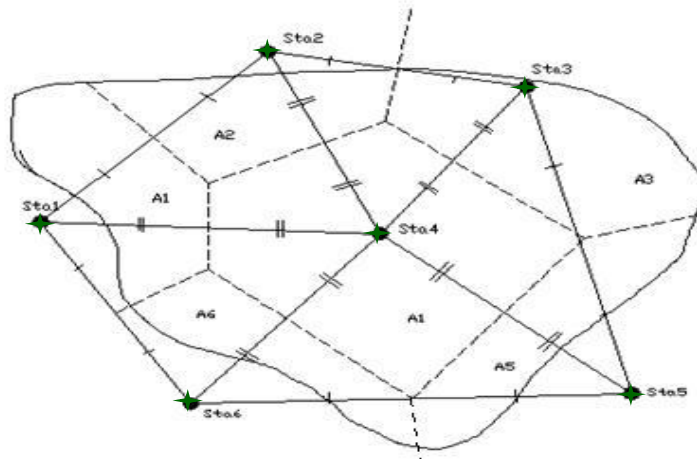
Dimana:

P = tinggi curah hujan rerata DAS, satuan (mm)

A = luas DAS, satuan (km²)

P₁, P₂, P₃, P_n = tinggi curah hujan pos 1, 2, 3, n, satuan (mm)

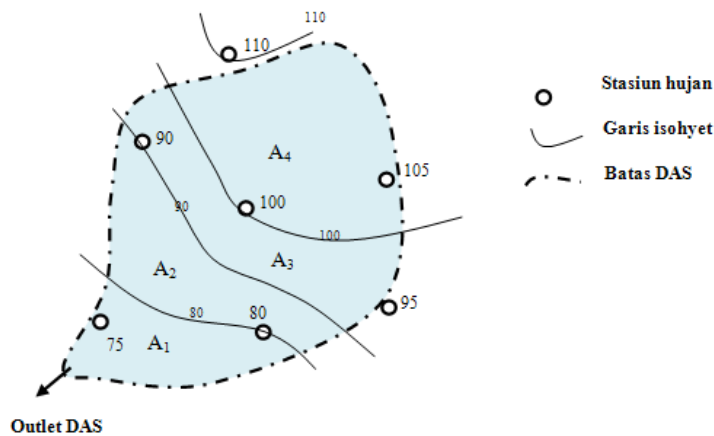
A₁, A₂, A₃, ..., A_n = luasan wilayah pos 1, 2, 3, n, satuan (km²)



Gambar 2.2. Metode Poligon Thiessen (Sumber: Triadmodjo, 2008)

1.1.6.3 Metode Isohyet

Metode ini memperhitungkan efek sebenarnya dari setiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, dapat memodifikasi asumsi metode Thiessen umumnya mengasumsikan bahwa setiap titik pengukuran mencatat jumlah curah hujan yang sama di wilayah terdekat. Metode ini sangat tepat bila diterapkan di wilayah perbukitan dan daerah tidak beraturan dengan luas lebih dari 5.000 km².



Gambar 2.3. Metode Isohyet (Sumber: Triadmodjo, 2008)

Berikut langkah-langkah dalam pembuatan metode isohyet:

1. Lakukan plotting data kedalaman air hujan di setiap pos penakar hujan.
2. Hubungkan titik-titik dengan kedalaman yang sama dan gambar garis kontur dengan kedalaman air hujan.
3. Gunakan planimeter untuk menghitung luas antara dua garis kontur.

4. Kalikan setiap daerah dengan curh hujan rata-rata antara dua garis kontur yang berdekatan.

Berikut persamaan untuk menghitung hujan rata-rata DAS (Triadmodjo, 2008):

$$P = \frac{A_1 \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left(\frac{P_{n-1} + P_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots \dots \dots (2.3)$$

atau

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \left[A_i \left(\frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) \right]}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.4)$$

1.1.7 Analisis Frekuensi Hidrologi

Menurut Limantara (2010), analisis frekuensi merupakan suatu analisa perkiraan apakah debit aliran sungai akan melebihi atau menyamakan suatu harga tertentu. Analisis ini digunakan sebagai penentu tingginya curah hujan serta debit banjir rencana berdasarkan kala ulang tertentu.

Dalam menghitung analisis frekuensi terdapat beberapa parameter statistik yang digunakan, diantaranya parameter nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan (Cs) serta koefisien *kurtosis* (Ck). Penentuan parameter ini berdasarkan informasi catatan besar curah hujan harian tertinggi. Berikut persamaan matriks dengan rumus sebagai berikut:

- Nilai rata-rata (\bar{X}) dapat dirumuskan melalui persamaan berikut (Limantara, 2012):

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

\bar{X} = Tinggi nilai rata-rata hujan (mm)

X_i = Data curah hujan ke-i (mm)

n = Banyaknya jumlah data curah hujan

- Simpangan baku (Sd)

Simpangan baku (*standar deviasi*) merupakan nilai ukur dispersi terhadap data yang dikumpulkan. Menghitung harga simpangan baku melalui persamaan (Limantara, 2018):

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

\bar{X} = Tinggi nilai curah hujan rata-rata (mm)

Xi = Data curah hujan ke-I (mm)

n = Banyaknya jumlah data curah hujan

Sd = Standar deviasi/baku dari curah hujan maksimum

- Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah rasio antara standar deviasi dengan \bar{X} distribusi yang dihitung, dapat dihitung menggunakan rumus (Triatmodjo, 2008):

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

Dimana:

Cv = Koefisien variasi curah hujan

- Koefisien kemiringan (Cs)

Koefisien kemiringan merupakan nilai dari derajat asimetri bentuk distribusi. Dihitung melalui persamaan (Limantara,2018):

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

Cs = Koefisien kemiringan curah hujan

- Koefisien kurtosis (Ck)

Koefisien kurtosis merupakan nilai yang menunjukkan seberapa tajam kurva distribusi yang nantinya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien *kurtosis* berfungsi sebagai penentu ketajaman kurva distribusi. Dihitung dengan persamaan (Triatmodjo, 2008):

$$Ck = \frac{n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)Sd^4} \times \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4 \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

C_k = Koefisien kurtosis curah hujan

1.1.8 Distribusi Curah Hujan

Setelah menghitung parameter statistik, langkah selanjutnya menentukan jenis distribusi dengan membandingkan hasil perhitungan dengan parameter untuk memilih jenis distribusi yang tepat. Berikut jenis sebaran distribusi yang sering dipakai dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, diantaranya:

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

Tabel berikut mencantumkan persyaratan metode distribusi untuk setiap jenis distribusi:

Tabel 2.4 Pedoman Pemilihan Sebaran

Jenis Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k = 3$
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5,383$
	$C_v \sim 0,06$
Log Pearson III	$C_s \neq 0$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$

Sumber : SNI 2415, 2016

1.1.8.1 Metode Distribusi Normal

Menurut Triadmodjo (2008), distribusi normal merupakan simetris terhadap sumbu vertikal. Seperti yang ditunjukkan table 2.5, metode distribusi normal dapat digunakan untuk menghitung periode kala ulang. Adapun rumus persamaan berdasarkan distribusi probabilitas normal sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T Sd \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana:

X_T = Hujan rencana dengan probabilitas T tahun (mm).

\bar{X} = Nilai rata-rata (X) (mm).

Sd = Standar deviasi (X) (mm).

K_T = Faktor frekuensi, (tergantung dari periode ulang T tahun).

Untuk memudahkan perhitungan, nilai K_T telah tertera dalam (Tabel 2.5).

Tabel 2.5 *Probabilitas Kumulatif Distribusi Normal Standart*

1	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0094	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681

-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,50470	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8505	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633

1,8	0,9541	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9891	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9896	0,9901	0,999904	0,999906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Sumber : SNI 2415, 2016

1.1.8.2 Metode Distribusi Log Normal

Distribusi ini sedikit sama dengan distribusi normal, yang membedakannya adalah variabel pada tabel perhitungan dan menggunakan nilai logaritma. Berikut persamaan dalam perhitungan distribusi log normal:

$$X_T = \bar{X} + K_T Sd \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

X_T = Hujan rencana dengan probabilitas T tahun (mm).

\bar{X} = Nilai rata-rata (X) (mm).

Sd = Standar deviasi (X) (mm).

K_T = Faktor frekuensi.

Tabel 2.6 Variabel Standar untuk Distribusi Log Normal

T (Tahun)	K _T	T (Tahun)	K _T	T (Tahun)	K _T
1	-1,86	20	1,89	90	3,34
2	-0,22	25	2,1	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,7
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	4,09
12	1,43	75	3,6	200	4,14
13	1,5	80	3,21	221	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33

Sumber : SNI 2415, 2016

1.1.8.3 Metode Distribusi Log Pearson III

Menurut Limantara (2018), distribusi ini diartikan sebagai jenis distribusi yang memiliki tingkat fleksibilitas yang baik serta sering dipakai dalam analisis frekuensi atas data hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum. Dalam distribusi ini proses analisisnya menggunakan 5 parameter. Adapun tahapan prosesnya sebagai berikut:

1. Mengganti data hujan sebanyak n (X_1, X_2, \dots, X_n) dengan $\text{Log } X_1, \text{Log } X_2, \dots, \text{Log } X_n$.
2. Menghitung harga rata-rata, melalui persamaan (Limantara, 2018):

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana:

$\log \bar{X}$ = Harga rerata logaritmatik.

n = Banyaknya data.

X_i = Nilai curah hujan ke-i

3. Menghitung harga simpangan baku (dalam log), melalui persamaan (Limantara, 2018):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{X})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

S = Koefisien *skewness*.

4. Perhitungan koefisien kepeccengan (dalam log), melalui persamaan (Limantara, 2018):

$$C_s = \frac{n \sum (\log x_i - \overline{\log x})^4}{(n - 1)(n - 2)S^3} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

Cs = Koefisien *skewness*

5. Perhitungan koefisien kurtosis (Ck) dengan rumus (Triatmodjo, 2008):

$$C_k = \frac{n^2}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} \times \sum_{i=1}^n \{ \log(X_i) - \log \bar{X} \}^4 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

Ck = Koefisien kurtosis.

6. Perhitungan koefisien variasi (Cv) dengan rumus (Triatmodjo, 2008):

$$C_v = \frac{S}{\log \bar{X}} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

Cv = Koefisien variasi

7. Perhitungan nilai ekstrem, melalui persamaan (Limantara, 2018):

$$\log X = \text{Log} \bar{X} + G * S \dots \dots \dots (2.17)$$

8. Mencari anti log dari Log X untuk memperoleh perhitungan hujan rancangan yang diinginkan.

Tabel 2.7 Harga K untuk Distribusi Log Pearson III

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	20	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280

-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : SNI 2415, 2016

1.1.8.4 Metode Distribusi Gumbel

Menurut Triadmodjo (2008), analisa distribusi ini banyak dipakai untuk menganalisis data tertinggi, seperti untuk analisis frekuensi banjir. Terdapat dua syarat dalam distribusi ini yakni, memiliki nilai koefisien kemencengan sebesar 1,14 serta memiliki nilai koefisien puncak sebesar 5,4. Berikut formula yang dipakai untuk sebaran Gumbel:

$$x = \bar{X} + \frac{Sd}{Sn}(Y_T - Y_n) \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

X = nilai ekstrem

\bar{X} = nilai rerata

Y_T = *redused variate*.

Dapat dilihat pada tabel 2.8. Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus:

Untuk $T \geq 20$, maka: $Y = \ln T$

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

Y_n = *reduced variate mean*.

S_n = *reduced variate standard deviation*.

Tabel 2.8 *Reduced Variate (YT) untuk Distribusi Gumbel*

No.	Periode Ulang (Tahun)	<i>Reduced Variate</i>
1.	2	0,3665
2.	5	1,4999
3.	10	2,2502

4.	20	2,9606
5.	25	3,1985
6.	50	3,9019
7.	100	4,6001
8.	200	5,2960
9.	500	6,2140
10.	1000	6,9190
11.	5000	8,5390
12.	10000	9,9210

Sumber : SNI 2415, 2016

Tabel 2.9 Reduced mean (Y_n) untuk Distribusi Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100					0,56					

Sumber : SNI 2415, 2016

Tabel 2.10 Reduced Standard Deviation (S_n) untuk Distribusi Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0315	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1923	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001

90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100						1,2065				

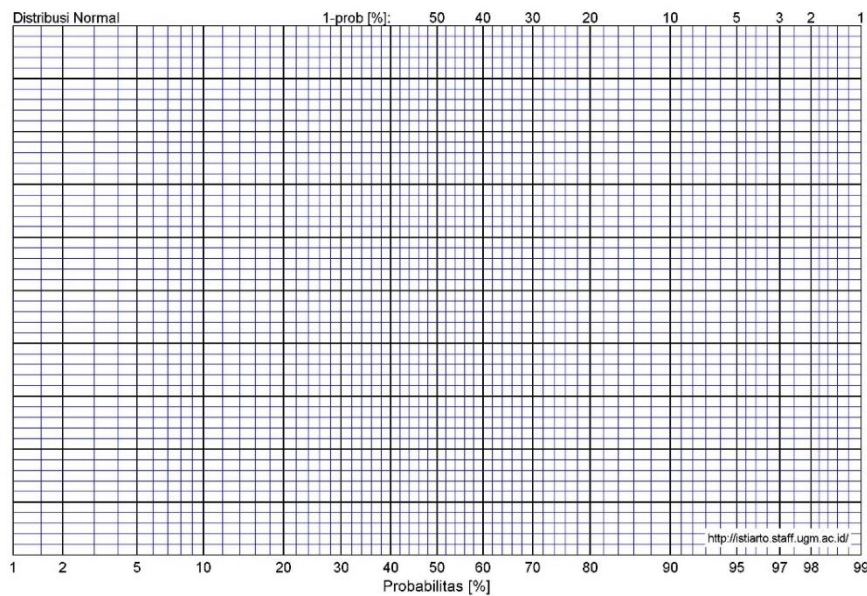
Sumber : SNI 2415, 2016

Dari keempat metode yang digunakan diatas, diambil salah satu metode yang memenuhi syarat. Selanjutnya pengujian kecocokan sebaran distribusi, yang artinya hasil uji kecocokan distribusi yang akan menunjukkan apakah distribusi tersebut dapat diterima.

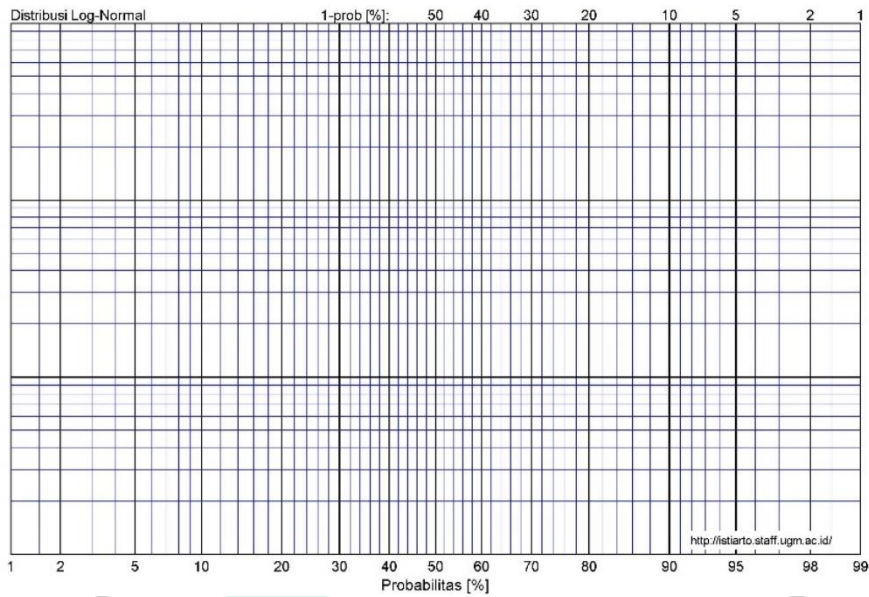
1.1.9 Plotting Data

Data yang sudah ada perlu dilakukan plotting terlebih dahulu pada kertas probabilitas sebelum melakukan uji kecocokan sebaran. Plotting data ini dilakukan untuk mengetahui sesuai atau tidaknya distribusi probabilitas dengan perhitungan data hidrologi.

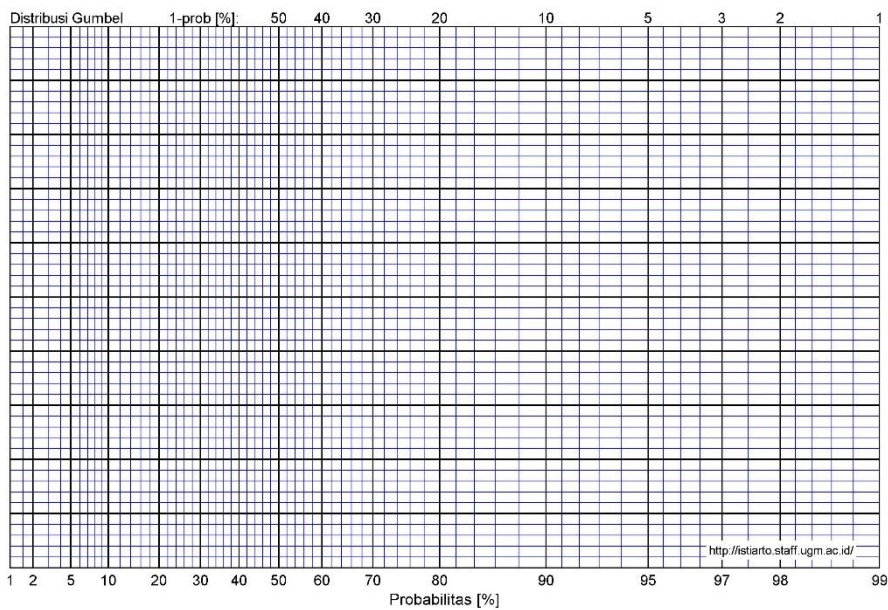
Terdapat tiga jenis kertas probabilitas, yaitu kertas distribusi normal, log normal atau bisa juga digunakan untuk distribusi log pearson, dan gumbel seperti ditunjukkan dalam gambar 2.4, 2.5, dan 26.



Gambar 2.4. Kertas Probabilitas Distribusi Normal



Gambar 2.5. Kertas Probabilitas Distribusi Log Normal



Gambar 2.6. Kertas Probabilitas Distribusi Gumbel

1.1.10 Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian ini merupakan analisa frekuensi distribusi data hidrologi yang berfungsi sebagai parameter perkiraan banjir rancangan ataupun debit andalan. Pengujian ini dilakukan setelah menggambarkan hubungan antara curah hujan atau limpasan dan nilai probabilitas pada kertas prbabilitas. Terdapat dua pengujian yang

dapat dilakukan dalam pengujian distribusi, yaitu pengujian Smirnov-Kolmogorof atau pengujian *Chi Square*.

1.1.10.1 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji aproksimasi Smirnov Kolmogorov disebut juga sebagai uji aproksimasi nonparametrik karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu melainkan memperhatikan representasi data pada kurva dan data pada kertas probabilitas. (Triatmodjo, 2009).

Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas semua data, antara distribusi empiris dan distribusi teoritis, yang dinyatakan dengan Δ . Nilai Δ maksimum (Δ maks) dibandingkan dengan Δ kritis (dari tabel Smirnov-Kolmogorov) dengan tingkat kepercayaan (α) tertentu. Distribusi dianggap cocok jika: Δ maks $<$ Δ kritis (Limantara, 2010). Berikut langkah-langkah pengujian kecocokan Smirnov-Kolomogorov:

Rumus yang digunakan untuk pengujian kecocokan Smirnov-Kologomorov (Sri Harto, 1993:179):

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.20)$$

$$P' = \frac{m}{n-1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.21)$$

1. Urutkan data yang akan diamati dari yang nilai maksimum ke nilai minimum maupun sebaliknya untuk menentukan nilai dari masing-masing data tersebut:

- $X_1 \rightarrow P(X_1)$
- $X_2 \rightarrow P(X_2)$
- $X_m \rightarrow P(X_m)$
- $X_n \rightarrow P(X_n)$

2. Menentukan nilai masing-masing probabilitas teoritis dari hasil plottingan data, (persamaan distribusinya):

- $X_1 \rightarrow P'(X_1)$
- $X_2 \rightarrow P'(X_2)$
- $X_m \rightarrow P'(X_m)$
- $X_n \rightarrow P'(X_n)$

3. Kedua nilai probabilitas menentukan nilai selisih tertinggi antara probabilitas yang diamati dan probabilitas teoritis.

Tabel 2.11 Nilai D_0 Kritis untuk Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

Jumlah data (n)	Derajat kepercayaan (α)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	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	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

1.1.10.2 Uji Chi Kuadrat (X^2)

Uji Chi Kuadrat dilakukan untuk kesesuaian distribusi data pengamatan terhadap data teoretis kearah vertikal. Rumus Chi Kuadrat (X^2) sebagai berikut (Limantara, 2018):

$$X^2_{hitung} = \sum_{i=1}^N \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

X^2_{hitung} = nilai Chi Kuadrat terhitung

Ef = frekuensi pengamatan kelas j

Of = frekuensi teoritis kelas j

N = jumlah kelas

Berikut rumus derajat kebebasan d^k menurut (Limantara, 2018):

- $d^k = k-1$ jika frekuensi dihitung tanpa memperkirakan parameter dari sampel.
- $d^k = k-1- m$ jika frekuensi dihitung dengan memperkirakan m parameter dari sampel.

Dalam suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil sebesar 5%. Berikut persamaan untuk perhitungan derajat kebebasan berdasarkan (Triatmodjo, 2009):

$$DK = K - (P + 1) \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana:

DK = Derajat kebebasan.

K = Banyaknya kelas.

P = Banyaknya parameter.

Nilai dari X^2 di atas dibandingkan dengan dengan derajat kepercayaan (α) tertentu. Jika $X^2_{hitung} < X^2$ tabel berarti data sesuai dengan distribusi tersebut (Limantara, 2017).

Tabel 2.12 Nilai Kritis untuk Pengujian Kecocokan Chi-Kuadrat

Dk	Derajat Kepercayaan (α)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	214,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,161	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156

Dk	Derajat Kepercayaan (α)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,17	37,566	39,997
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,52	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

1.1.11 Intensitas Hujan

Intensitas hujan dapat didefinisikan sebagai tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan yaitu semakin pendek durasi hujan, maka semakin tinggi intensitasnya dan semakin lama periode ulangnya, semakin tinggi juga intensitasnya. Adapun kurva *IDF* yaitu hubungan antara intensitas, durasi, dan frekuensi hujan yang diwakili oleh kurva intensitas–durasi–frekuensi. Analisis *IDF* digunakan untuk memprediksi debit puncak yang sesuai dengan data hujan titik. Data yang digunakan yaitu data hujan yang membentuk kurva *IDF* dengan intensitas tinggi dalam waktu singkat, seperti 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan beberapa jam hujan. Menurut Suripin (2004), lengkung *IDF* dapat dibuat sesuai dengan data hujan jangka pendek tersebut. Jika tidak ada ketersediaan data hujan jangka pendek maka intensitas hujan dapat dihitung menggunakan Persamaan Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana:

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = lamanya curah hujan (jam)
- R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

1.1.12 Analisis Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Metode rasional merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi besar aliran permukaan puncak yang umum digunakan berupa non hidrograf, namun dalam penggunaannya terbatas untuk daerah aliran sungai berukuran kecil kurang dari 300 ha (Goldman et.al,1986). Penggunaan ini sangat sederhana serta banyak diterapkan pada perencanaan drainase wilayah perkotaan. Berdasarkan standar PU Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) < 5000 ha, diluar dari batas luas DAS tersebut koefisien limpasan/*run-off coefficient* (C) dapat dipecah-pesah sesuai ataupun berdasarkan tata guna lahan serta luas wilayah terhadap besarnya nilai koefisien limpasan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai C diantaranya yaitu permeabilitas tanah atau presentase lahan kedap air, kemiringan lahan, vegetasi, serta intensitas hujan. Berikut rumus metode rasional (Limantara, 2018):

$$Q = 0,278 C I A \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

Q = debit banjir rancangan, satuan: m³/dt

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan, satuan: mm/jam

A = luas DAS, satuan km²/ha

Tabel 2.13 Koefisien Limpasan Metode Rasional

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Business	
Perkotaan	0.70 – 0.95
Pinggiran	0.50 – 0.70
Perumahan	
Rumah tunggal	0.30 – 0.50
Multiunit, terpisah	0.40 – 0.60
Multiunit, terggabung	0.60 – 0.75
Perkampungan	0.25 – 0.40
Apartemen	0.50 – 0.70
Industri	
Ringan	0.50 – 0.80
Berat	0.60 – 0.90
Perkerasan	

Aspal dan beton	0.70 – 0.95
Batu bata, paving	0.50 – 0.70
Atap	0.75 – 0.95
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0.05 – 0.10
Rata-rata, 2 - 7%	0.10 – 0.15
Curam, 7%	0.15 – 0.20
Halaman, tanah berat	
Datar, 2%	0.13 – 0.17
Rata-rata, 2 - 7%	0.18 – 0.22
Curam, 7%	0.25 – 0.35
Halaman kereta api	0.10 – 0.35
Taman tempat bermain	0.20 -0.35
Taman, perkebunan	0.10 – 0.35
Hutan	
Datar, 0 - 5%	0.10 – 0.40
Rata-rata, 5 - 10%	0.25 – 0.50
Berbukit, 10 – 30%	0.30 – 0.60

Sumber: Suripin, 2004

Metode rasional dapat diasumsikan dengan kejadian hujan yang memiliki durasi sama serta merata di wilayah DAS sekurang-kurangnya dalam waktu konsentrasi yang sama (t_c). Berikut persamaan untuk memperkirakan nilai konsentrasi yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$S = \frac{\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir}}{L} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana:

L = panjang lintasan (Km)

S = kemiringan lahan (m)

1.1.13 Storm Water Model Management (SWMM)

SWMM merupakan *software* yang digunakan untuk menganalisis permasalahan kualitas serta kuantitas air terkait limpasan daerah perkotaan. Pada awalnya *SWMM* dikembangkan dan digunakan di Amerika Serikat oleh *Environmental Protection Agency* atau yang juga dikenal dengan EPA. *SWMM* sendiri tergolong ke dalam model curah hujan dinamis yang berguna sebagai simulasi jangka panjang.

1.1.14 Permodelan dalam SWMM 5.2

Langkah paling utama dalam simulasi adalah pemodelan jaringan drainase pada *software EPA SWMM*. Sistem jaringan drainase dimodelkan ke dalam *software EPA SWMM* menjadi beberapa area tangkapan. Kemudian hasil survei di lapangan maupun data yang berbentuk ukuran dengan satuan dimasukkan ke dalam pemodelan. Berikut adalah beberapa objek pada pemodelan *EPA SWMM 5.2* :

1. *Rain Gauge*

Menurut Rossman (2010), *rain Gauge* merupakan permodelan yang mewakili curah hujan yang nantinya menyuplai areapenelitian. Data-data hujan yang dipakai merupakan data yang sudah diolah guna mendapatkan format yang diinginkan. Berikut adalah format yang dapat dipakai dalam percobaan pemodelan :

- a. Intensitas curah hujan
- b. Curah hujan kumulatif
- c. Volume curah hujan
- d. Tipe data hujan
- e. Sumber data hujan
- f. Interval pencatatan curah hujan

2. *Subcatchment*

Menurut Rossman (2010), *subcatchment* diartikan sebagai daerah tangkapan hujan. Terdapat dua bagian *subcatchment*, yaitu permeable area dan area tertutup dimana aliran keluar akan menimbulkan infiltrasi saat mengalir melalui permeable area.

3. *Junction*

Menurut Rossman (2010), *junction* diartikan sebagai *point* pertemuan aliran. *Junction* dapat disebut sebagai pertemuan antara saluran. Air yang berlebihan pada *junction* dapat mengakibatkan luapan air, sehingga dapat diasumsikan terjadi banjir pada titik ini. Beberapa parameter yang perlu dimasukkan untuk simulasi pemodelan *junction* adalah :

- a. Elevasi dasar
- b. Tinggi hingga permukaan tanah
- c. Data debit air dari luar (*optional*)
- d. Kolam tampungan ketika terjadi banjir (*optional*)

4. *Outfall*





















Menurut Rossman (2010), *outfalls* merupakan pemberhentian terakhir dari rangkaian sistem drainase, diartikan bahwa titik akhir berupa muara.

5. *Conduit*

Menurut Rossman (2010), *conduit* merupakan penghubung yang mengalirkan air dari satu *node* ke *node* lain yaitu berupa saluran terbuka atau tertutup.

Masukan untuk *conduits* :

- Nama *node* masuk dan *node* keluar.
- Panjang saluran.
- Bilangan kekasaran Manning.
- Geometri penampang melintang.

<i>Name</i>	<i>Parameters</i>	<i>Shape</i>	<i>Name</i>	<i>Parameters</i>	<i>Shape</i>
<i>Circular</i>	<i>Full Height</i>		<i>Circular Force Main</i>	<i>Full Height, Roughness</i>	
<i>Filled Circular</i>	<i>Full Height, Filled Depth</i>		<i>Rectangular - Closed</i>	<i>Full Height, Width</i>	
<i>Rectangular Open</i>	<i>Full Height, Width</i>		<i>Trapezoidal</i>	<i>Full Height, Base Width, Side Slopes</i>	
<i>Triangular</i>	<i>Full Height, Top Width</i>		<i>Horizontal Ellipse</i>	<i>Full Height, Max. Width</i>	
<i>Vertical Ellipse</i>	<i>Full Height, Max Width</i>		<i>Arch</i>	<i>Full Height, Max. Width</i>	
<i>Parabolic</i>	<i>Full Height, Top Width</i>		<i>Power</i>	<i>Full Height, Top Width, Exponent</i>	
<i>Rectangular - Triangular</i>	<i>Full Height, Top Width, Triangle Height</i>		<i>Rectangular - Round</i>	<i>Full Height, Top Width, Exponent</i>	
<i>Modified Baskethandle</i>	<i>Full Height, Bottom Width, Top Radius</i>		<i>Egg</i>	<i>Full Height</i>	
<i>Horseshoe</i>	<i>Full Height</i>		<i>Gothic</i>	<i>Full Height</i>	
<i>Catenary</i>	<i>Full Height</i>		<i>Semi-Elliptical</i>	<i>Full Height</i>	

Gambar 2.7. Bentuk Penampang Melintang Saluran pada SWMM (Sumber: Rossman, 2010)

6. *Storage Unit*

Menurut Rossman (2010), *storage unit* diartikan sebagai unit penyimpanan air dengan kapasitas tertentu. *Storage unit* mendefinisikan kolam tampungan air memiliki volume tertentu, yaitu air dapat tertahan sementara.

7. *Pumps*

Pumps digunakan untuk meninggikan elevasi atau menaikkan air.

1.1.15 Analisis Reduksi Debit Banjir

Analisis reduksi debit banjir digunakan untuk mengetahui seberapa besar nantinya Waduk Lebak Bulus dalam mereduksi banjir akibat luapan sungai Kali Grogol. Pada penelitian ini analisa yang digunakan yaitu analisa debit banjir sebelum direncanakannya waduk dan setelah adanya waduk. Potensi penurunan debit banjir ini dihitung dengan mencari selisih debit banjir sebelum dan setelah direncanakannya waduk. Dari selisih tersebut dapat diketahui seberapa besar hasil penurunan debit banjir. Perhitungan reduksi debit banjir dapat dilihat pada persamaan 2.28.

$$\text{Selisih banjir} = Q \text{ tanpa waduk} - Q \text{ dengan waduk} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\text{Reduksi banjir} = \frac{\text{Selisih banjir}}{Q \text{ tanpa waduk}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.29)$$

1.2 Penelitian Terdahulu

1.2.1 Kolam Retensi Sebagai Alternatif Pengendalian Banjir.

Penelitian tahun 2015 ini dilakukan oleh Evy Harmani dan M. Soemantoro dari Universitas Dr. Soetomo Surabaya Program Studi Teknik Sipil sebagai sebuah jurnal penelitian kolam rentensi sebagai alternatif pengendalian banjir. Masalah genangan air serta drainase selalu menambah masalah di wilayah perkotaan, karena banjir dan drainase sering tetap berada di permukaan bumi setelah pembangunan perkotaan, yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Lahan yang awalnya mempunyai kemampuan ikat air yang besar dalam keadaan alaminya, telah banyak mengalami perkembangan dan menjadi lahan yang luas dengan daya tampung air

yang relatif rendah. Paradigma baru untuk pengendalian banjir adalah berusaha untuk menahan air di satu tempat selama mungkin tanpa menimbulkan kebingungan. Hal ini tidak hanya sebagai upaya untuk menahan terjadinya banjir, namun sebagai usaha dalam konservasi. Kolam retensi telah terbukti menjadi jawaban atas kebutuhan ini. Dari hasil beberapa penelitian, analisis hidrograf menunjukkan bahwa penggunaan kolam pengatur sebenarnya dapat mengontrol tingginya debit puncak dengan mengendalikan atau mengurangi tingkat puncak banjir yang seharusnya terjadi.

1.2.2 Peningkatan Efektivitas Tampungan Situ Ciledug Pamulang Melalui Perbaikan Penampang.

Penelitian ini dilakukan oleh Rifki Priyambodo dari Universitas Pembangunan Jaya pada tahun 2020. Penelitian ini dilakukan di Situ Ciledug Pamulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efektivitas kolam tampungan dengan menggunakan pemodelan pada *software SWMM 5.1*. Hasil dari analisis hidrologinya didapati curah hujan maksimum rencana tahun sebesar 107.000 mm dengan kala ulang yang digunakan adalah 100 tahun untuk mendapati diagram *hyetograph* sebagai data curah hujan pada *software SWMM 5.1*. dalam hasil pemodelan, dengan kedalaman 1,3 m, hasil besaran debit *inflow* yang masuk ke kolam situ 87,5037 m³/detik. *Flooding* kolam situ sebesar 30,145 m³/detik, sehingga diperlukan penambahan kedalaman kolam situ sebesar 0,7 m sebagai solusi untuk penanganan banjir yang diakibatkan oleh meluapnya Situ Ciledug Pamulang.

1.2.3 Evaluasi Rencana Kinerja Kolam Rentensi (*Retarding Basin*) Dalam Upaya Pengendalian banjir Tukad Mati Di Kota Denpasar.

Penelitian yang dilakukan oleh I G. Suryadinata P, I N. Norken, dan I G. B. Sila Dharma pada tahun 2013 menghasilkan sebuah jurnal spektran mengenai upaya pengendalian banjir Tukad melalui evaluasi kinerja kolam retensi di kota denpasar. Permasalahan yang sering terjadi di kawasan ini yaitu genangan yang diakibatkan oleh banjir pada setiap musim penghujan. Upaya yang dilakukan dalam mengatasi banjir ini diantaranya dilakukan normalisasi dan kolam retensi. Hasil simulasi proteksi banjir dengan *retarding basin* menunjukkan pengurangan muka air rata-rata

sebesar 0,42 meter atau rata-rata 12% dari tinggi muka air maksimum dalam keadaan tanpa kolam retensi. Masih terdapat genangan di beberapa (*cost*) menghasilkan parameter BCR, NPV dan IRR tidak memenuhi syarat kelayakan. Berdasarkan hasil simulasi, tampungan efektif *retarding basin* sebesar 282.630,00 m³ dengan kemampuan tampungan banjir selama 3-4 jam.

1.2.4 Aplikasi Storm Water Model Management (SWMM) untuk Daerah Aliran Sungai Deluwang Situbondo Jawa Timur.

Penelitian ini dilakukan oleh Nadajadji Anwar dan Mahendra Andiek M. dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian ini dilakukan di Daerah Deluwang, Situbondo. Secara umum, yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pemodelan hujan Daerah Deluwang, Situbondo menjadi debit dengan menggunakan program SWMM. Pemodelan yang dilakukan adalah membagi DAS Deluwang Situbondo berdasarkan orde 5, yang memberikan hasil kalibrasi 2.652 untuk metode RMSE dan -0.507 untuk metode Nash. Untuk pemodelan berdasarkan orde 5, apabila dimasukan nilai Thiessen memperoleh hasil kalibrasi 2.645 untuk metode RMSE dan -0.499 untuk metode Nash. Untuk pemodelan dengan orde 4, diperoleh hasil 4.118 untuk metode RMSE dan -2.635 untuk metode Nash. Sedangkan untuk pemodelan dengan orde 3, diperoleh hasil 1.923 untuk metode RMSE dan 0.204 untuk metode Nash. Untuk hasil pemodelan dengan orde 2 dan orde 1 secara berturut-turut adalah 0.759 dan 0.313 untuk metode RMSE dan 0.877 dan 0.979 untuk metode Nash. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model hujan debit yang dapat diterapkan dengan menggunakan dasar pembagian sub DAS berdasarkan orde sungai 1 dan orde sungai 2 untuk DAS Deluwang Situbondo.

1.2.5 Analisis Sumur Resapan Dalam Mengurangi Dampak Banjir di Perumahan Bukit Pamulang Indah.

Penelitian ini dilakukan oleh Muhammad Yasser Akbar dari Universitas Pembangunan Jaya pada tahun 2021. Banjir pada perumahan Bukit Pamulang Indah adalah salah satu banjir terparah, yang disebabkan oleh ketidakmampuan kapasitas eksisting Sungai Petir menampung debit air yang melewati Kawasan Perumahan Bukit Pamulang Indah. Lahan terbuka hijau pada kawasan ini tidak seimbang

dengan luas pemukiman. Dari hasil olahan data curah hujan, diketahui bahwa analisis intensitas curah hujan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *hyetograph*. Debit banjir rencana yang digunakan pada penelitian ini adalah Q_{20} atau kala ulang 20 tahun dengan nilai $15,839 \text{ m}^3/\text{detik}$. Setelah itu, dilakukan simulasi menggunakan aplikasi *SWMM 5.1*, yang berfungsi untuk mengetahui kemampuan saluran drainase menampung aliran air. Debit puncak yang didapat sebesar $20,38 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil dari penelitian ini adalah, perlunya dibuat sumur resapan pada taman di Perumahan Bukit Pamulang Indah sebanyak 15 buah, dengan reduksi beban drainase sebesar 61,31%.





Halaman sengaja dikosongkan