

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebagai acuan dalam penelitian ini, maka diambil beberapa referensi antara lain :

1. PT. Indra Karya Consultant Engineering (2015) yang berjudul “ Laporan Pendukung Hidrologi Bendungan Ciawi (Cipayung) “ yang membahas tentang kondisi hidrologi, curah hujan efektif, debit banjir rancangan, kapasitas bendungan dan simulasi tampungan Bendungan Ciawi yang akan digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan.
2. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (2017) “ Modul Desain Bangunan Pelengkap” yang membahas langkah desain bangunan pelengkap dalam perencanaan bendungan.
3. DR. Suyono Sosrodarsono (1977) “ Bendungan Type Urugan” membahas teknik dan kriteria perencanaan bendungan urugan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bendungan

Dalam peraturan pemerintah No 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang bendungan, bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailling*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

Menurut Peraturan menteri nomor 72/PRT/1997, bendungan adalah setiap bangunan penahan air buatan, jenis urugan atau jenis lainnya yang menampung air atau dapat menampung air, termasuk pondasi, bukit/tebing tumpuan, sertabanguhnan pelengkap dan peralatannya, termasuk juga bendungan limbah galian, tetapi tidak termasuk bendung dan tanggul.

2.2.2 Bendungan Kering

Bendungan kering adalah sebuah bendungan yang dibangun untuk tujuan pengendalian banjir. Bendungan ini biasanya tidak terdapat gerbang atau turbin untuk mengalirkan air keluar dari bendungan.

2.2.3 Saluran Pengelak

Saluran pengelak terdiri dari dua jenis antara lain:

- a. Saluran pengelak yang ditempatkan melintang diatas pondasi calon bendungan.
- b. Pembuatan terowongan pengelak, metode ini hampir diterapkan pada semua bendungan. Dengan metode tersebut, maka bendungan dapat dikerjakan seluruhnya secara serentak.

Pada bendungan Ciawi ini memiliki saluran pengelak yang berupa konduit melintang diatas pondasi bendungan yang memiliki tipe konstruksi beton bertulang. Persyaratan yang perlu diperhatikan pada saluran pengelak tipe ini adalah agar debit air yang melintasi tidak menyebabkan limpasan terhadap *cofferdam* dan dapan menmpung debit banjir sebagai saluran kontrol.

2.2.4 Analisis Hidrologi

Data hidrologi dianalisis untuk memuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan. Untuk perencanaan analisis hidrologi terdiri dari analisis hujan, analisis debit banjir dan lain lain.

a) Data hujan

Data hujan merupakan masukan utama dari sistem sungai dan aliran sungai. Hampir semua kegiatan pengembangan sumber daya air memerlukan informasi hidrologi untuk dasar perencanaan dan perancangan, salah satu informasi hidrologi yang penting adalah data hujan. Data hujan ini dapat terdiri dari data hujan harian, bulanan dan tahunan. Pengumpulan dan pengolahan data hujan ini diharapkan dapat menyajikan data hujan yang akurat, menerus dan berkelanjutan sesuai dengan kondisi lapangan, tersusun dalam sistem database, data menyediakan data/informasi hidrologi yang tepat sesuai dengan kebutuhan.

b) Curah Hujan Maksimum

Curah hujan maksimum merupakan nilai maksimum stasiun hujan yang akan digunakan dalam perhitungan hujan rencana.

2.2.5 Analisis Distribusi Curah Hujan

Analisis ini dimaksudkan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas dalam bentuk hujan rancangan.

Hujan rancangan berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi.

Jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam analisis hidrologi yaitu (Sri Harto, 2008):

1. Distribusi normal,
2. Distribusi Log Normal,
3. Distribusi Log Pearson Type III,
4. Distribusi Gumbel.

Persamaan untuk masing – masing jenis distribusi frekuensi adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Normal

$$X_T = X_r + S.K \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

X_T : Curah hujan yang diharapkan (mm)

X_r : Curah hujan rata – rata (mm)

K : Faktor frekuensi

S : Standar deviasi

n : Banyaknya data

Faktor frekuensi sebaran normal dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut

Tabel 2.1 Faktor Frekuensi Sebaran Normal

Periode Ulang T (Tahun)	P = 1/T	K
500	0.00200	2.8782
400	0.00250	2.8086
300	0.00333	2.7120
250	0.00400	2.6521
200	0.00500	2.5758
150	0.00670	2.4748
100	0.01000	2.3263
80	0.01250	2.2414
60	0.01667	2.1281
50	0.02000	2.0537
40	0.02500	1.9600
30	0.03330	1.8339
25	0.04000	1.7507
20	0.05000	1.6449
15	0.06667	1.5011
10	0.10000	1.2816
8	0.12500	1.1503
5	0.20000	0.8416
4	0.25000	0.8239
3	0.33333	0.4307
2	0.50000	0.0000

Sumber : Aplikasi Metode Statistik untuk
AnalisaData, Jilid I, Soewarno.

2. Distribusi Log Normal

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

Y_T : besarnya curah hujan rancangan (mm)

$\bar{Y}$: nilai rata – rata curah hujan (mm)

K_T : faktor frekuensi

S : Standar deviasi

3. Distribusi Log Pearson Type III

Langkah – langkah perhitungan dengan cara ini adalah sebagai berikut :

a. Hitung harga rata – rata :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Hitung standar deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{log} X_i - \text{log } \bar{X})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

c. Hitung koefisien kepengcengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (2.6)$$

d. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T:

$$\log X = \log \bar{X} + G * S \dots\dots\dots (2.7)$$

e. Hitung anti log X_T untuk mendapatkan curah hujan rencana dengan kala ulang T.

Dengan :

X_i : Curah hujan harian maksimum pada periode ulang T tahun.

S : Standar deviasi

Log $\bar{X}$: Harga rata – rata log dari curah hujan harian maksimum.

Cs : Koefisien kepengcengan Skewness.

N : Jumlah t yang diobservasi

X_T : Curah hujan yang diperkirakan dengan periode ulang tertentu.

G : Faktor sifat distribusi

Untuk nilai G dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Faktor frekuensi K untuk distribusi pearson type III (Koefisien Asimetri Cs negative)

T(tahun) CSP(%)	1.0101 99	1.0526 95	1.1111 90	1.25 80	2 50	5 20	10 10	25 4	50 2	100 1	200 0.5	1000 0.1
0.00	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.10	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.836	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.20	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.30	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.670
-0.40	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.530
-0.50	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.60	-2.755	-1.797	-1.320	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.270
-0.70	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.140
-0.80	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.020
-0.90	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.900
-1.00	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.790
-1.10	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	1.680
-1.20	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.580
-1.30	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.480
-1.40	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.390
-1.50	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282	1.310
-1.60	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.282	1.310
-1.70	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155	1.170
-1.80	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.110
-1.90	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044	1.050
-2.00	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.10	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949	0.950
-2.20	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.30	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869	0.870
-2.40	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.833
-2.50	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.800
-2.60	-3.889	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.770
-2.70	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741	0.740
-2.80	-3.973	-2.010	-1.213	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.714
-2.90	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.690
-3.00	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.670

Sumber : Hidrologi Teknik Ir. CD. Soemarto B.I.E Dpil. H

Tabel 2.3 Faktor frekuensi K untuk distribusi pearson type III (Koefisien Asimetri Cs positive)

l(tahun) CSP(%)	1.0101 99	1.0526 95	1.1111 90	1.25 80	2 50	5 20	10 10	25 4	50 2	100 1	200 0.5	1000 0.1
3.00	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.150
2.90	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.387	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.030
2.80	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.378	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.920
2.70	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.369	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783	6.790
2.60	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.363	0.499	1.238	2.267	3.071	3.899	4.718	6.670
2.50	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.550
2.40	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.420
2.30	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.300
2.20	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.170
2.10	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.040
2.00	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.90	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.780
1.80	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.610
1.70	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.510
1.60	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.370
1.50	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.230
1.40	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.100
1.30	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.212	3.745	4.960
1.20	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.810
1.10	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575	4.670
1.00	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.530
0.90	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.390
0.80	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.240
0.70	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.100
0.60	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.50	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.810
0.40	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.30	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.520
0.20	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.10	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.230
0.00	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090

Sumber : Hidrologi Teknik Ir. CD. Soemarto B.I.E Dpil. H

4. Distribusi Gumbel

$$X = \bar{X} + \frac{y_T - Y_n}{S_n} \sigma_n \dots\dots\dots (2.8)$$

$$y_T = -\ln\left[\ln\left(\frac{T_r}{T_r - 1}\right)\right] \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

X : nilai ekstrim

$\bar{X}$: nilai rata – rata

Y_T : *reduced variate*, merupakan fungsi dari probabilitas :

Y_n : *reduced variate mean*, rata-rata Y_T , merupakan fungsi dari pengamatan.

S_n : *reduced variate standard deviation*, merupakan koreksi dari penyimpangan (fungsi dari pengamatan).

T_r :kala ulang tahun

Tabel 2.4 Hubungan n (besar sampel) dengan Yn dn Sn

n	Yn	Sn	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
8	0,4843	0,9043	39	0,5430	1,1388	70	0,5548	1,1854
9	0,4902	0,9288	40	0,5436	1,1413	71	0,5550	1,1863
10	0,4952	0,9497	41	0,5442	1,1436	72	0,5552	1,1873
11	0,4996	0,9676	42	0,5448	1,1458	73	0,5555	1,1881
12	0,5035	0,9833	43	0,5453	1,1480	74	0,5557	1,1890
13	0,5070	0,9972	44	0,5458	1,1499	75	0,5559	1,1898
14	0,5100	1,0095	45	0,5463	1,1519	76	0,5561	1,1906
15	0,5128	1,0205	46	0,5466	1,1538	77	0,5563	1,1915
16	0,5157	1,0316	47	0,5473	1,1557	78	0,5565	1,1923
17	0,5181	1,0411	48	0,5477	1,1574	79	0,5567	1,1930
18	0,5202	1,0493	49	0,5481	1,1590	80	0,5569	1,1938
19	0,5220	1,0566	50	0,5485	1,1607	81	0,5570	1,1945
20	0,5235	1,0628	51	0,5489	1,1623	82	0,5572	1,1953
21	0,5252	1,0696	52	0,5493	1,1638	83	0,5574	1,1959
22	0,5268	1,0754	53	0,5497	1,1658	84	0,5576	1,1967
23	0,5283	1,0811	54	0,5501	1,1667	85	0,5578	1,1973
24	0,5296	1,0864	55	0,5504	1,1681	86	0,5580	1,1980
25	0,5309	1,0915	56	0,5508	1,1696	87	0,5581	1,1987
26	0,5320	1,0961	57	0,5511	1,1708	88	0,5583	1,1994
27	0,5332	1,1004	58	0,5515	1,1721	89	0,5585	1,2001
28	0,5343	1,1047	59	0,5518	1,1734	90	0,5586	1,2007
29	0,5353	1,1086	60	0,5521	1,1747	91	0,5587	1,2013
30	0,5362	1,1124	61	0,5524	1,1759	92	0,5589	1,2020
31	0,5371	1,1159	62	0,5527	1,1770	93	0,5591	1,2026
32	0,5380	1,1193	63	0,5530	1,1782	94	0,5592	1,2032
33	0,5388	1,1226	64	0,5533	1,1793	95	0,5593	1,2038
34	0,5396	1,1255	65	0,5535	1,1803	96	0,5595	1,2044
35	0,5402	1,1285	66	0,5538	1,1814	97	0,5595	1,2049
36	0,5410	1,1313	67	0,5540	1,1824	98	0,5598	1,2055
37	0,5418	1,1339	68	0,5543	1,1834	99	0,5559	1,2060
38	0,5424	1,1363	69	0,5545	1,1844	100	0,5600	1,2065

Sumber : Hidrologi Terapan, Bambang Triatmodjo

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata – rata, simpangan baku, koefisien variasi, koefisien skewness (kecondongan atau kemencengan) dan koefisien kurtosis (Suripin, 2004). Parameter statistik yang diperlukan untuk pemilihan distribusi yang sesuai dengan sebaran data adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

- a. Rata – rata hitung ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

$\bar{X}$: Nilai rerata curah hujan (mm)

X_i : Data curah hujan (mm)

n : Jumlah data

- b. Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2-11)$$

- c. Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2-12)$$

d. Koefisien kepengcengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

e. Koefisien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots (2-13)$$

Tabel 2.5 Syarat Penentuan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Syarat	Keterangan
1	Normal	Cs ≈ 0, Ck ≈ 3	Bila analisis tidak ada yang memenuhi syarat maka digunakan Log Pearson Type III
2	Log Normal	Cs ≈ 3 Cv Cv ≈ 0	
3	Gumbel	Cs ≈ 1,1396 Ck ≈ 5,4002	

Sumber : Panduan Perenc. Bendungan Urugan, Analisis Hidrologi, 16-17

2.2.6 Uji kecocokan Distribusi

Menurut Soewarno (1995), untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang biasanya dilakukan adalah:

1. Uji Chi – Kuadrat (*chi-square*)

Uji chi square digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (Soewarno, 1995 : 194)

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^G (O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2-14)$$

$$E_i = \frac{n}{k} \dots\dots\dots (2-15)$$

Jumlah sub-kelompok dapat dihitung dengan rumus (Harto 1981: 80):

$$K = 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots (2-16)$$

Dengan :

X_h^2 : parameter Chi-kuadrat terhitung

G : jumlah sub-kelompok

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i : jumlah nilai teorits pada sub kelompok ke i

Derajat kebebasan dk dihitung dengan persamaan :

dk = K – R – 1, dengan nilai R = 2

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $X_h^2 < X_{cr}^2$. Harga X_{cr}^2 dapat diperoleh dengan memperoleh taraf significant α dengan derajat kebebasannya (*level of significant*).

2. Uji Smirnov-kolmogorof

Pengujian ini digunakan untuk menguji simpangan secara horisontal, yaitu merupakan selisih/ simpangan maksimum antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis (D_{maks}). Dalam bentuk persamaan dapat ditulis

$$D_{maks} = \text{maksimum}[P - P'] \dots\dots\dots (2-17)$$

Dengan :

D_{maks} : Penyimpangan absolut peluang teoritis dan pengamatan.

P : Peluang teoritis

P' : Peluang empiris

Langkah berikutnya adalah membandingkan antar D_{maks} dan D_{cr} interpretasinya adalah :

- a. $D_{maks} < D_{cr}$, maka distribusi teoritis yang digunakan diterima.
- b. $D_{maks} > D_{cr}$, maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 2.6 Nilai D_{cr} untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α = derajat kepercayaan			
	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	$1,07/\sqrt{N}$	$1,22/\sqrt{N}$	$1,36/\sqrt{N}$	$1,63/\sqrt{N}$

Sumber : Hidrologi terapan, Bambang Triatmodjo

2.2.7 Analisis Kegagalan

$$R = \frac{L}{T + 0,5L} \dots\dots\dots (2-18)$$

Dengan :

R : Resiko kegagalan

L : Umur rencana (*Design life*)

T : Tahun berulang

2.2.8 Distribusi Hujan Metode Mononobe

Persamaan yang dipakai adalah :

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2-19)$$

Dengan,

I_t : intensitas hujan rerata dalam T jam

R_{24} : curah hujan maksimum dalam sehari (mm/hari)

t : waktu konsentrasi hujan (jam)

T : lamanya hujan terpusat (jam)

Analisis debit banjir rancangan dalam studi ini dilakukan dengan menggunakan distribusi hujan jam – jaman sebesar 6 jam.

2.2.9 Analisis Debit Banjir Rancangan

Dalam perencanaan suatu bandungan perlu memperkirakan debit banjir yang mungkin terjadi di lokasi bendungan tersebut. Adapun besarnya banjir yang terjadi di suatu wilayah sangat bergantung pada tinggi dan intensitas hujan wilayah, luas DAS dan tata guna lahannya.

Perhitungan hidrograf dengan metode Nakayasu

Rumus dari hidrograf satuan nakayasu adalah :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots (2-20)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \dots\dots\dots (2-21)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \dots\dots\dots (2-22)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (\text{untuk } L < 15 \text{ km}) \dots\dots\dots 2-23$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots (2-24)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots (2-25)$$

dengan :

Q_p : debit puncak banjir

A : luas DAS (km^2)

R_e : curah hujan efektif (1 mm)

T_p : waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (jam)

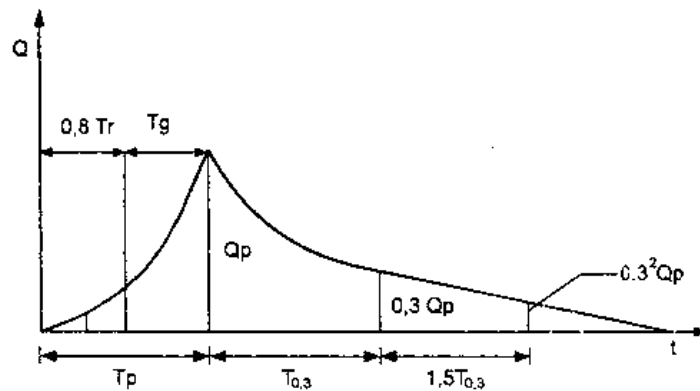
$T_{0,3}$: waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam)

t_g : waktu konsentrasi (jam)

T_r : satuan waktu dari curah hujan (jam)

α : koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

L : panjang sungai utama (km)



Gambar 2.1 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Bentuk Hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut :

- a. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \dots\dots\dots (2-26)$$

- b. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0.3}$)

$$Q_r = Q_p \times 0.3^{(t-T_p)/T_{0.3}} \dots\dots\dots (2-27)$$

- c. Pada kurva turun ($T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)+(0.5T_{0.3})]/(1.5T_{0.3})} \dots\dots\dots (2-28)$$

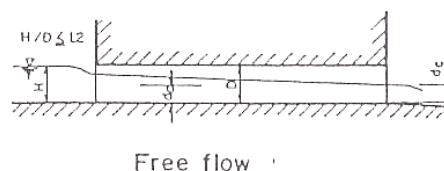
- d. Pada kurva turun ($t < T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{[(t-T_p)+(1.5T_{0.3})]/(2T_{0.3})} \dots\dots\dots (2-29)$$

2.2.10 Analisa Hidrolika

2.2.10.1 Aliran Terbuka

Pada saat seluruh panjang saluran belum terisi penuh oleh air sehingga masih berupa aliran terbuka (*open channel flow*).



Gambar 2.2 *open chanel flow*

Dalam hal ini digunakan rumus :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2-30)$$

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots (2-31)$$

dimana :

Q = Debit yang lewat melalui saluran ($m^3/dt.$)

V = Kecepatan aliran didalam saluran ($m/dt.$)

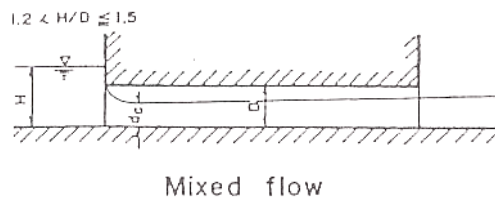
n = Angka kekasaran

R = Jari-jari hidrolik (m)

I = Kemiringan saluran

2.2.10.2 Aliran Transisi

Aliran ini terjadi ketika tinggi air dibendungan (H) $>1,2$ diameter saluran pengelak (D) dan lebih kecil dari $1,5$ diameter saluran pengelak (D).



Gambar 2.3 Aliran transisi

kecepatan aliran dianalogikan aliran melalui lubang, maka rumus kecepatan aliran yang digunakan adalah :

$$V = \sqrt{2g(H - y_c)} \quad \dots\dots\dots (2-32)$$

$$Y_c = C_c \cdot D \quad \dots\dots\dots (2-33)$$

$$C_c = \frac{\pi}{\pi + 2} \quad \dots\dots\dots (2-34)$$

Dengan :

V : kecepatan aliran (m/s)

Y_c : tinggi kritik (m)

C_c : koefisien kritik

H : tinggi air di depan inlet (m)

g : gravitasi ($9,81m/s^2$)

2.2.10.3 Aliran Tekan

Diasumsikan bahwa aliran tekan ini akan terjadi bila tinggi air di bendungan (H) dibanding diameter pengelak (D) > 1.5 . Maka rumus yang dapat digunakan yaitu :

Σf = jumlah koef. Kehilangan energi

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{\Sigma f}} \dots\dots\dots (2-35)$$

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2-36)$$

2.2.11 Penulusuran Banjir (Flood Routing)

Penulusuran banjir (*flood routing*) adalah sebuah cara untuk menenukan modifikasi aliran banjir, berdasar pada konfigurasi gelombang banjir yang bergerak dari suatu tampungan.

Menurut Soemarto (1987), persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penulusuran banji berikut :

$$I - O = \frac{d_s}{d_1} \dots\dots\dots (2-34)$$

$$O = \frac{O_1 + O_2}{2} \dots\dots\dots (2-35)$$

$$d_s = S_2 - S_1 \dots\dots\dots (2-36)$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \dots\dots\dots (2.37)$$

dengan :

I = debit yang masuk pada t = jam (m^3/dt)

O = debit yang keluar pada t = jam (m^3/dt)

S = tampungan pada t = jam (m^3)

Rumus tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left(S_1 - \frac{O_1}{2} \Delta t \right) = \left(S_2 + \frac{O_2}{2} \Delta t \right) \dots\dots\dots (2-38)$$

atau :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \left(\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{O_1}{2} \right) + \left(\frac{S_2}{\Delta t} + \frac{O_2}{2} \right) \dots\dots\dots (2-39)$$

jika :

$$\left(\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{O_1}{2} \right) = \psi_1 \dots\dots\dots (2-40)$$

$$\left(\frac{S_2}{\Delta t} + \frac{O_2}{2} \right) = \phi_2 \dots\dots\dots (2-41)$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi = \varphi_2 \quad \dots\dots\dots (2-42)$$

dengan,

I_1 dan I_2 diperoleh dari debit yang masuk,

Ψ_1 = tampungan pertama (m^3/dt)

φ_2 = tampungan kedua (m^3/dt)