

ANALISIS FREKUENSI BANJIR DI BENDUNG SIDOAN, KABUPATEN PARIGI MOUTONG, SULAWESI TENGAH**Astrid Dwijyanthi^{1*}, Ayudia Ningrum¹**¹Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah

*Email: astriddwijyanthi@gmail.com

Abstrak.

Penentuan debit banjir maksimum yang direncanakan pada bendung secara akurat sangatlah penting, mengingat biaya ekonomi dari pelaksanaan jenis pekerjaan hidroteknik ini dan kemungkinan konsekuensi bencana yang diakibatkan oleh desain yang salah sangatlah besar. Artikel ini menjelaskan dan menerapkan distribusi probabilitas yang digunakan dalam hidrologi, dan yang direkomendasikan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 2415:2016) tentang Tata cara perhitungan debit banjir rencana. Tujuan penelitian untuk mendapatkan fungsi distribusi yang paling sesuai berdasarkan parameter statistiknya. Metode yang digunakan adalah: Distribusi Normal, Log Normal 2 Parameter, Log Normal 3 Parameter, Gumbel Tipe I, Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III. Data debit digunakan pengukuran AWLR Bendung Sidoan tahun 2013 sampai 2022. Berdasarkan parameter statistik yang disyaratkan oleh masing-masing distribusi frekwensi, maka yang memenuhi syarat adalah Metode Log Pearson tipe III. Jika dipersentasikan terhadap distribusi Log Pearson III, maka yang paling kecil selisihnya adalah distribusi normal 3 parameter dan yang terbesar adalah distribusi Gumbell dan Normal

Kata Kunci: SNI, Distribusi Frekwensi, Bendung Sidoan**Abstract.**

Accurately determining the maximum planned flood discharge at the weir is very important, considering that the economic costs of carrying out this type of hydro-technical work and the possible catastrophic consequences resulting from incorrect design are very large. This article explains and applies the probability distribution used in hydrology, and which is recommended by the Indonesian National Standard (SNI 2415:2016) regarding procedures for calculating planned flood discharge. The research aims to obtain the most appropriate distribution function based on its statistical parameters. The methods used are Normal Distribution, Log Normal 2 Parameters, Log Normal 3 Parameters, Gumbel Type I, Pearson Type III, and Log Pearson Type III. Discharge data was used to measure the AWLR of Sidoan Dam from 2013 to 2022. Based on the statistical parameters required by each frequency distribution, the Pearson Log Method type III meets the requirements. If we compare it to the Log Pearson III distribution, the smallest difference is the 3-parameter normal distribution and the largest is the Gumbell and Normal distribution.

Keywords: SNI, Frequency Distribution, Sidoan Weir**1. Pendahuluan**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang secara geografis terletak di antara dua lempeng benua yaitu Lingkaran Pasifik dan Lingkaran Asia, sehingga Indonesia sering mengalami bencana alam. Apalagi Indonesia terletak di daerah tropis sehingga curah hujannya tinggi sehingga risiko bencana banjir sangat mungkin terjadi. Indonesia menghadapi risiko bencana banjir yang sangat tinggi mengingat ketinggian dataran rendah, cekungan, dan wilayah lautan.

Penentuan debit banjir maksimum yang direncanakan pada bendung secara akurat sangatlah penting, mengingat biaya ekonomi dari pelaksanaan jenis pekerjaan hidroteknik ini dan kemungkinan konsekuensi bencana yang diakibatkan oleh desain yang salah sangatlah besar.

Untuk prediksi banjir yang lebih baik dan penerapan langkah-langkah mitigasi dan perlindungan yang tepat, penting untuk mengetahui karakteristik hidrologi dan hidrolis aliran air (Ardiclioglu, M., Hadi, A.M.W.M., Periku, E., & Kuriq, 2022).

Desa Sidoan merupakan desa yang terletak di Provinsi Sulawesi Tengah pada posisi $120^{\circ}09'54''$ Bujur Timur dan $00^{\circ}18'12$ Lintang Utara dengan memiliki luas $126,2 \text{ km}^2$. Lokasi tersebut menjadi tempat penelitian penulis dikarenakan beberapa tahun silam terjadi bencana banjir di sekitaran bendung dan beberapa kecamatan yang berada disekitarnya terendam banjir.

Banjir mempengaruhi bangunan-bangunan air seperti bendung, tanggul, jembatan, dsb. Bangunan-bangunan tersebut harus direncanakan untuk dapat melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi. Untuk mengetahui hubungan antara besaran kejadian ekstrem dan frekwensi kemungkinan terjadinya kejadian tersebut, maka diperlukan suatu analisis frekwensi. Analisis frekwensi untuk debit banjir secara umum dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis metode distribusi probabilitas kontinu antara lain: (1) Distribusi Normal, (2) Distribusi Log Normal 2 Parameter, (3) Distribusi Log Normal 3 Parameter, (4) Distribusi Gumbel Tipe I, (5) Distribusi Pearson III dan (6) Distribusi Log Pearson III (Hadisusanto, 2011)

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada DAS Sidoan



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data debit harian maksimum tahunan kemudian diolah untuk menghitung debit banjir rancangan dengan metode Distribusi Normal, Distribusi Log Pearson Type III, Distribusi Pearson III, Distribusi Log Normal 2 Parameter, Distribusi Log Normal 3 Parameter, dan Distribusi Gumbel dari ke enam metode di pilih satu metode yang memiliki nilai debit maximum tertinggi pada debit rancangan kala ulang 2 tahun hingga 100 tahun.

3.2. Analisis Frekwensi

Untuk mengetahui hubungan antara besaran kejadian ekstrem dan frekwensi kemungkinan terjadinya kejadian tersebut, maka diperlukan suatu analisis frekwensi. Perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis (Hadisusanto, 2011), (Sutapa I W. & Rinawati, 2021), (Soemarto, 1987), (Gugus Kerja Balai Hidrologi dan Tata Air, 2016), (Cornel Ilinca & Cristian Gabriel Anghel, 2022)

3.3. Pemilihan Jenis Sebaran

a) Metode Distribusi Normal

Merupakan fungsi distribusi kumulatif Normal atau dikenal dengan distribusi Gauss (Gaussian Distribution). Persamaan metode distribusi normal adalah (Sri Harto, Br, 1993):

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_x$$

b) Metode Distribusi Log Normal 2 Parameter

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dan distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X.

Persamaan metode distribusi Log Normal adalah (Sri Harto, Br, 1993), (Hosking, J.R.M, 1990):

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \bar{X} + K_{Tr} \cdot \text{Slog } x$$

c) Metode Distribusi Log Normal 3 Parameter

Distribusi Log Normal 3 Parameter dapat dituliskan sebagai berikut (Sri Harto, Br, 1993):

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \bar{X} + k \cdot \text{Log } S_x$$

d) Metode Distribusi Gumbell

Persamaan metode Gumbel adalah (Sri Harto, Br, 1993):

$$X_{Tr} = \bar{X} + K \cdot S_x$$

e) Metode Distribusi Pearson Tipe III

Persamaan metode distribusi Pearson III adalah (Sri Harto, Br, 1993), (Song, S., Song, X., & Kang, Y., 2017), (Rao, A.R. & Hamed, K.H., 2000):

$$X_{Tr} = X_i + K_T \cdot S_i$$

f) Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Persamaan metode Log Pearson Type III adalah (Sri Harto, Br, 1993), (Singh, V.P., 1998):

$$\text{Log } X_{Tr} = \bar{X}_{Log} + K_{Tr} \cdot (S_{Log} X)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Parameter Statistik

Dengan menggunakan data hujan debit harian maksimum tahun 2013 sampai tahun 2022, dapat dihitung parameter statistiknya sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter Statistik Data Debit Harian Maksimum

Tahun	Debit Max Xi (mm)	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
2013	101.1	64.57	4168.77	269160.70	17378629.61
2014	78.07	41.54	1725.24	71659.54	2976450.63
2015	63.53	27.00	728.78	19674.25	531126.14
2016	11.47	-25.06	628.20	-15745.31	394640.39
2017	12.39	-24.14	582.93	-14074.33	339810.57
2018	11.34	-25.19	634.74	-15991.58	402891.87
2019	13.29	-23.24	540.28	-12558.35	291906.30
2020	22.45	-14.08	198.36	-2793.69	39346.32
2021	18.78	-17.75	315.20	-5596.14	99353.89
2022	32.92	-3.61	13.06	-47.20	170.59
Jumlah	365.34	0.00	9535.57	293687.89	22454326.29

\bar{x}	=	36.53	Rerata
S	=	32.55	Standar deviasi
Cv	=	0.89	Koefisien varians
Ck	=	2.78	Koefisien kurtosis
Cs	=	1.18	Koefisien skewness

Tabel 2. Parameter Statistik Logaritma Data Debit Harian Maksimum

No.	Xi (mm)	Log Xi	(Log Xi-Log \bar{x})	(Log Xi-Log \bar{x}) ²	(Log Xi-Log \bar{x}) ³	(Log Xi-Log \bar{x}) ⁴
1	101.1	2.00475116	0.58741528	0.34505672	0.20269159	0.11906414
2	78.07	1.89248418	0.47514831	0.22576591	0.10727229	0.05097025
3	63.53	1.80297886	0.38564298	0.14872051	0.05735302	0.02211779
4	32.92	1.51745983	0.10012396	0.01002481	0.00100372	0.00010050
5	22.45	1.35121635	-0.06611953	0.00437179	-0.00028906	0.00001911
6	18.78	1.27369559	-0.14364028	0.02063253	-0.00296366	0.00042570
7	13.29	1.12352498	-0.29381089	0.08632484	-0.02536318	0.00745198
8	12.39	1.09307131	-0.32426456	0.10514751	-0.03409561	0.01105600
9	11.47	1.05956342	-0.35777245	0.12800113	-0.04579528	0.01638429
10	11.34	1.05461305	-0.36272282	0.13156784	-0.04772266	0.01731010
Jumlah	365.34	14.17335871	0.00000000	1.20561359	0.21209118	0.24489985

Log \bar{x}	1.42	Rerata
S log x	0.37	Standar deviasi
Cs	0.60	Koefisien varians
Cv	0.26	Koefisien kurtosis
Ck	1.90	Koefisien skewness

Tabel 3. Persyaratan Parameter Statistik

Distribusi	Syarat	Hasil Hitungan	Kesimpulan
Distribusi Normal	$Cs \approx 0$ atau $-0,015 < Cs < +0,015$	Cs = 1,18	Tidak memenuhi
	$Ck \approx 3$ atau $+2,70 < Ck < 3,30$	Ck = 2,78	Memenuhi
Distribusi Log Normal 3 Parameter	$Cs = +$ (positip) atau $Log Cs \approx 0$ atau $Cs = Cv^3 + 3 Cv$	Cs = 0,60	Memenuhi
	$Ck \approx 3$ atau $Cs = 3 Cv$	Ck = 1,9 Cv = 0,26	Tidak memenuhi
Distribusi Gumbel Tipe 1	$Cs \approx 1,139$	Cs = 1,18	Tidak memenuhi
	$Ck \approx 5,4002$	Ck = 2,78	Tidak memenuhi
Distribusi Person Type III	Tidak termasuk di atas, atau $Cs < 0$	Cs = 1,18	Tidak memenuhi
Distribusi Log Pearson Type III	Tidak mempunyai ciri khas atau $Cs \neq 0$	Cs = 1,18	Memenuhi

Dengan memperhatikan hasil perhitungan parameter statistik dan syarat untuk masing-masing distribusi frekwensi, maka yang paling memenuhi syarat adalah Metode Log Pearson III.

3.2. Debit Banjir Rancangan

Hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan berbagai distribusi frekwensi disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. Debit Banjir Rancangan Metode Gumbell

Periode Ulang	Yn	Sn	Yt	K	S	X	X _T
2	0.495	0.950	0.367	-0.136	32.550	36.534	32.122
5	0.495	0.950	1.500	1.058	32.550	36.534	70.973
10	0.495	0.950	2.250	1.848	32.550	36.534	96.691
20	0.495	0.950	3.199	2.846	32.550	36.534	129.165
50	0.495	0.950	3.902	3.588	32.550	36.534	153.308
100	0.495	0.950	4.600	4.323	32.550	36.534	177.240

X_T = Debit banjir rancangan (m³/det)

$$X_T = X + K \times S$$

Tabel 5. Debit Banjir Rancangan Metode Normal

Periode Ulang	K _{Tr}	S	X	X _T
2	0.000	32.550	36.534	36.534
5	0.840	32.550	36.534	63.876
10	1.280	32.550	36.534	78.198
20	1.640	32.550	36.534	89.916
50	2.050	32.550	36.534	103.262
100	2.330	32.550	36.534	112.376

X_T = Debit banjir rancangan (m³/det)

$$X_T = X + K_{Tr} \times S$$

Tabel 6. Debit Banjir Rancangan Metode Log Normal 2 Parameter

Periode Ulang	K _T	S Log	Log X	Log X _T	X _T
2	-0.123	0.366	1.417	1.372	23.570
5	0.773	0.366	1.417	1.700	50.147
10	1.320	0.366	1.417	1.901	79.548
20	1.752	0.366	1.417	2.058	114.413
50	2.443	0.366	1.417	2.312	204.917
100	2.897	0.366	1.417	2.478	300.481

X_T = Debit banjir rancangan (m³/det)

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_{\text{log } x}$$

Tabel 7. Debit Banjir Rancangan Metode Log Normal 3 Parameter

Periode Ulang	K _T	S Log	Log X	Log X _T	C _s	X _T
2	-0.096	0.366	1.417	1.382	0.601	24.109
5	0.793	0.366	1.417	1.708	0.601	50.996
10	1.319	0.366	1.417	1.900	0.601	79.477
20	1.790	0.366	1.417	2.072	0.601	118.119
50	2.366	0.366	1.417	2.283	0.601	192.065
100	2.767	0.366	1.417	2.430	0.601	269.235

X_T = Debit banjir rancangan (m³/det)

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \bar{X} + K_{Tr} \cdot S \text{Log } x$$

Tabel 8. Debit Banjir Rancangan Metode Log Pearson III

Periode Ulang	K _{Tr}	S Log X _i	Log X	Log X _{Tr}	X _{Tr}
2	-0.099	0.366	1.417	1.381	24.05
5	0.800	0.366	1.417	1.710	51.30
10	1.328	0.366	1.417	1.903	80.06
20	1.939	0.366	1.417	2.127	134.00
50	2.359	0.366	1.417	2.281	190.93
100	2.775	0.366	1.417	2.433	271.10

X_T = Debit banjir rancangan (m³/det)

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } X + K \cdot S \text{Log } X$$

Tabel 9. Debit Banjir Rancangan Metode Pearson III

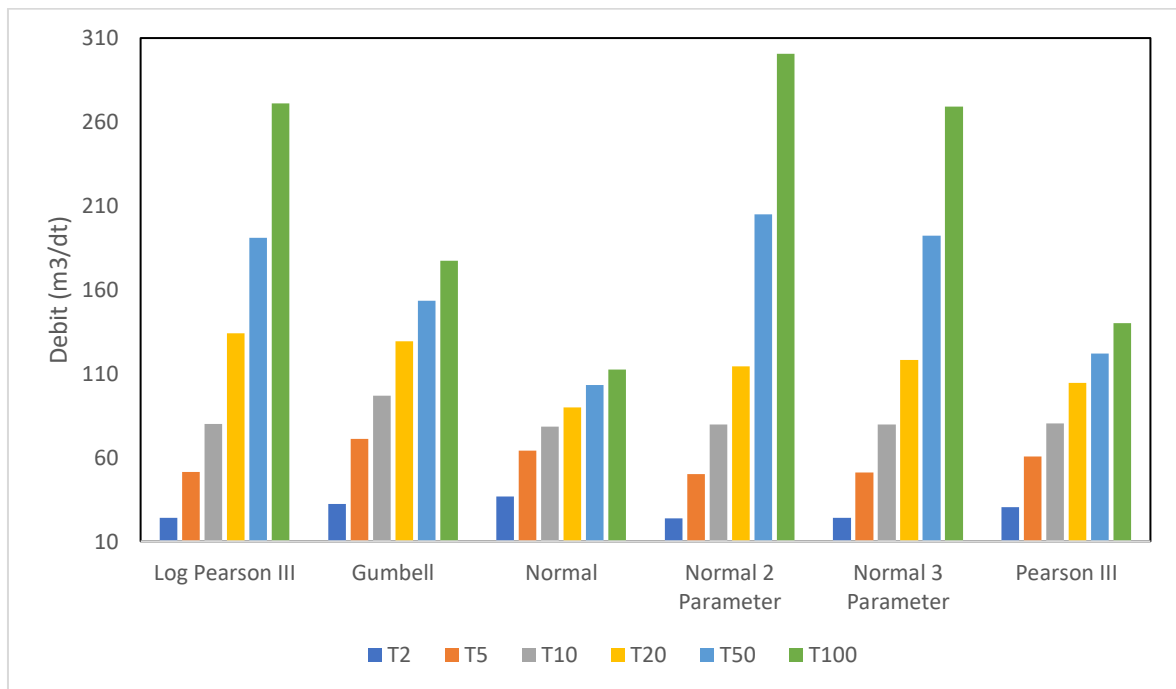
Periode Ulang	K _{Tr}	S _i	X _i	X _T
2	-0.192	32.55	36.534	30.274
5	0.734	32.55	36.534	60.434
10	1.340	32.55	36.534	80.151
20	2.083	32.55	36.534	104.343
50	2.619	32.55	36.534	121.775
100	3.179	32.55	36.534	140.016

X_T = Debit banjir rancangan (m³/det)

$$X_T = X_i + K_{Tr} \cdot S_i$$

Tabel 10. Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan

Periode Ulang	Debit (m ³ /dt)					
	Log Pearson III	Gumbel 1	Norma 1	Normal 2 Parameter	Normal 3 Parameter	Pearson III
2	24.05	32.12	36.53	23.57	24.11	30.27
5	51.30	70.97	63.88	50.15	51.00	60.43
10	80.06	96.69	78.20	79.55	79.48	80.15
20	134.00	129.16	89.92	114.41	118.12	104.34
50	190.93	153.31	103.26	204.92	192.06	121.77
100	271.10	177.24	112.38	300.48	269.23	140.02



Gambar 2. Debit Banjir Rancangan

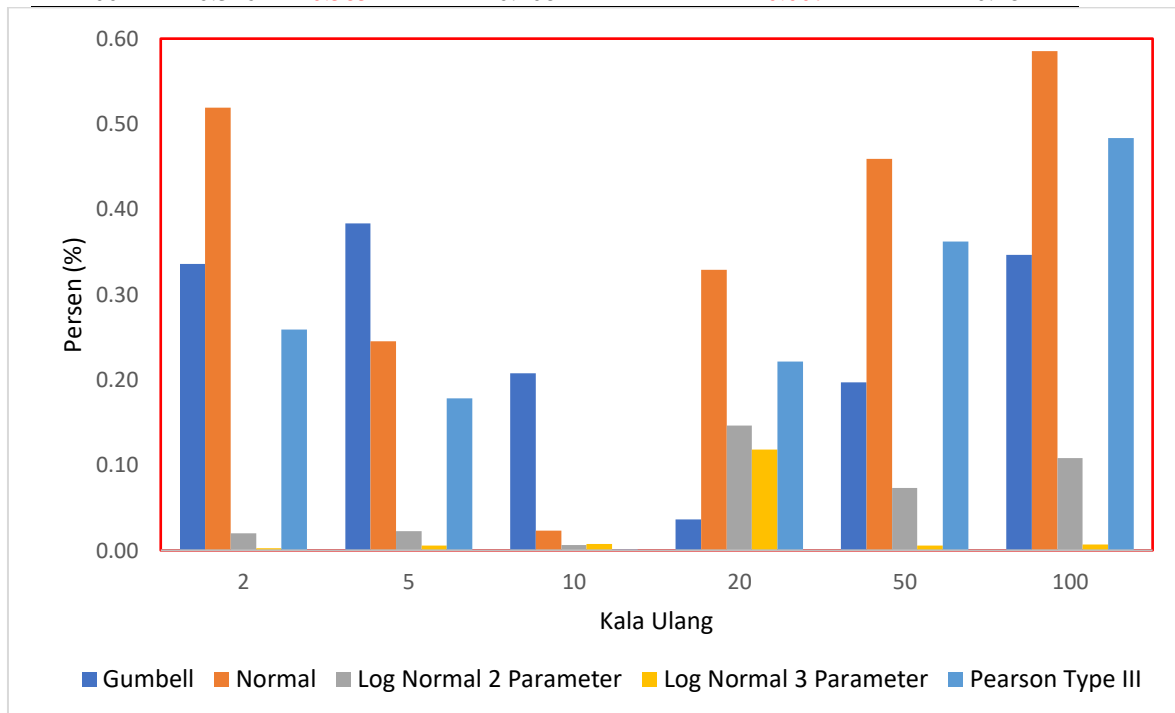
Memperhatikan hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan beberapa distribusi frekwensi, hasilnya bervariasi. Pada kala ulang 2, 5 dan 10 tahun, hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan Metode Log Pearson III, Normal 2 parameter dan Normal 3 parameter hampir sama. Jika dihubungkan dengan parameter statistiknya, maka distribusi Normal sebagian memenuhi syarat.

3.3. Prosentasi Debit Banjir terhadap Debit Banjir Metode Log Pearson III

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik, maka yang memenuhi syarat adalah Metode Log Pearson III. Oleh sebab itu perlu dihitung prosentasi debit banjir Metode Gumbell, Normal, Normal 2 Parameter, Normal 3 Parameter dan Pearson III terhadap debit banjir Metode Log Pearson III. Hasilnya disajikan pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 11. Prosentasi Debit Banjir terhadap Debit Banjir Metode Log Pearson III

Periode Ulang	Prosentase terhadap Metode Log Pearson III				
	Gumbell	Normal	Normal 2 Parameter	Normal 3 Parameter	Pearson III
2	0.336	0.519	0.020	0.003	0.259
5	0.384	0.245	0.022	0.006	0.178
10	0.208	0.023	0.006	0.007	0.001
20	0.036	0.329	0.146	0.118	0.221
50	0.197	0.459	0.073	0.006	0.362
100	0.346	0.585	0.108	0.007	0.484



Gambar 3. Prosentasi Debit Banjir terhadap Debit Banjir Metode Log Pearson III

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 11 dan Gambar 3, dapat dilihat bahwa prosentasi debit banjir Metode Normal 3 Parameter paling kecil dibandingkan dengan Metode Log Pearson III, sedangkan yang prosentasi yang terbesar adalah Metode Gumbell dan Normal. Hal ini sesuai dengan parameter statistik, dimana Metode Normal 3 parameter, sebagaimana memenuhi syarat, sedangkan Metode Gumbell dan Normal, tidak memenuhi syarat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan, bahwa berdasarkan parameter statistik yang disyaratkan oleh masing-masing distribusi frekwensi, maka yang memenuhi syarat adalah Metode Log Pearson tipe III. Jika dipersentasikan terhadap

distribusi Log Pearson III, maka yang paling kecil selisihnya adalah distribusi normal 3 parameter dan yang besar adalah distribusi Gumbell dan Normal

Daftar Pustaka

- Ardiclioglu, M., Hadi, A.M.W.M., Periku, E., & Kuriq. (2022). Experimental and Numerical Investigation of Bridge Configuration Effect on Hydraulic Regime. *Int. J. Civ. Eng.*, 20(-), 981-991.
- Cornel Ilinca, & Cristian Gabriel Anghel. (2022). Flood-Frequency Analysis for Dams in Romania. *Water*, 14(-), 1-23.
- Gugus Kerja Balai Hidrologi dan Tata Air, P. P. (2016). *SNI 03-2415-1991 Metode perhitungan debit banjir*. Bandung: Kementerian PUPR.
- Hadisusanto, N. (2011). *Aplikasi Hidrologi* (1 ed.). Malang: Jogja Mediautama.
- Hosking, J.R.M. (1990). L-moments: Analysis and Estimation of Distributions using Linear, Combinations of Order Statistics. *J. R. Statist. Soc.*, 52(1), 105-124.
- Rao, A.R., & Hamed, K.H. (2000). *Flood Frequency Analysis*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Singh, V.P. (1998). *Entropy-Based Parameter Estimation in Hydrology*. The Netherlands: Springer: Dordrecht.
- Soemarto, C. (1987). *Hidrologi Teknik* (Vol. 1). Surabaya: Usaha Nasional.
- Song, S., Song, X., & Kang, Y. (2017). Entropy-Based Parameter Estimation for the Four-Parameter Exponential Gamma Distribution. *Entropy*, 19(5), 1-18.
- Sri Harto, Br. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sutapa I W., & Rinawati. (2021). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Debit Desain Sungai Palu, Sulawesi Tengah. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI ke-38 Surabaya, 30 Oktober 2021, Tema "DIRGAHAYU 60 TAHUN PENGELOLAAN WILAYAH SUNGAI DI INDONESIA": Pengelolaan Infrastruktur untuk Ketahanan Air Berkelanjutan* (pp. 389-400). Surabaya: Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI).