Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Stasiun Waduk Nawangan, WONOGIRI, JAWA TENGAH
https://hidrologi.net/hujanmaksimumtahunan/5

Jumlah Data	Rata-rata HHMT	Hujan Maksimum	Distribusi Terbaik
45 tahun	**96,72 mm**	**351,90 mm**	**GEV**

Kesimpulan singkat analisa: Data HHMT memiliki panjang data 45 tahun dan status panjang data: **Panjang data memenuhi ≥ 20 tahun**. Hasil uji data awal menunjukkan pencilan, ketidakhomogenan. Distribusi terbaik sementara berdasarkan uji kecocokan adalah **GEV**. Karena status uji data masih perlu review teknis, hasil curah hujan rancangan perlu digunakan sebagai hasil sementara sampai verifikasi data selesai.

1. Informasi Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Waduk Nawangan	**Periode Data**	1975 s.d. 2019
Lokasi	Desa Platarejo, Kec. Giriwoyo, WONOGIRI	**Provinsi**	JAWA TENGAH
Wilayah Sungai	Bengawan Solo	**Koordinat**	-8.041533, 110.897683
Pengelola	BBWS Bengawan Solo		

Stasiun Hujan Terdekat dalam Radius 10 km

Daftar berikut menampilkan stasiun hujan lain di sekitar stasiun aktif berdasarkan koordinat latitude/longitude. Panjang data dihitung dari jumlah tahun unik yang memiliki data hujan valid.

No.	Stasiun Hujan Terdekat	Lokasi	Jarak (km)	Panjang Data	Periode Data
1	Giriwoyo	Giriwoyo, Giriwoyo, WONOGIRI	5,76	1 tahun	1976–1976
2	Baturetno	Baturetno, Baturetno, WONOGIRI	8,23	0 tahun	-
3	SongPutri	Sindukarto, Eromoko, WONOGIRI	9,08	43 tahun	1977–2019
4	Pracimantoro	Sambiroto, Pracimantoro, WONOGIRI	9,52	0 tahun	-

2. Status Panjang Data dan Catatan Validasi SNI 2415:2026

Panjang data memenuhi ≥ 20 tahun. Panjang data memenuhi acuan minimal untuk analisis frekuensi. Validasi statistik tetap perlu dilakukan. Pemeriksaan pencilan, tren, homogenitas, dan independensi ditampilkan pada Bagian 5.

Jumlah data HHMT	45 tahun	**Tahun kosong**	0 tahun
Data HHMT < 50 mm	1 data	**Status uji data**	Ditampilkan lengkap pada Bagian 5.

Daftar Tahun Kosong

Tidak ada tahun kosong. Data HHMT tersedia lengkap untuk setiap tahun dalam periode 1975–2019.

3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

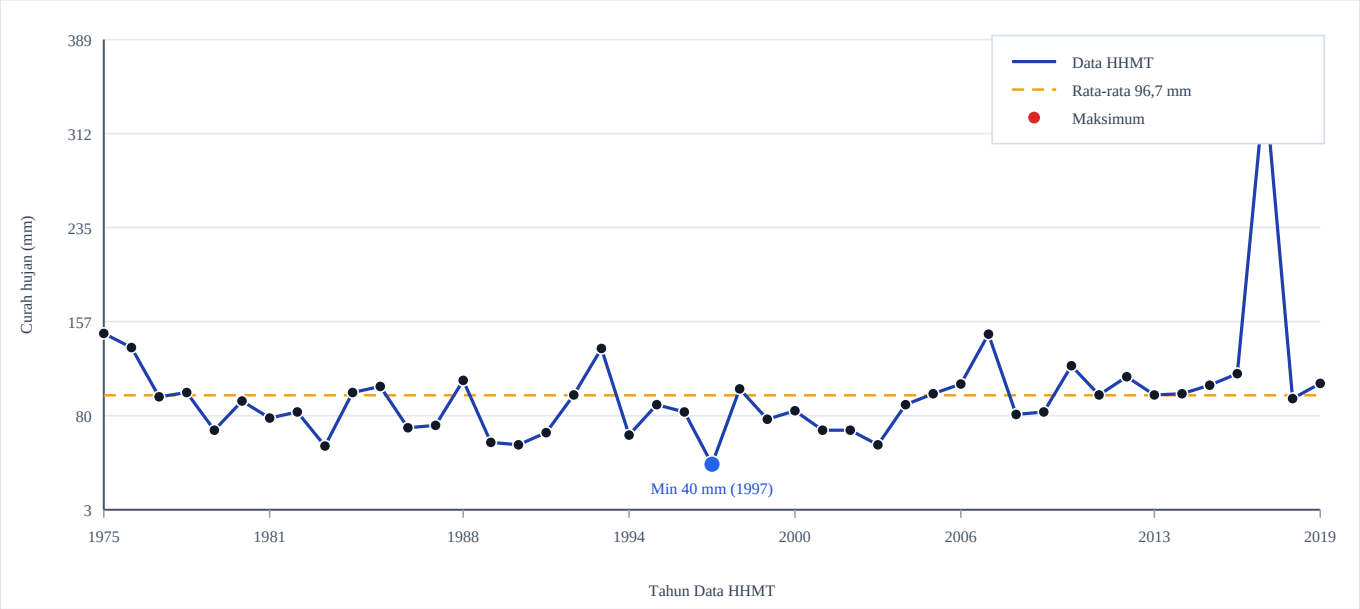
Data berikut adalah seri Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (HHMT) yang menjadi dasar uji data, statistik deskriptif, dan analisa curah hujan rancangan.

No.	Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan
1	1975	147,62	03-02-1975	OK
2	1976	136,00	29-03-1976	OK
3	1977	95,47	19-01-1977	OK
4	1978	99,00	04-05-1978	OK
5	1979	68,00	06-12-1979	OK
6	1980	92,00	22-02-1980	OK
7	1981	78,00	28-01-1981	OK
8	1982	83,00	07-02-1982	OK
9	1983	55,00	15-04-1983	OK
10	1984	99,00	10-04-1984	OK
11	1985	104,00	14-02-1985	OK
12	1986	70,00	26-11-1986	OK
13	1987	72,00	07-01-1987	OK
14	1988	109,00	05-02-1988	OK
15	1989	58,00	03-04-1989	OK
16	1990	56,00	19-11-1990	OK
17	1991	66,00	11-02-1991	OK
18	1992	97,00	14-02-1992	OK
19	1993	135,23	22-01-1993	OK
20	1994	64,00	28-02-1994	OK
21	1995	89,00	07-02-1995	OK
22	1996	83,00	27-01-1996	OK
23	1997	40,00	19-02-1997	Perlu cek
24	1998	102,00	19-03-1998	OK
25	1999	77,00	22-11-1999	OK
26	2000	84,00	20-02-2000	OK
27	2001	68,00	27-03-2001	OK
28	2002	68,00	12-03-2002	OK
29	2003	56,00	06-03-2003	OK
30	2004	89,00	04-12-2004	OK
31	2005	98,00	16-12-2005	OK
32	2006	106,00	30-01-2006	OK
33	2007	147,00	26-12-2007	OK
34	2008	81,00	20-11-2008	OK
35	2009	83,00	26-12-2009	OK
36	2010	121,00	24-10-2010	OK
37	2011	97,00	04-01-2011	OK
38	2012	112,00	04-02-2012	OK

No.	Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan
39	2013	97,00	25-11-2013	OK
40	2014	98,00	15-12-2014	OK
41	2015	105,00	13-02-2015	OK
42	2016	114,50	01-12-2016	OK
43	2017	351,90	28-11-2017	Pencilan atas
44	2018	94,00	24-01-2018	OK
45	2019	106,50	30-01-2019	OK

Gambar 3.1. – Grafik seri waktu Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Grafik ini menunjukkan variasi HHMT dari tahun ke tahun, dilengkapi garis rata-rata serta penanda nilai maksimum dan minimum historis.



4. Ringkasan Nilai Ekstrem dan Pencilan

Nilai maksimum	351,90 mm pada tahun 2017	**Nilai minimum**	40,00 mm pada tahun 1997
Jumlah data > 150 mm	1 data	**Jumlah data < 50 mm**	1 data
Jumlah pencilan terdeteksi	1 data berdasarkan batas uji pencilan.		

Daftar Data Pencilan

Tahun	HHMT	Batas bawah	Batas atas	Status
2017	351,90 mm	35,18 mm	232,14 mm	Pencilan atas

Evaluasi Data Rendah dan Data Tinggi

Evaluasi ini merupakan pemeriksaan teknis tambahan di luar uji pencilan. Data yang tidak terdeteksi sebagai pencilan secara statistik tetap perlu ditinjau apabila nilainya sangat rendah atau sangat tinggi dibandingkan pola umum data tahunan.

Kriteria Evaluasi	Ambang	Jumlah Data	Catatan
Data sangat rendah	< 50 mm	1	Indikasi awal untuk cek kelengkapan data harian.
Data rendah	< 75 mm	12	Perlu ditinjau jika jauh di bawah pola umum seri data.
Data tinggi	> 150 mm	1	Kandidat kejadian hujan ekstrem tahunan.
Data sangat tinggi	> 200 mm	1	Perlu verifikasi tanggal dan kejadian hujan ekstrem.

Daftar Data Rendah

Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan
1979	68,00	06-12-1979	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1983	55,00	15-04-1983	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1986	70,00	26-11-1986	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1987	72,00	07-01-1987	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1989	58,00	03-04-1989	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1990	56,00	19-11-1990	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1991	66,00	11-02-1991	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1994	64,00	28-02-1994	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1997	40,00	19-02-1997	Sangat rendah, perlu cek kelengkapan data harian.
2001	68,00	27-03-2001	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
2002	68,00	12-03-2002	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
2003	56,00	06-03-2003	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.

Daftar Data Tinggi

Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan
2017	351,90	28-11-2017	Sangat tinggi, perlu verifikasi kejadian ekstrem.

5. Uji Data HHMT

Uji Data	Status	Keterangan
Uji Pencilan	Ada Pencilan	Ditemukan data yang berada di luar batas pencilan dan perlu review teknis.
Uji Tren	Tidak Ada Tren	Tidak terdapat indikasi tren signifikan pada tingkat kepercayaan yang digunakan.
Uji Homogenitas	Tidak Homogen	Varians dua kelompok data berbeda signifikan; data perlu review homogenitas sumber/seri.
Uji Independensi	Independen	Autokorelasi lag-1 berada dalam batas penerimaan; seri data dapat dianggap independen berdasarkan uji ini.

Status akhir uji data: Perlu Review. Seri data perlu review teknis pada satu atau lebih uji data.

- Uji Pencilan: Ditemukan data yang berada di luar batas pencilan dan perlu review teknis.
- Uji Homogenitas: Varians dua kelompok data berbeda signifikan; data perlu review homogenitas sumber/seri.

Detail Parameter Uji Data

Uji	Parameter	Nilai
Uji Pencilan	Kn	2,7270
Uji Pencilan	Batas bawah	35,18 mm
Uji Pencilan	Batas atas	232,14 mm
Uji Pencilan	Jumlah pencilan	1
Uji Tren	r Spearman	0,23590

Uji	Parameter	Nilai
Uji Tren	t hitung	1,59179
Uji Tren	t kritis	2,01669
Uji Tren	Arah	tidak_signifikan
Uji Homogenitas	F hitung	5,00767
Uji Homogenitas	F kritis	2,39378
Uji Homogenitas	Varian kelompok awal	684,10714
Uji Homogenitas	Varian kelompok akhir	3.425,78403
Uji Independensi	r1 lag-1	0,12434
Uji Independensi	Batas bawah	-0,31483
Uji Independensi	Batas atas	0,26937

5.1. Uji Pencilan

Uji Pencilan adalah pemeriksaan statistik untuk mendeteksi apakah ada data hujan yang terlalu besar atau terlalu kecil dibandingkan pola umum seri data. Dalam SNI 2415:2026, pencilan/outlier didefinisikan sebagai data yang keluar dari populasinya, jarang terjadi, dan nilainya jauh dari data lainnya—bisa sangat besar atau sangat kecil.

Tabel 5.1. – Uji Pencilan

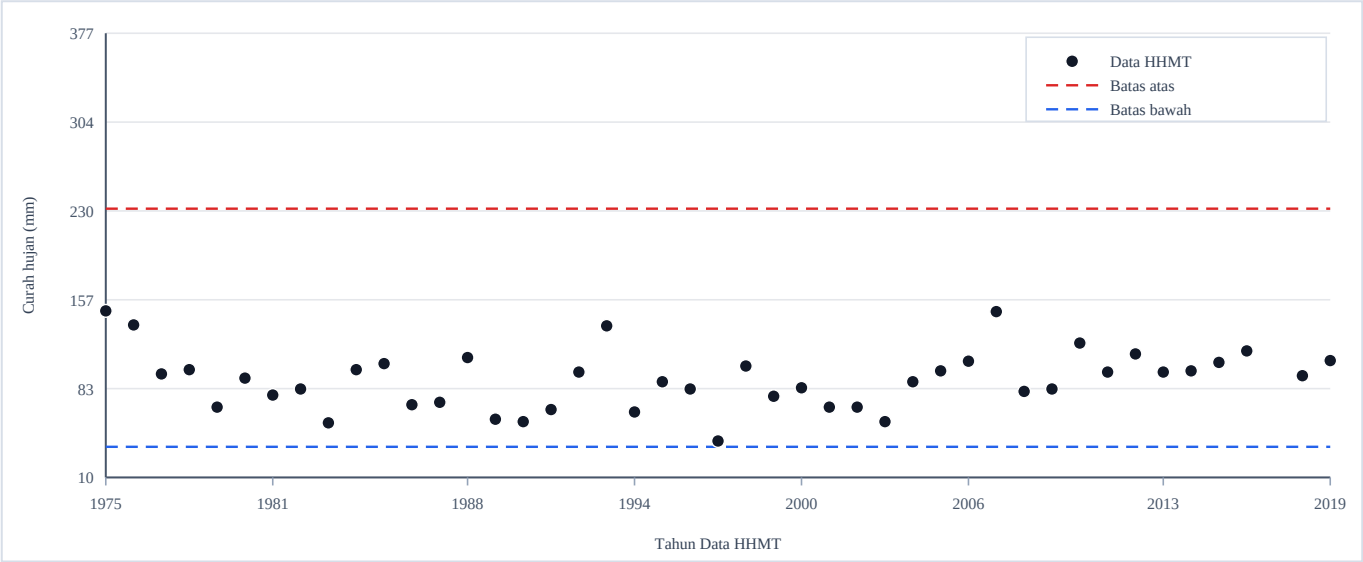
No.	Tahun	Data	Log X	log Xi - log X	(log Xi - log X)^2	(log Xi - log X)^3	X max	X min	Status
1	1975	147,62	2,169145	0,21312	0,04542	0,00968	232,14	35,18	Accept
2	1976	136,00	2,133539	0,17751	0,03151	0,00559	232,14	35,18	Accept
3	1977	95,47	1,979867	0,02384	0,00057	0,00001	232,14	35,18	Accept
4	1978	99,00	1,995635	0,03961	0,00157	0,00006	232,14	35,18	Accept
5	1979	68,00	1,832509	-0,12352	0,01526	-0,00188	232,14	35,18	Accept
6	1980	92,00	1,963788	0,00776	0,00006	0,00000	232,14	35,18	Accept
7	1981	78,00	1,892095	-0,06393	0,00409	-0,00026	232,14	35,18	Accept
8	1982	83,00	1,919078	-0,03695	0,00137	-0,00005	232,14	35,18	Accept
9	1983	55,00	1,740363	-0,21567	0,04651	-0,01003	232,14	35,18	Accept
10	1984	99,00	1,995635	0,03961	0,00157	0,00006	232,14	35,18	Accept
11	1985	104,00	2,017033	0,06100	0,00372	0,00023	232,14	35,18	Accept
12	1986	70,00	1,845098	-0,11093	0,01231	-0,00137	232,14	35,18	Accept
13	1987	72,00	1,857332	-0,09870	0,00974	-0,00096	232,14	35,18	Accept
14	1988	109,00	2,037426	0,08140	0,00663	0,00054	232,14	35,18	Accept
15	1989	58,00	1,763428	-0,19260	0,03710	-0,00714	232,14	35,18	Accept
16	1990	56,00	1,748188	-0,20784	0,04320	-0,00898	232,14	35,18	Accept
17	1991	66,00	1,819544	-0,13648	0,01863	-0,00254	232,14	35,18	Accept
18	1992	97,00	1,986772	0,03074	0,00095	0,00003	232,14	35,18	Accept
19	1993	135,23	2,131073	0,17504	0,03064	0,00536	232,14	35,18	Accept
20	1994	64,00	1,806180	-0,14985	0,02245	-0,00336	232,14	35,18	Accept
21	1995	89,00	1,949390	-0,00664	0,00004	0,00000	232,14	35,18	Accept
22	1996	83,00	1,919078	-0,03695	0,00137	-0,00005	232,14	35,18	Accept
23	1997	40,00	1,602060	-0,35397	0,12529	-0,04435	232,14	35,18	Accept
24	1998	102,00	2,008600	0,05257	0,00276	0,00015	232,14	35,18	Accept
25	1999	77,00	1,886491	-0,06954	0,00484	-0,00034	232,14	35,18	Accept
26	2000	84,00	1,924279	-0,03175	0,00101	-0,00003	232,14	35,18	Accept

No.	Tahun	Data	Log X	log Xi - log X	(log Xi - log X)^2	(log Xi - log X)^3	X max	X min	Status
27	2001	68,00	1,832509	-0,12352	0,01526	-0,00188	232,14	35,18	Accept
28	2002	68,00	1,832509	-0,12352	0,01526	-0,00188	232,14	35,18	Accept
29	2003	56,00	1,748188	-0,20784	0,04320	-0,00898	232,14	35,18	Accept
30	2004	89,00	1,949390	-0,00664	0,00004	0,00000	232,14	35,18	Accept
31	2005	98,00	1,991226	0,03520	0,00124	0,00004	232,14	35,18	Accept
32	2006	106,00	2,025306	0,06928	0,00480	0,00033	232,14	35,18	Accept
33	2007	147,00	2,167317	0,21129	0,04464	0,00943	232,14	35,18	Accept
34	2008	81,00	1,908485	-0,04754	0,00226	-0,00011	232,14	35,18	Accept
35	2009	83,00	1,919078	-0,03695	0,00137	-0,00005	232,14	35,18	Accept
36	2010	121,00	2,082785	0,12676	0,01607	0,00204	232,14	35,18	Accept
37	2011	97,00	1,986772	0,03074	0,00095	0,00003	232,14	35,18	Accept
38	2012	112,00	2,049218	0,09319	0,00868	0,00081	232,14	35,18	Accept
39	2013	97,00	1,986772	0,03074	0,00095	0,00003	232,14	35,18	Accept
40	2014	98,00	1,991226	0,03520	0,00124	0,00004	232,14	35,18	Accept
41	2015	105,00	2,021189	0,06516	0,00425	0,00028	232,14	35,18	Accept
42	2016	114,50	2,058805	0,10278	0,01056	0,00109	232,14	35,18	Accept
43	2017	351,90	2,546419	0,59039	0,34856	0,20579	232,14	35,18	Pencilan atas
44	2018	94,00	1,973128	0,01710	0,00029	0,00000	232,14	35,18	Accept
45	2019	106,50	2,027350	0,07132	0,00509	0,00036	232,14	35,18	Accept

Parameter Uji Pencilan			
Jumlah data	45	**Jumlah hujan**	4.352,2200
Rataan hujan	96,7160	**Rataan log X**	1,956029
S log	0,150248	**CS log**	1,03594
Kn	2,72700	**n**	45
Log XH	2,36575	**XH / batas atas**	232,143
Log XL	1,54630	**XL / batas bawah**	35,181
X maksimum data	351,900	**Keputusan maksimum**	Detect pencilan Max
X minimum data	40,000	**Keputusan minimum**	Accept

Gambar 5.1. – Kurva batas uji pencilan

Kurva ini menunjukkan posisi data HHMT terhadap batas pencilan atas dan bawah. Titik berwarna merah menunjukkan data di luar batas pencilan.



5.2. Uji Tren

Uji tren dilakukan untuk mengetahui apakah seri data curah hujan harian maksimum tahunan menunjukkan kecenderungan naik atau turun secara signifikan terhadap waktu. Dalam analisa hidrologi, data yang digunakan untuk analisis frekuensi sebaiknya tidak memiliki tren signifikan, karena adanya tren dapat menunjukkan bahwa seri data tidak stasioner. Pada Lampiran B SNI 2415:2026, uji tren dilakukan dengan membandingkan peringkat waktu terhadap peringkat data hujan, kemudian dihitung koefisien korelasi peringkat dan nilai statistik uji untuk menentukan apakah tren signifikan atau tidak.

Tabel 5.2 – Uji Tren

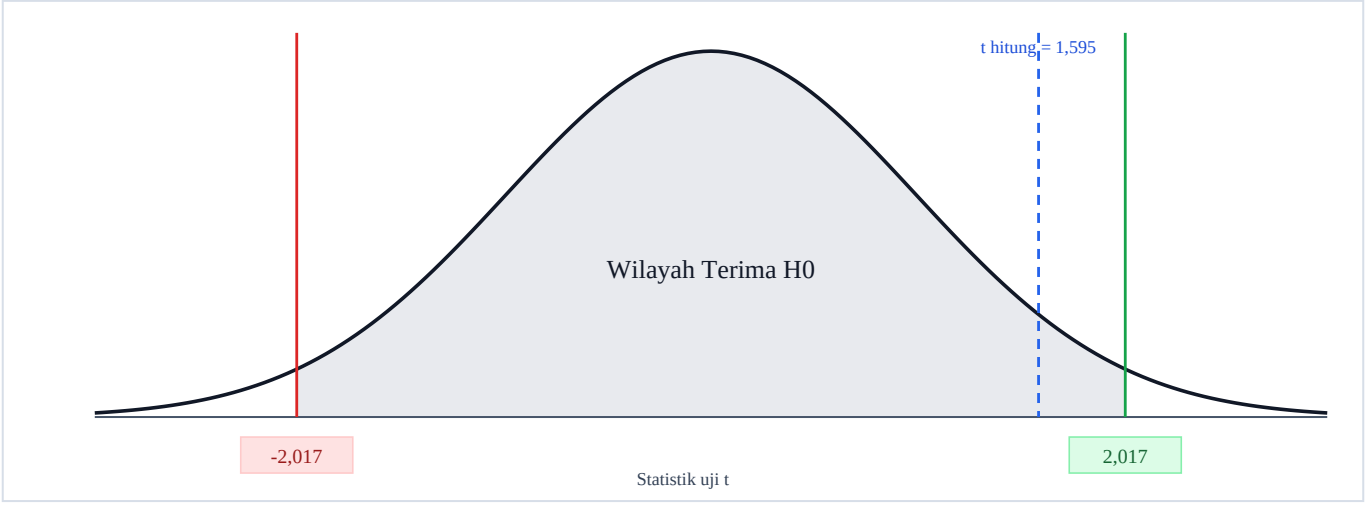
Tahun	Data	No	Data terurut	Kyi	Kxi	D=Kxi-Kyi	D²
1975	147,62	1	40,00	44,00	1,00	-43,00	1.849,00
1976	136,00	2	55,00	42,00	2,00	-40,00	1.600,00
1977	95,47	3	56,00	24,00	3,00	-21,00	441,00
1978	99,00	4	56,00	30,50	4,00	-26,50	702,25
1979	68,00	5	58,00	9,00	5,00	-4,00	16,00
1980	92,00	6	64,00	22,00	6,00	-16,00	256,00
1981	78,00	7	66,00	14,00	7,00	-7,00	49,00
1982	83,00	8	68,00	17,00	8,00	-9,00	81,00
1983	55,00	9	68,00	2,00	9,00	7,00	49,00
1984	99,00	10	68,00	30,50	10,00	-20,50	420,25
1985	104,00	11	70,00	33,00	11,00	-22,00	484,00
1986	70,00	12	72,00	11,00	12,00	1,00	1,00
1987	72,00	13	77,00	12,00	13,00	1,00	1,00
1988	109,00	14	78,00	37,00	14,00	-23,00	529,00
1989	58,00	15	81,00	5,00	15,00	10,00	100,00
1990	56,00	16	83,00	3,50	16,00	12,50	156,25
1991	66,00	17	83,00	7,00	17,00	10,00	100,00
1992	97,00	18	83,00	26,00	18,00	-8,00	64,00
1993	135,23	19	84,00	41,00	19,00	-22,00	484,00
1994	64,00	20	89,00	6,00	20,00	14,00	196,00
1995	89,00	21	89,00	20,50	21,00	0,50	0,25
1996	83,00	22	92,00	17,00	22,00	5,00	25,00
1997	40,00	23	94,00	1,00	23,00	22,00	484,00
1998	102,00	24	95,47	32,00	24,00	-8,00	64,00

Tahun	Data	No	Data terurut	Kyi	Kxi	D=Kxi-Kyi	D²
1999	77,00	25	97,00	13,00	25,00	12,00	144,00
2000	84,00	26	97,00	19,00	26,00	7,00	49,00
2001	68,00	27	97,00	9,00	27,00	18,00	324,00
2002	68,00	28	98,00	9,00	28,00	19,00	361,00
2003	56,00	29	98,00	3,50	29,00	25,50	650,25
2004	89,00	30	99,00	20,50	30,00	9,50	90,25
2005	98,00	31	99,00	28,50	31,00	2,50	6,25
2006	106,00	32	102,00	35,00	32,00	-3,00	9,00
2007	147,00	33	104,00	43,00	33,00	-10,00	100,00
2008	81,00	34	105,00	15,00	34,00	19,00	361,00
2009	83,00	35	106,00	17,00	35,00	18,00	324,00
2010	121,00	36	106,50	40,00	36,00	-4,00	16,00
2011	97,00	37	109,00	26,00	37,00	11,00	121,00
2012	112,00	38	112,00	38,00	38,00	0,00	0,00
2013	97,00	39	114,50	26,00	39,00	13,00	169,00
2014	98,00	40	121,00	28,50	40,00	11,50	132,25
2015	105,00	41	135,23	34,00	41,00	7,00	49,00
2016	114,50	42	136,00	39,00	42,00	3,00	9,00
2017	351,90	43	147,00	45,00	43,00	-2,00	4,00
2018	94,00	44	147,62	23,00	44,00	21,00	441,00
2019	106,50	45	351,90	36,00	45,00	9,00	81,00

Parameter Uji Tren			
n	45	**df**	43
Total D²	11.593,0000	**Kp / r Spearman**	0,23630
t hitung	1,59467	**t tabel**	2,01669
Keputusan	Terima H0	**Artinya**	Tidak Ada Tren
Signifikansi	0,05	**Keterangan**	Uji dua sisi

Gambar 5.2. – Kurva batas uji tren

Kurva ini menunjukkan batas penerimaan H0 pada uji tren. Jika nilai t hitung berada di antara -t tabel dan +t tabel, maka tidak terdapat indikasi tren signifikan.



5.3. Uji Homogenitas

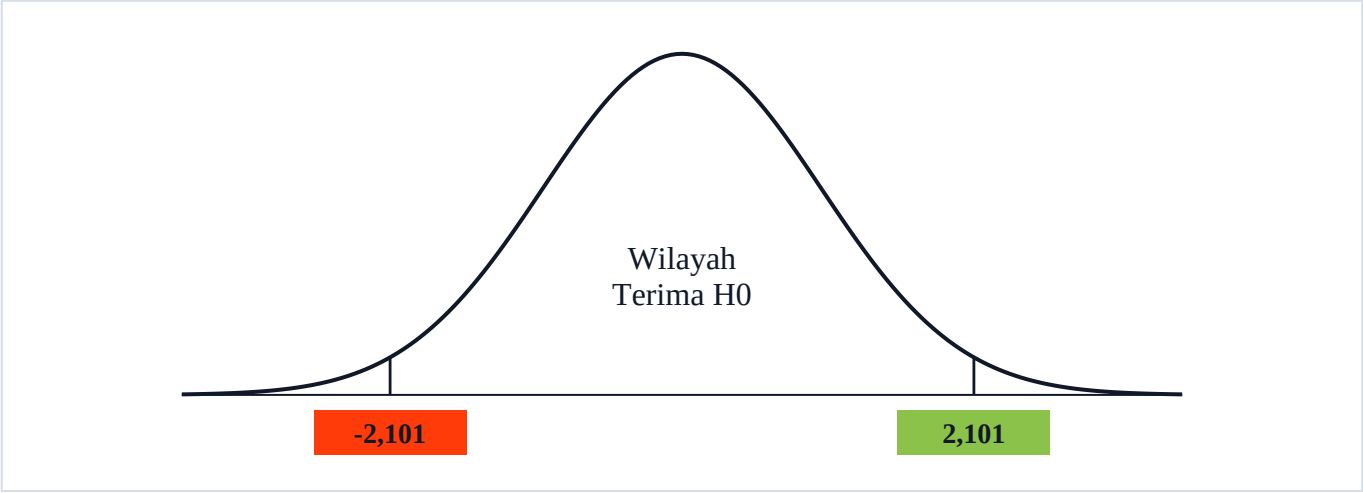
Uji homogenitas dilakukan untuk memeriksa apakah seri data curah hujan berasal dari populasi yang seragam atau tidak berubah karakteristiknya sepanjang periode pengamatan. Dalam praktiknya, data dibagi menjadi dua kelompok periode, kemudian varians kedua kelompok dibandingkan.

Tabel B.6 – Uji Homogenitas

No.	Variabel 1	Variabel 2
1	147,62	40,00
2	136,00	102,00
3	95,47	77,00
4	99,00	84,00
5	68,00	68,00
6	92,00	68,00
7	78,00	56,00
8	83,00	89,00
9	55,00	98,00
10	99,00	106,00
11	104,00	147,00
12	70,00	81,00
13	72,00	83,00
14	109,00	121,00
15	58,00	97,00
16	56,00	112,00
17	66,00	97,00
18	97,00	98,00
19	135,23	105,00
20	64,00	114,50
21	89,00	351,90
22	83,00	94,00
23	-	106,50

Uji F			
Varians 1	684,10714	**df 1**	21
Varians 2	3.425,78403	**df 2**	22
F hitung	5,00767	**N1**	22
F tabel atas	2,39378	**N2**	23
Keterangan	Unequal Variance	**Keputusan**	Tolak H0
Artinya	Varian Tidak Seragam		

Gambar 5.3. – Kurva batas uji homogenitas



5.4. Uji Independen

Uji independen dilakukan untuk mengetahui apakah data dalam seri curah hujan tahunan saling bebas atau masih memiliki ketergantungan antar tahun. Data hidrologi yang digunakan untuk analisis frekuensi idealnya bersifat independen, sehingga nilai pada suatu tahun tidak dipengaruhi secara signifikan oleh nilai tahun sebelumnya.

Tabel B.7 – Uji Independen

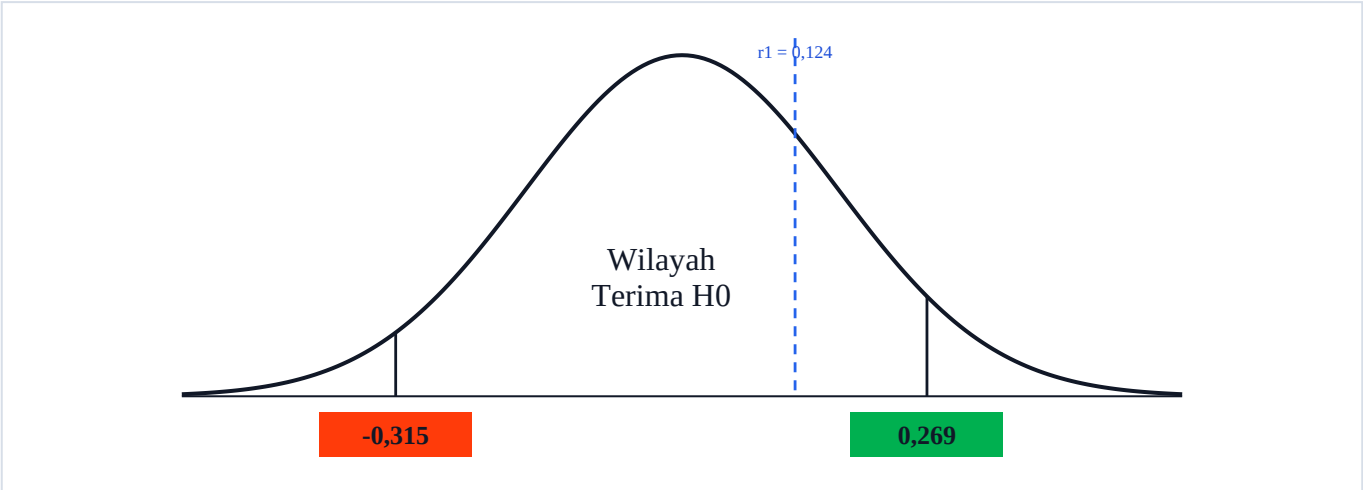
(1) i	(2) Xi	(3) Xi - Xav	(4) (3)i × (3)i+1	(5) (3)i × (3)i
1975	147,62	50,90	1.999,71	2.591,22
1976	136,00	39,28	-48,95	1.543,23
1977	95,47	-1,25	-2,85	1,55
1978	99,00	2,28	-65,59	5,22
1979	68,00	-28,72	135,42	824,61
1980	92,00	-4,72	88,26	22,24
1981	78,00	-18,72	256,71	350,29
1982	83,00	-13,72	572,18	188,13
1983	55,00	-41,72	-95,28	1.740,22
1984	99,00	2,28	16,64	5,22
1985	104,00	7,28	-194,60	53,06
1986	70,00	-26,72	660,31	713,74
1987	72,00	-24,72	-303,61	610,88
1988	109,00	12,28	-475,59	150,90
1989	58,00	-38,72	1.576,36	1.498,93
1990	56,00	-40,72	1.250,63	1.657,79
1991	66,00	-30,72	-8,72	943,47
1992	97,00	0,28	10,94	0,08
1993	135,23	38,51	-1.260,02	1.483,33
1994	64,00	-32,72	252,44	1.070,34
1995	89,00	-7,72	105,83	59,54
1996	83,00	-13,72	777,92	188,13
1997	40,00	-56,72	-299,69	3.216,70
1998	102,00	5,28	-104,18	27,92
1999	77,00	-19,72	250,71	388,72

(1) i	(2) Xi	(3) Xi - Xav	(4) (3)i × (3)i+1	(5) (3)i × (3)i
2000	84,00	-12,72	365,15	161,70
2001	68,00	-28,72	824,61	824,61
2002	68,00	-28,72	1.169,20	824,61
2003	56,00	-40,72	314,16	1.657,79
2004	89,00	-7,72	-9,91	59,54
2005	98,00	1,28	11,92	1,65
2006	106,00	9,28	466,84	86,19
2007	147,00	50,28	-790,26	2.528,48
2008	81,00	-15,72	215,56	246,99
2009	83,00	-13,72	-333,08	188,13
2010	121,00	24,28	6,90	589,71
2011	97,00	0,28	4,34	0,08
2012	112,00	15,28	4,34	233,60
2013	97,00	0,28	0,36	0,08
2014	98,00	1,28	10,64	1,65
2015	105,00	8,28	147,32	68,62
2016	114,50	17,78	4.538,19	316,27
2017	351,90	255,18	-693,08	65.118,87
2018	94,00	-2,72	-26,57	7,38
2019	106,50	9,78	498,04	95,73

Parameter Uji Independen			
Jumlah	4.352,2200	**n**	45
Rata-rata	96,7160	**Batas bawah**	-0,31483
r1	0,12434	**Batas atas**	0,26937
Keputusan	Terima H0	**Artinya**	Independen

Gambar 5.4. – Kurva batas uji independen

Grafik ini menunjukkan posisi koefisien autokorelasi lag-1 (r1) terhadap batas bawah dan batas atas uji independen. Jika r1 berada di antara kedua batas, maka seri data dinyatakan independen berdasarkan uji ini.



5.5. Uji Konsistensi Antarstasiun

Uji konsistensi antarstasiun dilakukan sebagai validasi silang awal dengan membandingkan seri HHMT stasiun utama terhadap stasiun hujan terdekat. Parameter yang dihitung meliputi jumlah tahun overlap, korelasi Pearson, rasio rata-rata, MAE, dan RMSE. Hasil ini

digunakan sebagai indikasi awal dan tidak menggantikan pemeriksaan data harian, kondisi topografi, serta karakter orografis setempat.

No.	Stasiun Pembanding	Jarak (km)	Panjang Data	Periode Data	Tahun Overlap	Periode Overlap	r	Rasio Rata-rata	MAE (mm)	RMSE (mm)	Kesimpulan
1	SongPutri	9,08	43	1977–2019	43	1977–2019	0,592	1,118	35,73	42,24	Konsistensi sedang
2	Giriwoyo	5,76	1	1976–1976	1	1976–1976	-	0,743	35,00	35,00	Data overlap kurang; hasil hanya indikatif

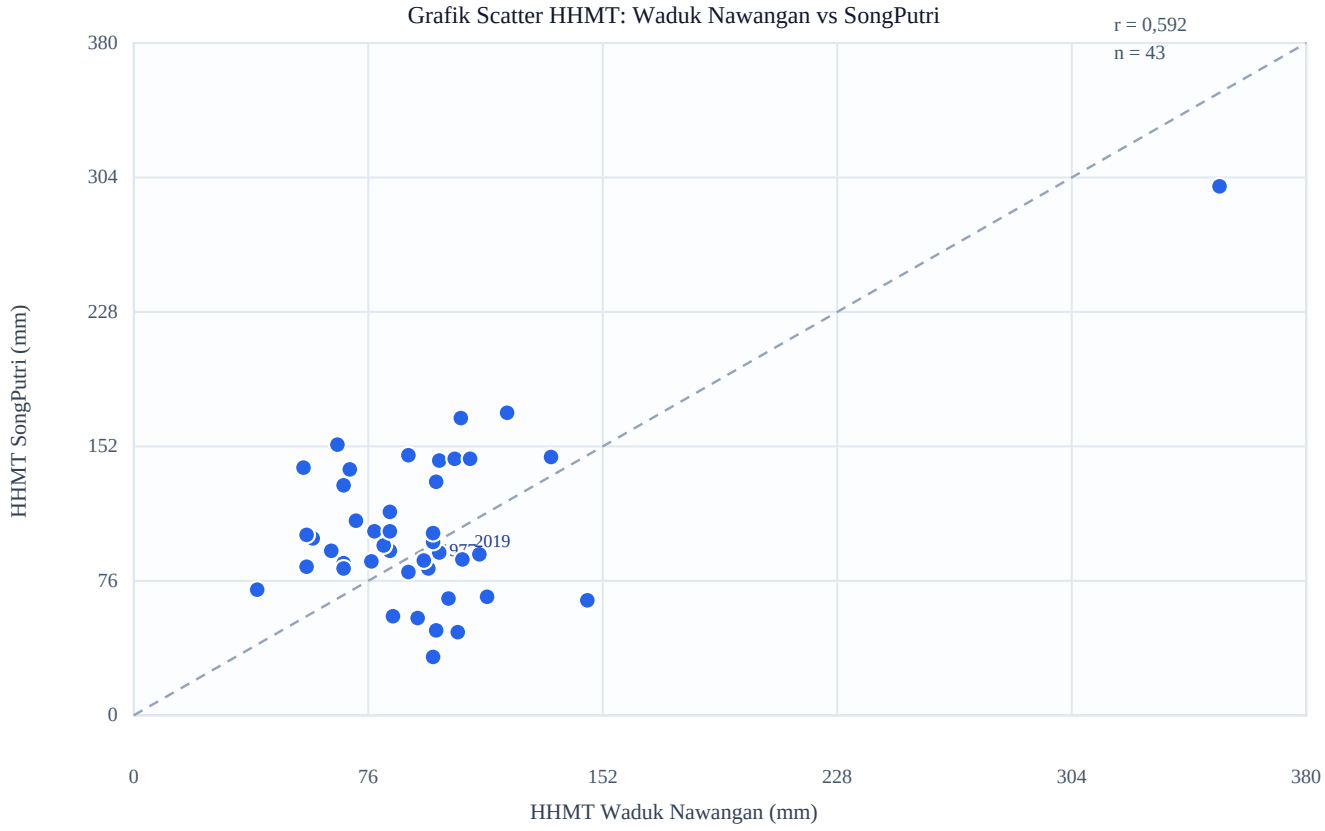
Catatan interpretasi: Korelasi r ≥ 0,70 diinterpretasikan sebagai konsistensi baik; 0,50–0,70 sedang; 0,30–0,50 rendah; dan r < 0,30 tidak direkomendasikan sebagai pembanding utama. Apabila tahun overlap kurang dari 10 tahun, hasil korelasi perlu diperlakukan sebagai indikasi awal.

Catatan pemilihan pembanding: Stasiun pembanding terbaik dipilih berdasarkan skor gabungan korelasi Pearson, jumlah tahun overlap, jarak stasiun, dan rasio rata-rata HHMT yang mendekati 1,0. Dengan kriteria ini, stasiun terpilih adalah **SongPutri** dengan skor 0,620, overlap 43 tahun, dan r = 0,592.

Catatan karakter HHMT: Seri HHMT merepresentasikan kejadian ekstrem harian yang dapat bersifat lokal, terutama pada wilayah dengan pengaruh topografi dan orografis. Karena itu korelasi antarstasiun dapat lebih rendah dibanding korelasi data hujan bulanan atau tahunan. Hasil konsistensi antarstasiun digunakan sebagai validasi awal, bukan dasar tunggal koreksi atau penggantian data.

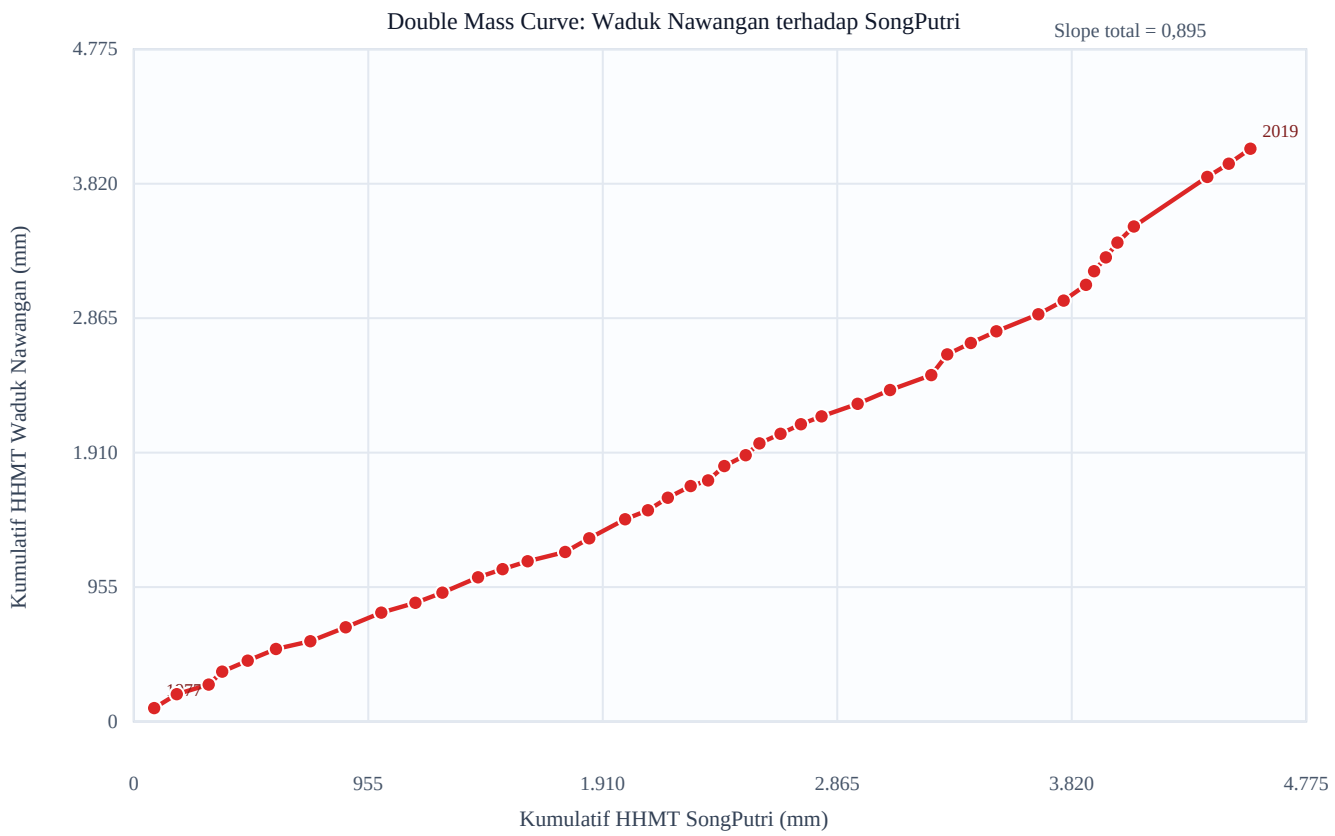
5.6. Grafik Scatter Antarstasiun

Grafik scatter berikut membandingkan nilai HHMT stasiun utama terhadap stasiun pembanding terbaik pada tahun overlap. Garis diagonal menunjukkan garis 1:1 untuk membantu membaca tingkat kedekatan antar nilai kedua stasiun.



5.7. Double Mass Curve

Double mass curve digunakan sebagai pemeriksaan konsistensi kumulatif antara stasiun utama dan stasiun pembanding terbaik pada periode overlap. Kurva yang relatif stabil menunjukkan hubungan kumulatif yang lebih konsisten.



5.8. Matriks Kelayakan Data

Matriks berikut merangkum hasil pemeriksaan kualitas data, uji statistik, dan pembandingan antarstasiun sebagai dasar awal untuk menilai kelayakan penggunaan data pada analisis frekuensi hujan rancangan.

Aspek Pemeriksaan	Hasil	Status	Implikasi
Panjang data	45 tahun	Memenuhi	Layak untuk analisis frekuensi awal.
Tahun kosong	0 tahun	Baik	Tidak ada jeda tahun pada rentang data.
Uji pencilan	Ada indikasi pencilan	Perlu review	Nilai ekstrem perlu verifikasi lebih lanjut.
Uji tren	Tidak ada tren signifikan	Baik	Data relatif stasioner terhadap waktu.
Uji homogenitas	Tidak homogen	Perlu review	Perlu pemeriksaan penyebab perbedaan antar periode.
Uji independensi	Independen	Baik	Memenuhi asumsi kemandirian data.
Konsistensi antarstasiun	Konsistensi sedang	Sedang	Pembanding terbaik berdasarkan skor gabungan: SongPutri dengan overlap 43 tahun, korelasi r = 0,592, dan skor = 0,620.
Distribusi terbaik	GEV	Sementara	Perlu dibaca bersama evaluasi kewajaran hujan rancangan dan sensitivity analysis antar distribusi.

Catatan homogenitas: Hasil uji homogenitas menunjukkan F hitung lebih besar dari F kritis, sehingga varians kelompok data awal dan akhir berbeda secara signifikan. Kondisi ini dapat mengindikasikan perubahan karakteristik data, perubahan alat/pos, perubahan lingkungan sekitar pos hujan, atau perubahan rezim hujan. Data perlu ditinjau sebelum digunakan sebagai dasar desain final.

6. Statistik Deskriptif Curah Hujan

Jumlah data	45 tahun
Minimum	40,00 mm (1997)
Maksimum	351,90 mm (2017)
Rata-rata	96,72 mm
Median	94,00 mm
Standar deviasi sampel	45,81 mm
Koefisien variasi	0,474
Skewness sampel	4,051
Excess kurtosis	22,126

Interpretasi statistik: Data HHMT menunjukkan skewness positif kuat (4,051), sehingga terdapat kecenderungan ekor kanan dan nilai ekstrem tinggi. Nilai excess kurtosis positif tinggi (22,126) menunjukkan distribusi relatif runcing/ber-ekor berat, sehingga indikasi nilai ekstrem perlu ditinjau. Interpretasi statistik digunakan sebagai indikator awal. Pemilihan distribusi tetap mengacu pada uji kecocokan distribusi, kualitas data, dan pertimbangan teknis perencana.

7. Ringkasan Analisa Curah Hujan Rancangan

Catatan kelayakan hasil: Nilai curah hujan rancangan pada laporan ini merupakan hasil analisis frekuensi sementara. Hasil uji data awal menunjukkan pencilan, ketidakhomogenan, sehingga nilai hujan rancangan perlu dikaji ulang setelah verifikasi data pencilan, homogenitas, dan konsistensi seri data. Distribusi GEV dipilih sebagai distribusi terbaik sementara dan belum menggantikan keputusan teknis perencana.

Analisa curah hujan rancangan dihitung dengan distribusi Gumbel, Log Normal, Log Pearson III, dan GEV.

Kala Ulang	Gumbel	Log Normal	Log Pearson III	GEV
2	89,190	90,371	86,556	87,362
5	129,676	120,915	114,074	117,595
10	156,481	140,792	134,256	141,351
20	182,193	159,648	156,190	167,415
25	190,349	165,602	163,879	176,425
50	215,475	183,908	190,498	206,670
100	240,415	202,096	222,595	240,795
200	265,264	220,314	262,242	279,417
1.000	322,825	263,227	400,244	390,214

Gambar 7.1. – Grafik perbandingan curah hujan rancangan beberapa distribusi

Grafik ini memperlihatkan perbedaan hasil curah hujan rancangan antar distribusi pada setiap kala ulang. Perbedaan yang semakin besar pada kala ulang tinggi perlu menjadi bahan pertimbangan teknis dalam pemilihan nilai desain.



8. Detail Perhitungan Curah Hujan Rancangan

8.1 Metode Gumbel

Langkah perhitungan:

1. Hitung rata-rata ($\bar{x}$) dan standar deviasi sampel (S) dari data HHMT.
2. Estimasi parameter lokasi (μ) dan skala (β).
3. Untuk setiap kala ulang T, hitung P = 1 - 1/T.
4. Hitung Y_T = -ln[-ln(P)].
5. Hitung X_T = μ + β × Y_T.

Rumus: X_T = μ + β × Y_T; Y_T = -ln[-ln(P)]. Parameter: $\bar{x}$ = 96,716 mm; S = 45,813 mm; μ = 76,09787; β = 35,71997.

T	P	Y_T	K_T	X_T (mm)
2	50,000%	0,36651	-0,16428	**89,190**
5	80,000%	1,49994	0,71945	**129,676**
10	90,000%	2,25037	1,30455	**156,481**
20	95,000%	2,97020	1,86580	**182,193**
25	96,000%	3,19853	2,04383	**190,349**
50	98,000%	3,90194	2,59228	**215,475**
100	99,000%	4,60015	3,13667	**240,415**
200	99,500%	5,29581	3,67907	**265,264**
1.000	99,900%	6,90726	4,93551	**322,825**

8.2 Metode Log Normal

Langkah perhitungan:

1. Transformasikan data menjadi Y = log10(X).
2. Hitung rata-rata log (Ybar) dan standar deviasi log (S_Y).

3. Untuk setiap kala ulang T, hitung P = 1 - 1/T.
4. Ambil K_T dari invers distribusi normal standar.
5. Hitung Y_T = Ybar + K_T × S_Y.
6. Konversi menjadi X_T = 10^Y_T.

Rumus: Y = log10(X); Y_T = Ybar + K_T × S_Y; X_T = 10^Y_T. Parameter: Ybar = 1,95603; S_Y = 0,15025.

T	P	K_T	log X_T	X_T (mm)
2	50,000%	0,00000	1,95603	**90,371**
5	80,000%	0,84162	2,08248	**120,915**
10	90,000%	1,28155	2,14858	**140,792**
20	95,000%	1,64485	2,20316	**159,648**
25	96,000%	1,75069	2,21907	**165,602**
50	98,000%	2,05375	2,26460	**183,908**
100	99,000%	2,32635	2,30556	**202,096**
200	99,500%	2,57583	2,34304	**220,314**
1.000	99,900%	3,09023	2,42033	**263,227**

8.3 Metode Log Pearson III

Langkah perhitungan:

1. Transformasikan data HHMT menjadi Y = log10(X).
2. Hitung Ybar, S_Y, dan koefisien kemencengan log (C_s).
3. Untuk setiap kala ulang T, hitung P = 1 - 1/T dan nilai Z.
4. Hitung faktor frekuensi K_T yang dipengaruhi C_s.
5. Hitung Y_T = Ybar + K_T × S_Y.
6. Konversi menjadi X_T = 10^Y_T.

Rumus: Y_T = Ybar + K_T × S_Y; X_T = 10^Y_T. Parameter: Ybar = 1,95603; S_Y = 0,15025; C_s = 1,03594.

T	P	Z	K_T	log X_T	X_T (mm)
2	50,000%	0,00000	-0,12467	1,93730	**86,556**
5	80,000%	0,84162	0,67328	2,05719	**114,074**
10	90,000%	1,28155	1,14414	2,12793	**134,256**
20	95,000%	1,64485	1,58155	2,19365	**156,190**
25	96,000%	1,75069	1,72045	2,21452	**163,879**
50	98,000%	2,05375	2,15552	2,27989	**190,498**
100	99,000%	2,32635	2,60560	2,34751	**222,595**
200	99,500%	2,57583	3,07940	2,41870	**262,242**
1.000	99,900%	3,09023	4,30154	2,60233	**400,244**

8.4 Metode GEV

Langkah perhitungan:

1. Urutkan data HHMT dan hitung probability weighted moments.
2. Turunkan L-moments: L1, L2, dan L-skewness t3.
3. Estimasi parameter GEV: lokasi (ξ), skala (α), dan bentuk (k).
4. Untuk setiap kala ulang T, hitung P = 1 - 1/T.
5. Hitung kuantil GEV sebagai X_T.
6. Bandingkan hasil dengan distribusi lain melalui uji kecocokan.

Rumus: Kuantil GEV dihitung dari parameter ξ, α, dan k. Parameter: ξ = 78,85156; α = 22,44957; k = -0,18285. L1 = 96,71600; L2 = 19,00397; t3 = 0,29242.

T	P	X_T (mm)
2	50,000%	**87,362**
5	80,000%	**117,595**
10	90,000%	**141,351**
20	95,000%	**167,415**
25	96,000%	**176,425**
50	98,000%	**206,670**
100	99,000%	**240,795**
200	99,500%	**279,417**
1.000	99,900%	**390,214**

9. Uji Distribusi dan Distribusi Terbaik Sementara

Distribusi terbaik sementara: GEV. Pemilihan distribusi terbaik bersifat sementara dan perlu ditinjau bersama kualitas data, uji data awal, serta pertimbangan teknis perencana.

Distribusi	Dmax	D kritis	K-S	Chi hitung	Chi kritis	Chi	Catatan
Gumbel	0,13696	0,24000	Diterima	11,14494	5,93687	Ditolak	-
Log Normal	0,10011	0,24000	Diterima	58,72441	5,93687	Ditolak	Pembanding untuk data positif dengan transformasi log.
Log Pearson III	0,10870	0,24000	Diterima	6,39425	3,74676	Ditolak	Tetap perlu diperhatikan karena data menunjukkan skewness tinggi.
GEV	**0,08904**	**0,24000**	**Diterima**	**5,72161**	**3,74676**	**Ditolak**	**Terpilih sementara berdasarkan skor gabungan uji.**

Catatan: Untuk data kurang dari 50 tahun, uji Chi-Square dipakai sebagai indikator pendukung bersama uji Kolmogorov-Smirnov, kualitas data, dan pertimbangan teknis.

10. Evaluasi Kewajaran Hujan Rancangan

10.1. Pemeriksaan Kewajaran Dasar

Evaluasi kewajaran hidrologis dilakukan untuk menilai apakah nilai hujan rancangan masih konsisten terhadap statistik data historis dan perbedaan antar distribusi. Evaluasi ini tidak menggantikan keputusan teknis perencana, tetapi menjadi alat kontrol sebelum hasil digunakan untuk debit banjir rencana.

Aspek Evaluasi	Hasil Pemeriksaan	Status	Catatan Teknis

R2 terhadap rata-rata HHMT	R2 GEV = 87,362 mm; rata-rata HHMT = 96,72 mm; rasio R2/rata-rata = 0,90	Wajar	Hujan rancangan T=2 umumnya berada di sekitar nilai pusat data. Selisih besar dapat menunjukkan pengaruh bentuk distribusi atau karakter data.
R2 terhadap median HHMT	R2 GEV = 87,362 mm; median HHMT = 94,00 mm; rasio R2/median = 0,93	Wajar	Median dipakai sebagai pembanding karena lebih tahan terhadap pengaruh nilai ekstrem.
R100 terhadap maksimum historis	R100 GEV = 240,795 mm; maksimum historis = 351,90 mm	Perlu review	Nilai T=100 distribusi terpilih lebih kecil dari maksimum historis; hasil ini tidak otomatis salah, tetapi perlu justifikasi teknis dan pembandingan distribusi.
R1000 terhadap maksimum historis	R1000 GEV = 390,214 mm; maksimum historis = 351,90 mm	Wajar	Untuk kala ulang besar, nilai rancangan seharusnya dievaluasi terhadap maksimum historis dan kewajaran regional.

10.2. Selisih Antar Distribusi pada Kala Ulang Terpilih

Kala Ulang	Minimum	Maksimum	Rentang	Rentang/Mean	Interpretasi
25	163,879	190,349	26,471	15,2%	Selisih kecil-sedang
50	183,908	215,475	31,567	15,9%	Selisih kecil-sedang
100	202,096	240,795	38,699	17,1%	Selisih kecil-sedang
1000	263,227	400,244	137,018	39,8%	Selisih besar

Catatan kewajaran:

- Nilai R100 distribusi terpilih lebih kecil dari maksimum historis, sehingga hasil perlu diberi catatan kewajaran.
- Jumlah data kurang dari 50 tahun; uji kecocokan dan ekstrapolasi kala ulang tinggi perlu dibaca sebagai indikasi, bukan keputusan tunggal.

Rekomendasi penggunaan: Hasil distribusi GEV dapat digunakan sebagai hasil statistik terpilih sementara. Untuk kebutuhan desain, terutama kala ulang menengah-besar, disarankan tetap melakukan *sensitivity analysis* terhadap Gumbel, Log Normal, Log Pearson III, dan GEV; memeriksa konsistensi dengan stasiun hujan terdekat; serta mempertimbangkan kewajaran regional sebelum menetapkan hujan rancangan final.

11. Rekomendasi Distribusi untuk Desain

Rekomendasi distribusi untuk desain disusun dengan mempertimbangkan distribusi terbaik sementara, kualitas data, hasil evaluasi kewajaran, dan kebutuhan penggunaan desain.

Tujuan Penggunaan	Distribusi/Strategi Disarankan	Catatan Teknis
Analisis statistik awal	GEV	Distribusi GEV merupakan distribusi terbaik sementara berdasarkan uji kecocokan statistik yang tersedia. Namun nilai R100 distribusi terpilih lebih kecil dari maksimum historis, sehingga perlu pembandingan dengan distribusi lain sebelum digunakan sebagai angka final desain.
Analisis desain konservatif	Bandingkan Gumbel, Log Pearson III, dan GEV	Gunakan *sensitivity analysis* untuk menilai pengaruh pemilihan distribusi terhadap hujan rancangan kala ulang menengah-besar.
Debit banjir rencana	Distribusi final setelah validasi data	Nilai hujan rancangan perlu dikaitkan dengan hujan wilayah, distribusi hujan, hujan efektif, dan transformasi hujan-limpasan.
Jika data masih perlu review	Jangan gunakan satu distribusi sebagai angka tunggal final	Gunakan hasil sebagai nilai sementara dan lakukan verifikasi data, uji konsistensi antarstasiun, dan evaluasi kewajaran hidrologis.

Nilai kunci distribusi terpilih: R100 = 240,795 mm. R1000 = 390,214 mm. Maksimum historis = 351,90 mm.

Rekomendasi desain: Distribusi GEV dapat digunakan sebagai acuan statistik awal. Untuk nilai desain final, terutama apabila bangunan memiliki risiko tinggi atau kala ulang besar, disarankan membandingkan hasilnya dengan Gumbel dan Log Pearson III serta mempertimbangkan keputusan teknis perencana.

12. Kesimpulan Teknis

1. Data HHMT memiliki panjang data 45 tahun dengan status: Panjang data memenuhi ≥ 20 tahun.
2. Hasil uji data menunjukkan seri data menunjukkan indikasi pencilan yang perlu review, tidak menunjukkan tren signifikan, tidak homogen, dan independen.
3. Distribusi terbaik sementara berdasarkan uji kecocokan adalah GEV.
4. Nilai R100 distribusi terpilih adalah 240,795 mm dibanding maksimum historis 351,90 mm. Nilai ini perlu diberi catatan kewajaran karena lebih kecil dari maksimum historis.
5. Hasil konsistensi antarstasiun menunjukkan bahwa pembanding terbaik berdasarkan skor gabungan adalah SongPutri dengan overlap 43 tahun, r = 0,592, skor = 0,620, dan interpretasi Konsistensi sedang.
6. Tidak terdapat indikasi tren signifikan berdasarkan uji data yang digunakan.
7. Dengan mempertimbangkan hasil uji data, evaluasi kewajaran, dan konsistensi antarstasiun, hasil hujan rancangan dapat digunakan sebagai dasar awal analisis frekuensi sebelum digunakan pada perhitungan debit banjir rencana final.

13. Rekomendasi Tindak Lanjut

No.	Rekomendasi	Tujuan	Prioritas
1	Verifikasi ulang data harian pada tahun maksimum dan minimum HHMT.	Memastikan nilai ekstrem dan nilai rendah berasal dari pencatatan data yang valid.	Tinggi
2	Periksa riwayat stasiun, perubahan alat, perpindahan lokasi, dan lingkungan sekitar pos hujan.	Menilai kemungkinan penyebab ketidakhomogenan seri data.	Tinggi
3	Gunakan hasil uji konsistensi antarstasiun sebagai validasi silang dengan memperhatikan skor gabungan korelasi, overlap, jarak, dan rasio rata-rata; jangan hanya memilih berdasarkan overlap terpanjang.	Memastikan pemilihan stasiun pembanding lebih representatif terhadap karakter data stasiun utama.	Tinggi
4	Lakukan sensitivity analysis terhadap distribusi Gumbel, Log Normal, Log Pearson III, dan GEV.	Menilai pengaruh pemilihan distribusi terhadap curah hujan rancangan kala ulang menengah-besar.	Tinggi
5	Gunakan distribusi GEV sebagai hasil statistik sementara dan tetapkan distribusi desain melalui pertimbangan teknis.	Menghindari penggunaan otomatis hasil statistik tanpa evaluasi desain.	Tinggi
6	Untuk analisis debit banjir rencana, lanjutkan ke hujan wilayah, distribusi hujan rencana, hujan efektif, dan transformasi hujan-limpasan.	Menghubungkan hasil HHMT dengan proses perhitungan debit banjir rencana.	Tinggi
7	Apabila data debit observasi tersedia, lakukan kalibrasi atau validasi hasil debit banjir terhadap kejadian historis.	Meningkatkan keandalan hasil analisis hidrologi desain.	Sedang

14. Detail Parameter Distribusi

Distribusi	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Gumbel	Rata-rata	$\bar{x}$	96,716	mm
Gumbel	Standar deviasi sampel	S	45,813	mm

Distribusi	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Gumbel	Parameter lokasi	μ	76,09787	-
Gumbel	Parameter skala	β	35,71997	-
Log Normal	Rata-rata log basis 10	Ybar	1,95603	-
Log Normal	Standar deviasi log basis 10	S_Y	0,15025	-
Log Pearson III	Rata-rata log basis 10	Ybar	1,95603	-
Log Pearson III	Standar deviasi log basis 10	S_Y	0,15025	-
Log Pearson III	Koefisien kemencengan log	C_s	1,03594	-
GEV	Parameter lokasi	ξ	78,85156	-
GEV	Parameter skala	α	22,44957	-
GEV	Parameter bentuk	k	-0,18285	-

15. Catatan Kelayakan dan Penggunaan Hasil

Catatan kelayakan hasil: Nilai curah hujan rancangan pada laporan ini merupakan hasil analisis frekuensi sementara. Hasil uji data awal menunjukkan pencilan, ketidakhomogenan, sehingga nilai hujan rancangan perlu dikaji ulang setelah verifikasi data pencilan, homogenitas, dan konsistensi seri data. Distribusi GEV dipilih sebagai distribusi terbaik sementara dan belum menggantikan keputusan teknis perencana.

Hasil curah hujan rancangan pada laporan ini digunakan sebagai dasar awal untuk analisa lanjutan. Untuk debit banjir rencana, tahapan berikutnya adalah hujan wilayah, distribusi hujan rencana, hujan efektif, transformasi hujan-limpasan dengan HSS/metode lain, serta kalibrasi dan validasi apabila data observasi tersedia.