Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Stasiun SongPutri, WONOGIRI, JAWA TENGAH
https://hidrologi.net/hujanmaksimumtahunan/4

Jumlah Data	Rata-rata HHMT	Hujan Maksimum	Distribusi Terbaik
43 tahun	**105,76 mm**	**299,00 mm**	**Gumbel**

Kesimpulan singkat analisa: Data HHMT memiliki panjang data 43 tahun dan status panjang data: **Panjang data memenuhi ≥ 20 tahun**. Hasil uji data awal menunjukkan pencilan, ketidakhomogenan. Distribusi terbaik sementara berdasarkan uji kecocokan adalah **Gumbel**. 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	SongPutri	**Periode Data**	1977 s.d. 2019
Lokasi	Desa Sindukarto, Kec. Eromoko, WONOGIRI	**Provinsi**	JAWA TENGAH
Wilayah Sungai	Bengawan Solo	**Koordinat**	-7.992783, 110.831567
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	Parangjoho	Eromoko, Eromoko, WONOGIRI	4,85	42 tahun	1978–2019
2	Pracimantoro	Sambiroto, Pracimantoro, WONOGIRI	8,32	0 tahun	-
3	Waduk Nawangan	Platarejo, Giriwoyo, WONOGIRI	9,08	45 tahun	1975–2019

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	43 tahun	**Tahun kosong**	0 tahun
Data HHMT < 50 mm	3 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 1977–2019.

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.

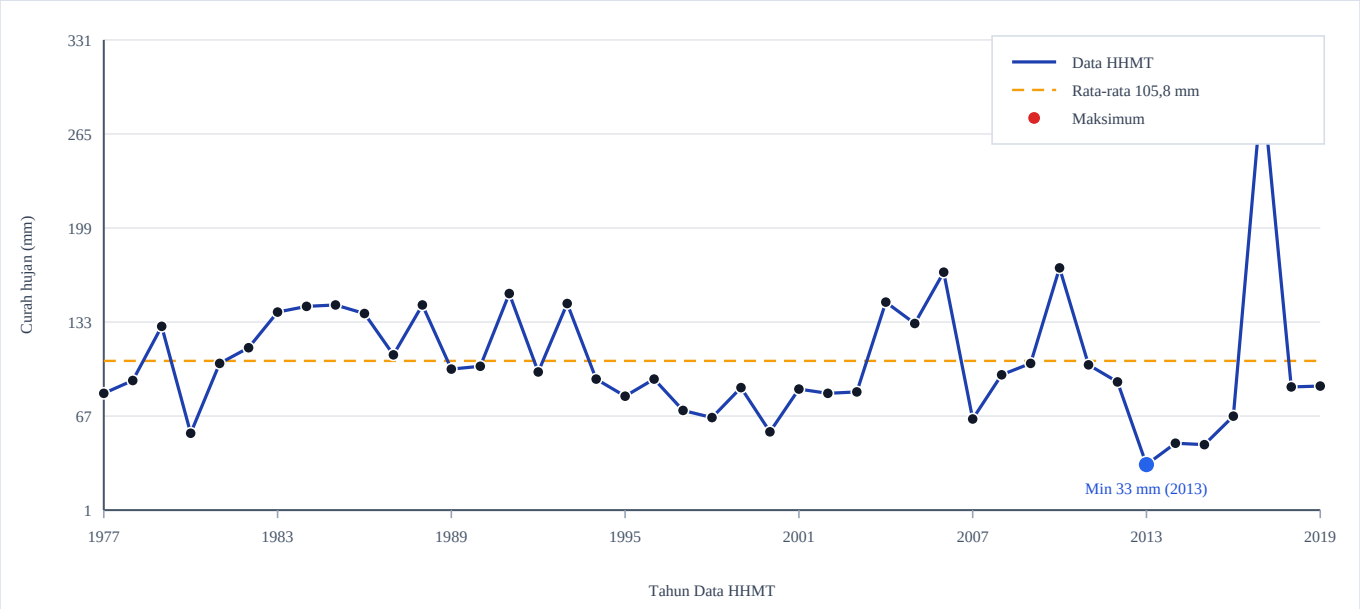
No.	Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan

1	1977	83,00	19-01-1977	OK
2	1978	92,00	31-05-1978	OK
3	1979	130,00	24-01-1979	OK
4	1980	55,00	31-12-1980	OK
5	1981	104,00	21-04-1981	OK
6	1982	115,00	04-01-1982	OK
7	1983	140,00	15-04-1983	OK
8	1984	144,00	11-12-1984	OK
9	1985	145,00	08-03-1985	OK
10	1986	139,00	09-01-1986	OK
11	1987	110,00	14-01-1987	OK
12	1988	145,00	04-02-1988	OK
13	1989	100,00	19-06-1989	OK
14	1990	102,00	22-12-1990	OK
15	1991	153,00	15-01-1991	OK
16	1992	98,00	02-11-1992	OK
17	1993	146,00	11-03-1993	OK
18	1994	93,00	01-04-1994	OK
19	1995	81,00	13-06-1995	OK
20	1996	93,00	12-12-1996	OK
21	1997	71,00	29-12-1997	OK
22	1998	66,00	23-02-1998	OK
23	1999	87,00	11-12-1999	OK
24	2000	56,00	04-02-2000	OK
25	2001	86,00	07-01-2001	OK
26	2002	83,00	27-01-2002	OK
27	2003	84,00	22-12-2003	OK
28	2004	147,00	03-12-2004	OK
29	2005	132,00	23-06-2005	OK
30	2006	168,00	29-12-2006	OK
31	2007	65,00	15-04-2007	OK
32	2008	96,00	09-11-2008	OK
33	2009	104,00	30-11-2009	OK
34	2010	171,00	19-02-2010	OK
35	2011	103,00	15-02-2011	OK
36	2012	91,00	04-02-2012	OK
37	2013	33,00	14-11-2013	Perlu cek
38	2014	48,00	17-12-2014	Perlu cek
39	2015	47,00	14-02-2015	Perlu cek

40	2016	67,00	18-11-2016	OK
41	2017	299,00	28-11-2017	Pencilan atas
42	2018	87,50	11-01-2018	OK
43	2019	88,10	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	299,00 mm pada tahun 2017	**Nilai minimum**	33,00 mm pada tahun 2013
Jumlah data > 150 mm	4 data	**Jumlah data < 50 mm**	3 data
Jumlah pencilan terdeteksi	1 data berdasarkan batas uji pencilan.		

Daftar Data Pencilan

Tahun	HHMT	Batas bawah	Batas atas	Status
2017	299,00 mm	32,48 mm	293,34 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	3	Indikasi awal untuk cek kelengkapan data harian.
Data rendah	< 75 mm	9	Perlu ditinjau jika jauh di bawah pola umum seri data.
Data tinggi	> 150 mm	4	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
1980	55,00	31-12-1980	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.

Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan
1997	71,00	29-12-1997	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
1998	66,00	23-02-1998	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
2000	56,00	04-02-2000	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
2007	65,00	15-04-2007	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.
2013	33,00	14-11-2013	Sangat rendah, perlu cek kelengkapan data harian.
2014	48,00	17-12-2014	Sangat rendah, perlu cek kelengkapan data harian.
2015	47,00	14-02-2015	Sangat rendah, perlu cek kelengkapan data harian.
2016	67,00	18-11-2016	Rendah, perlu ditinjau kewajaran data tahunan.

Daftar Data Tinggi

Tahun	HHMT (mm)	Tanggal	Catatan
1991	153,00	15-01-1991	Tinggi, menjadi kandidat kejadian hujan ekstrem tahunan.
2006	168,00	29-12-2006	Tinggi, menjadi kandidat kejadian hujan ekstrem tahunan.
2010	171,00	19-02-2010	Tinggi, menjadi kandidat kejadian hujan ekstrem tahunan.
2017	299,00	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	2,7090
Uji Pencilan	Batas bawah	32,48 mm
Uji Pencilan	Batas atas	293,34 mm
Uji Pencilan	Jumlah pencilan	1
Uji Tren	r Spearman	-0,24181
Uji Tren	t hitung	-1,59567
Uji Tren	t kritis	2,01954

Uji	Parameter	Nilai
Uji Tren	Arah	tidak_signifikan
Uji Homogenitas	F hitung	4,06040
Uji Homogenitas	F kritis	2,44841
Uji Homogenitas	Varian kelompok awal	811,94762
Uji Homogenitas	Varian kelompok akhir	3.296,83325
Uji Independensi	r1 lag-1	0,08959
Uji Independensi	Batas bawah	-0,32262
Uji Independensi	Batas atas	0,27500

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	1977	83,00	1,919078	-0,07041	0,00496	-0,00035	293,34	32,48	Accept
2	1978	92,00	1,963788	-0,02570	0,00066	-0,00002	293,34	32,48	Accept
3	1979	130,00	2,113943	0,12445	0,01549	0,00193	293,34	32,48	Accept
4	1980	55,00	1,740363	-0,24913	0,06206	-0,01546	293,34	32,48	Accept
5	1981	104,00	2,017033	0,02754	0,00076	0,00002	293,34	32,48	Accept
6	1982	115,00	2,060698	0,07121	0,00507	0,00036	293,34	32,48	Accept
7	1983	140,00	2,146128	0,15664	0,02454	0,00384	293,34	32,48	Accept
8	1984	144,00	2,158362	0,16887	0,02852	0,00482	293,34	32,48	Accept
9	1985	145,00	2,161368	0,17188	0,02954	0,00508	293,34	32,48	Accept
10	1986	139,00	2,143015	0,15352	0,02357	0,00362	293,34	32,48	Accept
11	1987	110,00	2,041393	0,05190	0,00269	0,00014	293,34	32,48	Accept
12	1988	145,00	2,161368	0,17188	0,02954	0,00508	293,34	32,48	Accept
13	1989	100,00	2,000000	0,01051	0,00011	0,00000	293,34	32,48	Accept
14	1990	102,00	2,008600	0,01911	0,00037	0,00001	293,34	32,48	Accept
15	1991	153,00	2,184691	0,19520	0,03810	0,00744	293,34	32,48	Accept
16	1992	98,00	1,991226	0,00174	0,00000	0,00000	293,34	32,48	Accept
17	1993	146,00	2,164353	0,17486	0,03058	0,00535	293,34	32,48	Accept
18	1994	93,00	1,968483	-0,02101	0,00044	-0,00001	293,34	32,48	Accept
19	1995	81,00	1,908485	-0,08101	0,00656	-0,00053	293,34	32,48	Accept
20	1996	93,00	1,968483	-0,02101	0,00044	-0,00001	293,34	32,48	Accept
21	1997	71,00	1,851258	-0,13823	0,01911	-0,00264	293,34	32,48	Accept
22	1998	66,00	1,819544	-0,16995	0,02888	-0,00491	293,34	32,48	Accept
23	1999	87,00	1,939519	-0,04997	0,00250	-0,00012	293,34	32,48	Accept
24	2000	56,00	1,748188	-0,24130	0,05823	-0,01405	293,34	32,48	Accept
25	2001	86,00	1,934498	-0,05499	0,00302	-0,00017	293,34	32,48	Accept
26	2002	83,00	1,919078	-0,07041	0,00496	-0,00035	293,34	32,48	Accept
27	2003	84,00	1,924279	-0,06521	0,00425	-0,00028	293,34	32,48	Accept
28	2004	147,00	2,167317	0,17783	0,03162	0,00562	293,34	32,48	Accept
29	2005	132,00	2,120574	0,13108	0,01718	0,00225	293,34	32,48	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
30	2006	168,00	2,225309	0,23582	0,05561	0,01311	293,34	32,48	Accept
31	2007	65,00	1,812913	-0,17658	0,03118	-0,00551	293,34	32,48	Accept
32	2008	96,00	1,982271	-0,00722	0,00005	0,00000	293,34	32,48	Accept
33	2009	104,00	2,017033	0,02754	0,00076	0,00002	293,34	32,48	Accept
34	2010	171,00	2,232996	0,24351	0,05929	0,01444	293,34	32,48	Accept
35	2011	103,00	2,012837	0,02335	0,00055	0,00001	293,34	32,48	Accept
36	2012	91,00	1,959041	-0,03045	0,00093	-0,00003	293,34	32,48	Accept
37	2013	33,00	1,518514	-0,47098	0,22182	-0,10447	293,34	32,48	Accept
38	2014	48,00	1,681241	-0,30825	0,09502	-0,02929	293,34	32,48	Accept
39	2015	47,00	1,672098	-0,31739	0,10074	-0,03197	293,34	32,48	Accept
40	2016	67,00	1,826075	-0,16342	0,02670	-0,00436	293,34	32,48	Accept
41	2017	299,00	2,475671	0,48618	0,23637	0,11492	293,34	32,48	Pencilan atas
42	2018	87,50	1,942008	-0,04748	0,00225	-0,00011	293,34	32,48	Accept
43	2019	88,10	1,944976	-0,04451	0,00198	-0,00009	293,34	32,48	Accept

Parameter Uji Pencilan			
Jumlah data	43	**Jumlah hujan**	4.547,6000
Rataan hujan	105,7581	**Rataan log X**	1,989491
S log	0,176407	**CS log**	-0,12131
Kn	2,70900	**n**	43
Log XH	2,46738	**XH / batas atas**	293,344
Log XL	1,51160	**XL / batas bawah**	32,479
X maksimum data	299,000	**Keputusan maksimum**	Detect pencilan Max
X minimum data	33,000	**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

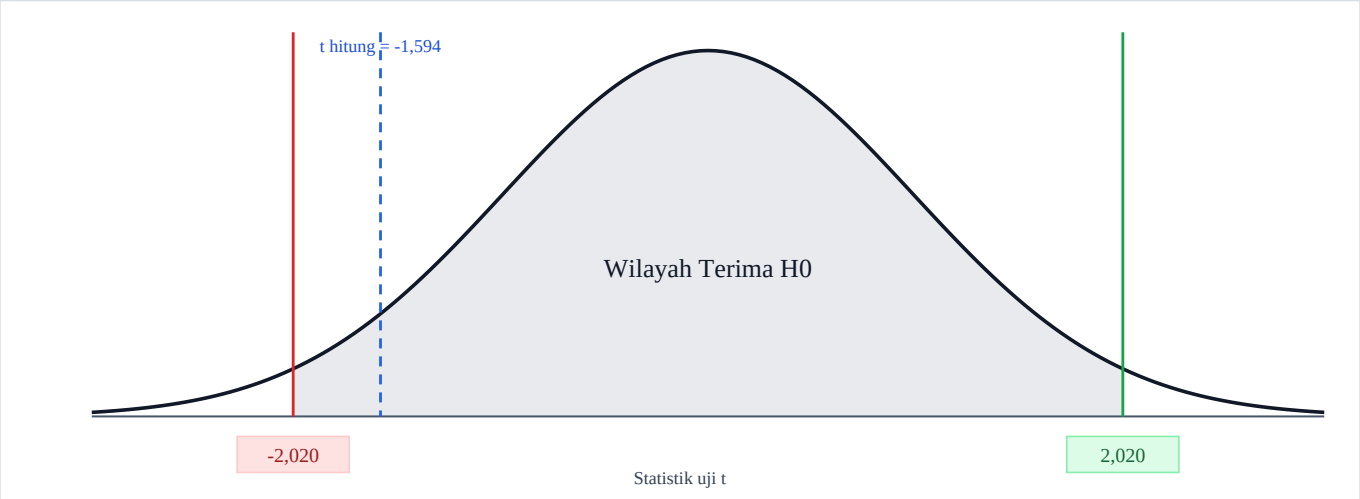
Tahun	Data	No	Data terurut	Kyi	Kxi	D=Kxi-Kyi	D²
1977	83,00	1	33,00	11,50	1,00	-10,50	110,25
1978	92,00	2	47,00	19,00	2,00	-17,00	289,00
1979	130,00	3	48,00	31,00	3,00	-28,00	784,00
1980	55,00	4	55,00	4,00	4,00	0,00	0,00
1981	104,00	5	56,00	27,50	5,00	-22,50	506,25
1982	115,00	6	65,00	30,00	6,00	-24,00	576,00
1983	140,00	7	66,00	34,00	7,00	-27,00	729,00
1984	144,00	8	67,00	35,00	8,00	-27,00	729,00
1985	145,00	9	71,00	36,50	9,00	-27,50	756,25
1986	139,00	10	81,00	33,00	10,00	-23,00	529,00
1987	110,00	11	83,00	29,00	11,00	-18,00	324,00
1988	145,00	12	83,00	36,50	12,00	-24,50	600,25
1989	100,00	13	84,00	24,00	13,00	-11,00	121,00
1990	102,00	14	86,00	25,00	14,00	-11,00	121,00
1991	153,00	15	87,00	40,00	15,00	-25,00	625,00
1992	98,00	16	87,50	23,00	16,00	-7,00	49,00
1993	146,00	17	88,10	38,00	17,00	-21,00	441,00
1994	93,00	18	91,00	20,50	18,00	-2,50	6,25
1995	81,00	19	92,00	10,00	19,00	9,00	81,00
1996	93,00	20	93,00	20,50	20,00	-0,50	0,25
1997	71,00	21	93,00	9,00	21,00	12,00	144,00
1998	66,00	22	96,00	7,00	22,00	15,00	225,00
1999	87,00	23	98,00	15,00	23,00	8,00	64,00
2000	56,00	24	100,00	5,00	24,00	19,00	361,00
2001	86,00	25	102,00	14,00	25,00	11,00	121,00
2002	83,00	26	103,00	11,50	26,00	14,50	210,25
2003	84,00	27	104,00	13,00	27,00	14,00	196,00
2004	147,00	28	104,00	39,00	28,00	-11,00	121,00
2005	132,00	29	110,00	32,00	29,00	-3,00	9,00
2006	168,00	30	115,00	41,00	30,00	-11,00	121,00
2007	65,00	31	130,00	6,00	31,00	25,00	625,00
2008	96,00	32	132,00	22,00	32,00	10,00	100,00
2009	104,00	33	139,00	27,50	33,00	5,50	30,25
2010	171,00	34	140,00	42,00	34,00	-8,00	64,00
2011	103,00	35	144,00	26,00	35,00	9,00	81,00
2012	91,00	36	145,00	18,00	36,00	18,00	324,00
2013	33,00	37	145,00	1,00	37,00	36,00	1.296,00
2014	48,00	38	146,00	3,00	38,00	35,00	1.225,00
2015	47,00	39	147,00	2,00	39,00	37,00	1.369,00
2016	67,00	40	153,00	8,00	40,00	32,00	1.024,00
2017	299,00	41	168,00	43,00	41,00	-2,00	4,00
2018	87,50	42	171,00	16,00	42,00	26,00	676,00

Tahun	Data	No	Data terurut	Kyi	Kxi	D=Kxi-Kyi	D²
2019	88,10	43	299,00	17,00	43,00	26,00	676,00

Parameter Uji Tren			
n	43	**df**	41
Total D²	16.444,0000	**Kp / r Spearman**	-0,24162
t hitung	-1,59435	**t tabel**	2,01954
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.

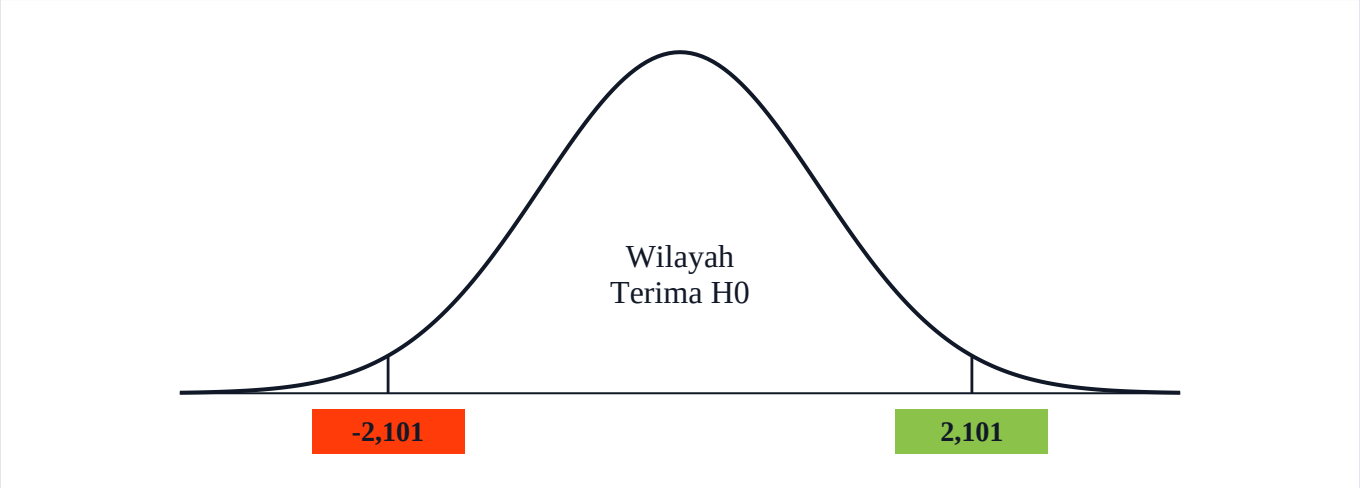
Tabel B.6 – Uji Homogenitas

No.	Variabel 1	Variabel 2
1	83,00	66,00
2	92,00	87,00
3	130,00	56,00
4	55,00	86,00
5	104,00	83,00
6	115,00	84,00
7	140,00	147,00
8	144,00	132,00
9	145,00	168,00
10	139,00	65,00
11	110,00	96,00
12	145,00	104,00
13	100,00	171,00
14	102,00	103,00
15	153,00	91,00

No.	Variabel 1	Variabel 2
16	98,00	33,00
17	146,00	48,00
18	93,00	47,00
19	81,00	67,00
20	93,00	299,00
21	71,00	87,50
22	-	88,10

Uji F			
Varians 1	811,94762	**df 1**	20
Varians 2	3.296,83325	**df 2**	21
F hitung	4,06040	**N1**	21
F tabel atas	2,44841	**N2**	22
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

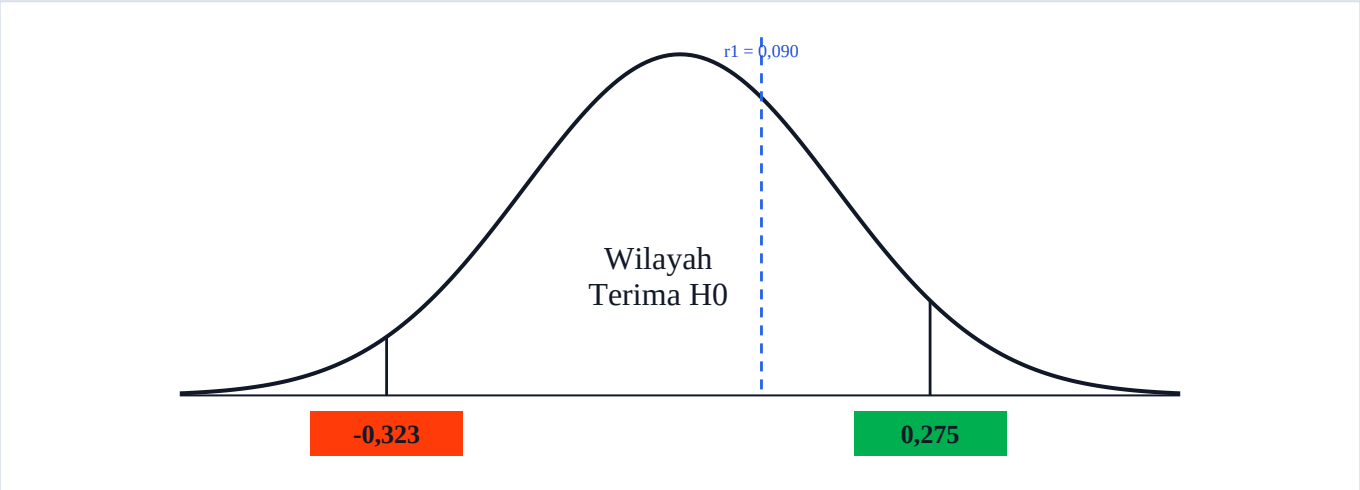
(1) i	(2) Xi	(3) Xi - Xav	(4) (3)i × (3)i+1	(5) (3)i × (3)i
1977	83,00	-22,76	313,11	517,93
1978	92,00	-13,76	-333,52	189,29
1979	130,00	24,24	-1.230,47	587,67
1980	55,00	-50,76	89,24	2.576,39
1981	104,00	-1,76	-16,25	3,09
1982	115,00	9,24	316,46	85,41
1983	140,00	34,24	1.309,47	1.172,51
1984	144,00	38,24	1.500,68	1.462,44
1985	145,00	39,24	1.304,47	1.539,92
1986	139,00	33,24	141,01	1.105,02

(1) i	(2) Xi	(3) Xi - Xav	(4) (3)i × (3)i+1	(5) (3)i × (3)i
1987	110,00	4,24	166,46	17,99
1988	145,00	39,24	-225,96	1.539,92
1989	100,00	-5,76	21,64	33,16
1990	102,00	-3,76	-177,54	14,12
1991	153,00	47,24	-366,51	2.231,79
1992	98,00	-7,76	-312,20	60,19
1993	146,00	40,24	-513,41	1.619,41
1994	93,00	-12,76	315,87	162,77
1995	81,00	-24,76	315,87	612,97
1996	93,00	-12,76	443,45	162,77
1997	71,00	-34,76	1.381,92	1.208,13
1998	66,00	-39,76	745,79	1.580,71
1999	87,00	-18,76	933,37	351,87
2000	56,00	-49,76	983,13	2.475,87
2001	86,00	-19,76	449,66	390,38
2002	83,00	-22,76	495,17	517,93
2003	84,00	-21,76	-897,35	473,42
2004	147,00	41,24	1.082,26	1.700,89
2005	132,00	26,24	1.633,34	688,64
2006	168,00	62,24	-2.536,86	3.874,05
2007	65,00	-40,76	397,72	1.661,23
2008	96,00	-9,76	17,16	95,22
2009	104,00	-1,76	-114,70	3,09
2010	171,00	65,24	-179,95	4.256,50
2011	103,00	-2,76	40,71	7,61
2012	91,00	-14,76	1.073,77	217,80
2013	33,00	-72,76	4.202,37	5.293,75
2014	48,00	-57,76	3.393,76	3.336,00
2015	47,00	-58,76	2.277,36	3.452,52
2016	67,00	-38,76	-7.489,69	1.502,19
2017	299,00	193,24	-3.528,24	37.342,42
2018	87,50	-18,26	322,40	333,36
2019	88,10	-17,66	401,87	311,81

Parameter Uji Independen			
Jumlah	4.547,6000	**n**	43
Rata-rata	105,7581	**Batas bawah**	-0,32262
r1	0,08959	**Batas atas**	0,27500
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	Waduk Nawangan	9,08	45	1975–2019	43	1977–2019	0,592	0,895	35,73	42,24	Konsistensi sedang
2	Parangjoho	4,85	42	1978–2019	42	1978–2019	0,261	0,852	36,89	51,30	Tidak direkomendasikan sebagai pembanding utama

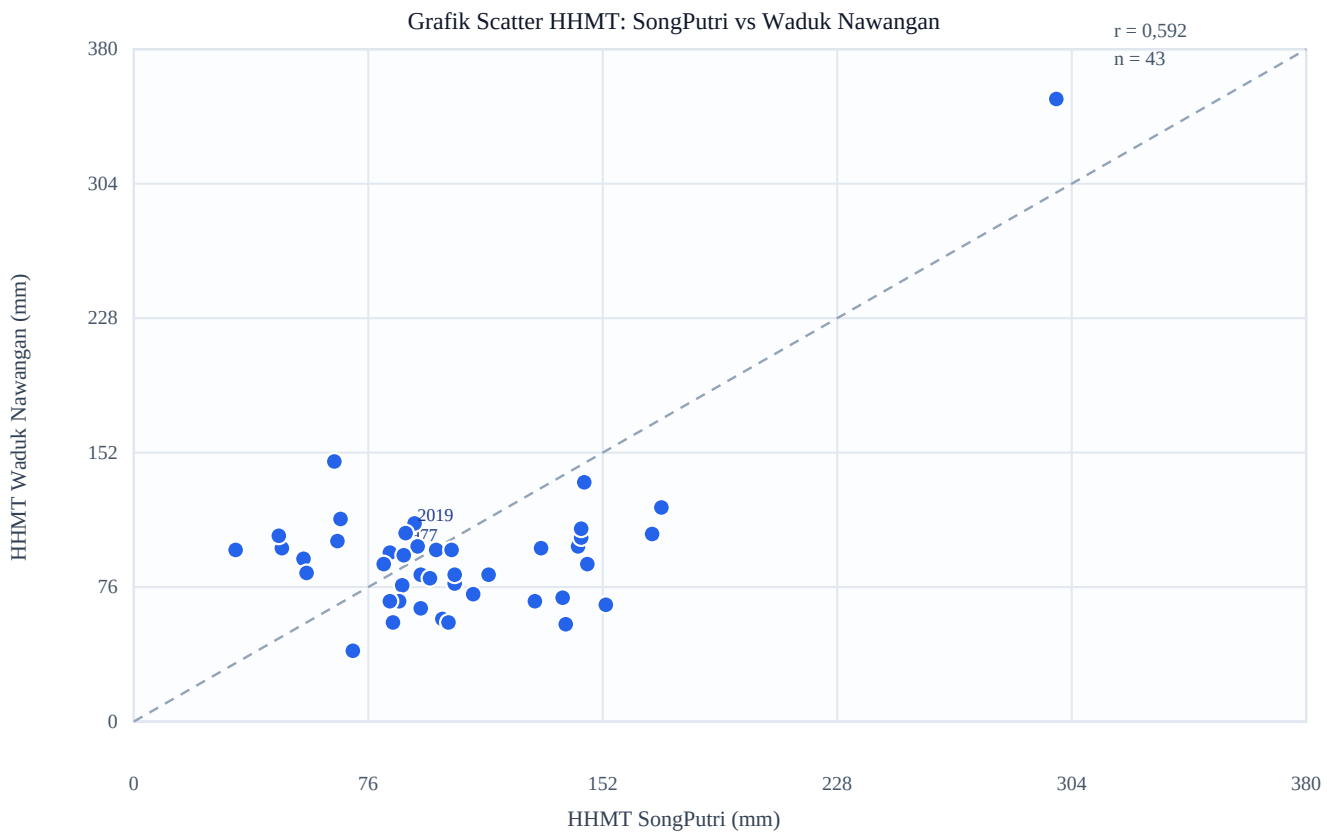
Catatan interpretasi: Korelasi r ≥ 0,70 diinterpretasikan sebagai konsistensi baik; 0,50–0,70 sedang; 0,30–0,50 rendah; dan r < 0,30 tidak direkomendasikan sebagai pembanding utama. Apabila tahun overlap kurang dari 10 tahun, hasil korelasi perlu diperlakukan sebagai indikasi awal.

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 **Waduk Nawangan** dengan skor 0,624, 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.

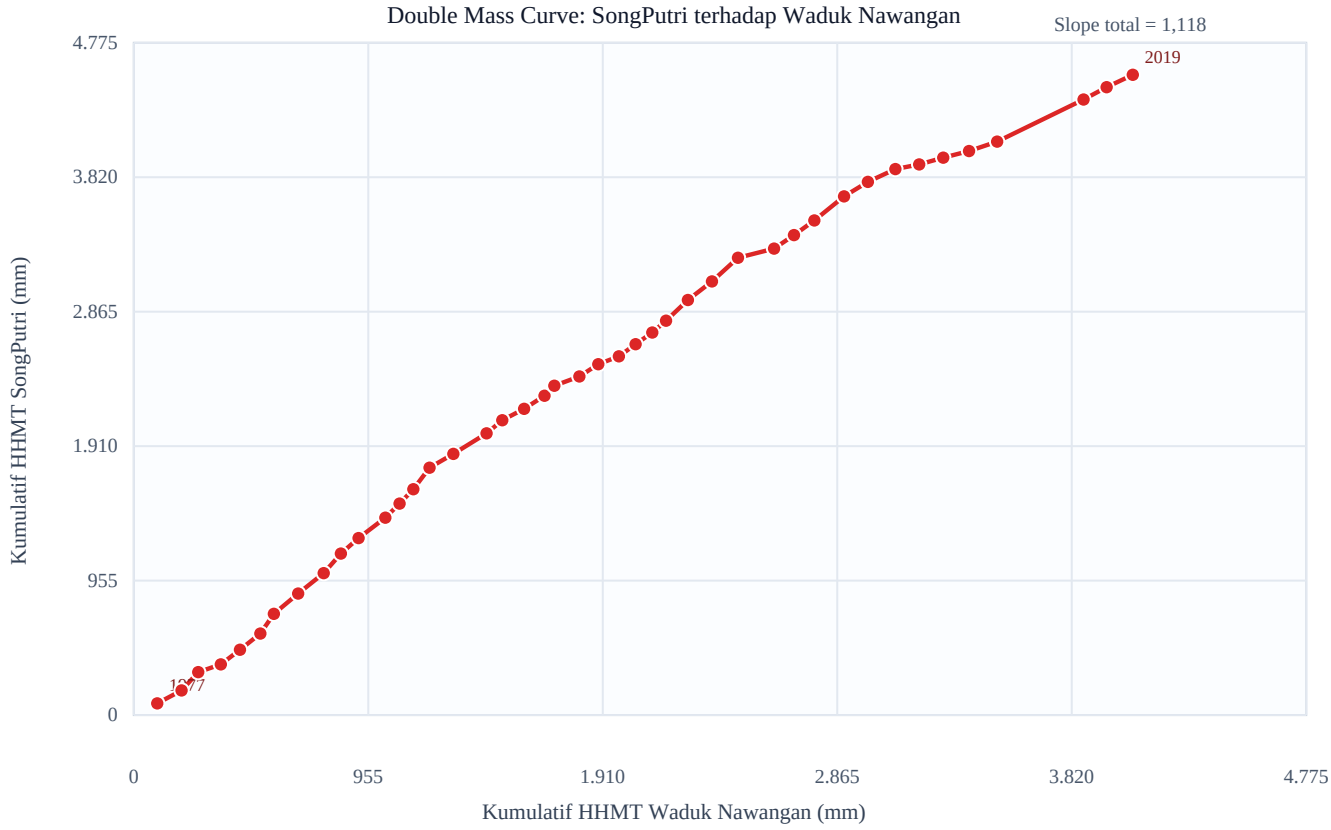
5.6. Grafik Scatter Antarstasiun

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	43 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: Waduk Nawangan dengan overlap 43 tahun, korelasi r = 0,592, dan skor = 0,624.
Distribusi terbaik	Gumbel	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	43 tahun
Minimum	33,00 mm (2013)
Maksimum	299,00 mm (2017)
Rata-rata	105,76 mm
Median	96,00 mm
Standar deviasi sampel	45,45 mm
Koefisien variasi	0,430
Skewness sampel	1,838
Excess kurtosis	6,574

Interpretasi statistik: Data HHMT menunjukkan skewness positif kuat (1,838), sehingga terdapat kecenderungan ekor kanan dan nilai ekstrem tinggi. Nilai excess kurtosis positif tinggi (6,574) 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 Gumbel 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	98,291	97,609	98,414	97,965
5	138,459	137,391	137,559	136,115
10	165,054	164,273	163,173	162,062
20	190,564	190,394	187,494	187,478
25	198,656	198,758	195,172	195,651
50	223,584	224,795	218,762	221,163
100	248,328	251,116	242,164	246,999
200	272,982	277,897	265,555	273,259
1.000	330,091	342,475	320,423	336,129

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: x̄ = 105,758 mm; S = 45,453 mm; μ = 85,30197; β = 35,43939.

T	P	Y_T	K_T	X_T (mm)
2	50,000%	0,36651	-0,16428	**98,291**
5	80,000%	1,49994	0,71945	**138,459**
10	90,000%	2,25037	1,30455	**165,054**
20	95,000%	2,97020	1,86580	**190,564**
25	96,000%	3,19853	2,04383	**198,656**
50	98,000%	3,90194	2,59228	**223,584**
100	99,000%	4,60015	3,13667	**248,328**
200	99,500%	5,29581	3,67907	**272,982**
1.000	99,900%	6,90726	4,93551	**330,091**

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 = 1,98949; S_Y = 0,17641.

T	P	K_T	log X_T	X_T (mm)
2	50,000%	0,00000	1,98949	**97,609**
5	80,000%	0,84162	2,13796	**137,391**
10	90,000%	1,28155	2,21557	**164,273**
20	95,000%	1,64485	2,27965	**190,394**
25	96,000%	1,75069	2,29832	**198,758**
50	98,000%	2,05375	2,35179	**224,795**
100	99,000%	2,32635	2,39987	**251,116**
200	99,500%	2,57583	2,44388	**277,897**
1.000	99,900%	3,09023	2,53463	**342,475**

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 = 1,98949; S_Y = 0,17641; C_s = -0,12131.

T	P	Z	K_T	log X_T	X_T (mm)
2	50,000%	0,00000	0,02023	1,99306	**98,414**
5	80,000%	0,84162	0,84464	2,13849	**137,559**
10	90,000%	1,28155	1,26502	2,21265	**163,173**
20	95,000%	1,64485	1,60706	2,27299	**187,494**
25	96,000%	1,75069	1,70587	2,29042	**195,172**
50	98,000%	2,05375	1,98678	2,33997	**218,762**
100	99,000%	2,32635	2,23698	2,38411	**242,164**
200	99,500%	2,57583	2,46399	2,42415	**265,555**
1.000	99,900%	3,09023	2,92638	2,50572	**320,423**

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 = 85,89078; α = 32,77197; k = -0,02856. L1 = 105,75814; L2 = 23,33942; t3 = 0,18832.

T	P	X_T (mm)
2	50,000%	**97,965**
5	80,000%	**136,115**
10	90,000%	**162,062**
20	95,000%	**187,478**
25	96,000%	**195,651**
50	98,000%	**221,163**
100	99,000%	**246,999**
200	99,500%	**273,259**
1.000	99,900%	**336,129**

9. Uji Distribusi dan Distribusi Terbaik Sementara

Distribusi terbaik sementara: Gumbel. 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	**0,09606**	**0,24000**	**Diterima**	**3,61403**	**5,93687**	**Diterima**	**Terpilih sementara berdasarkan skor gabungan uji.**
Log Normal	0,09577	0,24000	Diterima	3,71909	5,93687	Diterima	Pembanding untuk data positif dengan transformasi log.
Log Pearson III	0,08954	0,24000	Diterima	3,81330	3,74676	Ditolak	Tetap perlu diperhatikan karena data menunjukkan skewness tinggi.
GEV	0,08580	0,24000	Diterima	3,83873	3,74676	Ditolak	Distribusi ekstrem utama; hasil perlu dilihat bersama uji Chi-Square.

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 Gumbel = 98,291 mm; rata-rata HHMT = 105,76 mm; rasio R2/rata-rata = 0,93	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 Gumbel = 98,291 mm; median HHMT = 96,00 mm; rasio R2/median = 1,02	Wajar	Median dipakai sebagai pembanding karena lebih tahan terhadap pengaruh nilai ekstrem.
R100 terhadap maksimum historis	R100 Gumbel = 248,328 mm; maksimum historis = 299,00 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 Gumbel = 330,091 mm; maksimum historis = 299,00 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	195,172	198,758	3,586	1,8%	Selisih kecil-sedang
50	218,762	224,795	6,032	2,7%	Selisih kecil-sedang
100	242,164	251,116	8,952	3,6%	Selisih kecil-sedang
1000	320,423	342,475	22,052	6,6%	Selisih kecil-sedang

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 Gumbel 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	Gumbel	Distribusi Gumbel 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 = 248,328 mm. R1000 = 330,091 mm. Maksimum historis = 299,00 mm.

Rekomendasi desain: Distribusi Gumbel 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 43 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 Gumbel.
4. Nilai R100 distribusi terpilih adalah 248,328 mm dibanding maksimum historis 299,00 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 Waduk Nawangan dengan overlap 43 tahun, r = 0,592, skor = 0,624, 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 Gumbel 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	$\bar{x}$	105,758	mm
Gumbel	Standar deviasi sampel	S	45,453	mm
Gumbel	Parameter lokasi	μ	85,30197	-
Gumbel	Parameter skala	β	35,43939	-
Log Normal	Rata-rata log basis 10	Ybar	1,98949	-
Log Normal	Standar deviasi log basis 10	S_Y	0,17641	-
Log Pearson III	Rata-rata log basis 10	Ybar	1,98949	-
Log Pearson III	Standar deviasi log basis 10	S_Y	0,17641	-
Log Pearson III	Koefisien kemencengan log	C_s	-0,12131	-
GEV	Parameter lokasi	ξ	85,89078	-
GEV	Parameter skala	α	32,77197	-
GEV	Parameter bentuk	k	-0,02856	-

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 Gumbel 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.