

Karakteristik Distribusi Curah Hujan Di Wilayah Sungai Mesuji - Sekampung

Philipus¹⁾

Gatot Eko Susilo²⁾

Laksmi Irianti³⁾

Abstract

This research intends to analyze, the most dominant method in frequency analysis in the Mesuji - Sekampung river area and to compare the results with data in the field. Frequency analysis methods used are the Normal, Gumbel and Log Pearson III methods. Furthermore, the frequency analysis method is used to find the value of biennial design rainfall, five annual design rainfall and ten annual design. The data used is the maximum annual daily rainfall data, from 15 rainfall recording stations along the Mesuji - Sekampung river. The probability test used is the Chi-Squared test method and the use of upper and lower limits to ensure the analysis results are in accordance with the standard. Then compare the results of the analysis with data in the field.

The calculation of frequency analysis from the 15 rainfall recording stations is calculated entirely. The calculation results obtained using these methods were tested using the Chi-squared distribution and the results are, the Normal method can be accepted at 14 stations and the Gumbel method at 11 stations while the Log Pearson III method is accepted at 12 stations. Then, of the three methods, both bi-annual design rainfall, five-year design rainfall and ten-year design rain are still safe because they do not go beyond the established limit, which is 105% of the average design rain for year T for the upper limit and 95% for the lower limit. Comparison of frequency analysis results for the normal design T-year rain method effectively used at 7 rainfall recording stations, Gumbel method is effectively used at 4 stations, whereas for Log Pearson III method effectively used at 4 stations.

Keywords: frequency analysis, design rain, Normal, Gumbel, Log Pearson III

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa metode analisis frekuensi yang paling dominan di wilayah sungai Mesuji-Sekampung serta membandingkan hasilnya dengan data di lapangan. Metode analisis frekuensi yang digunakan yaitu metode Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Selanjutnya metode analisis frekuensi tersebut digunakan untuk mencari nilai hujan rancangan dua tahunan, lima tahunan, sepuluh tahunan. Adapun data yang digunakan adalah data hujan harian maksimum tahunan dari 15 stasiun pencatat curah hujan disepanjang sungai Mesuji-Sekampung. Uji probabilitas yang digunakan adalah metode Chi-Kuadrat serta penggunaan batas atas dan batas bawah untuk memastikan hasil analisis sudah sesuai standar. Selanjutnya membandingkan hasil analisis dengan data di lapangan.

Perhitungan analisis frekuensi menggunakan ketiga metode di atas dari 15 stasiun pencatat curah hujan di hitung seluruhnya. Hasil perhitungan lalu diuji menggunakan metode Chi-kuadrat dan hasilnya yaitu, metode Normal dapat diterima di 14 stasiun, metode Gumbel diterima di 11 stasiun, metode Log Pearson III diterima di 12 stasiun. Selanjutnya hasil tersebut baik hujan rancangan dua tahunan, hujan rancangan lima tahunan dan hujan rancangan sepuluh tahunan masih dalam angka aman karena tidak keluar dari batasan yang sudah dibuat, yaitu 105 % dari rata-rata hujan rancangan T tahun untuk batas atas dan 95 % untuk batas bawah. Perbandingan Hasil analisis frekuensi untuk hujan rancangan T tahun metode Normal efektif digunakan di 7 stasiun, metode Gumbel efektif digunakan di 4 stasiun, sedangkan untuk metode Log Pearson III efektif digunakan di 4 stasiun.

Kata kunci : analisis frekuensi, hujan rancangan, Normal, Gumbel, Log Pearson III

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Surel: Jhonphilips47@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Perkiraan besarnya debit banjir di Indonesia biasanya dihitung dengan metode analisis frekuensi (FFA). Metode FFA didefinisikan sebagai metode untuk memprediksi besarnya debit banjir dengan menganalisis distribusi data debit banjir historis. Namun stasiun pencatat debit di Indonesia jumlahnya sangat sedikit, oleh karena itu banyak orang menghitung curah hujan rencana terlebih dahulu sebelum menghitung debit banjir rencana. Daerah studi yang diambil adalah wilayah sungai Mesuji – Sekampung, dengan alasan daerah tersebut adalah daerah yang paling lengkap memiliki stasiun pencatat curah hujan.

Adapun metode FFA yang digunakan pada analisis ini adalah distribusi Gumbel, Log Pearson III dan distribusi Normal. Sementara data yang digunakan adalah data hujan harian maksimum tahunan di wilayah sungai Mesuji – Sekampung yang berjumlah 15 stasiun. Dengan data - data tersebut selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode distribusi di atas guna mengetahui hujan rancangan 2 tahunan (R2), hujan rancangan 5 tahunan (R5) dan hujan rancangan 10 tahunan (R10). Hasil analisis akan disandingkan dengan data di lapangan guna mengetahui metode yang paling efektif untuk digunakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Secara umum DAS diartikan sebagai suatu hamparan wilayah yang dibatasi oleh pembatas topografi yang menerima dan mengumpulkan air hujan, sedimen, dan unsur hara lalu mengalirkannya melalui anak sungai.

2.2. Siklus Hidrologi

Air mempunyai sirkulasi yang berkesinambungan yang dikenal dengan siklus hidrologi. Siklus ini pada prinsipnya tidak memiliki awal dan akhir, namun untuk mempermudah penjelasan biasanya dimulai dari proses penguapan air dari bentuk cair ke gas (evaporasi) selanjutnya pada suhu dan tekanan yang cukup di atmosfer uap air akan berubah menjadi rintik-rintik air hujan dan jatuh ke bumi. Lalu sebagian air akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian akan mengalir ke permukaan yang lebih rendah (*run off*), hingga akhirnya sampai ke laut dan begitu seterusnya.

2.3. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (Suripin, 2004). Fenomena hidrologi yang dimaksud meliputi besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air. Untuk keperluan tertentu data-data hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, dan ditafsirkan dengan beberapa prosedur tertentu.

2.4. Data Curah Hujan

Data curah hujan merupakan data berupa jumlah besaran hujan dalam satuan tinggi (mm) yang jatuh ke permukaan tanah yang diakumulatif dalam periode waktu tertentu. Curah hujan yang digunakan dalam analisis adalah curah hujan harian maksimum rata-rata dalam satu tahun.

2.5. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Dalam analisis ini diperlukan parameter-parameter statistika, diantaranya :

2.5.1. Nilai Rata-rata (Rr)

Nilai rata-rata diartikan sebagai nilai yang dianggap cukup representatif dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata disebut nilai sentral dan dapat digunakan untuk pengukuran sebuah distribusi.

$$Rr = \frac{\sum (Ri)}{(n)} \quad (1)$$

2.5.2. Simpangan Baku (S)

Merupakan ukuran dispersi yang paling banyak digunakan dalam suatu distribusi. Apabila sebaran data sangat besar terhadap nilai rerata maka nilai simpangan baku akan besar pula, begitupun sebaliknya.

$$S = \frac{\sqrt{\sum (Ri - Rr)^2}}{(n-1)} \quad (2)$$

2.5.3. Koefisien Asimetri (Cs)

Adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri.

$$Cs = \frac{n \sum (Ri - Rr)^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (3)$$

2.5.4. Koefisien Variasi (Cv)

Merupakan nilai perbandingan antara simpangan baku dengan nilai rerata hitung dari suatu distribusi.

$$Cv = \frac{(S)}{(Rr)} \quad (4)$$

2.5.4. Koefisien Kurtosis (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Ri - Rr)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \quad (5)$$

2.6. Pemilihan Distribusi

Setelah parameter distribusi diketahui maka dapat dipilih metode distribusi yang akan digunakan dalam sebuah analisis.

2.6.1. Distribusi Normal

Distribusi Normal banyak digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Ciri-ciri khas distribusi normal biasanya mempunyai nilai Cs mendekati 0 dan Ck = 3.

$$R_T = (Rr) + (S \cdot K_T) \quad (6)$$

2.6.2. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Ciri khas distribusi Gumbel adalah nilai C_s mendekati 1,396 dan $C_k = 5,4002$.

dengan persamaan K untuk Gumbel adalah

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{(S_n)} \quad (7)$$

2.6.3. Distribusi Log Pearson III

Merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson III menggantikan varian menjadi bentuk logaritmik. Distribusi ini digunakan apabila parameter statistik tidak mendekati ciri-ciri distribusi Normal atau distribusi Gumbel.

$$\log R_T = (\log R_r) + (S \log R_i \cdot K_T) \quad (8)$$

2.7. Uji Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis.

2.7.1. Metode Chi-Kuadrat

Metode ini paling sering digunakan untuk pengujian distribusi probabilitas, karena mempunyai pembandingan yang lebih banyak.

$$\chi^2 = \sum \frac{(Of - Ef)^2}{(Ef)} \quad (9)$$

Derajat kepercayaan yang diambil adalah 5%, dan derajat kebebasan dihitung dengan rumus :

$$Dk = K - (p + 1) \quad (10)$$

2.7.2. Metode Smirnov-Kolmogorov

Metode ini dibagi menjadi metode analitis dan metode grafis. Adapun secara umum keduanya hampir sama hanya saja pada metode grafis hasil akhir dari adalah grafik.

$$Px_i = \frac{i}{(n + 1)} \quad (11)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah sepanjang sungai Mesuji – Sekampung yang terbentang dari Tulang Bawang Lampung hingga Lampung Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2. Data Penelitian

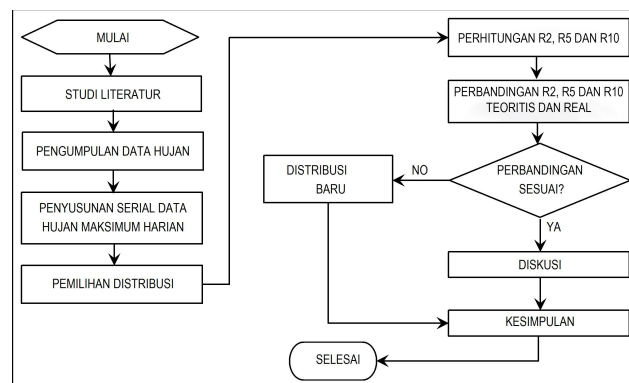
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian maksimum dari 15 stasiun pencatat curah hujan di wilayah studi. Data diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji – Sekampung di Bandar Lampung. Adapun stasiun yang dimaksud yaitu:

Tabel 1. Data Hujan yang Digunakan dalam Penelitian

Nomor	Nama Stasiun	Kabupaten	Panjang Data	Catatan
1	Air Naningan	Tanggamus	1976 – 2002	Data Lengkap
2	Pematang Nebak	Tanggamus	1974 – 2002	Data Lengkap
3	Banyuwangi	Pringsewu	1972 – 2002	Data Lengkap
4	Metro	Metro	1970 – 2002	Data Lengkap
5	Sukadana	Lampung Timur	1974 – 2002	Data Lengkap
6	Sukaraja Tiga	Lampung Timur	1976 – 2002	Data Lengkap
7	Jabung	Lampung Timur	1975 – 2002	Data Lengkap
8	Rumbia	Lampung Tengah	1981 – 2002	Data Lengkap
9	Way Kekah	Lampung Tengah	1972 – 2002	Data Lengkap
10	Negeri Kepay	Lampung Tengah	1974 – 2002	Data Lengkap
11	Kotabumi	Lampung Utara	1966 – 2000	Data Lengkap
12	Blambangan Umpu	Way Kanan	1972 – 2001	Data Lengkap
13	Bandar Lampung	Bandar Lampung	1974 – 2002	Data Lengkap
14	Tanjung Bintang	Lampung Selatan	1977 – 2002	Data Lengkap
15	Penengahan	Lampung Selatan	1972 – 2001	Data Lengkap

3.2. Prosedur Penelitian

Beberapa tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian disajikan dalam diagram berikut :



Gambar 2. Prosedur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data Curah Hujan

Sebelum melakukan analisis yang lebih mendalam, terlebih dahulu dilakukan identifikasi data hujan tahunan pada masing-masing stasiun hujan. Adapun data yang digunakan adalah data curah hujan maksimum harian tiap tahun di semua stasiun. Maksudnya satu tahun hanya diambil satu data yang paling maksimum, jumlah data dalam seri data akan sama dengan panjang data tersedia.

4.2. Pemilihan Distribusi

4.2.1. Distribusi Normal

Perhitungan hujan rancangan dengan metode ini dilakukan pada semua stasiun untuk nilai R2, R5, dan R10. Guna mengetahui hasil analisisnya dan perbandingan hasilnya dengan metode distribusi yang lain. Adapun hasilnya perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Hujan Rancangan Menggunakan Distribusi Normal

No	Nama Stasiun	R2	R5	R10
1	Air Naningan	92,4141	106,0143	113,1330
2	Pematang Nebak	90,4517	112,7428	124,4191
3	Banyuwangi	81,2806	98,7634	108,0734
4	Metro	76,8303	96,1272	106,2352
5	Sukadana	98,1931	113,9683	122,2315
6	Sukaraja Tiga	86,7556	99,7322	106,5295
7	Jabung	93,8821	108,5378	116,2145
8	Rumbia	79,5097	96,8835	105,9841
9	Way Kekah	95,3129	111,4788	119,9466
10	Negeri Kepay	60,3069	81,7321	92,9548
11	Kotabumi	93,2865	115,8663	127,6938
12	Blambangan Umpu	102,1600	123,0415	133,9794
13	Bandar Lampung	83,8483	106,9169	119,0005
14	Tanjung Bintang	79,8385	92,7930	99,7359
15	Penengahan	88,0677	110,4407	122,1598

4.2.2. Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan rancangan dengan metode ini dilakukan pada semua stasiun untuk nilai R2, R5, dan R10. Guna mengetahui hasil analisisnya dan perbandingan hasilnya dengan metode distribusi yang lain. Adapun hasilnya perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Hujan Rancangan Menggunakan Distribusi Gumbel

No	Nama Stasiun	R2	R5	R10
1	Air Naningan	89,0637	106,6038	117,6344
2	Pematang Nebak	84,9398	113,7097	131,8024
3	Banyuwangi	76,9539	99,3535	113,4401
4	Metro	72,0752	96,5184	111,8901
5	Sukadana	94,2924	114,6526	127,4566
6	Sukaraja Tiga	83,5726	100,3418	110,8875
7	Jabung	90,2843	109,1511	121,0160
8	Rumbia	75,2793	98,3781	112,9043
9	Way Kekah	91,3248	111,9294	124,8808
10	Negeri Kepay	55,0091	82,6614	100,0514
11	Kotabumi	87,7092	116,0179	133,8206
12	Blambangan Umpu	97,0250	123,7036	140,4812
13	Bandar Lampung	78,1441	107,9175	126,6413
14	Tanjung Bintang	76,2901	93,4842	104,2971
15	Penengahan	82,5622	111,0643	128,9886

4.2.3. Distribusi Log Pearson III

Perhitungan hujan rancangan dengan metode ini dilakukan pada semua stasiun untuk nilai R2, R5, dan R10. Guna mengetahui hasil analisisnya dan perbandingan hasilnya dengan metode distribusi yang lain. Adapun hasilnya perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Hujan Rancangan Menggunakan Distribusi Log Pearson III

No	Nama Stasiun	R2	R5	R10
1	Air Naningan	90,7290	105,2100	113,9634
2	Pematang Nebak	86,5437	111,2102	126,9465
3	Banyuwangi	78,2717	78,2117	109,2805
4	Metro	73,5557	94,7613	108,1735
5	Sukadana	97,0809	113,6519	122,9628
6	Sukaraja Tiga	84,2056	98,3970	107,2610
7	Jabung	88,5399	104,9200	117,1472
8	Rumbia	79,4947	98,1105	110,2264
9	Way Kekah	90,7054	109,2294	121,0245
10	Negeri Kepay	55,5905	81,5051	99,5123
11	Kotabumi	89,2661	117,3581	133,8979
12	Blambangan Umpu	99,7293	123,0354	136,0833
13	Bandar Lampung	80,0817	106,6378	122,1559
14	Tanjung Bintang	79,7219	93,6178	101,8308
15	Penengahan	84,1505	110,0888	124,9857

Tabel 5. Rekapitulasi Uji Distribusi Probabilitas Metode Chi-Kuadrat

No	Nama Stasiun	Normal	Gumbel	L.g. Pearson	χ^2 kritis	Dominan
1	Air Naningan	3.0690	1.4138	3.8966	7.815	Gumbel
2	Pematang Nebak	7.6207	6.3793	6.3793	7.815	Gumbel
3	Banyuwangi	1.3226	2.8710	2.8710	7.815	Normal
4	Metro	7.9394	10.0606	8.3636	9.488	Normal
5	Sukadana	13.8276	2.6552	7.2069	7.815	Gumbel
6	Sukaraja Tiga	3.4444	7.4444	8.3333	7.815	Normal
7	Jabung	3.2857	4.5714	3.7143	7.815	Normal
8	Rumbia	2.1429	11.8571	4.4286	7.815	Normal
9	Way Kekah	6.7419	7.5161	9.0645	7.815	Normal
10	Negeri Kepay	3.8966	8.8621	5.1379	7.815	Normal
11	Kotabumi	2.5405	6.3243	7.8378	9.488	Normal
12	Blambangan Umpu	7.6000	10	10	7.815	Normal
13	Bandar Lampung	6.3793	6.3793	7.2069	7.815	Normal
14	Tanjung Bintang	2.1538	2.6154	1.2308	7.815	Lg. Pearson
15	Penengahan	3.6452	4.4194	2.8710	7.815	Lg. Pearson

4.3. Uji Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Dalam pengujian ini akan digunakan metode pengujian Chi-Kuadrat. Adapun sistematika pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengurutkan data hujan (R_i) dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Menghitung jumlah kelas
3. Menghitung derajat kebebasan (D_k) dan χ^2 kritis
4. Menghitung kelas distribusi
5. Menghitung interval kelas

6. Menghitung x^2

7. Membandingkan nilai x^2 terhadap x^2 kritis

Selanjutnya distribusi yang dipakai adalah distribusi yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis ($x^2 < x^2$ kritis).

4.4. Penggunaan Batas Atas dan Batas Bawah

Penggunaan batas atas dan batas bawah dimaksudkan untuk memeriksa hasil perhitungan hujan rancangan menggunakan batasan yang sengaja dibuat agar hasil perhitungan tidak melenceng jauh dari harapan.

4.4.1. Batas Atas

Batas atas yang digunakan adalah penambahan 5% dari nilai rata-rata hujan rancangan terhitung.

$$Ba = 1,05 + Rr_T \quad (12)$$

4.4.2. Batas Bawah

Batas atas yang digunakan adalah pengurangan 5% dari nilai rata-rata hujan rancangan terhitung.

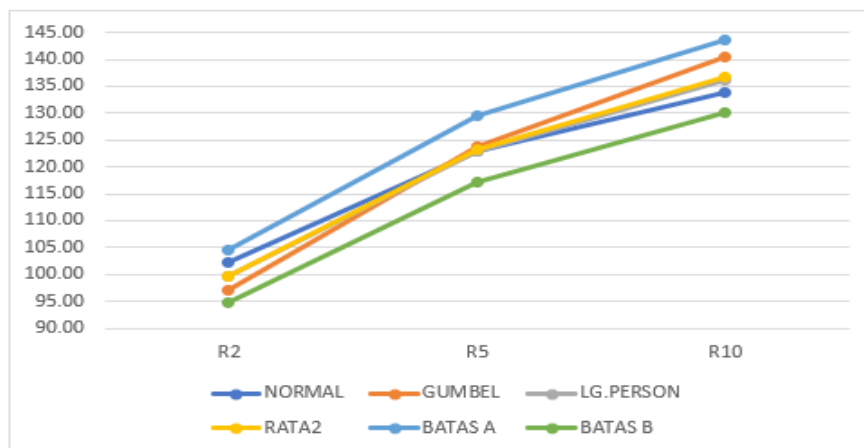
$$Bb = 0,95 + Rr_T \quad (13)$$

Selanjutnya perhitungan dilakukan menggunakan Ms. Excel, dan diperoleh hasil berikut :

Tabel 6. Perhitungan Batas Atas dan Batas Bawah Stasiun Blambangan Umpu

Metode	R2	R5	R10
Normal	102,16	123,04	133,98
Gumbel	97,03	123,70	140,48
Log pearson III	99,73	123,04	136,08
Rata – Rata	99,64	123,26	136,85
Batas Atas	104,62	129,42	143,69
Batas Bawah	94,66	117,10	130,01

Tabel di atas selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik, dan hasilnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Penggunaan batas atas dan bawah terhadap nilai Rt Terhitung Sta. Blambangan Umpu

Dari semua hasil grafik yang disajikan diketahui bahwa hujan rancangan terhitung (R_2 , R_5 , dan R_{10}) dari ketiga metode distribusi yang digunakan masih dalam angka aman, karena tidak ada yang keluar dari batasan yang sudah dibuat.

4.5. Perbandingan Hujan Rancangan Teoritis dan Lapangan

Perbandingan hujan rancangan ini dimaksudkan untuk mengoreksi hasil analisis dengan data yang ada di lapangan guna mengetahui distribusi mana yang paling mendekati dengan data di lapangan. Dengan menggunakan rumus probabilitas umum, yaitu :

$$\sum P(R > R_t) = \left(\frac{1}{T}\right) \cdot n$$

Setelah mengetahui jumlah data yang terakumulatif dan nilai hujan rancangan dari semua metode distribusi maka dapat diambil metode distribusi yang paling mendekati dengan data di lapangan.

Tabel 7. Perbandingan Hujan Rancangan Teoritis dan Lapangan Stasiun Blamb. Umpu

	Real			Normal			Gumbel			LogPearson			III
Rt	R2	R5	R10	R2	R5	R10	R2	R5	R10	R2	R5	R10	R10
ΣP	15	6	3	15	7	3	17	7	1	15	7	2	2

Dari tabel di atas metode distribusi yang paling mendekati data di lapangan adalah metode Normal.

5. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain, hampir semua analisis metode FFA di wilayah sungai Mesuji – Sekampung menggunakan metode Normal, Gumbel dan Log Pearson III dapat digunakan, karena hampir semua hasil analisis FFA menggunakan ketiga metode tersebut masih dalam angka aman. Curah Hujan Rancangan untuk R_2 , R_5 , dan R_{10} hasil analisis sudah sesuai dengan data yang didapat di lapangan, hasil analisis hujan rancangan dengan metode yang dominan hampir semua mendekati data *real* di lapangan. Penggunaan batas atas dan batas bawah tidak mempengaruhi nilai hujan rancangan baik R_2 , R_5 , maupun R_{10} . Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk hujan rancangan dengan kala ulang kecil (R_2 , R_5 , dan R_{10}) ketiga metode distribusi yang digunakan mempunyai hasil perhitungan yang hampir sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander dan Harahab, Syarifuddin, 2009. *Perencanaan Embung Tambakboyo Kabupaten Sleman D.I.Y.* ITS. Surabaya. 414 hlm.
- Christady, H., 2002. *Mekanika Tanah I.* Universitas Gajah Mada (UGM). Yogyakarta. 399 hlm.
- Christady, H., 2002. *Mekanika Tanah II.* Universitas Gajah Mada (UGM). Yogyakarta. 400 hlm.
- Wilson E. M., 1993. *Hidrologi Teknik.* Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung. 328 hlm.
- Fath, Zaina Khoerunnisa Nurul, 2017. *Perencanaan Embung di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang Kabupaten Lampung Utara.* Universitas Lampung. Lampung. 166 hlm.
- Fikri, A., 2018. *Penelitian Analisis Sistem Kerja Drainase Berbasis Sistem Informasi*

- Geografis di Lingkungan Universitas Lampung*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Harto, Sri, 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 303 hlm.
- Jamaludin, 2018. *Analisis dan Perencanaan Sistem Drainase di Lingkungan Universitas Lampung Zona I (Fakultas Teknik , Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Hukum, dan Fakultas Ilmu Sosial dan Politik*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi*. Nova. Bandung. 264 hlm.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta. 226 hlm.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta. Yogyakarta. 351 hlm.