

PRIDIKSI DEBIT PUNCAK SUNGAI AIR KETAHUN HULU KABUPATEN LEBONG DENGAN MENGGUNAKAN METODE HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA I

Haris Ifawan ZEGA¹, Khairul AMRI^{2*}, Muhammad FAUZI³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, Bengkulu. Indonesia,

*Email korespondensi: khairulftunib@yahoo.com

[diterima: 6 April 2021, disetujui: 18 April 2022]

ABSTRACT

The lower Ketahun River watershed is one of the watersheds in Lebong. The lower basin of Ketahun River flows from the upstream area located in the Lebong Regency. The purpose of this study was to obtain the planned peak discharge on Talang Bunut Village and its surroundings due to frequent flooding when the water discharge rises in the Ketahun River downstream watershed in analyzing hydrology using HSS Gama 1. Rainfall is very influential on the amount of water flowing in a river. Hydrological analysis to obtain peak discharge in this way uses daily rainfall data for 10 years. The peak discharge obtained in the Ketahun River downstream watershed in Talang Bunut village, Uram Jaya sub-district, Lebong Regency for a 100-year return period using the HSS Gama I method, which is 3030.45 m³/s with a peak time of 2 hours.

Keywords: Rainfall, Synthetic unit hydrograph, Peak discharge.

INTISARI

Daerah Aliran Sungai Ketahun Hulu merupakan salah satu Daerah Aliran Sungai yang berada di Lebong. Daerah Aliran Sungai Ketahun Hulu mengalir dari daerah hulu terletak di wilayah Kabupaten Lebong. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan debit puncak rencana terhadap Desa Talang Bunut dan sekitarnya akibat sering dilanda banjir saat debit air naik pada DAS Air Ketahun Hulu dalam menganalisis hidrologi dengan menggunakan HSS Gama 1. Curah hujan sangat berpengaruh pada besarnya debit air yang mengalir pada suatu sungai. Analisa hidrologi untuk mendapatkan debit puncak dengan cara ini menggunakan data curah hujan harian selama 10 tahun. Debit puncak yang didapat pada DAS Air Ketahun Hulu yang berada di desa talang Bunut kecamatan Uram Jaya Kabupaten Lebong untuk periode ulang 100 tahun dengan metode HSS Gama I yaitu 3030,45 m³/detik dengan waktu puncak sebesar 2 jam.

Kata kunci: Curah Hujan, Hidrograf satuan sintetik, Debit puncak

PENDAHULUAN

Kabupaten Lebong merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Bengkulu, Indonesia. Kabupaten Lebong beribukota di Tubei yang dibentuk dari hasil pemekaran Kabupaten Rejang Lebong berdasarkan UU No. 39 Tahun 2003. Kabupaten Lebong terletak di bagian Utara Provinsi Bengkulu dengan koordinat geografis dari 03°07'30'' Lintang selatan dan 102°12'00'' Bujur timur. (Wikipedia, 2019).

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi dimana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. Guna DAS adalah menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya melalui sungai.

Daerah Sungai Air Ketahun Hulu merupakan DAS yang berada di Kecamatan Uram Jaya, Lebong. Secara geografis letak atau posisi DAS Sungai Ketahun Hulu

berada di antara 03°06'19'' Lintang Selatan sampai 102°13'02'' Bujur timur dengan luas DAS adalah 197,23 Km² dan panjang DAS adalah 23,89 Km. (BWSS VII, 2019).

Air ketahun hulu dijadikan sebagai tempat penelitian karena adanya permasalahan banjir yang terjadi pada saat debit air naik yang menyebabkan air meluap dan menggenangi dua desa yaitu desa Talang Bunut dan Desa Muara Aman (www.rmolbengkulu.com, 2019), sehingga dari kasus tersebut peneliti merasakan adanya ketertarikan untuk melakukan penelitian debit puncak pada Air Ketahun Hulu menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama I.

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah, dan akhirnya mengalir ke laut kembali (Anugerah, dkk 2016). Siklus Hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air yang meresap kedalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus-menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (A.J. Surentu, 2016, dkk).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi punggung-punggungan gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil kesungai utama (Amri & Syukron, 2014).

Daerah Aliran Sungai biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan daerah hilir. Daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, mempunyai kerapian drainase

yang lebih tinggi, daerah dengan kemiringan lereng lebih, bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase. Sementara daerah hilir DAS merupakan daerah pemanfaatan, kerapian drainase lebih kecil, daerah dengan kemiringan kecil sampai sangat kecil, dibeberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan air). Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang sama pentingnya dengan daerah hilir karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS (Asdak, 1995).

Analisis Curah Hujan

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling mendasar dalam perencanaan/penelitian pembuatan bangunan air. Dalam proses pengalihan hujan menjadi aliran ada beberapa sifat hujan (I), lama waktu hujan (t), kedalaman hujan (d), frekuensi (f) dan luas daerah pengaruh hujan (Susilowati, 2010).

Analisis Hujan Rencana

Hujan rencana (X_T) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran. Periode ulang (T) adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamakan atau dilampaui satu kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa hujan rencana akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut.

Rata-Rata Curah Hujan sebagai Dasar Curah Hujan di DAS

$$\bar{P} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + P_n}{n} \quad (1)$$

Dimana :

$\bar{P}$ = Tinggi hujan rata-rata (mm).

$P_1, \dots, P_n$ = Tinggi hujan pada setiap pos hujan yang diamati (mm).

n = Banyaknya pos hujan.

Penentuan Parameter Statistik

Untuk perhitungan parameter statistik dengan cara mencari nilai Deviasi standar (Sd), Koefisien kemencengan (Cs), Koefisien Kortosis (Ck), dan Koefisien Variasi (Cv). Beberapa macam cara untuk mengukur dispersi dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

a. Rata – rata ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

b. Standar deviasi (Sd)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

c. Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \quad \dots\dots\dots (4)$$

d. Koefisien Kemencengan (Ck)

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(x_i) - \bar{x}\}^4}{S_d^4} \quad (5)$$

e. Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{x}} \quad (6)$$

Dimana:

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata sampel data curah hujan (mm).

n = Banyaknya data curah hujan.

X_i = Nilai variasi ke i

Distribusi Probabilitas Kontinyu

Ada beberapa bentuk fungsi distribusi kontinyu (Teoritis), yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi, seperti Gumbel tipe I, Log person Tipe II, dan Log normal.

Pengujian Distribusi Probabilitas (*Goodness of Fit*)

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Kamiana, 2011).

a. Uji kecocokan Chi-Kuadrat (Chi-Square)

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (7)$$

Dimana :

X^2 = Harga *Chi-Square* terhitung.

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i.

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i.

N = Jumlah data

b. Uji Kecocokan Smirnov – Kolmogorov

$$D_n = \max |P(x) - P_o(x)| \quad (8)$$

Dimana:

D_n = Jarak *vertical* maksimum antara pengamatan dan teoritisnya.

$P(x)$ = Probabilitas dari sampel data.

$P_o(x)$ = Probabilitas dari teoritisnya.

Analisi Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan Debit Banjir Rencana (*Design Flood*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan

yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi (Soemarto dalam Surono dan Nadeak, 2005). Menurut Utomo dkk (2013), Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Dengan tersedianya data curah hujan harian, perhitungan curah hujan rencana dapat dilakukan dengan menggunakan rumus empiris dari Mononobe sebagai berikut (Soemarto dalam Surono dan Nadeak, 2005):

$$I = \frac{R_{24}}{t_c} \times \left| \frac{t_c}{t} \right|^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

T = Lamanya curah hujan (jam)

Penentuan Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (*Time concentration*) adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik *outlet* (titik kontrol). Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi maka setiap bagian daerah aliran secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah dengan rumus yang dikembangkan oleh *Kirpich* (1940) dalam (Sriyono, 2012), yaitu:

$$t_c = 0,06628 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (10)$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang saluran dari hulu samapai titik kontrol (km)

S = Kemiringan lahan antara hulu dan hilir

Analisi Debit Banjir Rencana

Menurut Kamiana (2010), Debit Banjir Rencana (Q_T) adalah debit dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air. Untuk mencari debit banjir rencana dapat digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan. Untuk menganalisa debit banjir rencana dapat dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf yang dilakukan dengan menggunakan bantuan model hidrograf satuan sintetik dan model non hidrograf yang dilakukan dengan teknik analisa frekuensi (Buana, 2010).

Analisi Debit Banjir Rencana

Hidrograf aliran langsung dapat diperoleh dengan memisahkan hidrograf dari aliran dasarnya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan, diantaranya adalah metode garis lurus (*straight line method*), metode panjang dasar tetap (*fixed base method*) dan metode kemiringan berbeda (*variable slope method*) seperti terlihat pada Gambar 2.3 (Suripin dalam Buana, 2010).

$$QB = 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430} \quad (11)$$

Dimana :

QB = Aliran dasar (m^3/dtk)

A = Luas DAS (km^2)

D = Kerapatan jaringan kuras (*drainage density*) atau indeks kerapatan sungai yaitu perbandingan jumlah panjang sungai semua tingkat dibagi dengan luas DAS.

Metode Hidrograf Satuan Sintetik

Gamma I

Hidrograf satuan sintetik Gama I dikembangkan oleh Sri Harto (1993, 2000) berdasar perilaku hidrologi 30 DAS di Pulau Jawa. Meskipun diturunkan dari data DAS di Pulau Jawa, ternyata hidrograf satuan sintetik Gama I juga berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia

(Triatmodjo, 2008). Menurut Surono dan Nadeak (2005) Cara ini dipakai sebagai upaya untuk memperoleh hidrograf satuan suatu DAS yang belum pernah diukur, dengan pengertian lain tidak tersedia data pengukuran debit.

Hidrograf satuan sintetik secara sederhana dapat disajikan empat sifat dasarnya yang masing-masing disampaikan sebagai berikut (Surono dan Nadeak, 2005):

- a) Waktu naik (*Time of Rise*, TR), yaitu waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai saat terjadinya debit puncak.
- b) Debit puncak (*Peak Discharge*, Qp).
- c) Waktu dasar (*Base Time*, TB), yaitu waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai berakhirnya limpasan langsung atau debit sama dengan nol.
- d) Koefisien tampungan (*Storage Coefficient*) yang menunjukkan kemampuan DAS dalam fungsinya sebagai tampungan air.

HSS Gama I Dibentuk oleh tiga buah komponen dasar, yaitu :

- 1) Waktu Capai Puncak

$$T_R = 0,43 \times \left[\frac{L}{100 \times SF} \right] + 1,06665 \times SIM + 1,2775$$
(12)

Dimana:

TR = Waktu Puncak (jam)
 L = Panjang sungai (km)
 SF = Faktor sumber perbandingan antara jumlah semua panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah semua panjang sungai semua tingkat.

- 2) Debit Puncak

$$Q_P = 0,1836 \times A^{0,5886} \times T_r^{-0,0986} \times JN^{-0,2381}$$
(13)

Dimana

QP = Debit puncak (m³/detik)
 A = Luas DAS (km²)
 TR = Waktu Puncak (jam)
 JN = Jumlah Pertemuan Sungai

- 3) Waktu Dasar

$$T_B = 27,4132 \times T_R^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{-0,7344} \times RUA^{0,2574}$$
(14)

Dimana :

Tb = Waktu dasar (jam)
 S = Landai sungai rata – rata
 SN = Frekuensi sumber perbandingan antara jumlah segmen sungai – sungai tingkat 1 dengan jumlah segmen sungai semua tingkat
 RUA = Perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun pengukuran dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS melewati titik tersebut dengan luas DAS total.

- 4) Φ Indeks

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} \times A^2 + 1,698 \times 10^{-13} \left(\frac{A}{SN} \right)^4$$
(15)

- 5) Faktor Tampungan

$$k = 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452}$$
(16)

Dimana :

K = Koefisien Tampungan.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini berlokasi dikawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Air Ketahun Hulu yang terletak di antara desa Talang Bunut dan Muara Aman Kecamatan Uram Jaya Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu. Secara koordinat geografis dari 03°07'30'' Lintang selatan sampai 102°12'00'' Bujur timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Hasil Olahan dengan Google Map, 2019

Gambar 1. Lokasi Penelitian di Sungai Ketahun Hulu

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari BWSS VII antara lain :

1. Peta DAS Air Ketahun Hulu.
2. Data curah Hujan per Stasiun yang ada di dalam Peta DAS selama 10 tahun terakhir (2009 – 2019).
3. Peta Topografi Das Ketahun hulu.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

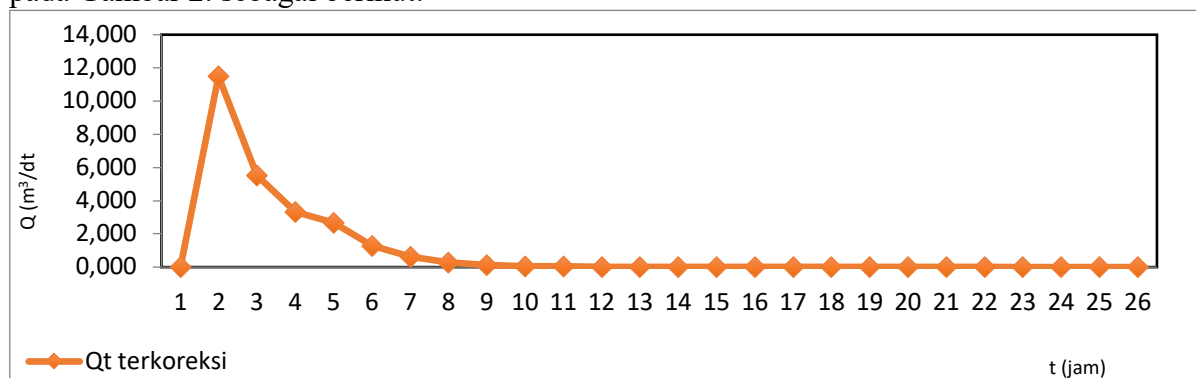
1. Penentuan Sub-DAS Ketahun Hulu dengan menggunakan aplikasi ArcGis 10.3
2. Perhitungan curah hujan harian maksimum rerata untuk tiap-tiap tahun data dengan metode *Partial Series*.

3. Menentukan parameter statistik dari data yang telah diurutkan dari terkecil ke besar, yaitu deviasi standar (S_d) Koefisien Kurtosis (C_k) dan koefisien variasi (C_v).
4. Analisis curah hujan rencana dicoba dengan menggunakan distribusi.
5. Uji kecocokan sebaran .
6. Penentuan waktu konsentrasi hujan T_c dengan rumus kirpich.
7. Analisis intensitas curah hujan dihubungkan dengan kejadian dan lamanya curah hujan.
8. Menganalisis debit aliran dasar (*base flow*) dengan melakukan perhitungan kerapatan jaringan sungai (D).
9. Menentukan curah hujan efektif jam – jaman.
10. Analisis Hidrograf satuan Sintetik dengan metode Gama I.
11. Analisis debit banjir rencana dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I.
12. Menentukan besarnya debit puncak (Q_p) dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

Hasil perhitungan untuk Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 secara detail dapat dilihat pada Gambar 2. sebagai berikut:



Sumber : hasil perhitungan, 2020

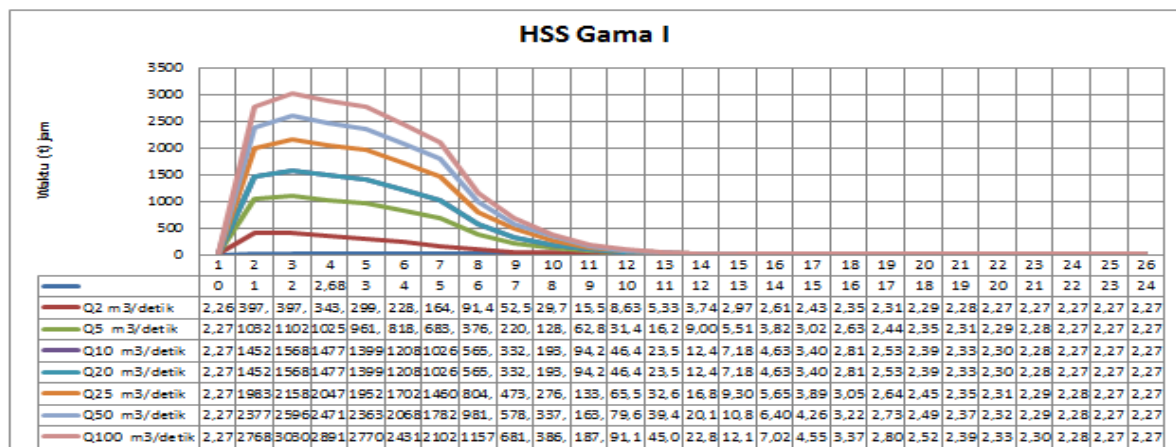
Gambar 2. Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1

Pada Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa UH (*Unit Hydrograph*) pada saat $t = 1$ jam dengan nilai UH $11,501 \text{ m}^3/\text{detik}$ adalah nilai maksimum atau waktu puncak. Nilai grafik diatas sesuai dengan metode hidograf karena nilai grafik akan naik pada saat nilai TR (*Time of Resesion*) dan nilai tersebut berada pada posisi waktu puncak sehingga grafik naik begitu pesat. Pada saat $t = 24$ jam nilai minimum untuk nilai UH $0,001 \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai UH yang didapat selanjutnya dimasukkan pada perhitungan Hidrograf Banjir dengan tabulasi untuk menentukan nilai dan waktu puncak pada tiap periode ulang.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan hidrograf banjir metode HSS Gama I yaitu nilai UH. Nilai UH didapat dari

hasil perhitungan mencari ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Gama I yang telah terkoreksi, mencari nilai UH yang telah terkoreksi dengan bantuan microsoft excel, perbandingan nilai UH yang belum terkoreksi dan sudah terkoreksi.

Dari hasil rekapitulasi hidrograf banjir rencana dari periode ulang 2 tahun sampai 100 tahun, dibuat grafik hidrograf banjir untuk DAS Ketahun Hulu dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I seperti terlihat pada Gambar 4.4. Pada periode ulang 2 tahun debit puncaknya sebesar $397,09 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada $t = 1$ jam dan debit puncak periode 100 tahun nilainya sebesar $3030,45 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada $t = 2$ jam.



Sumber : Hasil Pengolahan, 2020

Gambar 3. Hidrograf santuan sintetik Gama 1

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diketahui bahwa data curah hujan pada DAS Ketahun Hulu yang berada di desa talang Bunut kecamatan Uram Jaya Kabupaten Lebong menunjukkan pola distribusi curah hujan dengan pemilihan jenis sebaran dan jenis sebaran yang terpilih adalah Metode Gumbel Tipe I. Hujan rancangan didapat dengan berbagai periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 berturut-turut adalah sebesar 128,918 mm; 288,105 mm; 393,485 mm; 493,261 mm; 526,674 mm dan 625,466 mm 723,529

mm. Debit puncak yang didapat pada DAS Ketahun Hulu yang berada di desa talang Bunut kecamatan Uram Jaya Kabupaten Lebong untuk periode ulang 100 tahun dengan metode HSS Gama I yaitu $3030,45 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan waktu puncak sebesar 2 jam.

DAFTAR PUSTAKA

Anugerah A. J, Isri R, Mangangka, dan E. M. Wuisan., 2016. Analisa Debit Banjir Sungai Ranoyapo Di desa Lindangan, Kec Tompaso Baru, Kab. Minahasa

- Selatan. Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado, Volume 4, No 11.
- Amri, K, dan Syukron., 2014. Analisis Debit Puncak DAS Padang Guci Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu. Universitas Bengkulu, Volume 2, No 2.
- Asdak, C., 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Buana, H., 2010. *Studi Perencanaan Dimensi Bendungan Rukoh di DAS Rukoh-Tiro Kabupaten Pidie Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Google., 2019. Wikipedia, <http://google.com/lebongbengkulu>. (diakses pada tanggal 12 Oktober 2019 pukul 18:30 WIB).
- Nugroho, A. G. A., 2014. *Perencanaan Ambang Pelimpah Bendungan Keumireu (Inong) di Kabupaten Aceh Besar Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Soewarno., 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*, Nova, Bandung.
- Sriyono, E., 2012. Analisis Debit Banjir Rancangan Rehabilitas Situ Sidomukti, Fakultas Teknik Universitas Janabadra. Yogyakarta, Vol. 2, No.2.
- Surono., dan Nadeak, T. H., 2005. Evaluasi Waduk dan Perencanaan Bendungan Ketro Kabupaten Seragen Propinsi Jawa Tengah, Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- Susilowati, dan Kusumastuti., 2010. Analisa Karakteristik Curah Hujan Dan Kurva Intensitas Hujan Frekuensi (IDF) Di Provinsi Lampung. Volume 14, No 1.
- Triatmodjo, B., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Utomo, F. N., Apriani, D. W., dan Wahyuni, S. E., 2013. Evaluasi dan Perencanaan Kembali Bendung Sapon. Fakultas Teknik UNDIP, Semarang, Volume 2, Nomer 1.