

PENERAPAN METODE REGIONALISASI DALAM ANALISIS HIDROLOGI DAS WAY SEMAKA UNTUK PEMBUATAN *FLOW DURATION CURVE*

Dwi Joko Winarno¹, John Sianipar²

¹Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Lampung, d.jokowinarno@gmail.com

²Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji-Sekampung, johnsian1962@yahoo.com

Intisari

Aliran pada DAS Way Semaka berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air. Metode regionalisasi dipakai dalam analisis hidrologi karena keterbatasan data pada DAS Way Semaka. Langkah pertama dalam analisis hidrologi adalah menghitung Hujan Maksimum Rerata DAS Tahunan, dilanjutkan dengan analisis frekuensi. Berdasarkan nilai intensitas hujan dan koefisien aliran, maka debit puncak DAS dapat dihitung dengan persamaan rasional. Metode regionalisasi dilakukan dengan membandingkan koefisien aliran dan luas DAS. Dengan metode rasional, didapat nilai debit terlalu besar. Nilai debit tersebut tidak dapat digunakan sebagai pembanding nilai debit terukur di lapangan. Hal ini karena waktu konsentrasi DAS Way Semaka lebih besar dibanding durasi hujan. Dari analisis Hidrograf Satuan Terukur, didapatkan bahwa data tanggal 29 September 2012, Phi indeks yang didapat tidak valid, karena nilai phi indeks sebesar 38,77 mm, lebih besar dibanding intensitas hujan kala ulang 2 tahun (sebesar 19,08 mm). *Flow Duration Curve* (FDC) adalah grafik hubungan antara debit dan waktu, didapatkan dari pengolahan data debit jam-jaman selama kurun waktu cukup lama. Dari *Flow Duration Curve* DAS Way Besai dapat diketahui nilai probabilitas $Q_{10\%}$, $Q_{50\%}$ dan $Q_{80\%}$ untuk DAS Way Semaka sebesar $62,53 \text{ m}^3/\text{dt}$, $27,33 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $15,34 \text{ m}^3/\text{dt}$ sedangkan DAS Way Semuong sebesar $14,77 \text{ m}^3/\text{dt}$, $6,45 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $3,62 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Kata kunci: regionalisasi, analisis hidrologi, *flow duration curve*

LATAR BELAKANG

Pada umumnya sungai memiliki manfaat untuk irigasi, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), bahkan potensial untuk dijadikan objek wisata sungai. Dalam menjalankan fungsinya sebagai PLTA, waduk dikelola untuk mendapatkan kapasitas listrik yang dibutuhkan. PLTA adalah suatu sistem pembangkit listrik yang biasanya terintegrasi dalam bendungan dengan memanfaatkan energi

mekanis aliran air untuk memutar turbin yang kemudian diubah menjadi tenaga listrik oleh generator.

Analisis Hidrologi:

Fenomena hidrologi selalu berubah menurut ruang dan waktu. Untuk tujuan tertentu data hidrologi dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu. Salah satu cara untuk melakukan analisis hidrologi adalah dengan analisis frekuensi.

Hujan kawasan (*areal rainfall*) merupakan hujan merata yang terjadi dalam daerah tangkapan hujan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan merata kawasan dihitung berdasarkan hujan yang tercatat pada masing-masing stasiun penakar hujan (*point rainfall*) yang ada dalam kawasan DAS (Harto, 2000; Asdak, 2002). Dalam penelitian ini digunakan Metode Poligon *Thiessen* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha_n = \frac{A_n}{\sum A} \quad (1)$$

$$\bar{R} = R_1 \cdot \alpha_1 + R_2 \cdot \alpha_2 + \dots + R_n \cdot \alpha_n \quad (2)$$

dengan keterangan:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$: koefisien *Thiessen*;

A_n : luas poligon (km²);

$\sum A$: Luas poligon total (km²);

\bar{R} : hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm);

R_1, R_2, R_n : hujan yang tercatat pada stasiun 1 sampai stasiun n (mm).

Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis hidrologi meliputi pengukuran tendensi sentral dan dispersi.

1. Tendensi Sentral

Nilai rerata merupakan nilai yang cukup representatif dalam suatu distribusi. Nilai rerata dapat digunakan untuk pengukuran suatu distribusi dan mempunyai bentuk berikut ini:

$$X_{\text{rerata}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

dengan keterangan:

X_{rerata} : rerata;

X_i : variabel random;

n : jumlah data.

2. Dispersi

Tidak semua variat dari variabel hidrologi sama dengan nilai reratanya, tetapi ada yang lebih besar atau lebih kecil. Penyebaran data dapat diukur dengan deviasi standar dan varian.

Varian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{rerata}})^2} \quad (4)$$

Koefisien varian adalah nilai perbandingan antara deviasi satandar dan nilai rerata yang mempunyai bentuk:

$$C_v = \frac{S}{x} \quad (5)$$

Kemencengan (*skewness*) dapat digunakan untuk mengetahui derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi dan mempunyai bentuk:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^i (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (6)$$

Koefisien kurtosis diberikan oleh persamaan berikut:

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (7)$$

Tabel 1. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Metode Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 3$
Metode Log Normal	$C_s(\log X) = 0$
	$C_k(\log X) = 3$
Metode <i>Gumbel</i>	$C_s \leq 1,14$
	$C_k \leq 5,4$
Metode <i>Log Pearson III</i>	$C_s \neq 0$

Analisis frekuensi sebagai peramalan suatu peristiwa hujan atau debit yang menggunakan data historis dan frekuensi kejadiannya, dalam hidrologi digunakan untuk memperkirakan curah hujan atau debit rancangan dengan kala ulang tertentu. Pemeriksaan uji kesesuaian bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi yang telah dipilih bisa digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Uji kesesuaian ada dua macam, yaitu chi kuadrat dan smirnov kolmogorov.

Debit Sungai:

Data debit air sungai berfungsi memberikan informasi mengenai jumlah air yang mengalir pada waktu tertentu. Data debit air berguna untuk mengetahui cukup tidaknya penyediaan air untuk berbagai keperluan. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai debit berdasar pada faktor-faktor fisik lahan dikenal dengan metode rasional.

$$Q = 0,278 C I A \quad (8)$$

dengan keterangan:

Q : Debit rancangan (m³/det);

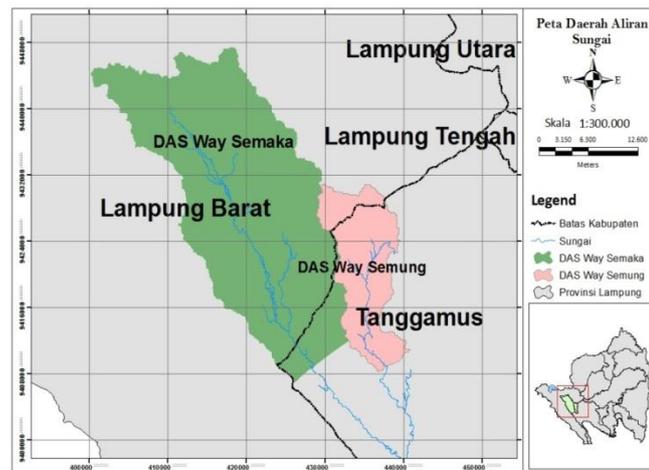
C : Koefisien aliran;

I : Intensitas hujan (mm/jam);

A : Luas DAS (km²).

METODOLOGI STUDI

Penelitian dilakukan di DAS Way Semaka dan Way Semuong (anak sungai Way Semaka), Kabupaten Tanggamus. Pada masing-masing titik kontrol, DAS Sungai Way Semaka mempunyai luas sekitar 610,57 km² dan DAS Sungai Way Semuong mempunyai luas sekitar 144,18 km². Data primer yang digunakan adalah data debit yang diambil pada lokasi dengan koordinat 5°20'47,8" LS; 104°26'18,3" BT untuk Way Semuong, sedangkan titik kontrol DAS Way Semaka terletak pada koordinat 5°20'53,0" LS; 104°21'15,5" BT. Data sekunder yang digunakan adalah data hujan, peta lokasi dan topografi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Analisis Data Spasial:

Analisis data spasial meliputi: (1) Pembentukan alur sungai; (2) Pembentukan DAS berdasarkan data *Digital Elevation Model*; (3) Membentuk peta tata guna lahan; (4) Plotting stasiun curah hujan; (5) Membentuk peta kemiringan lahan.

Analisis Hidrologi:

Analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan metode regionalisasi dengan DAS Way Besai sebagai acuan untuk menentukan nilai debit pada DAS Way Semaka dan Way Semuong. Langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut: (1) Pembentukan DAS beserta luasan representatifnya dengan menggunakan metode Poligon *Thiessen*; (2) Melakukan analisis frekuensi curah hujan dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan; (3) Mengubah data curah hujan harian menjadi intensitas hujan berdasarkan distribusi hujan jam-jaman; (4) Perhitungan debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana di atas pada periode ulang T tahun.

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Pada masing-masing titik kontrol, DAS Way Semaka memiliki aliran sungai sepanjang 115,415 km, dan luas sekitar 610,57 km². DAS Way Semuong mempunyai panjang aliran sungai sepanjang 35,508 km, dan luas DAS sebesar 144,18 km². Peta tata guna lahan DAS Way Semaka dan DAS Way Semuong

dibentuk berdasarkan data tutupan lahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Lampung.

Tabel 2. Luas Tutupan Lahan DAS Way Semaka

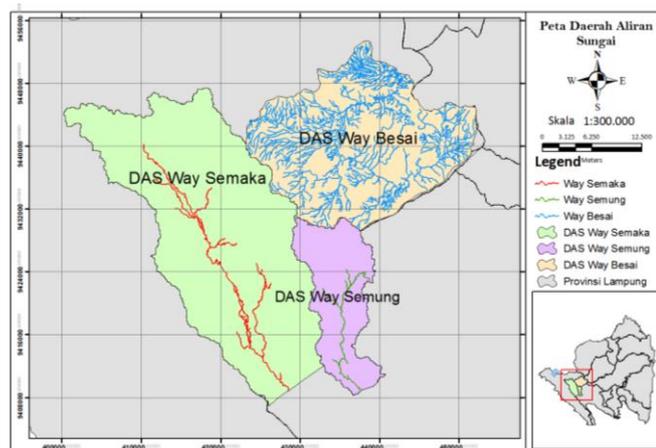
No.	Tutupan Lahan	Luas (km ²)
1	Kawasan Pertanian	109,963
2	Kawasan Perkebunan	163,924
3	Kawasan Kehutananan	336,683
Jumlah		610,570

Tabel 3. Luas Tutupan Lahan Way Semuong

No.	Tutupan Lahan	Luas (km ²)
1	Kawasan Pertanian	5,60
2	Kawasan Perkebunan	29,39
3	Kawasan Kehutananan	109,19
Jumlah		144,18

Regionalisasi DAS yang Tidak Terukur (*Prediction for Ungauged Basin*):

Regionalisasi dilaksanakan karena keterbatasan data hidrologi yang terdapat pada DAS Way Semaka dan Way Semuong, sehingga digunakan DAS Way Besai sebagai pembandingnya. DAS Way Besai mempunyai luas 417,283 km². Berdasarkan data RTRW Provinsi Lampung, DAS Way Besai memiliki empat jenis tutupan lahan yaitu kawasan permukiman, kawasan pertanian, kawasan perkebunan dan kawasan kehutananan.



Gambar 2. Lokasi Daerah Aliran Sungai Way Besai

Tabel 4. Luas Tutupan Lahan DAS Way Besai

No.	Tutupan Lahan	Luas (km ²)
1	Permukiman	3,61

2	Pertanian	6,75
3	Perkebunan	213,45
4	Kehutanan	193,47
Jumlah		417,28

Analisis Hidrologi:

Analisis hidrologi yang dilakukan untuk memperkirakan besarnya debit banjir dengan kala ulang tertentu meliputi tahapan sebagai berikut:

1. Penyiapan Data Curah Hujan

DAS Way Besai memiliki tiga stasiun pengukur hujan, dengan koordinat masing-masing stasiun hujan tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Koordinat Stasiun Curah Hujan DAS Way Besai

No.	Nama Stasiun	Koordinat UTM		Geoid	
		X	Y	LS	BT
1	R-232	443603,436	9445896,825	5° 1' 13.85"	104° 29' 28.51"
2	R-248	435462,741	9437612,892	5° 6' 44.30"	104° 25' 3.90"
3	R-275	443173,722	9433984,196	5° 8' 45.91"	104° 29' 14.25"

2. Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Tabel 6. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Way Besai

Stasiun	Poligon Thiessen Factor	
	A (km ²)	Koefisien <i>Thiessen</i>
R-232	128,67	0,308
R-248	215,11	0,516
R-275	73,50	0,176
Jumlah	417,28	1

3. Analisis Curah Hujan Kawasan (*Areal Rainfall*)

Hujan rerata kawasan dihitung menggunakan metode Poligon *Thiessen*, sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 7:

Tabel 7. Curah Hujan Maksimum Rerata DAS Tahunan Way Besai (mm/hari)

Tahun	\bar{R}_{232}	\bar{R}_{248}	\bar{R}_{275}	Hujan Maksimum Harian
1990	24,98	35,29	25,43	35,29
1991	24,28	71,54	36,79	71,54
1992	66,67	73,25	20,30	73,25
1993	25,50	33,82	15,92	33,82
1994	22,18	65,69	20,22	65,69
1995	31,24	51,61	14,61	51,61
1996	33,34	38,12	25,71	38,12
1997	21,58	83,51	20,63	83,51

1998	40,09	46,48	42,42	46,48
1999	22,16	43,05	38,01	43,05
2000	39,69	68,18	39,08	68,18

Curah Hujan Rancangan:

Distribusi *Log Pearson Type III* merupakan jenis distribusi yang cocok untuk menghitung curah hujan rancangan dengan berbagai kala ulang pada DAS Way Besai. Pengujian kecocokan sebaran menggunakan metode Chi-kuadrat dan *Smirnov Kolmogorov*. Didapat nilai C_s sebesar -0,081, oleh karena itu nilai k untuk masing-masing periode ulang dihitung menggunakan nilai k pada tabel distribusi *Log Pearson Type III* (Triatmodjo, 2008) sesuai nilai C_s .

Tabel 8. Hasil perhitungan curah hujan rancangan DAS Way Besai

t	Log \bar{R}	Sd Log \bar{R}	C_s	K	$Y = \text{Log } R + k.Sd\text{Log}R$	$R_T = 10^Y$
2	1,724	0,14	-0,081	0,014	1,726	53,21
5	1,724	0,14	-0,081	0,845	1,843	69,64
10	1,724	0,14	-0,081	1,272	1,903	79,96
25	1,724	0,14	-0,081	1,723	1,966	92,52
50	1,724	0,14	-0,081	2,010	2,007	101,54
100	1,724	0,14	-0,081	2,266	2,043	110,31
200	1,724	0,14	-0,081	2,500	2,075	118,98

Intensitas Curah Hujan dan Debit Puncak:

Perhitungan intensitas curah hujan pada penelitian ini menggunakan pola distribusi hujan harian terhadap 90% hujan di Bandar Lampung yang terjadi dalam waktu 4 jam dengan pola distribusi 40% di jam pertama, 40% di jam kedua, 15% di jam ketiga dan 5% di jam keempat (Yuniarti, 2013).

Tabel 9. Hasil perhitungan intensitas hujan tiap periode ulang DAS Way Besai

T	R_T	90% R_T	Intensitas Hujan			
			Jam ke-1	Jam ke-2	jam ke-3	jam ke-4
2	53,00	47,70	19,08	19,08	7,16	2,39
5	69,58	62,62	25,05	25,05	9,39	3,13
10	80,18	72,16	28,86	28,86	10,82	3,61
25	93,25	83,92	33,57	33,57	12,59	4,20
50	102,79	92,51	37,00	37,00	13,88	4,63
100	112,16	100,95	40,38	40,38	15,14	5,05
200	121,53	109,38	43,75	43,75	16,41	5,47

Tabel 10. Koefisien aliran untuk masing-masing jenis tata guna lahan DAS

Tata Guna Lahan	Koefisien Penaliran (C)		
	Way Besai	Way Semaka	Way Semuong
Permukiman	0,65	-	-

kawasan kehutanan	0,001	0,001	0,001
Pertanian	0,01	0,01	0,01
Perkebunan	0,2	0,2	0,2

Sebagai indikator aliran permukaan, koefisien aliran digunakan untuk menentukan debit puncak suatu banjir. Nilai koefisien aliran untuk DAS Way Besai sebesar 0,109; DAS Way Semaka sebesar 0,056 dan DAS Way Semuong sebesar 0,042.

Tabel 11. Debit puncak Way Besai untuk setiap kala ulang

T	C	I (mm/jam)	A (km ²)	Q (m ³ /dt)
2	0,109	19,15	417,28	241,20
5	0,109	25,07	417,28	315,70
10	0,109	28,79	417,28	362,51
25	0,109	33,31	417,28	419,41
50	0,109	36,56	417,28	460,33
100	0,109	39,71	417,28	500,08
200	0,109	42,83	417,28	539,40

Perhitungan debit puncak dilakukan dengan menggunakan rumus rasional, yang menggunakan masukan variabel berupa koefisien aliran permukaan, intensitas hujan dan luas DAS. Selanjutnya dapat dihitung debit DAS Way Semaka (m³/det) untuk masing-masing kala ulang sebagai berikut 181,5; 238,29; 274,61; 319,36; 352,02; 384,14; 416,22 dan DAS Way Semuong (m³/det) sebagai berikut 32,06; 42,08; 48,49; 56,40; 62,16; 67,84; 73,50. Hasil perhitungan debit ini terlalu besar, hal ini disebabkan karena rumus rasional valid digunakan untuk DAS kecil. Menurut Bambang Triatmodjo (2008), suatu DAS dikatakan kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi.

Hidrograf Satuan Terukur (HST):

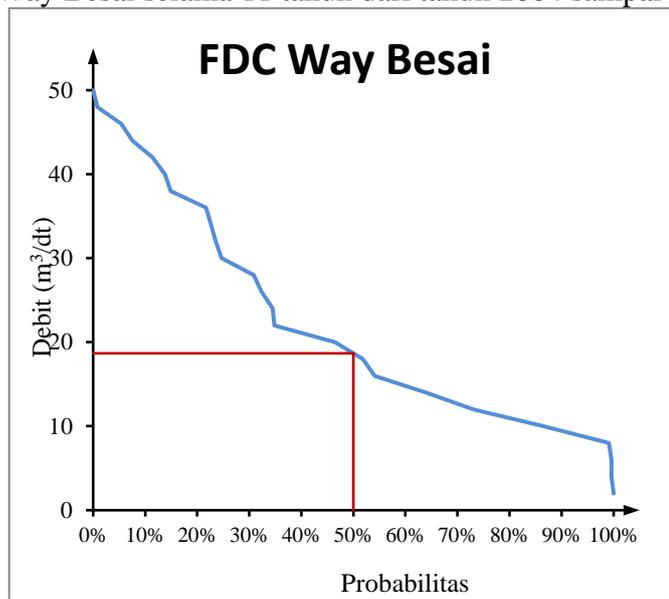
HST dibuat berdasarkan data debit terukur yang diambil pada sungai Way Besai. Data curah hujan yang digunakan untuk analisis perhitungan diperoleh dari alat penakar hujan otomatis yang diletakkan pada DAS Way Semaka dengan koordinat 5°18' 18.7" LS - 104° 18' 36.0" BT. Dari data hujan yang tercatat dapat diketahui hujan efektif terjadi pada tanggal 29 September 2012; 30 September 2012; 27 Oktober 2012; 30 Oktober 2012; 16 November 2012 dan 27 November 2012 yang dipakai untuk menghitung HST.

Untuk data 29 September 2012, Phi indeks yang didapat tidak valid, karena phi indeks yang sebesar 38,77 mm adalah lebih besar dibanding intensitas hujan kala ulang 2 tahun yang sebesar 19,08 mm. Phi indeks lebih besar dibanding intensitas hujan mengakibatkan tidak terjadinya limpasan langsung (*surface run off*) pada DAS tersebut. Ketidavalidan ini disebabkan nilai debit yang terlalu kecil sebagai akibat dari adanya sistem waduk. Data yang didapat dari sistem operasional

waduk tidak bisa digunakan untuk membuat HST, karena disamping adanya debit yang lewat *tail race* juga disertai kenaikan muka air pada bendungan (Δ s).

FDC (Flow Duration Curve):

Flow Duration Curve (FDC) sebagai grafik hubungan antara debit dan waktu, dapat memberikan informasi mengenai debit aliran yang melewati suatu lokasi tertentu dan pada rentang waktu tertentu yang bermanfaat untuk merancang suatu struktur PLTA. FDC dibuat berdasarkan data debit jam-jaman yang tercatat pada waduk PLTA Way Besai selama 11 tahun dari tahun 2004 sampai tahun 2014.



Gambar 10. Flow Duration Curve

Tabel 12. Nilai Debit (Q) untuk DAS Way Semaka dan DAS Way Semuong

Probabilitas	Q Way Besai (m ³ /dt)	Q Way Semaka (m ³ /dt)	Q Way Semuong (m ³ /dt)
10%	42,73	62,53	14,77
20%	36,50	53,41	12,61
30%	28,28	41,38	9,77
40%	21,11	30,88	7,29
50%	18,68	27,33	6,45
60%	14,80	21,65	5,11
70%	12,67	18,54	4,38
80%	10,48	15,34	3,62
90%	9,44	13,81	3,26
100%	2,00	2,93	0,69

Tabel 13. Nilai debit terukur Sungai Way Semaka dan Way Semuong

Waktu Pengukuran	Way Semaka	Way Semuong
	Nilai Debit Terukur (m ³ /dt)	Nilai Debit Terukur (m ³ /dt)
Juli 2012	21,75	8,90
Agustus 2012	21,75	11,58

November 2012	18,78	8,91
Januari 2013	41,18	14,89

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan:

1. Metode regionalisasi digunakan untuk memperkirakan debit Way Semaka dan Way Semuong, karena keterbatasan data hidrologi yang dimiliki. Metode ini dilakukan dengan membandingkan luasan DAS dan koefisien aliran.
2. DAS Way Besai dipilih sebagai pembanding karena memiliki lokasi yang berdekatan dengan DAS Way Semaka dan DAS Way Semuong, sehingga memiliki karakteristik DAS yang sama. Disamping itu, Way Besai memiliki data hidrologi yang lebih lengkap, terutama data debit jam-jaman.
3. Hidrograf Satuan Terukur kurang mewakili kondisi yang terjadi di lokasi penelitian, karena data debit terukur yang digunakan merupakan data *out flow* dari bendungan Way Besai.
4. Rumus rasional memberikan hasil debit puncak yang tidak akurat pada DAS dengan luas yang relatif besar, karena waktu konsentrasi yang sangat lama dibanding durasi hujan.
5. Dari FDC DAS Way Besai dapat dihitung nilai probabilitas $Q_{10\%}$, $Q_{50\%}$ dan $Q_{80\%}$ untuk DAS Way Semaka sebesar $62,53\text{m}^3/\text{dt}$, $27,33\text{m}^3/\text{dt}$ dan $15,34\text{m}^3/\text{dt}$ dan DAS Way Semuong sebesar $14,77\text{m}^3/\text{dt}$, $6,45\text{m}^3/\text{dt}$ dan $3,62\text{m}^3/\text{dt}$.

Saran:

1. Hasil analisis dari penelitian ini hanya mengacu kepada analisis data yang ada sehingga perlu kiranya dilakukan penelitian lebih lanjut.
2. Perlu didirikannya stasiun pencatat hujan pada DAS Way Semaka dan DAS Way Semuong.
3. Membuat pola distribusi hujan jam-jaman pada DAS Way Besai.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Anita Puspanegara, S.T., dan PLN Pembangkit Sektor Tanjungkarang atas bantuan data debit jam-jaman pada Bendungan Way Besai.
2. Arba Darajat dan Nia Kustini atas survey yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., (2002), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harto, S. (2000), *Hidrologi*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., (2008), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yohyakarta
- Yuniarti, F., (2013), *Analisis Geospasial Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit DAS Way Kuala Garuntang Bandar Lampung*. Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Lampung.