

Estimasi Potensi PLTMH dengan Metode Regionalisasi pada *Ungauged Catchments* di Kecamatan Suoh

Dyah Indriana Kusumastuti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, E-mail: kusumast@gmail.com

Dwi Joko Winarno

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, E-mail: d.jokowinarno@gmail.com

Humaidi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, E-mail: humaidi530@gmail.com

M. Najmul Falah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, E-mail: ryanfalah@yahoo.co.id

Robiyanto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, E-mail: robi.yanto3128@gmail.com

Abstrak

Listrik merupakan masalah utama di Kecamatan Suoh, karena daerah ini belum teraliri listrik PLN. Daerahnya yang berada di hulu sungai Way Semaka menyebabkan Suoh memiliki potensi air yang cukup bagus untuk dijadikan pembangkit listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi sumber daya air sebagai pembangkit listrik di tiga sungai yaitu Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang. Ketiga sungai tersebut dapat dikategorikan sebagai ungauged catchment. Metode penelitian meliputi analisis kemiripan karakteristik hidrologis DAS Way Semaka dengan DAS Way Besai, penerapan metode regionalisasi melalui pembuatan FDC dimana data debit yang digunakan untuk pembuatan FDC berasal dari data debit Way Besai yang letaknya berdekatan dengan Way Semaka. Pengukuran variabel aliran di sungai digunakan untuk memverifikasi hasil perhitungan debit andalan dari penerapan metode regionalisasi. Potensi daya listrik dihitung berdasarkan debit andalan Q_{50} serta beda tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kemiripan karakteristik hidrologis antara DAS Way Semaka dan DAS Way Besai. Debit terhitung berdasarkan pengukuran sesuai dengan debit andalan 80% - 93% dari FDC untuk ketiga sungai. Potensi daya listrik maksimal dengan efisiensi 90% yang dapat dibangkitkan dari sungai Way Hantatai sebesar 15,26 KW, dari sungai Way Sekandak sebesar 4,12 KW dan dari sungai Way Gunung Lanang sebesar 2,71 KW.

Keywords: Ungauged catchment, Metode regionalisasi, FDC, Daya listrik, PLTMH.

Abstract

Electricity is the major problem in Suoh sub-district because there is no electricity distributed by National Electricity Company (PLN). Suoh is located in the upstream of Way Semaka and water is available in river tributaries throughout the year which can be utilized for micro hydro power. This research aims to analyse the potency of the rivers including Way Hantatai, Way Sekandak and Way Gunung Lanang. The three rivers are categorised as ungauged catchments. Research method includes analysis of hydrologic similarity between Way Semaka and Way Besai catchments, application of regionalization method where FDC for Way Semaka was developed from discharge data from Way Besai located close to Way Semaka. Measurement of flow variables in the rivers are used to verify dependable discharge calculated by regionalization method. The potency of electricity power is calculated based on dependable discharge Q_{50} and head. The result shows that hydrologic similarity exists between Way Semaka and Way Besai catchments. Calculated discharges based on river measurements comparable to dependable discharges between 80%-93% from the FDCs for the three rivers. The maximum electricity power which can be generated are 15.26 KW, 4.12 KW and 2.71 KW for Way Hantatai, Way Sekandak and Way Gunung Lanang respectively.

Keywords: Ungauged catchment, Regionalisation method, FDC, Electricity power, Micro hydro.

1. Pendahuluan

Suoh adalah sebuah kecamatan di Provinsi Lampung yang tidak teraliri listrik PLN hingga saat ini. Selama ini warga menggunakan diesel atau kincir air sederhana agar dapat mendapatkan aliran listrik. Secara geografis Suoh terletak di daerah pengunungan sehingga memiliki anak-anak sungai yang mengalir sepanjang tahun. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah-daerah perdesaan yang jauh dari jaringan listrik, seperti Suoh, dapat memanfaatkan potensi energi setempat untuk membangkitkan listrik. Sumber energi setempat yang sangat potensial, yaitu di antaranya adalah tenaga air yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Mikrohidro adalah suatu pembangkit listrik kecil yang menggunakan tenaga air dengan kapasitas tidak lebih dari 100 kW yang dapat berasal dari saluran irigasi, sungai, atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan debit air (Prayogo, 2003).

Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dihasilkan dari air yang mengalir (energi kinetik) dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir air (energi mekanis), untuk selanjutnya diubah menjadi energi listrik. Dalam beberapa tahun terakhir ini penelitian tentang PLTMH meningkat di berbagai daerah (Sugiri dkk, 2013; Alfian dkk, 2012; Desmiwarman dan Yandri, 2015; Rompas, 2011).

Dalam perencanaan PLTMH di Kecamatan Souh terkendala dengan ketiadaan data debit karena stasiun hidrometri yang belum dimiliki. Pada Kecamatan Suoh terdapat sungai-sungai yang merupakan anak sungai dari Way Semaka. DAS-DAS kecil yang merupakan bagian hulu dari Way Semaka bisa dianggap sebagai *ungauged catchment*. Untuk memperkirakan debit sungai-sungai yang ada di Suoh dapat digunakan debit pada sungai lain yang terdekat dan mempunyai karakteristik DAS yang sama. Way Besai adalah sungai terdekat dimana DAS Way Semaka dan Way Besai bersebelahan, dan data debit di Way Besai terukur sejak tahun 2004. Agar data debit Way Besai dapat dipergunakan untuk memperkirakan debit sungai di anak-anak sungai Way Semaka, maka digunakanlah metode regionalisasi.

Dalam hidrologi metode regionalisasi dapat dilakukan untuk memperkirakan debit pada *ungauged catchment* (Bloschl dan Sivapalan, 1995; Sivapalan dkk, 2002; Parajka dkk, 2005; Post dan Jakeman, 1999; Zhang dkk, 2008). Pada prinsipnya metode regionalisasi mentransfer informasi dari suatu DAS yang terukur (*gauged catchment*) kepada suatu DAS yang tak terukur (*ungauged catchment*). Kemiripan karakteristik DAS maupun sifat hidrologi seperti karakteristik hujan, tata guna lahan dan kerapatan jaringan sungai, dapat

dijadikan dasar dalam menentukan metode regionalisasi yang digunakan. Salah satu metode sederhana yang dapat digunakan yaitu dengan membandingkan luasan dari kedua DAS.

Di dalam perencanaan PLTMH perlu dilakukan analisis hidrologi yang mencakup pengukuran debit dan analisis aliran rendah (*low flow*). Analisis aliran rendah berguna untuk memperkirakan debit yang tersedia sepanjang tahun guna keperluan PLTA, irigasi maupun air baku. Dalam analisis aliran rendah dikenal istilah debit andalan. Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum yang kemungkinan debit terpenuhi dalam prosentase tertentu sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan pembangkitan. Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode tertentu. Menurut Sosrodarsono (1999) debit andalan terbagi atas (1) debit air musim kering yang dilampaui oleh debit sebanyak 355 hari dalam setahun (97%), (2) debit air rendah yang dilampaui oleh debit sebanyak 275 hari dalam setahun (75%), (3) debit air normal yang dilampaui oleh debit sebanyak 185 hari dalam setahun (50,6%) serta (4) debit air cukup yang dilampaui oleh debit sebanyak 95 hari dalam setahun (26%).

Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan debit andalan adalah *Flow Duration Curve* (FDC) (Smakhtin, 2001; Abdulsalam, dkk., 2014). FDC adalah salah satu metode yang paling informatif yang menyajikan kisaran debit sungai secara lengkap dari debit rendah hingga debit banjir. FDC menunjukkan hubungan antara nilai debit dan persentase dimana debit tersebut disamai atau dilampaui. Dengan kata lain, FDC menunjukkan hubungan antara besaran dan frekuensi debit sungai.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi energi listrik di tiga sungai yang terletak di tiga pekon di Kecamatan Suoh. Ketiga sungai tersebut meliputi sungai Way Hantatai yang terletak di Pekon Gunung Ratu, sungai Way Sekanda yang terletak di Pekon Tugu Ratu dan sungai Way Gunung Lanang di Pekon Sumber Agung. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis kemiripan karakteristik hidrologi DAS Way Semaka dengan Way Besai, menganalisis FDC di daerah studi berdasarkan metode regionalisasi, serta memverifikasi hasil analisis debit menggunakan metode regionalisasi terhadap debit terhitung berdasarkan pengukuran di lapangan.

2. Data dan Analisis

Data primer yang dipakai pada penelitian ini adalah data luas penampang basah, data kecepatan aliran serta beda tinggi dari rencana bendung ke rencana rumah kincir di (1) sungai Way Sekanda pada koordinat 5° 18' 14,21" LS dan 104° 17' 21,18" BT, (2) Sungai Way Hantatai pada koordinat 5° 12' 46,25" LS dan

104° 14' 25,27" BT dan sungai Way Gunung Lanang pada koordinat 5° 16' 44,42" LS dan 104° 16' 26,11" BT. Data sekunder yang diperlukan antara lain adalah peta sungai dan DAS yang berasal dari hasil *generate* dari *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) serta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Lampung (Pemprov Lampung, 2010), data debit jam-jaman pada *outlet* Bendungan Way Besai yang terletak pada koordinat 04° 54' 59.5" LS dan 104° 30' 48.9" BT selama 11 tahun dari tahun 2004 – 2014.

2.1 Analisis data spasial

Analisis ini ditujukan untuk mendapatkan peta sungai dan luas DAS Way Besai, Way Semaka, Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang. Data SRTM untuk lokasi studi *digenerate* dengan menggunakan *software Global Mapper* untuk mendapatkan peta sungai dan DAS. Pekerjaan ini meliputi pembentukan aliran sungai dan batas daerah aliran sungai dari data primer dan data sekunder yang sudah didapat.

2.2 Metode regionalisasi

Beberapa variabel penting untuk melihat kemiripan kedua DAS dalam metode regionalisasi ini di antaranya meliputi karakteristik hujan di kedua DAS, tata guna lahan serta kerapatan jaringan sungai. Jika dalam analisis tersebut didapati bahwa DAS Way Semaka dan DAS Way Besai memiliki kemiripan karakteristik hidrologis, maka selanjutnya dihitung debit andalan untuk sunga-sungai Way Semaka, Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang dengan metode FDC menggunakan data debit Way Besai dengan perbandingan luasan DAS. Debit andalan yang dihasilkan diverifikasi dengan debit terhitung berdasarkan pengukuran di lapangan untuk menguji keakuratan metode regionalisasi dalam memprediksi debit.

2.2.1 Karakteristik hujan

Karakteristik hujan di kedua DAS diwakili dengan rerata hujan bulanan dan tahunan. Pada DAS Way Besai data hujan harian diperoleh dari tiga stasiun hujan yaitu Air Hitam (R-248), Bungin (R-275) dan Kebun Tebu (R-232) (BBWS-MS, 2012). Sedangkan pada DAS Way Semaka data hujan diperoleh dari tiga stasiun hujan yaitu Sekincau (R-229), Kenali (R-202) dan Bandar Sukabumi (R-027) (Dinas Pengairan dan Pemukiman Provinsi Lampung, 2012). Panjang data yang tersedia bervariasi dari 11 hingga 27 tahun.

2.2.2 Tata guna lahan

Data tata guna lahan kedua DAS diperoleh dari Rencana Tata Ruang Daerah (RTRW) Provinsi Lampung (Pemprov Lampung, 2010). Dari data guna lahan tersebut diperoleh koefisien limpasan untuk

masing-masing tutupan lahan serta koefisien limpasan yang mewakili DAS.

2.2.3 Kerapatan jaringan sungai

Kerapatan jaringan sungai diperoleh dari jumlah panjang sungai semua orde dibagi dengan luas DAS.

2.2.4 Perhitungan debit dengan FDC di DAS Way Besai

FDC dibuat berdasarkan *time series* nilai debit, pertama dengan menentukan nilai interval kelas dari nilai debit dan menghitung jumlah kejadian (*time step*) pada tiap interval. Akumulasi frekuensi kelas kemudian dihitung dan disajikan sebagai persentase dari jumlah total *time step*. Terakhir, batas bawah dari masing-masing kelas interval debit diplot terhadap nilai persentasenya. Selanjutnya, FDC untuk DAS lainnya dihitung berdasarkan perbandingan luasan DASnya.

2.2.5 Verifikasi lapangan

Verifikasi lapangan dilakukan dengan membandingkan perhitungan debit metode FDC dengan perhitungan debit menggunakan pengukuran langsung seperti kedalaman, luas penampang basah, kecepatan yang kemudian digunakan *mean area method* untuk menghitung debit sungai.

2.3 Perhitungan daya listrik

Daya listrik dihitung berdasarkan **Persamaan 1** berikut ini:

$$P = \rho g Q h \eta \quad (1)$$

dimana P = daya listrik (watt), ρ = massa jenis air (kg/m^3), Q = debit (m^3/detik), h = tinggi terjun air efektif (m), η = efisiensi keseluruhan PLTA, g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m}/\text{det}^2$).

3. Regionalisasi dan Prediksi Daya Listrik

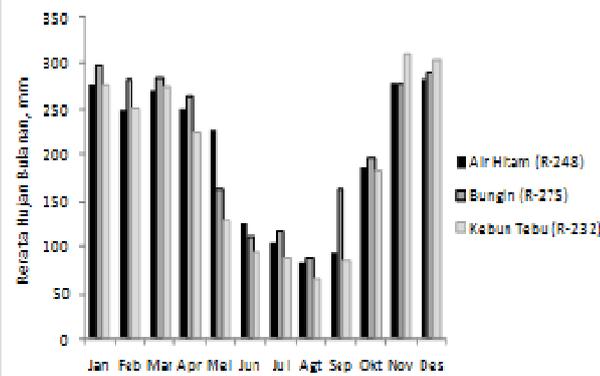
3.1 Karakteristik hujan DAS Way Besai dan Way Semaka

Hasil analisis hujan rerata tahunan DAS disajikan pada **Tabel 1**. Hujan rerata tahunan pada DAS Way Besai dari tiga stasiun, yaitu Air Hitam (R-248), Bungin (R-275) dan Kebun Tebu (R-232) berkisar antara 2285 mm hingga 2530 mm. Pada DAS Way Semaka hujan rerata tahunan yang tercatat di tiga stasiun, yaitu Sekincau (R-229), Kenali (R-202) dan Bandar Sukabumi (R-207), antara 2283 mm hingga 2882 mm. Hal ini menunjukkan bahwa rerata hujan tahunan di kedua DAS tersebut hampir sama. Hujan rerata bulanan di DAS Way Besai (**Gambar 1**) juga menunjukkan pola yang mirip dengan hujan rerata bulanan di DAS Way Semaka (**Gambar 2**). Lokasi stasiun hujan yang digunakan

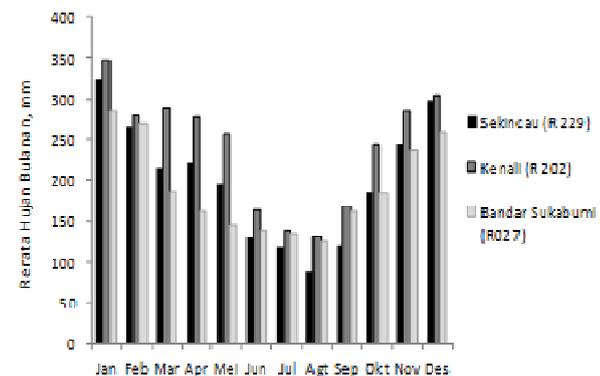
dalam analisis disajikan pada **Gambar 3**. Rerata hujan bulanan tertinggi terjadi di bulan Desember dan Januari sedangkan rerata hujan bulanan terendah pada kedua DAS tersebut terjadi pada bulan Agustus.

Tabel 1. Rerata hujan tahunan DAS Way Besai dan DAS Way Semaka

DAS	Stasiun Hujan	Rerata Hujan Tahunan (mm)
Way Besai	Air Hitam (R-248)	2430
	Bungin (R-275)	2530
	Kebun Tebu (R-232)	2285
Way Semaka	Sekincau (R 229)	2409
	Kenali (R 202)	2882
	Bandar Sukabumi (R027)	2283



Gambar 1. Hujan rerata bulanan DAS Way Besai



Gambar 2. Hujan rerata bulanan DAS Way Semaka

Tabel 2. Tata guna lahan dan koefisien limpasan

Tata Guna Lahan	Koefisien Limpasan	Persentase luasan (%)	
		Way Semaka	Way Besai
Pemukiman	0,4	3,249	0,865
Pertanian	0,18	14,762	1,618
Perkebunan	0,22	26,847	51,153
Kehutanan	0,3	55,142	46,365
Runoff Coefficient (C) DAS		0,264	0,258

3.2 Analisis spasial DAS dan tata guna lahan

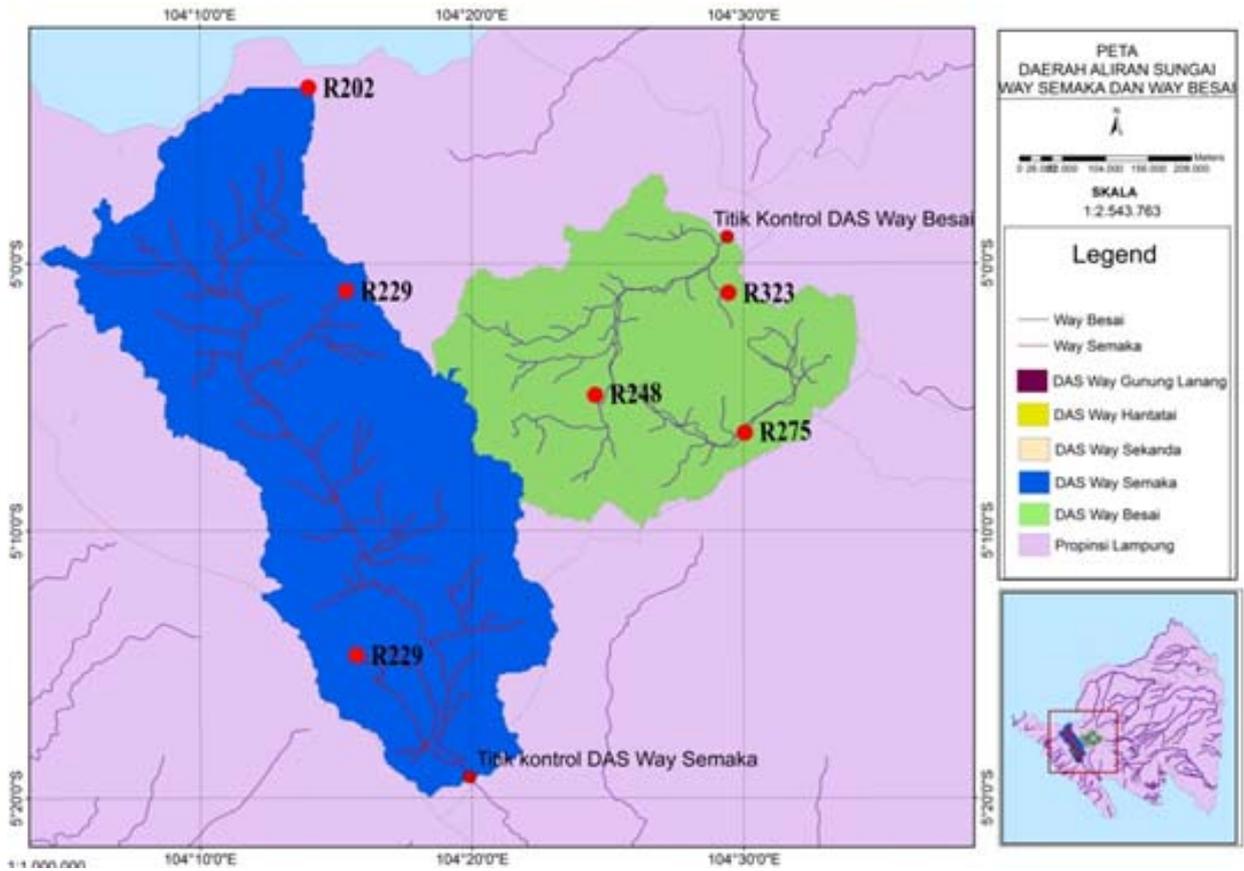
Dari hasil analisis spasial seperti disajikan pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa DAS Way Semaka mempunyai luas 731,08 km², sedangkan DAS Way Besai mempunyai luas 415,04 km². Dari peta tersebut tampak bahwa DAS Way Semaka terletak bersebelahan dengan DAS Way Besai. Pada **Gambar 4** disajikan DAS Way Semaka dengan DAS Way Hantatai, Way Sekanda dan Way Gunung Lanang di dalamnya. Luas DAS Way Hantatai, Way Sekanda dan Way Gunung Lanang masing-masing sebesar 6,1726 km², 1,48 km² dan 0,96 km² (**Gambar 4**).

Menurut Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Lampung (Pemprov Lampung, 2010) tata guna lahan di DAS Way Semaka dan Way Besai meliputi sebagian kecil pemukiman, pertanian, serta didominasi oleh perkebunan dan kehutanan. **Tabel 2** menyajikan persentase masing-masing tata guna lahan tersebut di tiap DAS. Dengan menggunakan koefisien limpasan menurut **Triatmodjo (2008)** untuk masing-masing tata guna lahan, maka koefisien limpasan total untuk DAS Way Semaka sebesar 0,264 sedangkan DAS Way Besai sebesar 0,258. Tata guna lahan yang mirip di kedua DAS serta nilai koefisien limpasan yang mendekati disebabkan karakteristik kedua DAS yang mirip. Selain kedekatan lokasi DAS, maka kemiripan karakteristik DAS yang menjadi dasar dipergunakannya metode regionalisasi untuk menentukan debit di DAS yang diteliti

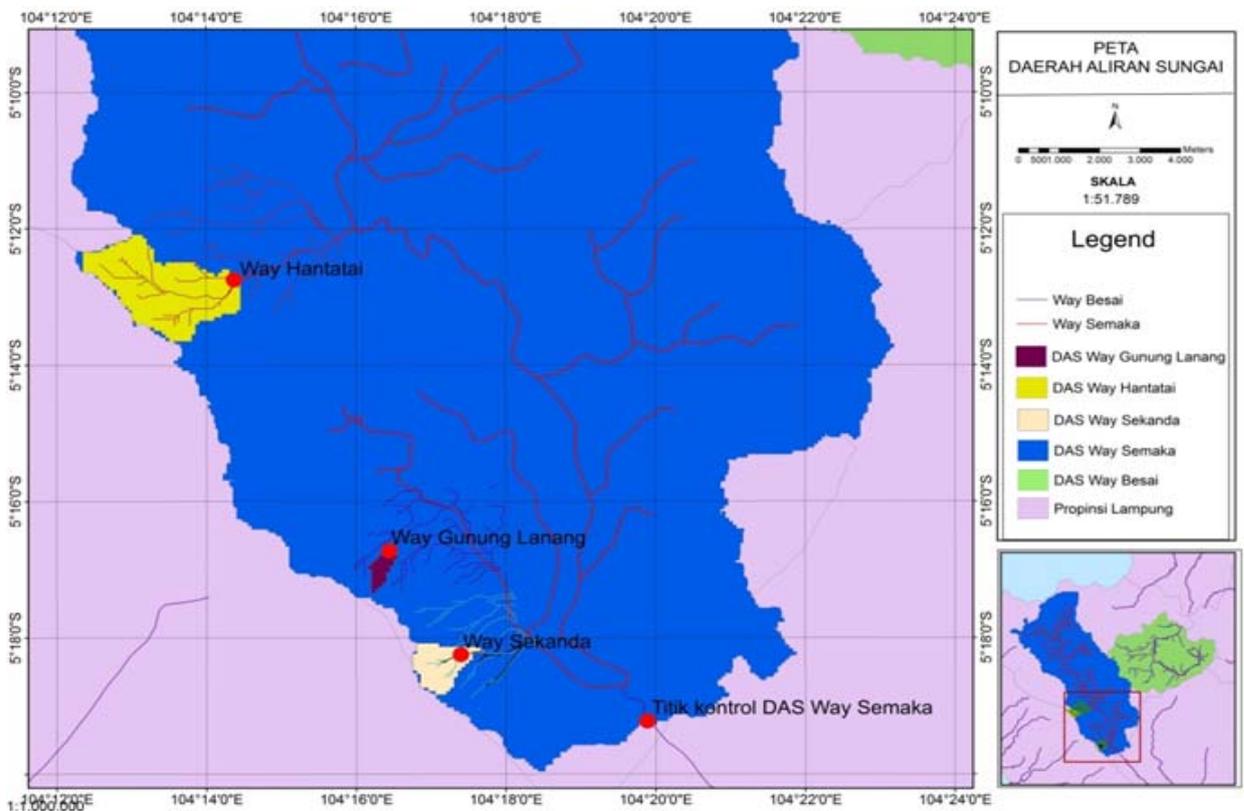
3.3 Kerapatan jaringan sungai

Kerapatan aliran sungai menggambarkan kapasitas penyimpanan air permukaan dalam cekungan-cekungan seperti danau, rawa dan badan sungai yang mengalir di suatu DAS. Kerapatan jaringan sungai dapat dihitung dari rasio total panjang jaringan sungai terhadap luas DAS yang bersangkutan. Semakin tinggi tingkat kerapatan aliran sungai, berarti semakin banyak air yang dapat tertampung di badan-badan sungai.

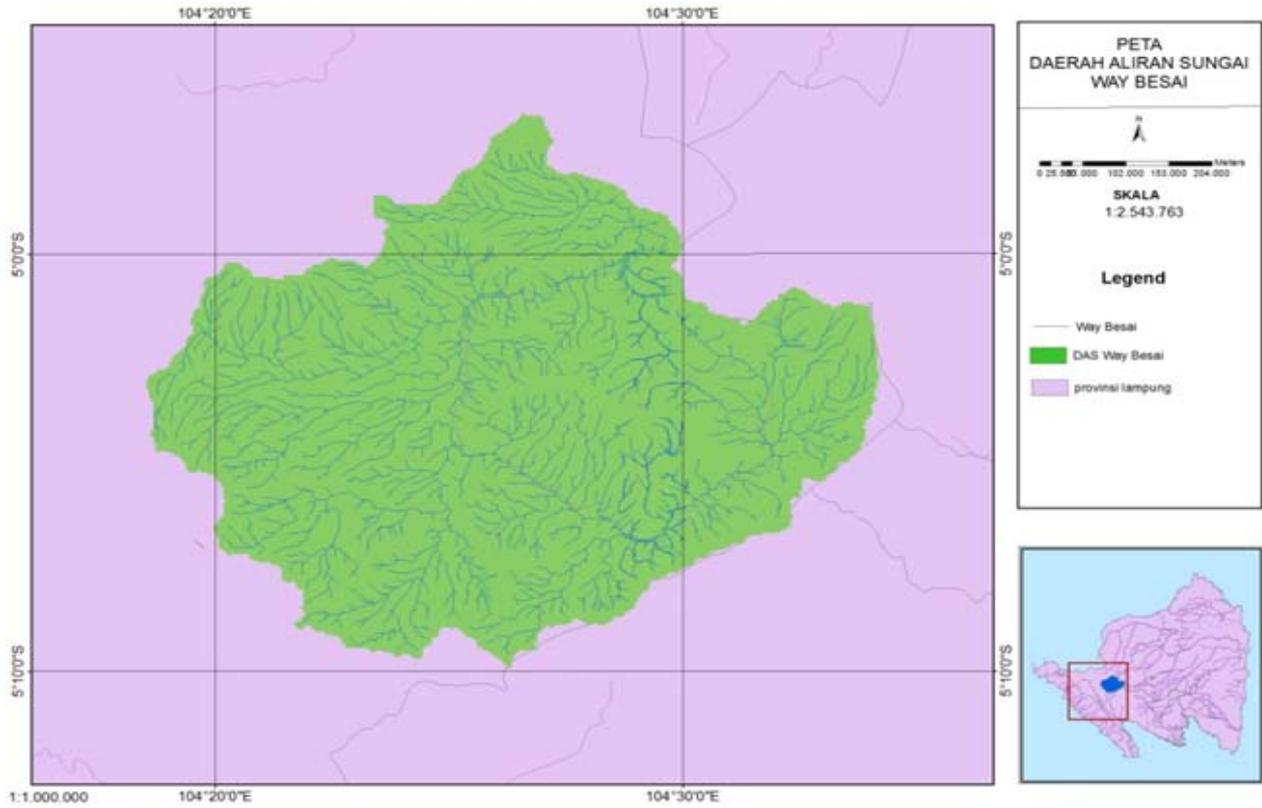
Total panjang sungai untuk semua orde pada DAS Way Besai adalah 1993 km (**Gambar 5**). Dengan luasan DAS seluas 415 km², maka kerapatan jaringan sungai Way Besai adalah 4,8 km/km². Untuk Way Semaka total panjang sungai untuk semua orde adalah 3619 km (**Gambar 6**). Dengan luasan DAS sebesar



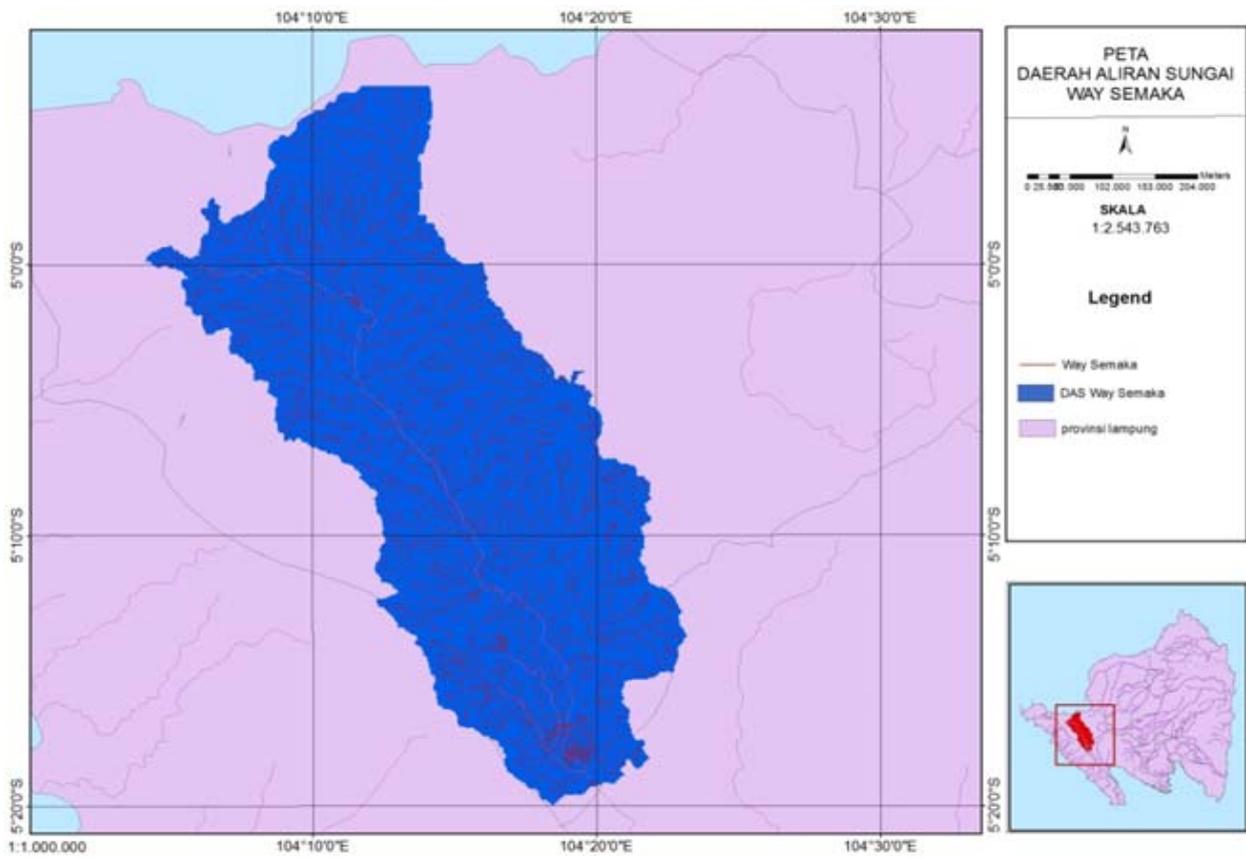
Gambar 3. DAS Way Semaka dan Way Besai (Sumber: Pemprov Lampung, 2010)



Gambar 4. DAS Way Hantatai, Way Gunung Lanang dan Way Sekanda (Sumber: hasil analisis)



Gambar 5. Jaringan sungai Way Besai



Gambar 6. Jaringan sungai Way Semaka

731 km², maka kerapatan jaringan sungai Way Semaka sebesar 4,95 km/km². Analisis kerapatan jaringan sungai Way Semaka dan Way Besai menunjukkan bahwa kedua DAS memiliki jaringan sungai dengan kerapatan yang mirip.

3.4 Perhitungan debit dengan menggunakan metode FDC

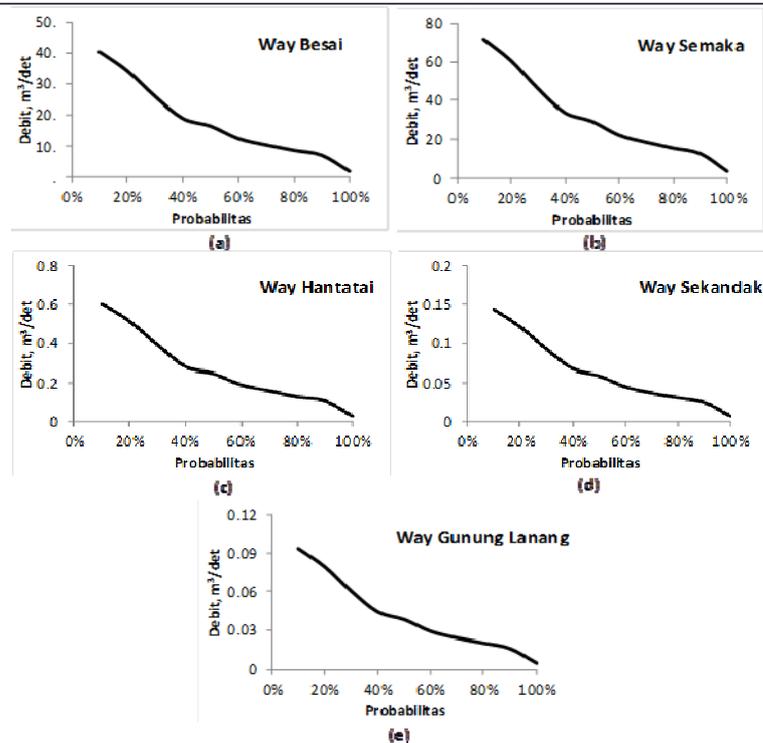
FDC (*Flow Duration Curve*) merupakan grafik hubungan antara debit aliran dan probabilitas waktu kejadian. Metode FDC digunakan untuk memberikan informasi tentang debit dengan persentase kemungkinan yang bermanfaat untuk mengetahui debit maksimum, rata-rata dan andalan dari aliran air sungai tertentu sehingga bangunan air yang akan dibangun bisa optimal dan bekerja maksimal. Salah satu manfaatnya untuk merancang PLTA.

FDC dibuat berdasarkan data debit yang tercatat pada waduk PLTA Way Besai selama 11 tahun dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2014. Lokasi pengukuran hidrometri terletak pada titik kontrol DAS Way Besai seperti disajikan pada **Gambar 3**. Tabel hasil perhitungan FDC Way Besai untuk masing-masing tahun dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Grafik FDC untuk DAS Way Besai, Way Semaka dan ketiga DAS di Kecamatan Suoh disajikan pada **Gambar 7**. Pada **Gambar 7a** menunjukkan FDC rerata dari sungai Way Besai dari FDC keseluruhan tahun dari tahun 2004-2014 seperti disajikan pada **Tabel 3**. FDC Way Semaka, Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang masing-masing diperoleh dari perbandingan luas DAS terhadap Way Besai dan hasilnya disajikan pada **Gambar 7b-e**. Dari hasil analisis tersebut didapatkan debit andalan 80% untuk sungai

Tabel 3. FDC Way Besai tahun 2004 - 2014

Probabilitas	Q (m ³ /det)										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
10%	44,00	44,49	43,06	40,69	31,96	39,07	41,19	35,67	35,88	35,97	36,67
20%	35,96	42,03	34,87	35,02	21,12	34,53	40,38	27,25	27,25	27,96	27,48
30%	28,90	34,84	26,40	26,70	18,32	26,52	38,25	19,66	19,57	23,44	22,99
40%	22,51	27,31	18,96	19,28	13,62	19,50	34,96	18,39	17,55	18,92	18,82
50%	17,88	19,74	16,11	17,12	11,68	18,18	27,82	13,76	11,80	15,50	16,14
60%	14,43	17,17	12,62	13,23	9,51	14,05	26,12	11,25	10,15	11,16	11,24
70%	12,58	13,21	10,64	11,31	8,85	12,36	19,08	9,37	8,74	8,37	9,47
80%	11,29	11,26	9,02	9,42	8,18	9,30	16,80	7,80	7,61	7,25	6,93
90%	10,15	9,30	7,55	8,09	7,15	7,80	12,75	6,88	6,78	6,13	3,69
100%	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	2,00	4,00	2,00	2,00



Gambar 7. FDC sungai-sungai (a) Way Besai, (b) Way Semaka, (c) Way Hantatai, (d) Way Sekandak, dan (e) Way Gunung Ratu

Way Besai, Way Semaka, Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Ratu berturut-turut adalah 8,75 m³/det, 15,405 m³/det, 0,1301 m³/det, 0,0312 m³/det dan 0,0202 m³/det.

3.5 Perhitungan debit berdasarkan pengukuran di lapangan dan perbandingan dengan FDC

Pengukuran variabel aliran pada ketiga sungai dilakukan pada bulan September 2014 yang dapat dikategorikan akhir musim kemarau. **Gambar 8** menyajikan penampang melintang sungai beserta variabel aliran pada saat pengukuran. Lebar basah sungai adalah 2,7 m, 2 m dan 1,6 m masing-masing untuk sungai Way Hantatai (**Gambar 8a**), Way Sekandak (**Gambar 8b**) dan Way Gunung Lanang (**Gambar 8c**). Lokasi pengukuran hidrometri untuk ketiga DAS tersebut disajikan pada **Gambar 4**. Dapat diketahui dari gambar tersebut bahwa kedalaman sungai dan kecepatannya relatif kecil dikarenakan pada saat itu akhir musim kemarau. **Tabel 4** menyajikan hasil pengukuran variabel sungai dimana *B* adalah lebar basah sungai, *h_{max}* adalah kedalaman air maksimum, *h_{min}* adalah kedalaman air minimum, *V_{max}* adalah kecepatan air maksimum, *V_{min}* adalah kecepatan air minimum, *Q* adalah debit dan *H* adalah beda tinggi antara lokasi rencana bendung dan rumah turbin. Pada saat pengukuran, sungai dibagi menjadi beberapa pias dan pada masing-masing pias diukur variabelnya seperti kedalaman air dan kecepatan seperti terlihat pada **Gambar 8**. Sebagai contoh kedalaman air maksimum menunjukkan kedalaman air terbesar dari salah satu pias.

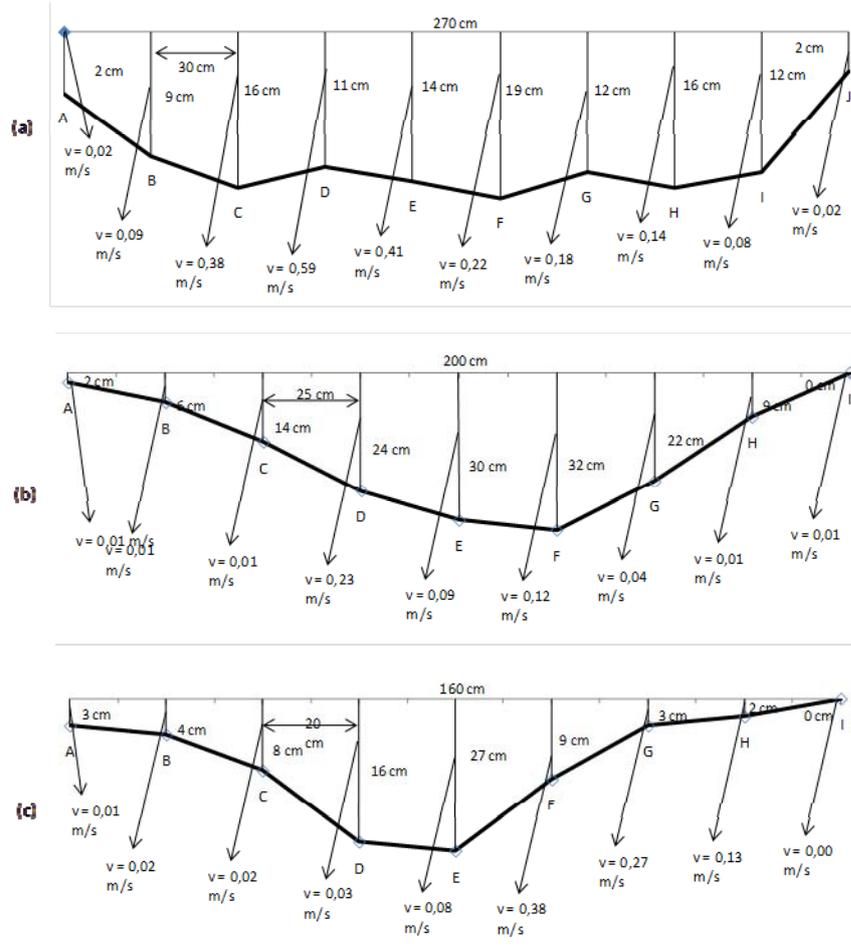
Dari hasil perhitungan menggunakan *mean area method*, maka diperoleh debit sungai Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang berturut-turut adalah 0,1253 m³/det, 0,0314 m³/det dan 0,0137 m³/det (**Tabel 4**). Nilai debit tersebut jika dihubungkan dengan FDC di **Gambar 7** maka menunjukkan debit andalan 82%, 80% dan 93% berturut-turut untuk sungai Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang. Mengingat kondisi saat pengukuran di lapangan pada akhir musim kemarau, maka nilai debit andalan yang dihasilkan oleh FDC mendekati nilai pengukuran di lapangan. Sementara untuk sungai Way Semaka, pengukuran di lapangan dilakukan pada bulan November 2012 (Winarno, 2013) dan debit yang dihasilkan adalah 18,78 m³/det atau setara dengan debit andalan 70% dari FDC Way Semaka. Hasil nilai persentase debit andalan yang dihasilkan berbeda dengan FDC pada ketiga sungai sebelumnya, karena pengukuran di Way Semaka dilakukan di awal musim hujan sehingga debit di sungai lebih besar dibandingkan di akhir musim kemarau. FDC bulanan untuk Way Semaka disajikan pada **Tabel 5** dimana dapat dilihat bahwa pada bulan November debit yang mungkin terjadi relatif lebih tinggi dibandingkan bulan Agustus dan September yang merupakan akhir musim kemarau serta bulan Oktober yang merupakan awal musim hujan. Memperhatikan hasil perbandingan antara debit andalan dari FDC dengan pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa metode regionalisasi dapat digunakan untuk memprediksi debit pada *ungauged catchment* di daerah ini.

Tabel 4. Hasil pengukuran variabel sungai dan perhitungan debit

	Way Hantatai	Way Sekandak	Way Gunung Lanang
B (m)	2,70	2,00	1,60
h _{max} (m)	0,90	0,32	0,17
h _{min} (m)	0,02	0,02	0,02
V max (m/det)	0,59	0,23	0,38
Vmin (m/det)	0,02	0,01	0,01
Q (m ³ /det)	0,1253	0,0314	0,0137
Beda tinggi, H (m)	7	7,89	8

Tabel 5. FDC bulanan Way Semaka

Probabilitas	Debit (m ³ /det)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
10%	70,97	74,2	74,74	77,77	77,98	73,43	56,26	46,19	41,29	47,04	68,52	71,28
20%	61,1	68,26	70,68	73,32	64,66	61,06	34,58	32,2	30,73	32,46	57,84	61,61
30%	47,24	61,28	62,1	65,85	53,87	42,04	30,12	23,64	22,76	24,35	42,82	48,29
40%	35,04	48,35	51,75	58,84	46,08	32,81	23,02	19,63	18,41	20,35	33,03	40,32
50%	32,46	41,4	45,06	47,2	34,24	28,38	19,91	16,98	15,36	17,21	26,02	33,34
60%	25,89	33,44	33,84	34,72	31,82	22,56	17,55	15,61	13,59	14,95	20,89	29,59
70%	22,29	29,49	30,02	32,32	24,49	19,32	16,02	14,23	12,68	13,44	18,28	22,75
80%	18,77	21,97	22,45	24,27	21,06	16,47	14,49	12,94	11,76	12,38	14,72	19,67
90%	15,79	16,2	16,89	19,01	17,73	12,65	12,46	11,66	10,85	11,33	12,45	16,24
100%	10,57	10,57	10,57	10,57	10,57	7,05	7,05	3,52	3,52	3,52	7,05	10,57



Gambar 8. Penampang melintang sungai (a) Way Hantatai, (b) Way Sekandak, dan (c) Way Gunung Lanang

Pengukuran di lapangan digunakan untuk menentukan *head* yaitu beda tinggi antara lokasi rencana bendung dan lokasi rencana rumah turbin. Hasil pengukuran di lapangan memberikan koordinat lokasi calon bendung untuk sungai Way Hantatai $5^{\circ}12'45,94''S$ dan $104^{\circ}14'26,58''E$, sedangkan koordinat lokasi calon rumah turbin adalah $5^{\circ}12'46,25''S$ dan $104^{\circ}14'25,27''E$. Untuk Way Sekandak koordinat lokasi rencana bendung adalah $5^{\circ}18'14,21''S$ dan $104^{\circ}17'21,18''E$, sedangkan koordinat lokasi rencana rumah turbin adalah $5^{\circ}18'14,57''S$ dan $104^{\circ}17'23,81''E$. Hasil pengukuran pada Way Gunung Lanang memberikan koordinat lokasi rencana bendung yaitu $5^{\circ}16'44,42''S$ dan $104^{\circ}16'26,11''E$, sedangkan koordinat lokasi rencana rumah turbin adalah $5^{\circ}16'44,81''S$ dan $104^{\circ}16'26,28''E$. Pengukuran beda tinggi pada masing-masing sungai tersebut dilakukan dengan menggunakan *waterpass* dan *head* yang didapat untuk Way Hantatai sebesar 7 m, Way Sekandak 7,89 m dan Way Gunung Lanang 8 m (Tabel 4).

3.6 Perkiraan daya listrik yang dihasilkan PLTMH

Untuk memperkirakan daya listrik yang dihasilkan digunakan *Persamaan 1*, dimana nilai debit yang digunakan adalah debit andalan 50% ($Q_{50\%}$). Dari

kurva FDC yang disajikan pada Gambar 7, nilai $Q_{50\%}$ untuk Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang berturut-turut adalah $0,247 \text{ m}^3/\text{det}$, $0,059 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $0,038 \text{ m}^3/\text{det}$. Nilai H (beda tinggi) didapat dari hasil pengukuran seperti ditampilkan pada Tabel 6. Dengan mempertimbangkan efisiensi dari keseluruhan sistem PLTMH berkisar antara 60% - 90%, maka daya listrik yang dihasilkan untuk Way Hantatai berkisar antara 10,17 KW – 15,26 KW, untuk Way Sekandak antara 2,75 KW – 4,12 KW dan Way Gunung Lanang antara 1,81 KW – 2,71 KW. Pemilihan prosentase efisiensi sistem PLTMH yang berkisar antara 60% - 90% berdasarkan beberapa hasil studi (Gunawan dan Santoso, 2011; Sutikno dan Adam, 2011; Kaunda dkk, 2014).

Tabel 6. Prediksi daya listrik yang dihasilkan

η (efisiensi)	P (KW)		
	Way Hantatai	Way Sekandak	Way Gunung Lanang
60%	10,17	2,75	1,81
70%	11,87	3,21	2,11
80%	13,56	3,66	2,41
90%	15,26	4,12	2,71

Tabel 7. FDC bulanan Way Hantatai

Probabilitas	Debit (m ³ /det)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
10%	0,599	0,627	0,631	0,657	0,658	0,620	0,475	0,390	0,354	0,397	0,597	0,602
20%	0,516	0,576	0,597	0,619	0,546	0,516	0,292	0,272	0,259	0,274	0,488	0,520
30%	0,399	0,517	0,524	0,556	0,455	0,355	0,254	0,200	0,192	0,206	0,362	0,408
40%	0,296	0,408	0,437	0,497	0,389	0,277	0,194	0,166	0,155	0,172	0,279	0,340
50%	0,274	0,35	0,381	0,399	0,289	0,240	0,168	0,143	0,130	0,145	0,220	0,282
60%	0,219	0,282	0,286	0,293	0,269	0,191	0,148	0,132	0,115	0,126	0,176	0,250
70%	0,188	0,249	0,254	0,273	0,207	0,163	0,135	0,120	0,107	0,110	0,154	0,192
80%	0,159	0,186	0,190	0,205	0,178	0,139	0,122	0,109	0,099	0,105	0,124	0,166
90%	0,133	0,137	0,143	0,161	0,150	0,107	0,105	0,098	0,092	0,096	0,105	0,137
100%	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,059	0,059	0,030	0,030	0,030	0,059	0,089

Tabel 8. FDC bulanan Way Sekandak

Probabilitas	Debit (m ³ /det)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
10%	0,144	0,15	0,151	0,157	0,158	0,149	0,114	0,094	0,085	0,095	0,139	0,144
20%	0,124	0,138	0,143	0,148	0,131	0,124	0,07	0,065	0,062	0,066	0,117	0,125
30%	0,096	0,124	0,126	0,133	0,109	0,085	0,061	0,048	0,046	0,049	0,087	0,098
40%	0,071	0,098	0,105	0,119	0,093	0,066	0,047	0,040	0,037	0,041	0,067	0,082
50%	0,066	0,084	0,091	0,096	0,069	0,057	0,040	0,034	0,031	0,035	0,053	0,067
60%	0,052	0,068	0,069	0,070	0,064	0,046	0,036	0,032	0,028	0,030	0,042	0,060
70%	0,045	0,06	0,061	0,065	0,050	0,039	0,032	0,029	0,026	0,027	0,037	0,046
80%	0,038	0,044	0,045	0,049	0,043	0,033	0,029	0,026	0,024	0,025	0,030	0,040
90%	0,032	0,033	0,034	0,038	0,036	0,026	0,025	0,024	0,022	0,023	0,025	0,033
100%	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,014	0,014	0,007	0,007	0,007	0,014	0,021

Tabel 9. FDC bulanan Way Gunung Lanang

Probabilitas	Debit (m ³ /det)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
10%	0,093	0,097	0,098	0,102	0,102	0,096	0,074	0,061	0,055	0,062	0,09	0,094
20%	0,08	0,09	0,093	0,096	0,085	0,08	0,045	0,042	0,040	0,043	0,076	0,081
30%	0,062	0,08	0,082	0,086	0,071	0,055	0,04	0,031	0,030	0,032	0,056	0,063
40%	0,046	0,064	0,068	0,077	0,061	0,043	0,030	0,026	0,024	0,027	0,043	0,053
50%	0,043	0,054	0,059	0,062	0,045	0,037	0,026	0,022	0,020	0,023	0,034	0,044
60%	0,034	0,044	0,044	0,046	0,042	0,03	0,023	0,020	0,018	0,020	0,027	0,039
70%	0,029	0,039	0,039	0,042	0,032	0,025	0,021	0,019	0,017	0,018	0,024	0,030
80%	0,025	0,029	0,029	0,032	0,028	0,022	0,019	0,017	0,015	0,016	0,019	0,026
90%	0,021	0,021	0,022	0,025	0,023	0,017	0,016	0,015	0,014	0,015	0,016	0,021
100%	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,009	0,009	0,005	0,005	0,005	0,009	0,014

Pemilihan tipe turbin sangat ditentukan oleh debit sungai dan beda tinggi. Menurut ESHA (1998) untuk debit sungai yang rendah dengan Q minimum 0,2 m³/detik dan beda tinggi minimum 3 m dapat digunakan turbin tipe *crossflow*. Dalam pelaksanaan di lapangan jika debit tidak mencapai syarat debit minimum sedangkan beda tinggi minimum terpenuhi, maka turbin tipe *crossflow* tetap dapat dipakai.

Prediksi daya listrik yang dihasilkan oleh sungai Way Hantatai di Pekon Gunung Ratu relatif besar dibandingkan kedua sungai lainnya, sehingga pada sungai Way Hantatai layak dibangun PLTMH. Namun prediksi daya listrik yang relatif kecil yang dihasilkan dari sungai Way Sekandak dan Way Gunung Lanang tidak akan menyurutkan niat warga untuk membangun PLTMH di sana. Tidak adanya aliran listrik dari PLN dan ketersediaan aliran sungai sepanjang tahun menyebabkan warga Suoh menantikan pembangunan PLTMH.

Dalam rangka pemeliharaan PLTMH diperlukan informasi tentang waktu-waktu dimana debit air di sungai kurang dari debit rencana, sehingga daya listrik yang dihasilkan pun menjadi kurang. FDC bulanan untuk sungai Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang masing-masing disajikan pada **Tabel 7**, **Tabel 8** dan **Tabel 9**. Pada ketiga sungai tersebut yaitu sungai Way Hantatai, Way Sekandak dan Way Gunung Lanang pada bulan-bulan Juli, Agustus, September dan Oktober debit air sungai tergolong rendah. Oleh karena itu pada bulan-bulan tersebut perlu dilakukan pengaturan tentang pemakaian listrik oleh warga.

4. Kesimpulan

1. Karakteristik DAS maupun sifat hidrologi DAS Way Besai dan DAS Way Semaka yang dikaji melalui karakteristik hujan, tata guna lahan serta kerapatan jaringan sungai, menunjukkan kemiripan antara kedua DAS tersebut. Berdasarkan kemiripan

karakteristik kedua DAS tersebut, maka digunakan Metode Regionalisasi dengan menggunakan perbandingan luas untuk melakukan perkiraan debit Way Semaka, Way Hantatai, Way Sekanda dan Way Gunung Lanang.

2. Perhitungan debit dengan menggunakan metode FDC hasilnya mendekati perhitungan debit dengan pengukuran di lapangan. Hal ini membuktikan bahwa metode FDC dapat digunakan untuk perhitungan debit dalam penelitian ini.
3. Hasil perhitungan debit andalan $Q_{80\%}$ - $Q_{93\%}$ metode FDC mendekati debit terhitung berdasarkan hasil pengukuran untuk sungai Way Hantatai, Way Sekanda dan Way Gunung Lanang yang dilakukan di bulan September yang dikategorikan sebagai akhir musim kemarau. Sedangkan debit terhitung hasil pengukuran di Way Semaka mendekati debit andalan 70% karena pengukuran dilakukan di bulan November yaitu di saat yang lebih basah daripada pengukuran di ketiga sungai tersebut.
4. Hasil perhitungan dari daya listrik dengan $Q_{50\%}$ dan efisiensi 60% - 90% diperkirakan dapat menghasilkan daya listrik dari sungai Way Hantatai sebesar 10,17 KW - 15,26 KW, dari sungai Way Sekanda sebesar 2,75 KW - 4,12 KW dan dari sungai Way Gunung Lanang sebesar 1,81 KW - 2,71 KW. Oleh karena itu, sungai Way Hantatai, Way Sekanda dan Way Gunung Lanang mempunyai potensi untuk dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Daftar Pustaka

- Abdulsalam, R., Binilang, A. dan Halim, F., 2014, Analisis Potensi Sungai Atep Oki Serta Desain Dasar Bangunan Sipil untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 2 No.5, hal. 225-232.
- Alfiyan, A., Hermawan, dan Purnaweni, H., 2012, *Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan PLTMH Di Desa Depok Kecamatan Lebakbarang Kabupaten Pekalongan*, Prosiding Semarang: Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, hal.74-76, 11 September.
- Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung (BBWS-MS), 2012, *Data Hujan DAS Way Besai*.
- Bloschl, G. dan Sivapalan, M., 1995, *Scale Issues In Hydrological Modelling: A Review*, Hydrological Processes, Vol. 9, hal. 251-290.
- Desmiwarman dan Yandri, V.R., 2015, Pemilihan Tipe Generator yang Cocok untuk PLTMH Guo, Kecamatan Kuranji, Padang, *Jurnal Teknik Elektro ITP*, Vol 4, No 1, hal. 25-28.
- Dinas Pengairan dan Pemukiman Provinsi Lampung, 2012, *Data Hujan DAS Way Semaka*
- European Small Hydropower Association (ESHA), 1998, *Layman's Guidebook on How to Develop A Small Hydro Site*, Directorate General for Energy (DG XVII), Brussel.
- Gunawan, G. dan Santoso, D.E.B., 2011, *Studi Potensi Tenaga Air sebagai Energi Primer Pembangkit Mikro Hidro di Kabupaten Pekalongan*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2, Semarang, 15 Juni, hal. A30-A.34.
- Kaunda, C.S., Kimambo, C.Z. dan Nielsen, T.K., 2014, A Numerical Investigation of Flow Profile and Performance of A Low Cost Cross-flow Turbine, *International Journal of Energy and Environment*, Vol.5 No.3, hal.275-296.
- Parajka, J., Merz, R., Bloschl, G., 2005, *A Comparison of Regionalisation Methods for Catchment Model Parameters*, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, Copernicus Publications, Vol. 9, No.3, hal. 157-171.
- Pemprov Lampung, 2010, *Peraturan Daerah Provinsi Lampung Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Lampung Tahun 2009 Sampai dengan Tahun 2029*, Bandar Lampung: Sekretariat Daerah Provinsi Lampung.
- Post, D.A. dan Jakeman, A.J., 1999, Predicting The Daily Streamflow of Ungauged Catchments in S.E. Australia by Regionalising The Parameters of A Lumped Conceptual Rainfall-Runoff Model, *Ecological Modelling*, Vol. 123, hal. 91-104.
- Prayogo, E. 2003. *Teknologi Mikrohidro dalam Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Menunjang Pembangunan Pedesaan*. Makasar: Semiloka Produk-produk Penelitian Departemen Kimpraswil.
- Rompas, P.T.D., 2011, Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow, *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 16, No. 2, hal. 160-171.

- Sivapalan, M., Jothityangkoon, C. dan Menabde, M., 2002, Linearity and Nonlinearity of Basin Response as A Function of Scale: Discussion of Alternative Definitions, *Water Resources Research*, Vol. 38, No. 2, hal. 1-5.
- Smakhtin, V.U., 2001, Low Flow Hydrology: A Review, *Journal of Hydrology*, Vol. 240, hal. 147-186.
- Sosrodarsono, S., 1999, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: PT. Pertja.
- Sugiri, A., Burhanuddin, H. dan Trinando, E., 2013, Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Sungai Arter Desa Hurun Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Lampung, *Jurnal Mechanical*, Vol. 4, No. 2, hal. 32-37.
- Sutikno, P. dan Adam, I.K., 2011, Design, Simulation and Experimental of The Very Low Head Turbine with Minimum Pressure and Free Vortex Criteria, *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering*, Vol.11 No.1, hal. 9 – 16.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Winarno, D.J., 2013, *Hydrometry of Way Semaka and Semung*, unpublished report.
- Zhang, Z., Wagener, T., Reed, P. dan Bhushan, R., 2008, Reducing Uncertainty in Predictions in Ungauged Basins by Combining Hydrologic Indices Regionalization and Multiobjective Optimization, *Water Resources Research*, Vol. 44, 1-13.