



Kajian kapasitas daya pembangkit listrik tenaga air melalui pendekatan debit rencana metode rasional di sub-DAS Lawe Sempali, Provinsi Aceh

Study of hydroelectric power capacity using the rational method in the Lawe Sempali sub-watershed, Aceh Province

Devianti^a, Ramayanty Bulan^a, Purwana Satriyo^a, Dewi Sartika^b, Agustami Sitorus^c

^a Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 23111, Indonesia [+62 81360280162]

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, 43155, Indonesia

^c Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 41211, Indonesia

Article Info:

Received: 28 - 02 - 2020

Accepted: 01 - 06 - 2020

Keywords:

Energy, power, rainfall, river, slope

Corresponding Author:

Purwana Satriyo
Jurusan Teknik Pertanian,
Fakultas Pertanian, Universitas
Syiah Kuala;
Tel. +6281360280162
Email:
purwana23@gmail.com

Abstract. *Nowadays, electricity is a basic human need that must be available. Therefore, efforts to obtain electrical energy from renewable natural resources continue to be explored, especially water energy from watersheds and sub-watersheds. Aceh Province is a relatively widely available area of watersheds and sub-watersheds. The study aimed to analyze and categorize the potential of electric power generated by the Lawe Sempali sub-watershed, Aceh province, as a source of a hydroelectric power plant. The method used in this research was the study of literature and field studies. The rainfall analysis of the ten year return period plan was carried out with four approaches, namely (i) normal distribution method (ii) normal log distribution method, (iii) Gumbel distribution method, and (iv) Pearson III log distribution method. Discharge plans that occur were analyzed using the rational method. The categorization of the power capacity of hydroelectric power plant is based on the capacity that can be produced by the sub-watershed. The results of this study were to report that the Lawe Sempali Sub-watershed has the potential to be a source of hydroelectric power generation in the category of micro-hydro and or small-hydro power plant. The capacity of electric power generated with planned discharge in the shortest return period (2 years) is a minimum of 23.65 KW (head 2 m) and a maximum of 2368.31 KW (head 100 m).*

How to cite (CSE Style 8th Edition):

Devianti, Bulan R, Satriyo P, Sartika D, Sitorus A. 2020. Kajian kapasitas daya pembangkit listrik tenaga air melalui pendekatan debit rencana metode rasional di sub-DAS Lawe Sempali, Provinsi Aceh. *JPSL* 10(2): 307-319. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.2.307-319>.

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman menyebabkan kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Saat ini, sumber energi listrik yang secara luas digunakan berasal dari energi berbahan bakar fosil dan sumber energi terbarukan seperti energi air, energi angin dan energi panas matahari (Malhotra, 2020; Tallaksen *et al.*, 2020; Gielen *et al.*, 2019). Keberadaan sumber energi terbarukan utamanya dari energi air dan panas matahari sangat melimpah di Indonesia. Kondisi geografi Provinsi Aceh yang berbukit-bukit juga sangat mendukung untuk terciptanya pemanfaatan energi terbarukan dari energi air. Sejumlah daerah aliran sungai (DAS) maupun sub-DAS

membentang dari selatan hingga ke utara di Provinsi Aceh. Oleh karena itu, potensi pemanfaatan DAS dan sub-DAS tersebut penting untuk dikaji secara mendalam.

Pemanfaatan DAS saat ini hanya disiapkan sebagai lahan pertanian dan hutan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa DAS dan sub-DAS dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian (Mubarokah *et al.*, 2020; Nugroho *et al.*, 2018; Rotinsulu *et al.*, 2018) dengan penjagaan lingkungan yang sangat ketat. Hal ini bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan dari alih fungsi lahan di dalam DAS dan sub-DAS tersebut. Namun, tinjauan pemanfaatan DAS dan sub-DAS untuk keperluan sumber pembangkit listrik masih belum banyak dilakukan, terutama untuk DAS dan sub-DAS di Provinsi Aceh. Sementara itu, DAS dan sub-DAS di Provinsi Aceh sangat banyak jumlahnya yang berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat disekitar daerah tersebut.

Kajian pemanfaatan DAS dan sub-DAS diantaranya yang telah dilakukan oleh Indra *et al.* (2012) di Sungai Munte dan Rompas (2011) di DAS Ongkak Mongondow. Indra *et al.* (2012) melakukan analisis debit sungai untuk kebutuhan pembangkit listrik melalui pendekatan Metode Mock dan Nreca dengan data curah hujan 10 tahun. Berdasarkan analisis tersebut, Sungai Munte berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan potensi daya sebesar 5.32 MW. Namun, kedua metode yang digunakan berfokus pada konsep kesetimbangan jumlah air saja. Berbeda dengan hasil penelitian Rompas (2011) yang melakukan pengukuran langsung di DAS Ongkak Mongondow untuk memperkirakan debit pembangkit listrik tersebut. Kegiatan ini membutuhkan dan menghabiskan banyak tenaga, waktu dan biaya karena semua data lapangan diukur secara langsung walaupun hasil penelitian kemungkinan mempunyai akurasi yang tinggi. Penelitian ini melaporkan bahwa energi listrik yang dapat dihasilkan adalah sebesar 19.5 KW. Metode lainnya yang tidak langsung menduga debit DAS namun masih mempunyai akurasi yang handal diantaranya adalah metode rasional (Palar *et al.*, 2013; Rapar *et al.*, 2014; Yusup dan Handayani, 2020) dan Metode Der Weduwen (Lestari, 2016; Chairani *et al.*, 2014). Perbedaan kedua metode ini adalah dalam analisis perhitungan intensitas hujan.

Ketersediaan kajian potensi pemanfaatan sub-DAS menjadi sumber pembangkit listrik di Provinsi Aceh penting diselidiki secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan potensi kapasitas daya pembangkit listrik tenaga air dari sub-DAS Lawe Sempali, Provinsi Aceh melalui pendekatan debit rasional. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya pendayagunaan sub-DAS Lawe Sempali oleh Provinsi Aceh sebagai sumber pembangkit listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakatnya terutama yang tinggal disekitar sub-DAS tersebut. Metode rasional dipilih dan digunakan untuk dapat menduga debit yang dihasilkan sub-DAS tersebut untuk memfokuskan hasil kajian penelitian ini.

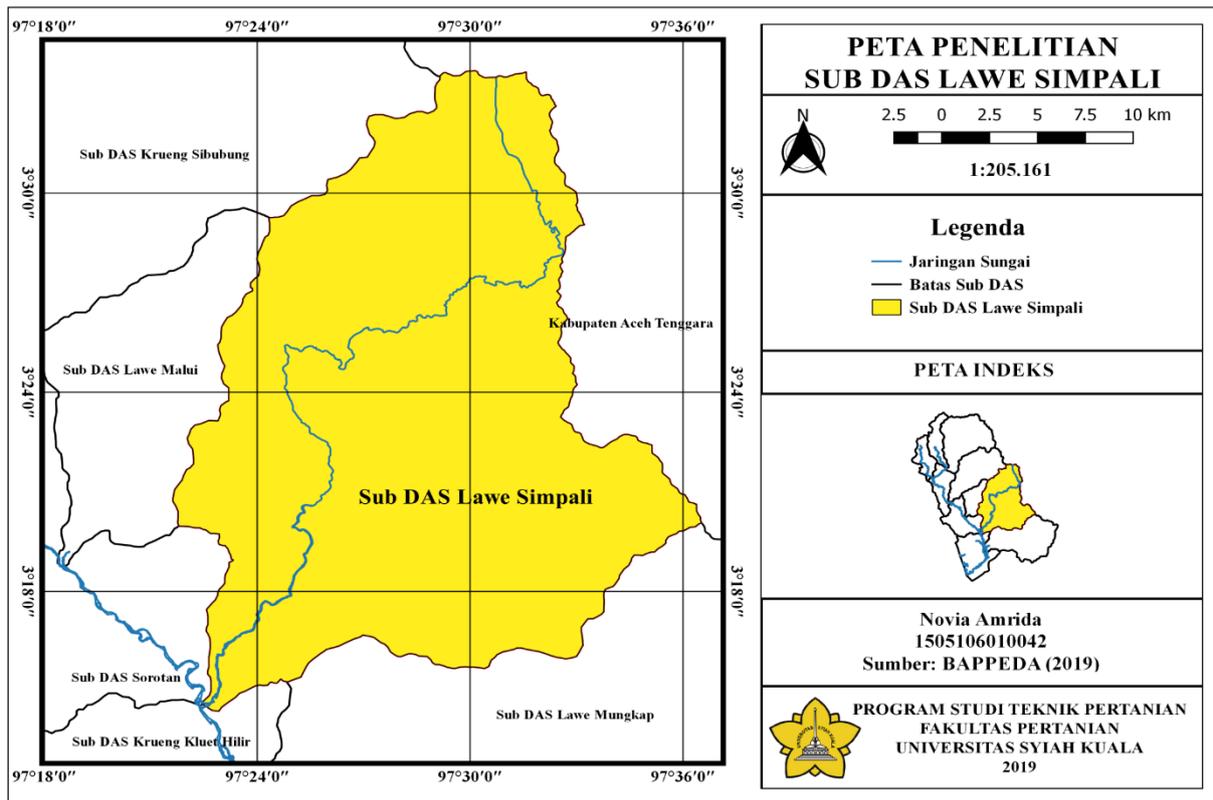
METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

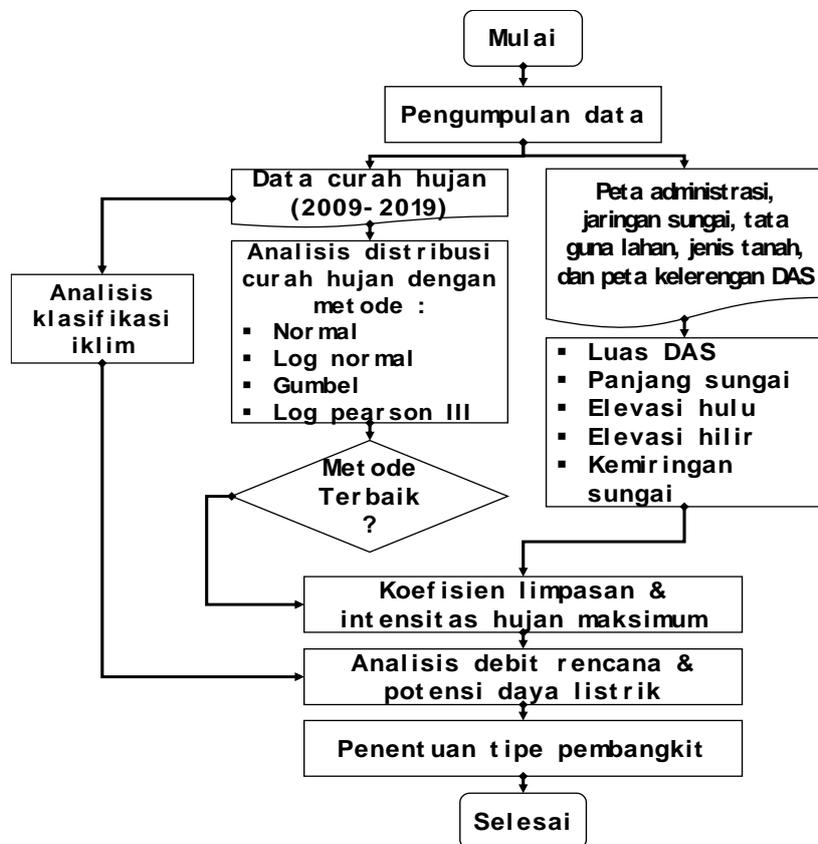
Sub-DAS Lawe Sempali merupakan salah satu sub-DAS yang terdapat di DAS Kluet Kabupaten Aceh Selatan. Sub-DAS Lawe Sempali terletak pada 3°34'12"-3°14'24" Lintang Utara dan 97°21'36"-97°36'36" Bujur Timur dengan luas 57742.19 ha, panjang 63.80 km dan kemiringan sungai 0.19%. Sub-DAS Lawe Sempali terletak di dua kecamatan yaitu Kecamatan Kluet Timur dan Kluet Tengah. Peta sub-DAS Lawe Sempali disajikan pada Gambar 1.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, studi lapangan dan melakukan analisis data. Data terkait peta administrasi, jaringan sungai, peta kelerengan lahan, jenis tanah dan data curah hujan dikumpulkan dari berbagai dinas terkait yang terdapat di Kabupaten Aceh Selatan dan Provinsi Aceh. Prosedur penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1 Peta Sub-DAS Lawe Simpali Kabupaten Aceh Selatan, Provinsi Aceh



Gambar 2 Diagram alir penelitian

Metode Analisis Data

Analisis Klasifikasi Iklim

Tipe iklim di suatu daerah dapat diketahui dengan menganalisis curah hujan yang terjadi. Salah satu yang umum digunakan adalah klasifikasi yang ditemukan oleh Schmidt-Ferguson (Adi *et al.*, 2017). Metode tersebut menggunakan perbandingan bulan kering dan bulan basah untuk mengklasifikasikan iklim di suatu daerah tersebut (Persamaan 1). Bulan basah ditandai dengan curah hujan lebih besar dari 100 mm per bulan. Bulan lembap ditandai dengan curah hujan antara 60 mm hingga 100 mm per bulan. Bulan kering ditandai dengan jumlah curah hujan lebih kecil dari 60 mm per bulan. Selanjutnya, menggunakan Tabel 1 sebagai kriteria penentuan iklim yang ditemukan oleh Schmidt-Ferguson.

$$C_L = \frac{N_{MW}}{N_{MD}} \times 100\% \tag{1}$$

Dimana, C_L -perbandingan bulan kering dan bulan basah (%), N_{MW} -jumlah bulan basah, N_{MD} -jumlah bulan kering.

Tabel 1 Klasifikasi iklim berdasarkan Metode Schmidt-Ferguson

Golongan	Nilai C_L (%)	Kriteria
A	$0 < C_L < 14.3$	Sangat basah
B	$14.3 < C_L < 33.3$	Basah
C	$33.3 < C_L < 60$	Agak basah
D	$60 < C_L < 100$	Sedang
E	$100 < C_L < 167$	Agak kering
F	$167 < C_L < 300$	Kering
G	$300 < C_L < 700$	Sangat kering
H	$C_L < 700$	Luar biasa kering

Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Perhitungan intensitas hujan pada debit rencana metode rasional dibangun dari data curah hujan berdasarkan periode ulang. Analisis frekuensi curah hujan rencana dilakukan dengan empat metode yaitu metode (i) distribusi normal, (ii) metode distribusi log normal, (iii) metode distribusi Gumbel dan (iv) distribusi log Pearson III. Analisis frekuensi curah hujan rencana dengan metode distribusi normal dihitung menggunakan Persamaan 2. Analisis frekuensi curah hujan rencana dengan metode distribusi log normal dihitung menggunakan Persamaan 3. Analisis frekuensi curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel dihitung menggunakan Persamaan 4. Analisis frekuensi curah hujan rencana dengan metode distribusi log Pearson III dihitung menggunakan Persamaan 5. Selanjutnya jenis sebaran curah hujan tersebut dianalisis rata-rata, standar deviasi, koefisien *skewness*, koefisien kurtosis dan koefisien variasi.

$$X_{TR} = \bar{X} + (K_{TR} \cdot S_X) \tag{2}$$

$$\text{Log}(X_{TR}) = \text{Log}(\bar{X}) + (K_{TR} \cdot S_{\text{Log}X}) \tag{3}$$

$$X_{TR} = \bar{X} + (K \cdot S_X) \tag{4}$$

$$\text{Log}(X_{TR}) = \text{Log}(\bar{X}) + \left(K_{TR} \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(X_i)}{n} \right] \right) \tag{5}$$

Dimana, X_{TR} -besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun, \bar{X} -rerata curah hujan (mm), K_{TR} -variabel reduksi Gauss, S_X -simpangan baku, S_{LogX} -log simpangan baku, K -faktor frekuensi Gumbel.

Analisis Debit Rencana Metode Rasional

Analisis debit rencana metode rasional dipengaruhi oleh parameter seperti kemiringan sungai, waktu konsentrasi curah hujan, intensitas hujan dan koefisien aliran permukaan. Kemiringan sungai dapat dihitung menggunakan Persamaan 6 (Hasanuddin *et al.*, 2019). Waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 7 (Harjono dan Widhiastuti, 2019). Intensitas curah hujan dihitung menggunakan Persamaan 8 (Sitepu *et al.*, 2017). Nilai koefisien aliran permukaan dapat dihitung menggunakan Persamaan 9 (Setiawan *et al.*, 2017). Debit rencana metode rasional dapat dihitung menggunakan Persamaan 10 (Kemp *et al.*, 2018; Palar *et al.*, 2013; Rapar *et al.*, 2014). Selanjutnya, debit puncak digunakan untuk menghitung intensitas hujan menggunakan data lamanya hujan selama 24 jam.

$$S = \frac{E_1 - E_2}{L} \times 100\% \tag{6}$$

$$T_C = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \tag{7}$$

$$I = \left(\frac{X_{TR}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{T_C} \right)^{2/3} \tag{8}$$

$$C = \frac{(C_1 \times A_1) + (C_2 \times A_2) + (C_3 \times A_3) + \dots + (C_n \times A_n)}{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)} \tag{9}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \tag{10}$$

Dimana, S -kemiringan sungai (%), E_1 -elevasi tertinggi pada sungai utama, E_2 -elevasi terendah pada sungai utama, L -panjang sungai (Km), T_C -waktu konsentrasi (jam), X_{TR} -besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun, C -koefisien aliran permukaan, $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ -harga koefisien aliran sesuai penggunaan lahan, A_1, A_2, A_3, \dots (Suripin, 2004; Wulandari, 2008). A_n -luas masing-masing penggunaan lahan, Q -debit banjir rencana (m^3/det), A -luas daerah aliran sungai (Km^2).

Analisis Tipe Pembangkit Listrik

Tipe pembangkit listrik tenaga air dapat ditentukan dengan menghitung potensi daya yang dapat dihasilkan menggunakan Persamaan 11. Tinggi jatuh efektif (*head*) dari pembangkit juga telah dikategorikan dari hasil penelitian Singh (2009) pada Tabel 2. Selanjutnya, klasifikasi tipe pembangkit dapat dikategorikan menggunakan Tabel 3 (Singh 2009).

$$P = Q \times g \times h \times \eta \tag{11}$$

Dimana, P -daya (W), Q -debit rencana (m^3/det), g -gaya gravitasi (m/det^2), h -tinggi jatuh efektif (m), η -efisiensi pembangkit listrik tenaga air (0.85).

Tabel 2 Klasifikasi beda tinggi jatuh efektif pembangkit listrik tenaga air

Tipe	Tinggi Jatuh Efektif (<i>head</i>), (m)
Tinggi	100
Sedang	30-100
Rendah	2-30

Tabel 3 Klasifikasi pembangkit listrik berdasarkan besarnya daya yang dihasilkan

Tipe	Kapasitas daya listrik yang dihasilkan (KW)
<i>Large-hydro</i>	>100000.1
<i>Medium-hydro</i>	15000.1-100 000
<i>Small-hydro</i>	1000.1-15 000
<i>Mini-hydro</i>	100.1-1 000
<i>Micro-hydro</i>	5.1-100
<i>Pico-hydro</i>	<5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Wilayah

Menurut data yang dikeluarkan BAPPEDA (2016) Kabupaten Aceh Selatan, sub-DAS Lawe Sempali mempunyai vegetasi yang berbeda-beda. Klasifikasi penggunaan lahan pada kawasan sub-DAS tersebut disajikan pada Tabel 4. Sub-DAS Lawe Sempali terdiri dari kawasan hutan lahan kering sekunder dan primer serta pertanian lahan kering. Hal ini menunjukkan bahwa sub-DAS Lawe Sempali masih mempunyai daya dukung yang baik berdasarkan persentase penggunaan lahan yang tersedia. Menurut data dari BAPPEDA (2016) Kabupaten Aceh Selatan, karakteristik jenis tanah di sub-DAS Lawe Sempali berdasarkan pengelompokan *United States of Agriculture* (USDA) terdapat dua ordo yaitu *inceptisol* dan *ultisol* dengan persentase luasan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4 Penggunaan lahan sub-DAS Lawe Sempali

Penggunaan Lahan	Luas Lahan (ha)	Persentase (%)
Hutan lahan kering sekunder dan primer	57570.79	99.70
Pertanian lahan kering	171.38	0.30
Total	57742.17	100

Tabel 5 Jenis tanah sub-DAS Lawe Sempali berdasarkan USDA

Jenis Tanah (USDA)	Tekstur	Luas (ha)	Persentase (%)
<i>Inceptisol</i>	Berdebu, Lempung Debu, Lempung	49.22	0.09
<i>Ultisol</i>	Berlempung, Berpasir	57692.95	99.91
Total		57742.17	100

Tabel 6 Klasifikasi lereng sub-DAS Lawe Sempali

Kemiringan (%)	Lereng	Luas (ha)	Persentase (%)
<8	Datar	3337.46	5.78
8-15	Landai	9616.98	16.66
16-25	Agak curam	27845.36	48.22
26-40	Curam	7325.22	12.69
>40	Sangat curam	9617.15	16.66
Total		57742.17	100.00

Wilayah sub-DAS Lawe Sempali memiliki kemiringan lereng yang bervariasi yang terletak pada lahan morfologi landai hingga sangat curam dengan kelompok kelerengan disajikan pada Tabel 6 (BAPPEDA, 2016). Lahan dengan kemiringan lahan 0% hingga 8%, pada umumnya digunakan sebagai lahan pertanian dan kegiatan budidaya jangka pendek oleh petani disekitar sub-DAS Lawe Sempali. Lahan dengan kemiringan 16% hingga 25% di sub-DAS lawe Sempali merupakan wilayah hutan lahan kering primer. Lahan dengan

kemiringan 26% hingga 40% di sub-DAS lawe Sempali merupakan perbukitan atau wilayah hutan lahan kering primer. Lahan dengan kemiringan lebih dari 40% di sub-DAS Lawe Sempali merupakan kawasan hutan lahan kering sekunder dan primer.

Karakteristik Iklim

Karakteristik iklim setiap bulan dan tahunan di sub-DAS Lawe Sempali disajikan pada masing-masing Tabel 7 dan Tabel 8. Tabel 7 menunjukkan rata-rata perbandingan bulan basah dan bulan kering di sub-DAS Lawe Sempali pada bulan oktober cenderung lebih rendah dibandingkan dengan pada bulan Juni dan bulan Agustus dimana pada bulan-bulan tersebut cenderung beriklim lebih kering. Bulan Oktober merupakan periode basah dimana jumlah curah hujan tinggi. Selanjutnya pada bulan Januari, Februari dan September jumlah curah hujan semakin berkurang. Kriteria iklim per tahun terendah (kategori basah) terjadi pada 2010 dengan curah hujan rata-rata bulanan mencapai 102.58 mm. Namun, pada tahun 2013 yaitu terjadinya kemarau dengan iklim yang sangat kering dengan jumlah curah hujan rata-rata bulanan hanya mencapai 81.50 mm. Iklim digunakan untuk menganalisis dampak perubahan ketersediaan air di sub-DAS Lawe Sempali yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kestabilan produksi listrik. Disamping itu, perubahan tata guna lahan juga memberikan kontribusi terhadap parameter hidrologi di suatu DAS.

Tabel 7 Kriteria iklim per bulan

Bulan	Perbandingan Bulan Kering dan Bulan Basah (%)	Kriteria
Januari	67	Sedang
Febuari	75	Sedang
Maret	150	Agak kering
April	50	Agak basah
Mei	100	Agak kering
Juni	600	Sangat kering
Juli	250	Kering
Agustus	300	Sangat kering
September	75	Sedang
Oktober	20	Basah
November	40	Agak basah
Desember	40	Agak basah

Tabel 8 Kriteria iklim per tahun

Tahun	Perbandingan Bulan Kering dan Bulan Basah (%)	Kriteria
2009	100	Sedang
2010	25	Basah
2011	150	Agak kering
2012	67	Sedang
2013	350	Sangat kering
2014	100	Sedang
2015	60	Agak basah
2016	133	Agak kering
2017	43	Agak basah
2018	83	Sedang

Curah Hujan Rencana

Sifat statistik dari distribusi frekuensi curah hujan pada metode normal dan Gumbel yang terdapat di sub-DAS Lawe Sempali disajikan pada Tabel 9. Curah hujan rata-rata selama 10 tahun adalah sebesar 225.30 mm. Standar deviasi dari data curah hujan 10 tahun tersebut adalah sebesar 60.8259. Koefisien kemencengan, koefisien kurtosis dan koefisien variasi data curah hujan 10 tahun menggunakan metode normal dan Gumbel tersebut masing-masing adalah 0.8952, 7.6554, dan 0.270. Disamping itu, sifat statistik dari distribusi frekuensi curah hujan pada metode log normal dan log Pearson III yang terdapat di sub-DAS Lawe Sempali disajikan pada Tabel 10. Rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan distribusi curah hujan metode log normal dan log pearson III masing-masing adalah 2.3393 mm, 0.1125 dan 0.4093.

Tabel 9 Parameter statistik distribusi frekuensi curah hujan dari metode normal dan Gumbel

Tahun	Curah Hujan, X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2009	208	299.29	-5177.72	89574.50
2010	249	561.69	13312.05	315495.66
2011	149	5821.69	-444194.95	33892074.46
2012	200	640.09	-16194.28	409715.21
2013	350	15550.09	1939096.22	241805299.01
2014	274	2371.69	115501.30	5624913.46
2015	170	3058.09	-169112.38	9351914.45
2016	195	918.09	-27818.13	842889.25
2017	184	1705.69	-70445.00	230185377.89
2018	274	2371.69	115501.30	5624913.46
Jumlah	2253	33298.10	1450468.44	528142167.33

Tabel 10 Parameter statistik distribusi frekuensi curah hujan dari metode log normal dan log Pearson III

Tahun	Log X_i (mm)	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$
2009	2.32	0.00045	-0.00001	0.00000
2010	2.40	0.00323	0.00018	0.00001
2011	2.17	0.02761	-0.00459	0.00076
2012	2.30	0.00147	-0.00006	0.00000
2013	2.54	0.04192	0.00858	0.00176
2014	2.44	0.00969	0.00095	0.00009
2015	2.23	0.01186	-0.00129	0.00014
2016	2.29	0.00243	-0.00012	0.00001
2017	2.26	0.00555	-0.00041	0.00003
2018	2.44	0.00969	0.00095	0.00009
Jumlah	23.39	0.11390	0.00418	0.00289

Tabel 11 Penentuan distribusi frekuensi curah hujan

Metode Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$C_s = 0$	$C_s = 0.8952$	Tidak memenuhi
Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^2 = 0.8325$	$C_s = (3 \times 0.0481) + 0.0481^2 = 0.1466$	Tidak memenuhi
Log Pearson III	$C_s \approx 0; 0 \leq C_s \leq 0.9$	$C_s = 0.4093$	Memenuhi
Gumbel	$C_s = 1.1369; C_k = 5.4002$	$C_s = 0.8952; C_k = 7.6554$	Tidak memenuhi

Hasil lebih lanjut dari Tabel 9 dan Tabel 10 yang memenuhi kriteria jenis distribusi curah hujan disajikan pada Tabel 11. Jenis distribusi log Pearson III lebih sesuai dalam memenuhi syarat distribusi curah hujan selama 10 tahun di sub-DAS Lawe Sempali untuk melakukan perhitungan curah hujan rencana. Selanjutnya, curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang hingga 100 tahun lebih tepat menggunakan metode distribusi log Pearson III.

Tabel 12 menunjukkan bahwa curah hujan harian maksimum tertinggi terjadi pada periode ulang 100 tahun sebesar 430.03 mm. Curah hujan harian maksimum rencana terendah terjadi pada periode ulang 2 tahun sebesar 214.73 mm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama periode ulang yang diambil maka curah hujan rencananya akan semakin tinggi dan begitu pula sebaliknya. Berbanding terbalik dengan kemungkinan terjadinya curah hujan rencana dimana semakin lama periode ulangannya akan semakin kecil kemungkinan terjadinya. Hasil ini sejalan dengan penelitian Palar *et al.* (2013) yang menemukan pola yang sama untuk curah hujan rencana di DAS Tikala.

Tabel 12 Curah hujan rencana periode ulang 100 tahun dengan metode log Pearson III

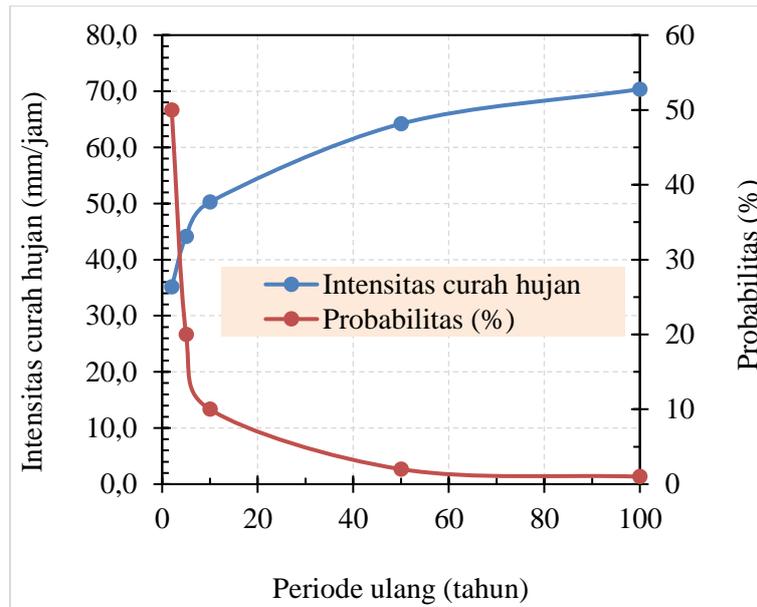
Periode Ulang (Tahun)	Faktor Frekuensi, K_r	Log Curah Hujan Rencana	Curah Hujan Rencana (mm), X_{tr}	Probabilitas (%)
2	-0.07	2.33	214.73	50
5	0.82	2.43	269.84	20
10	1.32	2.49	307.26	20
50	2.26	2.59	392.37	5
100	2.62	2.63	430.03	1

Waktu Konsentrasi dan Intensitas Curah Hujan

Panjang sungai hasil analisis adalah sebesar 63.8 km. Kemiringan sungai dari elevasi hulu tertinggi hingga elevasi hilir terendah adalah sebesar 0.19%. Oleh karena itu, waktu konsentrasi curah hujan (periode ulang 2, 5, 10, 50 dan 100 tahun) mengalir dari hulu sungai sampai ke tempat keluaran sub-DAS adalah sebesar 3.08 jam. Hasil analisis intensitas hujan rencana dengan probabilitasnya disajikan pada Gambar 3. Grafik ini selanjutnya yang digunakan untuk menghitung nilai debit rencana dengan menggunakan metode rasional. Lengkungan grafik pada Gambar 3 sesuai dengan hasil penelitian Suyono dan Takeda (2003) yang merupakan titik utama dalam menentukan intensitas curah hujan rata-rata metode rasional dalam waktu konsentrasi yang dipilih. Berdasarkan kurva pada Gambar 3 terlihat bahwa adanya fluktuasi antara periode ulang dan intensitas hujan. Selisih nilai intensitas hujan pada periode 2 tahun dengan periode 5 tahun adalah sebesar 0.26 mm/jam. Perbedaan intensitas hujan pada periode 5 tahun dengan periode 10 tahun adalah sebesar 0.18 mm/jam. Deferensiasi nilai intensitas hujan pada periode 10 tahun dengan periode 50 tahun adalah sebesar 0.4 mm/jam dan pada periode 50 tahun dengan periode 100 tahun adalah sebesar 0.18 mm/jam.

Koefisien Limpasan sub-DAS Lawe Sempali

Koefisien limpasan merupakan angka yang secara empiris dihitung berdasarkan parameter DAS yaitu berupa tutupan lahan, tekstur tanah dan kemiringan lereng yang didapatkan melalui *overlay* peta tutupan lahan, tekstur tanah dan kemiringan lereng sehingga didapatkan satuan penggunaan lahan (Shaw dan Walter, 2009; Gajbhiye *et al.*, 2014; Haan dan Allen, 1972). Nilai koefisien limpasan tertimbang pada sub-DAS Lawe Sempali diperoleh dari Tabel 13 yaitu sebesar 0.25. Hal itu menunjukkan bahwa air yang terlimpas di kawasan sub-DAS Lawe Sempali adalah sebesar 25% dan 75% tersimpan kedalam tanah. Hasil analisis ini membuktikan bahwa Sub-DAS Lawe Sempali dinyatakan dalam kondisi fisik yang baik karena air hujan yang turun akan melimpas kepermukaan yang kemudian akan mengalir menuju daerah hilir. Penilaian ini juga sesuai dengan laporan penelitian Kodoatie dan Sjarief (2005) yang menyatakan bahwa angka koefisien aliran permukaan itu merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS.



Gambar 3 Kurva *intensity duration frequency*

Tabel 13 Analisis koefisien limpasan dan luasannya

Tutupan Lahan	Tekstur Tanah	Kemiringan (%)	Lereng	Koefisien Limpasan, C	Luas, A (Ha)	$C \times A$
Hutan lahan kering primer	Berlempung, berpasir	26-40	Curam	0.91	56167.23	14041.81
Pertanian lahan kering	Berdebu, lempung debu, lempung	8-15	Landai	0.25	19.64	17.874
Pertanian lahan kering	Berlempung, berpasir	8-15	Landai	0.72	151.76	109.27
Hutan lahan kering sekunder	Berlempung, berpasir	>40	Sangat Curam	0.25	1373.98	343.49
Hutan lahan kering sekunder	Berdebu, lempung debu, lempung	8-15	Landai	0.25	29.59	7.40
Jumlah				2.38	57742.19	14519.84
Nilai koefisien limpasan, C					0.25	

Debit Rencana Metode Rasional

Hasil analisis debit rencana metode rasional sub-DAS Sempali disajikan pada Tabel 14. Perbedaan nilai debit rencana pada periode ulang 2 tahun dengan periode ulang 5 tahun adalah sebesar 364.01 m³/det. Debit rencana tersebut mempunyai selisih sebesar 246.96 m³/det antara periode ulang 5 tahun dengan periode ulang 10 tahun. Periode ulang selanjutnya, debit rencana mempunyai deferensiasi sebesar 562.10 m³/det dan diakhir periode ulang 100 tahun terdapat simpangan debit rencana sebesar 248.84 m³/det. Nilai ini diperoleh dengan asumsi bahwa nilai koefisien limpasan tidak mengalami perubahan luas tutupan lahan selama 100 tahun.

Tabel 14 juga menyajikan prediksi kemungkinan terjadinya debit rencana maksimum tersebut. Probabilitas kejadian debit maksimum sebanyak satu kali sebesar 1418.30 m³/det dalam periode 2 tahun adalah sebesar 50% terjadi. Probabilitas kejadian debit maksimum sebanyak satu kali sebesar 1782.31 m³/det dalam periode 5 tahun adalah sebesar 20% terjadi. Probabilitas kejadian debit maksimum sebanyak satu kali sebesar

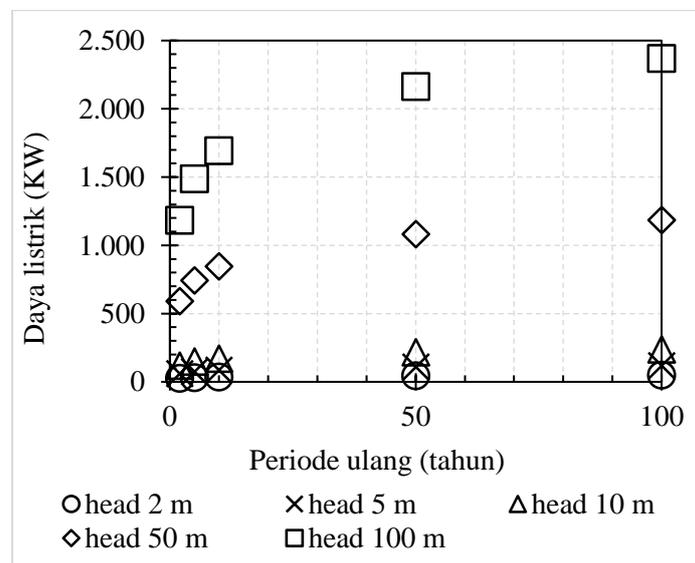
2029.27 m³/det dalam periode 10 tahun adalah sebesar 10% terjadi. Probabilitas kejadian debit maksimum sebanyak satu kali sebesar 2591.37 m³/det dalam periode 50 tahun adalah sebesar 2% terjadi. Probabilitas kejadian debit maksimum sebanyak satu kali sebesar 2840.21 m³/det dalam periode 100 tahun adalah sebesar 1% terjadi. Hal ini menjadi petunjuk untuk menduga potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari sub-DAS Lawe Sempali dimana dengan memperpanjang pendugaan periode ulang maka potensi debit rencana akan meningkatkan dengan kemungkinan terjadinya semakin kecil.

Tabel 14 Debit rencana di sub-DAS Lawe Sempali

Parameter	Periode Ulang				
	2	5	10	50	100
Waktu konsentrasi, T_c (jam)	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
Intensitas hujan, I (mm/Jam)	35.14	44.15	50.27	64.20	70.36
Koefisien limpasan, C	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Debit rencana, Q (m ³ /det)	1418.30	1782.31	2029.27	2591.37	2840.21
Probabilitas (%)	50	20	10	2	1

Potensi Daya Listrik sub-DAS Lawe Sempali

Hasil analisis potensi daya pembangkit listrik di sub-DAS Lawe Sempali (Gambar 4) dengan skenario tinggi jatuh efektif (*head*) 2 meter pada periode ulang terpendek (2 tahun) dan terpanjang (100 tahun) masing-masing adalah sebesar 23.65 KW, 47.37 KW. Potensi daya listrik yang dihasilkan tersebut termasuk dalam kategori pembangkit listrik tenaga *micro-hydro*. Potensi daya pembangkit listrik di sub-DAS Lawe Sempali (Gambar 4) dengan skenario tinggi jatuh efektif (*head*) 100 m pada periode ulang terpendek (2 tahun) dan terpanjang (100 tahun) masing-masing adalah sebesar 1182.65 KW, 2368.31 KW. Potensi daya listrik yang dihasilkan tersebut termasuk dalam kategori pembangkit listrik tenaga *small-hydro*.



Gambar 4 Potensi daya listrik sub-DAS Lawe Sempali

KESIMPULAN

Potensi kapasitas daya pembangkit listrik tenaga air dengan pendekatan debit rencana metode rasional di sub-DAS Lawe Sempali Provinsi Aceh telah dianalisis secara mendalam. Debit air rencana terkecil dan terbesar menggunakan metode rasional yang dapat dihasilkan dari sub-DAS Lawe Sempali ini masing-masing adalah sebesar 1418.30 m³/det (periode ulang 2 tahun), 2840.21 m³/det (periode ulang 100 tahun). Potensi

kapasitas daya listrik yang dapat dibangkitkan dari sub-DAS tersebut termasuk dalam klasifikasi pembangkit listrik tenaga air tipe *micro-hydro* untuk tinggi jatuh efektif (*head*) 2 m dan pembangkit listrik tenaga air tipe *small-hydro* untuk tinggi jatuh efektif (*head*) 100 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam upaya pengumpulan data di lapangan. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim penelaah jurnal yang memberikan saran dan komentar baik hati untuk dapat meningkatkan kualitas dari makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [BAPPEDA] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. 2016. *Penyusunan Rencana Program Investasi Infrastruktur Jangka Menengah (RPJIIJM) Kabupaten Aceh Selatan*. Aceh Selatan (ID): Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Pemerintah Kabupaten Aceh Selatan.
- Adi RF, Sugiarto Y, Arifah A, Arini EY, Atmaja T. 2017. Climate regionalization for main production areas of Indonesia: Case study of West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 54(1): 1-8.
- Chairani S, Ferijal T, Heryanty U. 2014. Runoff prediction using an aggregation hydrology model on Seulimum river sub watershed, Aceh Province, Indonesia. *Aceh International Journal of Science and Technology*. 3: 159-67.
- Gajbhiye S, Mishra SK, Pandey A. 2014. Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: An RS and GIS perspective. *Applied Water Science*. 4: 51-61.
- Gielen D, Boshell F, Saygin D, Bazilian MD, Wagner N, Gorini R. 2019. The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*. 24: 38-50.
- Haan C, Allen DM. 1972. Comparison of multiple regression and principal component regression for predicting water yields in Kentucky. *Water Resources Research*. 8: 1593-96.
- Harjono H, Widhiastuti Y. 2019. Analisa hidrologi dan hidrolika pada daerah aliran sungai (DAS) kali Pacal Bojonegoro. *Rekayasa Sipil*. 13(1): 16-23.
- Hasanuddin L, Lolok A, Balaka R, Aminur A, Samhuddin S, Kadir A. 2019. Analisis potensi daya pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada Sungai Bone di Kecamatan Pasir Putih Kabupaten Muna. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan Inovasi dan Rekayasa*. 304-315.
- Indra Z, Jasin MI, Binilang A, Mamoto JD. 2012. Analisis debit sungai Munte dengan metode Mock dan metode Nreca untuk kebutuhan pembangkit listrik tenaga air. *Jurnal Sipil Statik*. 1: 34-38.
- Kemp DJ, Pezzaniti D, Myers B. 2018. The frederick street catchment in adelaide-a review of the 1960s rational method design and change in drainage standard due to infill development. *Hydrology and Water Resources Symposium (HWRS 2018)*. 429-441
- Kodoatie R, Sjarief R. 2005. *Integrated Water Resources Management*. Yogyakarta (ID): Publisher Andi.
- Lestari US. 2016. Kajian metode empiris untuk menghitung debit banjir Sungai Negara di ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio). *JurnalPOROS TEKNIK*. 8(2): 86-96.
- Malhotra R. 2020. *Fossil Energy*. San Carlos (US): Springer.
- Mubarokah N, Rachman LM, Tarigan SD. 2020. Analisis daya dukung lahan pertanian tanaman pangan daerah aliran Sungai Cibaliung, Provinsi Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(1): 73-80.
- Nugroho SP, Tarigan SD, Hidayat Y. 2018. Analisis perubahan penggunaan lahan dan debit aliran di sub DAS Cicitih. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8(2): 258-263.
- Palar RT, Kawet L, Wuisan EM, Tangkudung H. 2013. Studi perbandingan antara hidrograf SCS (soil conservation service) dan metode rasional pada DAS Tikala. *Jurnal Sipil Statik*. 1(3): 171-76.
- Rapar SME, Mananoma T, Wuisan EM, Binilang A. 2014. Analisis debit banjir Sungai Tondano menggunakan metode HSS Gama I dan HSS Limantara. *Jurnal Sipil Statik*. 2(1): 13-21.

- Rompas PTD. 2011. Analisis pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada daerah aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Penelitian Sainstek.* 16(2): 160-171.
- Rotinsulu W, Walangitan H, Ahmad A. 2018. Analisis perubahan tutupan lahan DAS Tondano, Sulawesi Utara selama periode tahun 2002 dan 2015. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.* 8(2): 161-169.
- Setiawan D, Surendro B, Amin M. 2017. Pengaruh porositas tanah dan persentase luas lahan terhadap koefisien aliran permukaan. *Jurnal Wahana Ilmuwan.* 3(1): 191-200.
- Shaw SB, Walter MT. 2009. Improving runoff risk estimates: Formulating runoff as a bivariate process using the SCS curve number method. *Water Resources Research.* 45: 1-10.
- Singh D. 2009. *Micro Hydro Power Resource Assessment Handbook.* New Delhi (IN): Asian and Pacific centre for transfer of technology of the united nations–Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP).
- Sitepu F, Selintung M, Harianto T. 2017. Pengaruh Intensitas curah hujan dan kemiringan lereng terhadap erosi yang berpotensi longsor. *Jurnal Penelitian Enjiniring.* 21(1): 23-27.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* Yogyakarta (ID): Andi.
- Sosrodarsono S, Takeda K. 2003. *Hidrologi untuk Pengairan.* Jakarta (ID): PT Pradnya Paramita.
- Tallaksen J, Johnston L, Sharpe K, Reese M, Buchanan E. 2020. Reducing life cycle fossil energy and greenhouse gas emissions for Midwest swine production systems. *Journal of Cleaner Production.* 246: 1-11.
- Wulandari P. 2008. Analisis curah hujan untuk pendugaan debit puncak dengan metode rasional pada Das Wampu Kabupaten Langkat [skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Yusup MI, Handayani W. 2020. Stabilitas bangunan penahan sedimen daerah aliran sungai Cikupa-Ciujung hulu (check dam) di daerah aliran sungai Ciliman desa Curug Panjang Kecamatan Cikukur Kabupaten LEBAK. *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE).* 2(1): 55-64.