

ANALISIS POTENSI SUMBERDAYA AIR PADA SUNGAI BATANG PELANGAI GADANG DENGAN METODE MOCK UNTUK KEBUTUHAN PLTA DI KABUPATEN PESISIR SELATAN

Syofyan Z*

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang
Email: syofyanz17@gmail.com

Coressponding *

ABSTRAK

Dalam suatu perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air, faktor penting yang perlu diketahui yaitu besarnya debit bulanan dan debit andalan 80%, serta kondisi topografi daerah pengaliran sungai. Untuk menghitung besarnya debit andalan untuk kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air di Sungai Batang Pelangai Gadang dengan titik tangkapan di Desa Dusun Lubuak Sariak Kampung Tanjung Masjid Nagari Palangai Gadang digunakan Metode Mock. Nilai evapotranspirasi potensial dihitung menggunakan Metode penman. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan tahun 2001 sampai dengan tahun 2015 dari Stasiun Muara Labuh dan Surantih dan data klimatologi dari Stasiun Surantih. Hasil perhitungan yang didapat sebagai berikut: Dengan analisa Metode thienesen didapatkan hanya dua stasiun yang memiliki pengaruh terhadap Daerah Aliran Sungai Batang Pelangai (Muara Labuh 62,32% dan Surantih 37,68%), Luas DAS yang didapat adalah 245,39 km², Potensi Pembangkit 792,16 Kw dengan debit andalan 1,90 m³/det dan debit banjir Rencana 604,27 m³/det, Tinggi jatuh air 42,5m. Berdasarkan hasil analisis dan standar untuk kebutuhan pengembangan diperoleh jenis PLTA yaitu jenis PLTM dengan daya teoritis $P_t = 792,16 \text{ Kw} < 5 \text{ Mw}$.

KATA KUNCI: Sungai Batang Pelangai Gadang, Metode Mock, PLTM

1. PENDAHULUAN

Sumatera Barat dikenal dengan daerah yang memiliki potensi air yang melimpah. Potensi air yang melimpah tersebut akan lebih memiliki banyak manfaat jika pengelolaan sumber daya air dilakukan dengan tepat. Salah satu upaya dalam melakukan pengelolaan sumber daya air adalah dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dalam skala mini ataupun mikro yang merupakan salah satu solusi dalam menghadapi masalah kelistrikan terutama di daerah pedesaan.

Pesisir Selatan merupakan suatu Kabupaten yang ada di wilayah Sumatera Barat. Potensi pesisir dan lautnya juga air dari DAS nya masih alami sehingga sangat berpotensi dijadikan sumber tenaga untuk pembangkit listrik. Ketersediaan listrik di Kabupaten tersebut saat ini belum sepenuhnya optimal sehingga membutuhkan pasokan tenaga listrik agar dapat mendukung laju perkembangan wilayah serta perekonomian di wilayah sekitarnya (Asdak, 2007).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu pembangkit tenaga listrik yang mirip dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) namun skala daya yang dihasilkan $\leq 10 \text{ MW}$ (Dandekar dan Sharma, 1991). Dalam rangka usaha mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak, dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam berupa sungai yang banyak terdapat di daerah Pesisir Selatan, maka perencanaan pembangunan PLTMH di daerah tersebut berpotensi untuk dilaksanakan. Salah satu potensi tenaga air yang dapat dikembangkan adalah pada Batang Pelangai Gadang di Kecamatan Ranah Pesisir. Dengan terealisasinya PLTM ini diharapkan akan membantu penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat Kecamatan Ranah Pesisir Kabupaten Pesisir Selatan. Sebelum melakukan pembangunan fisik berupa konstruksi, maka dianggap penting untuk melakukan analisa hidrologi untuk mendapat besarnya debit andalan dan debit banjir rancangan yang akan digunakan oleh pembangkit (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Menghitung debit andalan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dan (2) Membuat desain awal sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menunjang kebijakan pemerintah dalam usaha konservasi energi (penggunaan energi non-minyak), dan guna peningkatan kesejahteraan masyarakat di kawasan pesisir.

2. TINJAUAN PUSATAKA

Analisis debit sungai Munte untuk kebutuhan pembangkit listrik tenaga air dengan metode Mock dan metode Nreca menghasilkan daya teoritis $P_t = 531.83$ Kw. Nilai yang kecil dari 5 Mw menyatakan bahwa sungai Munte dapat menggunakan PLTM Indra *dkk* (2012). Rompies (2013) melakukan studi untuk mengetahui keandalan debit sungai Kayuwatu Wangko menggunakan metoda Mock dan NRECA. Hasil penelitian menunjukkan adanya potensi debit andalan yang mampu menghasilkan daya terbangkit sebesar 28,224 kW. Daya tersebut dapat direncanakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Rijal (2015) telah melakukan penelitian untuk menganalisis potensi air yang tersedia di anak Sungai Simpang Tigo menggunakan metoda F.J Mock. Hasil analisis sumberdaya air tersedia menunjukkan daya yang dihasilkan PLTMH yang ada saat ini masih bisa ditingkatkan dari daya 17,1 KW menjadi 24,206 KW dengan memanfaatkan debit andalan 60% sebesar 0,282 m³/detik dan head yang digunakan 12,5 m. Daya sebesar ini dibagi rata ke 80 rumah masing-masing rumah mendapatkan 303 Watt untuk memenuhi kebutuhan dasar energi listrik masyarakat.

a. Penman modifikasi

Penman Modifikasi dapat digunakan untuk menganalisis evapotranspirasi sumber daya air. Persamaan yang digunakan pada Penman modifikasi adalah sebagai berikut:

$$ET_0 = c \times [W \times R_n + (1 - w) \times f(u) \times (e_a - e_d)]. \dots\dots\dots 1$$

dimana:

- ET : evapotranspirasi dalam mm/hari.
- c : faktor koreksi akibat keadaan iklim siang dan malam.
- W : faktor bobot tergantung dari temperatur udara dan ketinggian tempat.
- Rn : radiasi netto ekuivalen dengan evaporasi mm/hari
= $R_{ns} - R_{nl}$
- Rns : gelombang pendek radiasi yang masuk.
= $(1 - \alpha) \cdot R_s$
- Rs : $= (1 - \alpha) \cdot (0,25 + n/N) \cdot R_a$
- Ra : ekstra terestrial radiasi matahari.
- Rnl : $f(t) \cdot f(e_a) \cdot f(n/N)$
: gelombang panjang radiasi netto.
- N : lama maksimum penyinaran matahari.
- 1 - w : faktor bobot tergantung pada temperatur udara.
- f(u) : fungsi kecepatan angin
= $0,27 \cdot (1 + u/100)$
- f(e_d) : efek tekanan uap pada radiasi gelombang panjang.
- f(n/N) : efek lama penyinaran matahari pada radiasi gelombang panjang.
- f(t) : efek temperatur pada radiasi gelombang panjang.
- e_a : tekanan uap jenuh tergantung pada temperatur.
- e_d : $e_a \cdot R_h / 100$
- R_e : curah hujan efektif.

b. Metode Mock

Metode Mock dikembangkan oleh Dr. F. J. Mock. Metode Mock digunakan untuk memperkirakan besarnya debit suatu daerah aliran sungai berdasarkan konsep *water balance*. Air hujan yang jatuh (presipitasi) akan mengalami evapotranspirasi sesuai dengan vegetasi yang menutupi daerah tangkapan hujan. Evapotranspirasi pada Metode Mock adalah evapotranspirasi yang dipengaruhi oleh jenis vegetasi, permukaan tanah dan jumlah hari hujan. Metode ini tergantung pada faktor bukaan lahan seperti yang dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor bukaan lahan

Keadaan Tanah	Harga m (%)	
	Akhir Musim Hujan	Musim Kemarau
Hutan lebat dan Sekunder	0	
Daerah Perkebunan	0	
Daerah Tangkapan Tererosi	10 - 40	
Lahan diolah (sawah, dll)	30 - 60	

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 2010

Debit andalan Metode FJ Mock dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_a = (D_{ro} + B_f) \times F \dots\dots\dots 2$$

- $D_{ro} = W_s - I = 0,6 \times W_s$
- $B_f = I - V_n$
- $W_s = R - E_p$
- $E_I = E_t - E$

Dimana,

- Q_a = debit andalan
- D_{ro} = Direct Run off
- B_f = Base flow
- F = Catchment Area
- W_s = Water Surplus
- I = Infiltrasi
- V_n = Penyimpanan Air tanah
- R = Curah hujan
- E_p = Evapotranspirasi potensial

$$E_t = E_p - E$$

$$E = E_p \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n)$$

- n = jumlah hari hujan
- m = tutupan lahan

Kriteria dan asumsi yang diperhitungkan dalam Metode F.J. Mock yaitu:

- a) P = curah hujan bulanan (mm)
 - b) n = *number*, jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan
 - c) E_p = evapotranspirasi potensial (mm/bln)
 - d) m = lahan yang tidak tertutup vegetasi, ditentukan dari peta tata guna lahan sebagai berikut:
 =10 – 40%, untuk lahan yang tererosi
 =10 – 30%, untuk lahan pertanian yang diolah
 - e) $E/E_p = (m/20) \times (18 - n)$
 - f) Tampungannya air tanah, diasumsikan = 0
 - g) Kelembaban air tanah (*soil moisture*), harga maks.= 200 mm/bln
 - h) Volume air tanah, mm/bln = W_s – tampungan air tanah
 - i) Infiltrasi (I), = 0.40 dari *water surplus*
- 0.5 (1+k).I**
 $k \times (V_{n-1})$
 : k = faktor retensi tanah, ditaksir
- $\Rightarrow k = 0.60$ (daerah pengunungan)
 - $\Rightarrow k = 0.50$ (daerah rendah)
 - $\Rightarrow V_{n-1} = 50$ mm (volume tampungan pada periode $n - 1$)
- j) Volume tampungan (V_n) = (j) + (k)
 - k) ΔV_n = perubahan volume aliran air tanah
 $\Delta V_n = V_n - (V_{n-1})$
 - l) Aliran dasar = $I - \Delta V_n$

- m) Aliran permukaan (Dro) = volume air tanah – infiltrasi
- n) Aliran sungai = aliran dasar + aliran permukaan
- o) Debit =
$$\frac{A \times 1000 \times \text{aliran sungai}}{86400 \times \text{jlh hari per bulan}}$$

Sumber: (Kamiana, 2011)

c. Debit Andalan

Debit andalan merupakan kemungkinan debit minimum sungai yang dapat dipenuhi ditetapkan dari 80% debit sehingga kemungkinan debit sungai lebih rendah dari debit andalan sebesar 20%. Untuk mendapatkan debit andalan sungai, maka nilai debit yang dianalisis adalah dengan Metode Mock dengan aturan menurut tahun pengamatan yang diperoleh, harus diurut dari yang terbesar sampai yang terkecil. Selanjutnya dihitung tingkat keandalan debit tersebut dapat terjadi, berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull (Soemarto, 1995).

$$P = \frac{m}{n-1} \times 100\% \dots\dots\dots 3$$

dengan

P : Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)

m : Nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil

n : jumlah data

Dengan demikian pengertian debit andalan 80% adalah berdasarkan pada nilai debit yang mendekati atau sama dengan nilai probabilitas (P) 80%.

d. Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Persamaan untuk menghitung daya yang dihasilkan adalah:

$$P = g . Q . H . \mu \dots\dots\dots 4$$

dimana:

P = daya (kW)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Q = debit air (m³/det)

H = tinggi efektif (m) ηTη

μ = efisiensi peralatan (turbin dan generator)

e. Dasar-dasar Pengembangan PLTA dan PLTM

Dasar Pengembangan PLTA dan PLTM adalah Berdasarkan standar Perusahaan Umum Listrik Negara, Departemen Pertambangan dan Energi, No: 064/DIR1986, tgl 13 september 1986; dan ditetapkan standar sebagai dasar pengembangan sebagai berikut:

1. PLTA secara umum dayanya (P) > 5 MW
2. PLTM berlaku untuk daya (P) ≤ 5 MW atau < 50 kW
3. PLT Mini untuk daya (P) 50 kW s/d 5MW

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Batang Pelangai Gadang yang merupakan hutan lindung berlokasi di desa Dusun Lubuak Sariak Kampung Tanjung Masjid Nagari Palangai Gadang, Kecamatan Ranah Pesisir Kabupaten Pesisir Selatan, dimana akan dianalisis potensi sungai tersebut. Analisa potensi/debit sungai pada penelitian ini menggunakan Metode Mock berdasarkan transformasi data bulanan dari stasiun curah hujan Muara Labuh dan Surantih data 15 tahun (2001-2015) dan data klimatologi stasiun Surantih Kabupaten Pesisir Selatan. Debit Andalan yang ditetapkan adalah debit probabilitas 80%. Selanjutnya hasil perhitungan debit dari metode ini dibuatkan grafik *Flow Duration Curva* (FDC) yaitu garfik hubungan antara probabilitas (%) dan debit (m³/detik). Dari grafik tersebut dengan memplot pada probabilitas 80% di tarik vertikal berpotongan dengan grafik FDC dan di tarik sejajar dengan garis probabilitas sampai memotong sumbu vertikal yang merupakan besarnya debit. Dengan demikian diperoleh debit potensi 80% dari grafik FDC. Tahapan penelitian diantaranya:

1. Menentukan potensi sumber daya air berdasarkan data hidrologi dan meteorologi.
2. Analisa evapotranspirasi menggunakan Penman modifikasi.
3. Analisis ketersediaan air menggunakan Metode Mock (Mock, 1973).
4. Penetapan debit andalan
5. Menghitung daya yang dihasilkan
6. Menyesuaikan daya yang dihasilkan dengan jenis-jenis pembangkit listrik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Analisis data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data curah hujan harian bersumber dari BMKG Stasiun Muara Labuh dan Surantih Kab. Pesisir Selatan, periode pencatatan 2001-2015. Dipilih pos hujan tersebut karena dekat dengan wilayah penelitian. Data klimatologi yang digunakan dalam analisa ini adalah bersumber dari Stasiun Klimatologi Surantih. Hasil analisis klimatologi rata-rata bulanan seperti kelembaban udara relatif (RH), kecepatan angin yang diukur pada ketinggian 2 meter di atas permukaan tanah (U_2), temperatur udara (T), durasi penyinaran matahari (n/N), laju penguapan panci A, serta temperatur air dalam panci (T_p). Tabel 2 merupakan data perhitungan evapotranspirasi harian dengan dan bulanan berdasarkan hasil menggunakan Penman modifikasi. Perhitungan debit andalan diperoleh dengan menggunakan Metode F. J. Mock yang mengacu pada data curah hujan harian dan data evapotranspirasi. Dengan menghitung banyaknya kejadian debit yang muncul maka nilai probabilitas yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Data Evapotranspirasi Bulanan

No.	Data Meteorologi	Satuan	Keterangan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Temperatur Rata-rata	($^{\circ}$ C)	Data	30,200	27,400	27,600	27,500	28,100	28,300	27,500	27,100	27,000	27,300	27,100	27,300
2	Telanan Uap Jenuh (es)	mbar	Tabel 4.2a	42,900	36,540	36,960	36,750	38,030	37,970	36,750	35,910	36,700	36,330	36,910	36,330
3	Kelembaban Udara Rata-rata (RH)	%	Data RH/100	0,926	0,921	0,929	0,942	0,944	0,949	0,944	0,942	0,929	0,928	0,930	0,926
4	ed = es . RH	mbar	2 x 3	39,725	33,853	34,336	34,819	35,900	36,034	34,892	33,827	33,165	33,714	33,396	33,642
5	es - ed	mbar	2 - 4	3,175	2,887	2,624	2,132	2,130	1,936	2,058	2,083	2,535	2,616	2,514	2,688
6	Kecepatan Angin (U) el.5 m			131,900	108,100	84,100	71,700	92,500	105,600	121,900	113,800	116,400	151,500	105,900	131,700
7	Kecepatan Angin (U) koreksi	km/hari	Data	112,115	91,885	71,485	60,945	78,625	89,760	103,815	96,730	98,340	128,775	90,015	111,945
8	f(U) = 0,27 . (1 + U/100)	mbar	Tabel 4.2b	0,573	0,518	0,483	0,435	0,482	0,512	0,550	0,531	0,537	0,618	0,513	0,572
9	w (data Latitude dan Altitude)	-	Tabel 4.2c	0,782	0,784	0,786	0,785	0,771	0,773	0,785	0,781	0,780	0,783	0,781	0,783
10	(1 - w)	-	Tabel 4.2d	0,218	0,236	0,234	0,235	0,229	0,227	0,235	0,239	0,240	0,237	0,239	0,237
11	(es - ed) . f(U) . (1 - w)	mm/hari	5 x 7 x 9	0,396	0,353	0,284	0,218	0,226	0,225	0,266	0,264	0,327	0,383	0,308	0,364
12	Ra	mm/hari	Tabel 4.2e	15,239	15,598	15,700	15,141	14,181	13,582	13,782	14,581	15,220	15,480	15,259	15,039
13	Maks Lamanya Penyinaran Matahari (N)	%	Data	47,700	67,000	49,500	45,100	50,000	43,300	57,000	46,000	50,000	40,000	40,000	35,000
14	n = N x Penyinaran Matahari	-	12 x 13	5,770	8,104	5,958	5,340	5,964	5,168	6,804	5,505	6,000	4,825	4,838	4,245
15	n/N	-	14 / 12	0,477	0,670	0,495	0,451	0,500	0,433	0,570	0,460	0,500	0,400	0,400	0,350
16	Rs = (0,25 + (0,50 . n/N)) . Ra	mm/hari	-	7,444	9,125	7,811	7,199	7,081	6,336	7,373	6,888	7,610	6,966	6,887	6,391
17	Rns = (1 - 0,2) . Rs	mm/hari	-	5,956	7,300	6,249	5,760	5,664	5,068	5,899	5,592	6,088	5,573	5,493	5,113
18	f(t) = σ TK ⁴	-	Tabel 4.2h	18,750	18,180	18,220	18,200	18,337	18,381	18,200	18,120	18,100	18,180	18,120	18,180
19	f(ed) = 0,56 - 0,079 ⁴ led	-	Tabel 4.2i	0,082	0,102	0,097	0,095	0,087	0,088	0,095	0,101	0,105	0,101	0,103	0,102
20	f(n/N) = 0,1 + (0,9 . n/N)	-	Tabel 4.2j	0,529	0,703	0,548	0,508	0,560	0,490	0,613	0,514	0,560	0,480	0,480	0,415
21	Rn1 = f(t) . f(ed) . f(n/N)	-	18 x 19 x 20	0,550	1,157	0,859	0,780	0,779	0,688	0,940	0,833	0,930	0,753	0,767	0,683
22	Rn = Rns - Rn1	mm/hari	17 - 21	5,406	8,143	5,390	4,979	4,886	4,381	4,958	4,758	5,158	4,820	4,726	4,431
23	w . Rn	mm/hari	8 x 22	4,227	4,894	4,129	3,810	3,765	3,387	3,794	3,622	3,921	3,678	3,597	3,381
24	[(w x Rn) + ((es - ed) . f(U) . (1 - w))]	-	10 x 23	4,623	5,047	4,413	4,027	4,001	3,812	4,059	3,888	4,247	4,081	3,905	3,745
25	Usiang = Kec Angin . (1000 / (24x60x60))	m/dt	-	1,527	1,251	0,973	0,830	1,071	1,222	1,411	1,317	1,347	1,753	1,226	1,524
26	Usiang / U malam (asumsi = 1,00)	-	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
27	Faktor Perubah C	-	Tabel 4.2k	1,020	1,004	1,049	1,043	1,031	1,010	1,023	1,019	1,031	1,000	1,020	0,997
28	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	mm/hari	24 x 27	4,717	5,068	4,627	4,200	4,124	3,647	4,154	3,960	4,377	4,063	3,984	3,736
29	Jumlah Hari Per Bulan	-	-	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
30	Evapotranspirasi Potensial (Etb)	mm/bulan	28 x 29	146,229	141,892	143,444	125,992	127,850	109,405	128,761	122,752	131,322	125,938	119,527	115,806

Ket: Lokasi Stasiun : 1°36'33,9"LS (latitude)

Tinggi Muka Laut : 5 m.dpl (altitude)

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Perhitungan data dengan Metode Mock

No.	Uraian	Satuan	Keterangan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct	
				1-15	16-31	1-15	16-28	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
1	Curah Hujan Hasil Perhitungan Metoda Thiessen (P)	mm		133,90	32,38	0,88	10,04	9,36	82,75	83,68	38,77	64,77	118,23	23,13	10,17	49,46	4,64	66,81	43,22	75,80	131,75	96,65	120,75
2	Hari Hujan Hasil Perhitungan Metoda Thiessen (n)	hari		9,38	6,61	0,88	2,13	4,00	7,00	4,88	4,75	7,25	8,87	4,61	1,61	3,75	1,75	4,61	6,62	4,13	6,13	6,00	8,61
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	mm/hari		4,72	4,72	5,07	5,07	4,63	4,63	4,20	4,20	4,12	4,12	3,65	3,65	4,15	4,15	3,96	3,96	4,38	4,38	4,06	4,06
4	Expose Surface / Penutup Lahan (m)	%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
5	$E_a = (m / 20) \cdot (18 - n)$			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,13	0,11	0,14	0,12	0,13	0,09	
6	Evapotranspirasi Terbuca (E) = $E_a \cdot (EP \cdot \text{Jml hari per tengah bta})$	mm	5 x 3 x 21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,80	8,01	7,21	9,11	7,79	7,92	6,17	
7	Limit Evapotranspirasi (E) = $(EP \cdot \text{Jml hari per tengah bta}) - E$	mm	(3 x 21) - 6	70,76	75,47	76,01	65,88	69,41	74,04	63,00	63,00	61,86	63,99	34,70	34,70	35,66	31,38	36,15	36,55	37,87	33,02	38,83	
8	Water Supply Volume / Volume Air Lebih (WS) = P - Et	mm	1 - 7	63,14	-43,14	-75,64	-55,84	-60,06	8,72	20,58	-24,23	-7,09	52,25	-31,57	-44,53	-12,94	-31,02	15,43	-12,93	19,24	73,88	43,53	61,92
9	Koefisien Infiltrasi (i) = 0,4			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
10	Infiltrasi (I) = WS · i		8 x 9	25,26	-17,26	-30,25	-22,33	-24,02	3,49	8,23	-9,69	-2,84	20,90	-12,63	-17,81	-5,14	-20,41	6,17	-5,17	7,70	29,55	17,41	24,77
11	Faktor Resesi Aliran Air Tanah (K)			0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
12	0,5 · (1 + K) · I			18,94	-12,94	-22,69	-16,75	-18,02	2,62	6,17	-7,27	-2,13	15,67	-9,47	-13,26	-3,85	-15,31	4,63	-3,88	5,77	22,17	13,06	18,58
13	Initial Storage Volume / Volume Tanggapan Awal (V _{i-1})	asumsi = 50,00		50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	
14	K · (V _{i-1})	11 x 13		25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
15	Volume Storage / Volume tanggapan (V _i)	12 + 14		43,94	12,06	2,31	8,25	6,98	27,62	31,17	17,73	22,87	40,67	15,53	11,64	21,15	9,69	29,63	21,12	30,77	47,17	38,06	43,58
16	Pembelian Volume Tanggapan (ΔV _i) = V _i - (V _{i-1})	15 - 13		-6,06	-37,94	-47,69	-41,75	-43,02	-22,38	-18,83	-32,27	-27,13	-9,33	-34,47	-38,36	-28,85	-40,31	-30,37	-28,88	-19,23	-2,83	-11,94	-6,42
17	Base Flow / Aliran Dasar (B) = I · ΔV _i	10 - 16		31,31	20,69	17,44	19,42	18,99	25,87	27,06	22,58	24,29	30,22	21,84	20,55	23,72	19,90	26,54	23,71	26,92	32,59	29,35	31,19
18	Direct Run Off / Aliran Permukiman (Dro) = WS · I	mm	8 - 10	37,89	-25,88	-45,38	-33,30	-36,04	5,23	12,35	-14,54	-4,26	31,35	-18,94	-26,72	-7,70	-30,61	9,26	-7,76	11,55	44,33	26,12	37,15
19	Run Off / Aliran Stanga (Ro) = Bf + Dro	mm	17 - 18	69,20	-5,20	-27,93	-14,08	-17,04	31,10	39,41	8,04	20,03	61,57	2,90	-6,17	16,01	-10,72	35,80	15,93	38,47	76,72	55,47	68,35
20	Watershed (C)	km ²		246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	246,39	
21	Jumlah Hari per tengah bulan	hari		15,00	16,00	15,00	13,00	15,00	16,00	15,00	15,00	15,00	16,00	15,00	15,00	15,00	16,00	15,00	16,00	15,00	15,00	15,00	
22	Debit Aliran (Q) = (Ro · C · 1000) / (86400 · Jml hr per tengah bla)	m ³ /dt		13,10	0,92	5,29	3,08	3,23	5,62	7,46	1,52	3,79	10,93	0,55	1,17	3,03	1,90	6,78	2,83	7,28	14,53	10,60	12,13

Sumber : Hasil Perhitungan

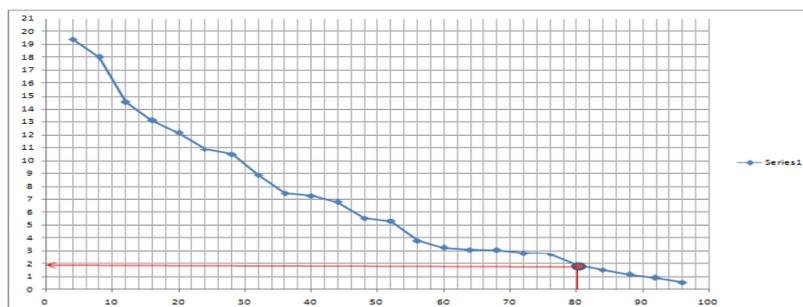
Tabel 4. Debit Andalan

Bulan	Debit Andalan	Nilai Urut (m)	Debit Andalan Terurut	P(m)
Jan	13,10	1	19,41	4,0
	0,92	2	18,03	8,0
Feb	5,29	3	14,53	12,0
	3,08	4	13,10	16,0
Mar	3,23	5	12,13	20,0
	5,62	6	10,93	24,0
Apr	7,46	7	10,50	28,0
	1,52	8	8,88	32,0
Mei	3,79	9	7,46	36,0
	10,93	10	7,28	40,0
Jun	0,55	11	6,78	44,0
	1,17	12	5,52	48,0
Jul	3,03	13	5,29	52,0
	1,90	14	3,79	56,0
Agust	6,78	15	3,23	60,0
	2,83	16	3,08	64,0
Sep	7,28	17	3,03	68,0
	14,53	18	2,83	72,0
Okt	10,50	19	2,78	76,0
	12,13	20	1,90	80,0
Nop	19,41	21	1,52	84,0
	18,03	22	1,17	88,0
Des	2,78	23	0,92	92,0
	8,88	24	0,55	96,0

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan debit andalan. Berdasarkan Table 4 hasil perhitungan Debit Andalan Bulanan 80% diatas dengan durasi (waktu) bulanan, maka dapat dibuatkan grafik hubungan antara Debit dan Waktu (Flow Duration Curve) yang dipaparkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Durasi curve hubungan antara Probabilitas dengan debit bulanan



4.2 Analisis Perhitungan Daya Listrik Teoritis (P)

- Debit bulanan rencana dengan menggunakan Metode Mock ($Q_{80\%}$) = 1,90 m³/det.
- Beda tinggi terjunan (H) = 42,50 m (berdasarkan kountur rencana elevasi *Intake* dan rumah turbin pada gambar)
- Percepatan gravitasi (g) = 9.81 m/dtk²

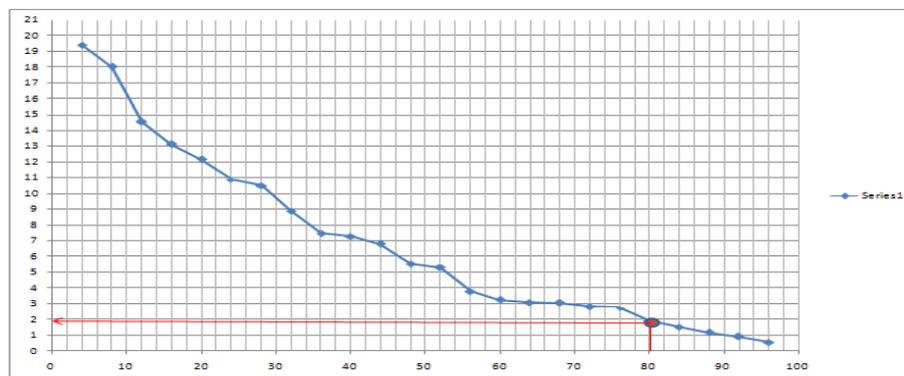
Sehingga hasil analisis daya teoritis (Pt)

$$P_t = 9.81 \times 1,90 \times 42,50 = 792,16 \text{ Kw (daya Bulanan)}$$

Hasil analisis debit rencana Sungai Batang Pelangai Gadang menggunakan Metode Mock dengan data curah hujan 15 tahun (2001–2015), stasiun hujan Muara Labuh dan Surantih, pada titik pengamatan Desa Dusun Lubuak Sariak Kampung Tanjung Masjid Nagari Palangai Gadang, dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 214,619 km² dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Debit Andalan
Debit Bulanan (80%)
Nilai probabilitas debit bulanan 2001 s/d 2015 menggunakan Metode Mock diperoleh: 4%, 8%, 16%, 24%, 32%, 40%, 48%, 56%, 64%, 72%, 88%, dan 96%. Dengan cara yang sama didapat debit andalan 80%.
- Dari hasil perhitungan debit andalan probabilitas 80% bulanan, maka Grafik *Flow Duration Curve* (FDC) dapat dibuat seperti pada Gambar 2 di bawah ini.

Gambar 2. FDC (*Flow Duration Curve*) bulanan



- Dari hasil perhitungan kapasitas daya teoritis (P) dengan rumus: $P = 9,8 \times Q \times H$ diperoleh hasil untuk Sungai Batang Pelangai Gadang dengan titik pengamatan Dusun Lubuak Sariak Kampung Tanjung Masjid Nagari Palangai Gadang sebagai berikut.
 - Daya Bulanan (P_b) = 792,16 Kw.
 - Jika dikembangkan jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air sesuai standar maka jenis PLTA tersebut termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) dimana besarnya daya (P) yang diperoleh lebih kecil dari 5 MW atau < 50 Kw.

5. KESIMPULAN

- Hasil analisis Debit Sungai Batang Pelangai Gadang untuk PLTA **Metode Mock**, data curah hujan tahun 2001-2015 adalah sebagai berikut:
Dari analisis ketersediaan debit andalan Q (80%) Metode F. J. Mock: $Q_{\max} = 19,50 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{\min} = 0,55 \text{ m}^3/\text{det}$; $Q (80\%) = 1,90 \text{ m}^3/\text{detk}$.
- Flow Duration Curve (FDC)
Berdasarkan Grafik FDC Bulanan Prob (80%) debit (Q) = 1,90 m³/det (Metode Mock).
- Dengan memanfaatkan kontur dengan tinggi terjunan sebesar 42,50 m, maka daya yang dihasilkan pada analisis Daya Listrik Teoritis (Pt) sebesar = 792,16 Kw.
- Berdasarkan hasil perhitungan daya, nilai daya yang diperoleh lebih kecil dari Daya Standar yaitu 5 Mw atau 50 Kw, maka jenis PLTA adalah jenis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM).

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., (2007), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Rijal, B., (2015), Analisis Potensi Sumberdaya Air untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Nagari Salareh Aia Kabupaten Agam, Diploma Thesis, Universitas Andalas.
- Dandekar, M. M., dan Sharma, K. N., (1991), *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, (2010), *Pedoman Studi Kelayakan Pembangunan Mikrohidro*.
- Direktorat Jendral Pengairan, (2010), *Standar Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Indra, Z., Jasin, M. I., Binilang, A., dan Mamoto, J. D., (2012). Analisis Debit Sungai Munte dengan Metode Mock dan Metode Nreca untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air, Jurnal Sipil Statik, Vol.1 No.1.
- Kamiana, I. M., (2011), *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Mock, F. J, Land, (1973). *Capability Appraisal Indonesia Water Availability Appraisal*, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Bogor.
- Rompies, W. C., (2013), Analisis Potensi Sumber Daya Air Sungai Kayuwatu Wangko untuk Perencanaan Pembangkit Listrik di Desa Karor Kec. Lembean Timur Kab. Minahasa, Jurnal Sipil Statik, Vol. 1 No. 10, pp (664-670), ISSN: 2337-6732.