

Pembangkit Listrik dengan Potensi Sumber Energi Setempat sebagai Wujud Pemerataan Energi Listrik di Desa Tertinggal dan Terpencil (Studi Kasus di Desa Munggu Kecamatan Ngabang, Kabupaten Landak)

WIDODO PS

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak

Alamat korespondensi: e-mail, azka.avilla@gmail.com, hp: +6281649061569 / +6285386796161

Abstrak: Kebutuhan energi listrik masyarakat yang meningkat, menjadi sulit untuk dipenuhi akibat dari kelangkaan ketersediaan dan tingginya harga bahan bakar minyak, sehingga menyebabkan beberapa propinsi di Indonesia mengalami kekurangan pasokan listrik. Kalimantan Barat termasuk propinsi yang masih kekurangan energi listrik khususnya di daerah pedesaan. Salah satu alternatif pemecahan masalah yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan listrik di daerah pedesaan Kalimantan Barat adalah dengan memanfaatkan tenaga air sebagai sumber penghasil energi listrik, apalagi dengan potensi sungai dan curah hujan yang cukup tinggi di daerah ini. Desa Munggu Kecamatan Ngabang adalah salah satu desa yang memiliki potensi air yang belum dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sebuah PLTMH yang layak secara teknis dengan memanfaatkan aliran Riam Panjang di Desa Munggu Kecamatan Ngabang. Dari hasil penelitian didapat daya yang dibutuhkan masyarakat desa sebesar 22,7 kW dan daya yang mampu dibangkitkan PLTMH adalah 27,95 kW.

Kata Kunci: potensi air, energi alternatif, Mikro Hidro

Abstract: Increasing Electrical energy needs of the community, it becomes difficult to be fullfill as a result of the scarcity of availability and high price of fuel oil, thus causing several provinces in Indonesia experiencing power shortage. One of them is West borneo, that still lack electricity, especially in rural areas. The alternative to solving this problems is to utilize the water potential as a source to produce electrical energy especially with river potential and fairly high rainfall in this area. Desa Munggu at Ngabang District is one of the villages which have untapped potential of water. This research aims to design an micro hydro power that technically feasible by utilizing a cascade flow length in the Desa Munggu at Ngabang District. From the results obtained that resources for rural communities is 22,7 kW and power that can be raised by micro hydro power is 27,95 kW.

Keywords: water potential, alternative energy, Micro Hydro

Potensi sumber energi setempat yang baru dapat direalisasikan menjadi pembangkit listrik antara lain: energi surya, angin, dan mikrohidro. EBT (energi baru dan terbarukan), terutama yang merupakan potensi lokal, perlu untuk dikaji dan dimanfaatkan sebagai sumber energi primer untuk pembangkitan energi listrik. Penggunaan EBT potensi lokal akan menjamin ketersediaan energi tersebut untuk pembangkitan energi listrik karena selain merupakan potensi lokal, penggunaan EBT juga berarti mengurangi ketergantungan pada BBM. Sebagai sumber energi terbarukan sekaligus sumber energi yang ramah lingkungan, teknologi mikrohidro telah dapat

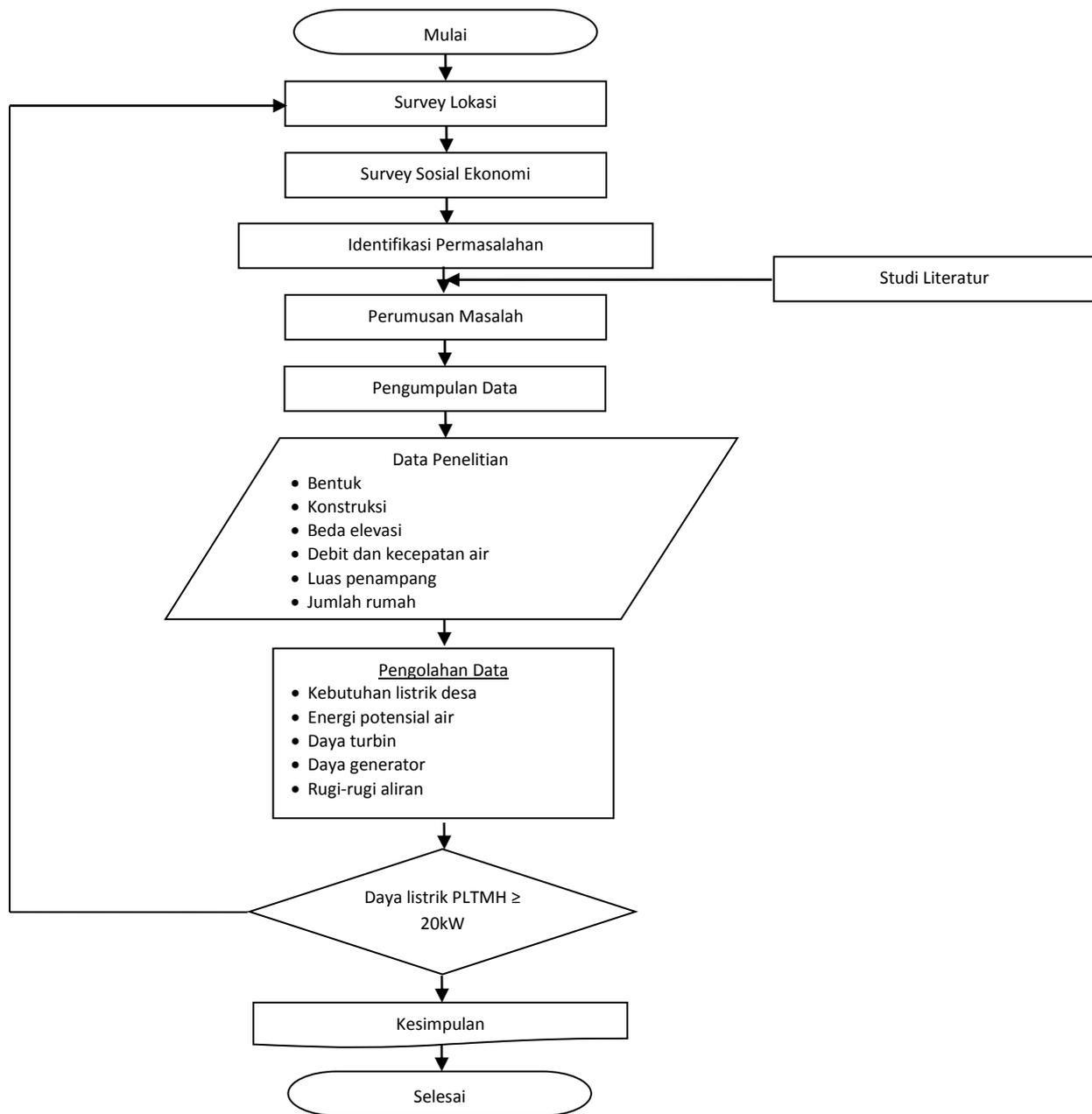
diandalkan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada daerah terpencil yang tidak dapat dilayani oleh PLN. Mikrohidro tidak saja dapat memenuhi kebutuhan listrik untuk penerangan, tetapi juga dapat digunakan untuk menunjang kegiatan produktif skala kecil seperti pengolahan hasil pasca panen dan industri kerajinan rakyat. Energi yang ramah lingkungan dan energi yang mampu menjadi pemicu sekaligus katalis pertumbuhan ekonomi pedesaan merupakan sinergi dari menjaga lingkungan, melestarikan hutan dan daerah tangkapan air (*catchment area*) tanpa membuat masyarakat menjadi terbelakang. Sudah seyogyanya potensi mikrohidro ini dimanfaatkan seoptimal mungkin dengan mempertimbangkan beberapa aspek, antara lain aspek teknis, lingkungan, ekonomi dan sosial guna mewujudkan pemerataan energi listrik didesa tertinggal dan terpencil.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, Desa Munggu, Kecamatan Ngabang, Kabupaten Landak, adalah salah satu desa yang belum berlistrik dengan potensi energi air yang relatif besar. Potensi energi air ini memiliki tinggi jatuh air sekitar 13 m dan kapasitas aliran air 0,42 m³/s. Agar potensi energi air yang ada di desa ini dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik, maka dibuatlah sebuah penelitian yang bertujuan untuk mendesain sebuah PLTMH yang layak secara teknis dan ekonomis yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lokasi daerah setempat.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey (observasi dan pengukuran). Desain PLTMH yang direncanakan ini dibuat berdasarkan survey: (1) Sosial – ekonomi masyarakat, yang mana hal ini dilakukan untuk mendapatkan kebutuhan listrik masyarakat; (2) Topografi, survey ini perlu adanya dalam kaitannya dengan perolehan *head* atau tinggi jatuh air; dan (3) Hidrologi, debit air didapat melalui survey atau kajian hidrologi ini.

Secara umum langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini.



HASIL

Desa Munggu merupakan bagian dari Kecamatan Ngabang, Kabupaten Landak, Propinsi Kalimantan Barat, berada pada $1^{\circ} 00' \text{ LU} - 0^{\circ} 1' \text{ LU}$ dan $109^{\circ} 11' \text{ BT} - 110^{\circ} 10' \text{ BT}$, berbatasan dengan Kabupaten Bengkayang di sebelah utara, Kabupaten Sanggau sebelah Timur, Kabupaten Pontianak dan Kubu Raya sebelah selatan, dan Kabupaten Pontianak di sebelah Barat.

Adapun data-data yang terhimpun dari hasil survey/observasi yang dilakukan didaerah ini adalah: (1) Jarak antara pembangkit dengan rumah penduduk sejauh $\pm 1000 \text{ m}$; (2) Terdapat 102 rumah dengan rata-rata penghuni per rumah sebanyak 4 orang; (3) Rata-rata pendidikan

masyarakat setempat yakni sekolah rakyat / sekolah dasar; (4) Sebagian besar (90%) penduduk desa Munggu bekerja sebagai petani / menyadap karet dengan penghasilan rata-rata Rp. 40.000,- perhari; (5) Kebutuhan listrik desa di perkirakan sebesar 20 kW yang dimanfaatkan hanya pada malam hari; (6) Pengukuran *Head* dilakukan dengan menggunakan alat ukur theodolit merk Sokia dimana *H net* diukur dari perbedaan tinggi bak dengan ujung pipa pesat / *penstock* (poros turbin) yakni 12 meter; (7) Generator yang digunakan pada pembangkit listrik mikrohidro di Desa Munggu ini adalah *Synchronous Generator*; (8) Turbin yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro di desa ini adalah turbin jenis *crossflow*; (9) Panel kontrol, alat pengaman, jaringan distribusi yang disesuaikan dengan daya yang dihasilkan; dan (10) Sebagaimana yang tersaji pada tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Penggunaan Listrik Pedesaan

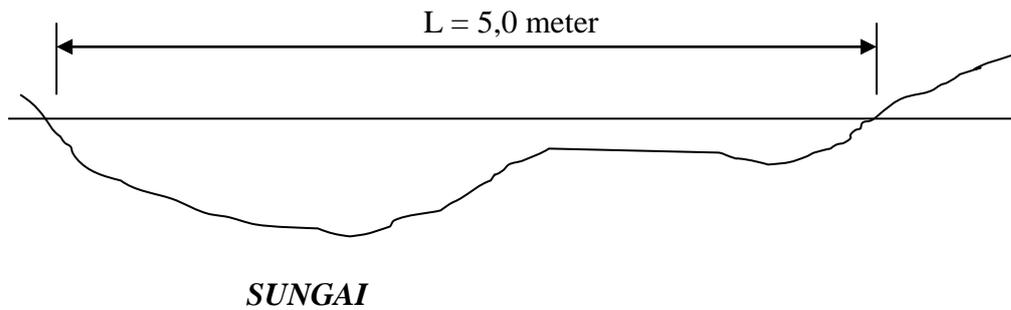
ITEM	Jumlah	Daya Listrik per unit	Kapasitas Total
Penerangan Lampu	5 titik	18 W	90W
Penggunaan Elektronik	1 paket	110 W	110W
	Total		200 W

Tabel 2. Estimasi Kebutuhan Energi Berdasarkan Ruang Lingkup

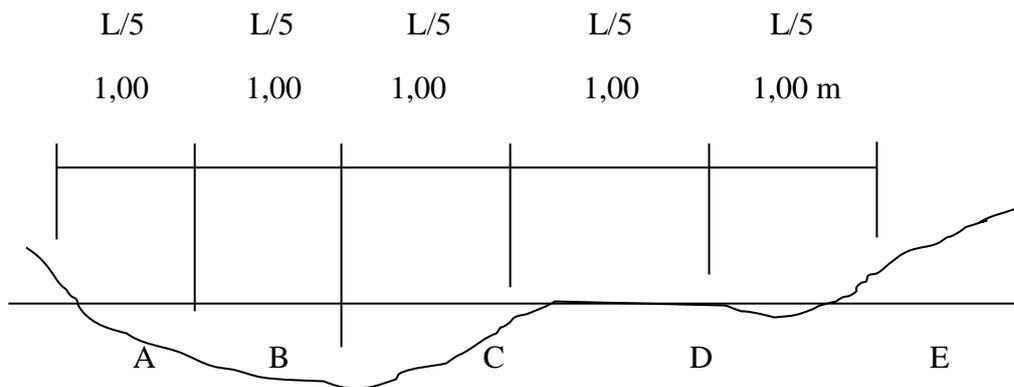
ITEM	Jumlah	Kapasitas per unit	Kapasitas Total
Rumah	102	200 W	20,40 kW
Balai Dusun / desa	2	200 W	0,40 kW
Fasilitas Umum	10	190 W	1,90 kW
	Total		22,70 kW

PEMBAHASAN

Perencanaan penyediaan listrik masyarakat berdasarkan sumber daya PLTMH, dapat ditetapkan sebesar 200 W per sambungan rumah (220 V, 1A). Alokasi utama penggunaan listrik masyarakat pedesaan umumnya adalah untuk penerangan pada malam hari, dengan pertimbangan pada siang hari sebagian besar masyarakat bekerja. Pada perencanaan PLTMH ini, konsumsi daya rata-rata setiap sambungan rumah direncanakan sebesar 200 W, mengingat potensi daya tenaga air yang tersedia sangat terbatas. Pengukuran sesaat mendapatkan debit aliran riam sebesar 0,42 m³/detik, dimana hal ini berdasarkan lebar dan kedalaman sungai serta kecepatan aliran yang terjadi.



Gambar 1. Ilustrasi Sungai



Gambar 2. Ilustrasi Pengukuran Debit Sesaat

Luas penampang basah adalah jumlah luas dari lima kotak, dengan kedalamannya seperti yang dapat diukur di titik A, B, C, D, dan E. Lebarnya tiap kotak adalah seperlima dari lebar saluran/sungai. Selanjutnya hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.berikut ini.

Tabel 3. Hasil pengukuran waktu t (detik) berdasarkan kedalaman

Lebar l (meter)	Kedalaman d (meter)	Waktu t (detik)
$A = l_1$	d_1	t_1
$B = l_2$	d_2	t_2
$C = l_3$	d_3	t_3
$D = l_4$	d_4	t_4
$E = l_5$	d_5	t_5

Debit air dapat ditentukan dengan persamaan $Q = A \times V$, dimana: $Q = \text{debit air}$ (m^3/det), $A = \text{luas penampang aliran air rata-rata}$ (m^2), dan $V = \text{kecepatan aliran air rata-rata}$ (m/det).

Berdasarkan data yang tersaji pada tabel 3 diatas, maka kecepatan aliran dan luas penampang sungai rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $V_s = d/t$, dimana: $V_s = \text{kecepatan permukaan air}$ (m/s), $d = \text{jarak}$ (m), dan $t = \text{waktu tempuh pelampung untuk}$

mencapai jarak tertentu, sehingga: Untuk kedalaman 0,2 m, $V_{s1} = 1/6,0 = 0,167$ m/s; Untuk kedalaman 0,5 m, $V_{s2} = 1/5,5 = 0,182$ m/s; Untuk kedalaman 0,9 m, $V_{s3} = 1/5,0 = 0,200$ m/s; Untuk kedalaman 0,4 m, $V_{s4} = 1/5,4 = 0,185$ m/s; Untuk kedalaman 0,3 m, $V_{s5} = 1/5,7 = 0,175$ m/s; Dengan demikian kecepatan rata-rata untuk aliran sungai tersebut adalah: $V = (V_{s1}+V_{s2}+V_{s3}+V_{s4}+V_{s5}) / 5 = (0,167+0,182+0,200+0,185+0,175) / 5 = \mathbf{0,182}$ m/s.

Sedangkan untuk melakukan perhitungan pendekatan luas penampang sungai dihitung dengan hasil kali lebar sungai dengan perhitungan rata-rata kedalaman sungai, yaitu: $A = d \times L$, dimana: A = luas penampang aliran air rata-rata (m^2), d = kedalaman sungai rata-rata (m), dan L = lebar sungai. Mengacu pada tabel 3, maka didapatkan kedalaman sungai rata-rata sebagai berikut: $d = (d_1+d_2+d_3+d_4+d_5) / 5 = (0,2+0,5+0,9+0,4+0,3) / 5 = 0,460$ m. $L = 5$ m, maka: $A = 0,46 \times 5 = \mathbf{2,300}$ m^2 . Dari hasil perhitungan kecepatan aliran dan luas penampang diatas, maka dapat dihitung debit aliran, yakni: $Q = A \times V = 2,300 \times 0,182 = \mathbf{0,418}$ m^3/s

Tabel 4. Data iklim rata-rata daerah Kalimantan Barat

Bulan	Penyinaran Matahari (%)	Suhu ($^{\circ}C$)	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (m/det)	Curah Hujan (mm/hari)
Januari	44	26,2	87	2,57	262
Februari	57	26,7	86	3,09	66,9
Maret	53	26,7	84	2,06	291
April	57	27,2	86	2,57	372,2
Mei	69	28	83	2,06	182,5
Juni	71	27,8	82	2,06	135,4
Juli	71	27,2	80	2,57	121,9
Agustus	76	27,7	80	2,57	299,5
September	64	27,7	81	2,57	189,5
Oktober	61	26,7	86	2,57	381,9
November	53	26,5	88	3,09	668
Desember	45	26,4	88	2,57	309,2

Sumber : Stasiun Meteorologi Supadio Pontianak

Debit andalan adalah debit minimum (terkecil) yang masih dimungkinkan untuk keamanan operasional suatu bangunan air, dalam hal ini adalah PLTMh. Debit andalan dihitung berdasarkan data-data klimatologi sebagaimana ditampilkan pada tabel 4 diatas.

Hasil Perhitungan ETo dengan menggunakan Cropwat 8.0 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Monthly ETo Penman-Monteith - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\DATA PLTMH.PEM

Country: Indonesia Station: Supadio Pontianak

Altitude: 1000 m. Latitude: 0.10 °N Longitude: 109.50 °E

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun %	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	22.9	26.0	87	2.6	46	17.3	3.50
February	22.9	26.3	86	3.1	57	20.0	3.96
March	22.7	26.7	84	2.1	53	19.5	3.99
April	22.4	27.3	86	2.6	57	19.6	3.93
May	23.4	27.5	83	2.1	69	20.7	4.16
June	25.2	27.6	82	2.1	71	20.3	4.22
July	22.5	27.1	80	2.6	71	20.5	4.24
August	23.1	27.6	80	2.6	76	22.5	4.60
September	23.4	28.0	81	2.6	64	21.2	4.50
October	22.9	27.1	86	2.6	61	20.6	4.14
November	22.5	26.7	88	3.1	53	18.7	3.68
December	23.2	26.8	88	2.6	45	16.9	3.44
Average	23.1	27.1	84	2.5	60	19.8	4.03

Perhitungan debit andalan dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Tabel perhitungan debit andalan

Komponen Perhitungan	BULAN											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Jumlah hari per bulan	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
Curah Hujan (mm)	262,00	66,90	291,00	372,20	182,50	135,40	121,90	299,50	189,50	381,90	668,00	309,20
Jumlah hari hujan (hari)	16,00	10,00	20,00	18,00	14,00	14,00	10,00	9,00	7,00	21,00	24,00	27,00
Eto harian (mm/hari)	3,50	3,96	3,99	3,93	4,16	4,22	4,24	4,60	4,50	4,14	3,68	3,44
Eto (mm/bulan)	108,50	110,88	123,69	117,90	128,96	126,60	131,44	142,60	135,00	128,34	110,40	106,64
Eto/Ea (%)	1,00	4,00	(1,00)	-	2,00	2,00	4,00	4,50	5,50	(1,50)	(3,00)	(4,50)
Ee (mm/bulan)	108,50	443,52	(123,69)	-	257,92	253,20	525,76	641,70	742,50	(192,51)	(331,20)	(479,88)
Ea (mm/bulan)	-	(332,64)	247,38	117,90	(128,96)	(126,60)	(394,32)	(499,10)	(607,50)	320,85	441,60	586,52
Keseimbangan air (mm/bulan)	262,00	399,54	43,62	254,30	311,46	262,00	516,22	798,60	797,00	61,05	226,40	(277,32)
Limpasan badai, f=5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,46
Kandungan air tanah (mm/bulan)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kapasitas kelembaban tanah (mm/bulan)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Kelebihan air (mm/bulan)	262,00	399,54	43,62	254,30	311,46	262,00	516,22	798,60	797,00	61,05	226,40	(277,32)
Infiltrasi (mm/bulan)	104,80	159,82	17,45	101,72	124,58	104,80	206,49	319,44	318,80	24,42	90,56	(110,93)
Volume air tanah (mm ³ /bulan)	83,84	127,85	13,96	81,38	99,67	83,84	165,19	255,55	255,04	19,54	72,45	(88,74)

volume penyimpanan awal (mm ³ /bulan)	60,00	86,30	128,49	85,47	100,11	119,87	122,22	172,45	256,80	307,10	195,98	161,06
Volume penyimpanan total (mm ³ /bulan)	143,84	214,16	142,45	166,85	199,78	203,71	287,41	428,00	511,84	326,64	268,43	72,32
Perubahan volume aliran	43,84	70,32	(71,70)	24,40	32,93	3,93	83,71	140,59	83,84	(185,20)	(58,21)	(196,12)
Aliran dasar (mm/bulan)	60,96	89,50	89,15	77,32	91,66	100,87	122,78	178,85	234,96	209,62	148,77	85,19
Limpasan langsung (mm/bulan)	157,20	239,72	26,17	152,58	186,88	157,20	309,73	479,16	478,20	36,63	135,84	(150,93)
Total limpasan (mm/bulan)	218,16	329,22	115,32	229,90	278,53	258,07	432,51	658,01	713,16	246,25	284,61	(65,74)
Catchment Area (Km ²)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Debit Andalan (m ³ /det)	0,41	0,68	0,22	0,44	0,52	0,50	0,81	1,23	1,38	0,46	0,55	(0,12)

Dari tabel di atas, didapat rerata debit andalan selama satu tahun adalah sebesar 0,59 m³/det. Debit desain diambil sebesar 70% dari debit andalan yaitu sebesar 0,417 m³/det. Debit banjir dihitung berdasarkan data curah hujan rata-rata selama sepuluh tahun terakhir.

Tabel 6. Rerata Curah Hujan Tahun 2001-2010

Tahun	Rerata Curah Hujan (mm)
2001	264
2002	226,8
2003	275,1
2004	258,83
2005	212,6
2006	286,9
2007	212,3
2008	305,5
2009	261
2010	273,3
Rerata	257,633

Sumber : Stasiun Meteorologi Supadio Pontianak

Perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode gumbeldapat dilihat pada tabel 7, dengan data awal sebagai berikut: Jumlah data (n) = 10; Periode Ulang (T) = diasumsikan 50 tahun; Rata-rata (R) = 254,03.

Tabel 7. Perhitungan Hujan Rancangan

No	Ri	Ri-R	(Ri-R) ²	T	YT	YN	Sn	K	Hujan Rancangan
1	264,00	6,37	40,54	2,00	0,37	0,50	0,95	-0,14	253,41
2	226,80	-30,83	950,67	5,00	1,50	0,50	0,95	1,06	290,68
3	275,10	17,47	305,10	10,00	2,25	0,50	0,95	1,85	315,36
4	258,83	1,20	1,43	25,00	3,20	0,50	0,95	2,85	346,55
5	212,60	-45,03	2027,97	50,00	3,90	0,50	0,95	3,59	369,68
6	286,90	29,27	856,56	100,00	4,60	0,50	0,95	4,32	392,64
7	212,30	-45,33	2055,08						
8	305,50	47,87	2291,25						
9	261,00	3,37	11,34						
10	273,30	15,67	245,45						
Total	2576,33		8785,39						
Rerata St. Dev	257,63								
	31,24								

Debit banjir dihitung dengan data awal sebagai berikut: Panjang DAS (L) = 130 km; Luas DAS (A) = 0,65 km²; Koefisien Debit (C) = 0,3 untuk panjang DAS < 1000 km; Beda Elevasi Sungai = 5 m, Waktu banjir: $W = 72 (H/L)^{0,6} = 72 \cdot (5/130)^{0,6} = 10,19 \text{ km/jam}$; dan $T_c = L/W = 390/5,27 = 12,75 \text{ jam}$. Perhitungan debit banjir selengkapnya disajikan pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Debit Banjir

Waktu Ulang (tahun)	Hujan Rancangan (mm)	Waktu Konsentrasi (Tc) (jam)	Intensitas Hujan (I) (mm/jam)	Debit Banjir (QR) (mm ³ /det)
2	253,41	12,75	16,10	2,62
5	290,68	12,75	18,46	3,00
10	315,36	12,75	20,03	3,26
25	346,55	12,75	22,01	3,58
50	369,68	12,75	23,48	3,82
100	392,64	12,75	24,94	4,06

Head efektif adalah tinggi air yang digunakan untuk menumbuk sudu-sudu turbin setelah memperhitungkan kehilangan atau kerugian (*losses*) energi yang terjadi pada pipa pesat dan pada belokan rumah turbin. Untuk mengetahui kehilangan energi yang terjadi karena gesekan sepanjang pipa, digunakan persamaan: Luas penampang pipa pesat $A_p = Q/V_p$, dimana: Q = debit air = 0,42 m³/det, $V_p = 3 \text{ m/dt}$, sehingga: $A_p = \frac{0,42 \text{ m}^3/\text{dt}}{3 \text{ m/dt}} = 0,14 \text{ m}^2$ dimana $A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot D_p^2$, sehingga: $D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,14 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,42 \text{ m} = 420 \text{ mm} \approx 17 \text{ inchi}$. Bahan pipa direncanakan dari

baja mampu las (*welded steel*) *galvanis steel* dengan nilai kekasaran (ϵ) dari material pipa pesat (tabel 9) didapat sebesar 0,15 mm.

Tabel 9. Kekasaran pipa berdasarkan material pipa

Pipe Material	Roughness Height (mm)
1. Wrought iron	0.04
2. Asbestos cement	0.05
3. Poly (vinyl chloride)	0.05
4. Steel	0.05
5. Asphalted cast iron	0.13
6. Galvanized iron	0.15
7. Cast / ductile iron	0.25
8. Concrete	0.3 to 3.0
9. Riveted steel	0.9 to 9.0

Diasumsikan aliran yang melalui pipa tidak mengalir penuh sehingga untuk mencari bilangan Reynold ditentukan dengan persamaan berikut: $Re = \frac{Vp \cdot (4.Rh)}{\nu}$ dimana: V = Vicositas kinematik

air pada temperatur $20^{\circ}\text{C} = 1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}$ sehingga bilangan Reynold adalah: $Re = \frac{3 \frac{\text{m}}{\text{dt}} \cdot (4,0,21)}{1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}} = 2,515 \cdot 10^6$. Maka dari hubungan antara ϵ/D dengan harga Re diperoleh harga

factor gesekan pipa pemancar sebesar $f = 0,017$ dari diagram moody, untuk selanjutnya akan dapat diketahui kerugian yang terjadi disepanjang pipa pesat yaitu : $h_{lp} = f \frac{L \cdot Vp^2}{Dp \cdot 2g} = 0,017$

$\frac{50 \cdot (3)^2}{0,42 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,93 \text{ m}$. Untuk Kerugian energi akibat belok-belokan atau penurunan head yang

terjadi pada sambungan pipa dapat diperoleh dari persamaan $h_{lb} = k \cdot \frac{Vp^2}{2g}$ dimana: k = koefisien

kerugian didapat dari tabel 10 sebesar 0,02, sehingga: $h_{lb} = 0,02 \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0092 \text{ meter}$

Tabel 10. Koefisien kehilangan energi akibat belokan

Titik Join	Sudut	Koefisien kehilangan energi
M	4°	0,02
N	4°	0,02

Sumber: Buku utama Pedoman Studi Kelayakan PLTMH (Departemen ESDM 2008)

Sedangkan kerugian energi pada saluran masuk besarnya tergantung pada mulut *entrance*, dalam hal ini bentuk *entrance* yang di pergunakan adalah *circullar bellmouth entrance*. Kerugian pada

entrance dihitung dengan menggunakan rumus yang sama seperti pada belokan, yakni: $h_{le} = k_e \cdot \frac{\Delta V^2}{2 \cdot g}$ dimana: k_e = faktor kerugianmulet *entrance* rata-rata sebesar 0,05 dan ΔV = Selisih kecepatan, sehingga: $h_{le} = 0,05 \frac{(3-0,182)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,020$ meter. Jadi total kehilangan energi dalam sistem ini adalah : $H_{total\ losses} = H_{lp} + H_{lb} + H_{le} = 0,93 + 0,092 + 0,020 = 1,042$ m. Dengan diperolehnya total kehilangan energi maka didapat Head Efektif nya, yaitu: $H_{eff} = H_{gross} - H_{total\ losses} = 13 - 1,042\ m = 11,958\ m \approx 12\ meter$.

Berdasarkan data dan perhitungan seperti tersebut diatas, maka dapat dihitung perkiraan daya yang dibangkitkan. Daya listrik P_{net} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan: $P_{net} = H_{net} \times Q \times g \times \eta_0$ (kW) dimana: H_{net} = ketinggian jatuh air, *head* bersih (m); η_0 = efisiensi total skema hidro (η_t dan η_g); η_t = efisiensi turbin (70 – 80) % untuk turbin *crossflow*; η_g = efisiensi generator (82 – 93) %. Dengan menggunakan nilai $\eta_t = 70\ %$ dan $\eta_g = 85\ %$, maka didapat: $P_{net} = 12 \times 0,42 \times 9,81 \times 0,7 \times 0,85$ (kW) = **29,418 kW**.

Generator yang digunakan pada pembangkit listrik mikrohidro di Desa Munggu ini adalah *Synchronous Generator* dengan spesifikasi sebagai berikut: Type: 1FC 222-4LB42; Power : 80 kVA; Speed : 1500 r/min; Cos Φ : 0.8; Tegangan : 400 V; Frekuensi: 50 Hz; Weight : 0,38 t; Date : 2010-2-8; Standard : GB 755-2000; Buatan: Wuxi Fenxi Electrical, China. Daya generator akan diperoleh bila daya turbin telah diketahui, dimana untuk memperoleh daya generator dapat dihitung sebagai berikut: Daya yang dihasilkan turbin = $P_{turbin} = g \times Q \times h \times \text{eff}_{turbin}$.

Untuk turbin *crossflow* efisiensi sebesar 0,70 – 0,8. Dalam perencanaan ini diambil efisiensi turbin dengan nilai minimal untuk mengantisipasi kelayakan perencanaan. Sehingga: $P_{turbin} = 9,81 \times 0,42 \times 12 \times 0,70 = 34,61$ kW. Daya yang ditransfer ke generator = $P_{transfer} = P_{turbin} \times \text{eff}_{belt}$. Sabuk yang digunakan adalah jenis sabuk “V” dengan nilai efisiensi sebesar 0,95. Sehingga: $P_{transfer} = 34,61\ kW \times 0,95 = 32,88$ kW. Daya yang dihasilkan oleh generator $P_{generator} = P_{transfer} \times \text{eff}_{generator}$. Efisiensi generator berkisar antara 0,82 – 0,93.

Dalam perencanaan ini diambil angka efisiensi untuk generator sebesar 0,85. Sehingga; $P_{generator} = 32,88\ kW \times 0,85 = 27,95$ kW. Daya yang dibangkitkan generator ini yang akan disalurkan ke pengguna. Dalam perencanaan jumlah kebutuhan daya di pusat beban harus di bawah kapasitas daya terbangkit, sehingga tegangan listrik stabil dan sistem menjadi lebih handal (berumur panjang). Dari hasil perhitungan daya yang dibangkitkan generator terlihat bahwa hasilnya lebih besar dari estimasi kebutuhan daya di Desa Munggu yang memerlukan daya sebesar **22,70 kW**.

Selanjutnya pembahasan mengenai sistem kontrol dan peralatan pengaman, maka dapat

disampaikan bahwa sistem kontrol bertugas mengatur kompensasi beban untuk menyeimbangkan beban dengan daya output generator. Sistem ini melindungi generator dan turbin dari *run away speed* apabila terjadi beban putus atau drop. Sistem pengontrolan meliputi: (1) Pengontrolan aliran air yang memasuki turbin; dan (2) Pengontrolan beban/daya listrik.

Mekanisme pengontrolan dilakukan secara semi otomatis (*load controller*) karena relatif lebih murah dari kontrol otomatis. Sistem kontrol yang digunakan adalah *Electronic Load Control* (ELC) dengan rating 120% dari rating daya output turbin. Sistem kontrol ini menyatu dengan panel kontrol listrik dan bekerja secara otomatis. Disamping itu, dilengkapi pula dengan peralatan sebagai berikut: (1) Voltmeter untuk tegangan keluaran; (2) Voltmeter untuk beban dummy; (3) Amperemeter untuk keluaran generator; (4) Hourmeter untuk waktu operasional; dan (5) kWh meter dan kVARH meter untuk mengetahui total energi yang diproduksi oleh pembangkit.

Untuk melindungi dan mengatasi gangguan yang timbul pada sistem pembangkit seperti: (1) Kelebihan kecepatan turbin dan generator (*over speed*); (2) Kekurangan tegangan (*voltage drop*); (3) Kelebihan tegangan. (*over voltage*); dan (4) Kelebihan arus (*over load*), Maka digunakan peralatan pengaman seperti: (1) NFB (*No Fuse Breaker*) untuk mendeteksi kelebihan arus, yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus tegangan/arus utama dengan sirkuit atau beban, selain itu berfungsi juga untuk memutuskan/melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat; dan (2) *Electronic Load Control* (ELC) sebagai pengatur dummy untuk mengontrol perubahan kecepatan dan tegangan, yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan turbin (*governor*) untuk sistem pembangkit dengan generator sinkron. Sistem kontrol yang digunakan adalah *Electronic Load Control* (ELC) dengan rating 110-130% dari rating daya output turbin. Sistem kontrol ini menyatu dengan panel kontrol listrik dan bekerja secara otomatis.

ELC akan memonitor frekuensi sistem secara terus menerus. Frekuensi hasil monitor akan dibandingkan dengan frekuensi *offset* (nilai frekuensi yang sudah ditentukan sebelumnya sesuai dengan nilai toleransi yang diijinkan). Hasil dari perbandingan digunakan untuk mengatur besar-kecilnya *ballastloads* secara otomatis yakni dengan cara menambah atau mengurangi *ballastloads* sebagai kompensasi beban utama yang pemakaiannya tidak menentu, sehingga diharapkan total beban generator akan terjaga pada beban aman dan putaran generator menjadi relatif mendekati putaran konstan.

Untuk jaringan distribusi, permukiman penduduk desa umumnya terpusat dengan sebaran yang cukup teratur. Jika Lokasi rumah pembangkit PLTMH terletak cukup jauh dari pinggiran desa, maka daya listrik disalurkan dengan tegangan menengah atau Jaringan Tegangan

Menengah (JTM). Namun di Desa Munggu ini dapat menggunakan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Untuk mendistribusikan jaringan ke rumah-rumah (JTR) PLTMH Riam Panjang menggunakan kabel Twisted Al $3 \times 70\text{mm}^2 + 50 \text{mm}^2$ yang dikombinasi dengan Twisted Al $3 \times 35 \text{mm}^2 + 25 \text{mm}^2$. Penyambungan kabel dari jaringan tegangan rendah ke rumah (SR) menggunakan Twisted Al $2 \times 10 \text{mm}^2$. Untuk pengamanan pada ujung jaringan dan percabangan dilengkapi dengan pentanahan.

Instalasi rumah (*house wiring*) dilakukan sesuai standar instalasi listrik PLN dan SNI; terutama dalam mempergunakan material konduktor dan kelengkapannya. Kabel intalasi rumah menggunakan tipe NYM 3×2.5 dan NYM 2×1.5 . Jumlah titik lampu setiap rumah sebanyak 5 titik lampu penerangan untuk bagian depan rumah, ruang tamu / ruang keluarga, kamar utama, dapur dan WC. Instalasi rumah menggunakan pembatas MCB umumnya tidak lebih dari 1 A, sehingga kapasitas sambungan setiap rumah sebesar 200 W.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Simpulan yang dapat diperoleh dari penelitian yang dilaksanakan di Desa Munggu Kecamatan Ngabang Kabupaten Landak ini adalah: (1) Konsumsi daya rata-rata setiap sambungan rumah direncanakan sebesar 200 W, mengingat potensi daya tenaga air yang tersedia terbatas; (2) Total kebutuhan energi listrik di lokasi penelitian ini mencapai 22,7 kW; (2) Debit andalan rata-rata adalah sebesar $0,59 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit desain diambil sebesar 70% dari debit andalan yaitu sebesar $0,417 \text{ m}^3/\text{det} \approx 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$; (3) Debit banjir dihitung berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir dengan asumsi waktu pengulangan selama 50 tahun didapat sebesar $3,82 \text{ m}^3/\text{det}$; (4) Setelah memperhitungkan kehilangan atau kerugian (*losses*) energi yang terjadi pada pipa pesat dan pada belokan rumah turbin, maka didapat *Head* efektif nya sebesar $11,958 \text{ m} \approx 12 \text{ m}$; (5) Dengan menggunakan nilai $\eta_t = 70 \%$ dan $\eta_g = 85 \%$, didapat potensi daya listrik sebesar 29,418 kW; (6) Generator yang digunakan pada pembangkit listrik mikrohidro di lokasi penelitian ini adalah *Synchronous Generator* dengan daya yang dihasilkannya sebesar 27,95 Kw; dan (7) Dari hasil daya yang dibangkitkan generator terlihat bahwa hasilnya lebih besar dari estimasi kebutuhan daya di Desa Munggu yang memerlukan daya hanya sebesar 22,7 kW. ($27,95 \text{ kW} \geq 22,7 \text{ kW}$)

Saran

Dari hasil analisis teknis maupun hasil penelitian di lapangan, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut: (1) Sumber air yang merupakan sumber daya alam yang paling dominan dalam keberlangsungan pembangkit ini, harus dijaga terus kelestariannya; (2) Pemeliharaan

perangkat pembangkit yang kontinu sangat diperlukan, mengingat pembangkit bekerja selama 24 jam non stop; dan (3) Penggunaan listrik yang tertib, yang disesuaikan dengan daya yang diijinkan (200 W per rumah). Hal ini disebabkan daya listrik yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar A., Kuwahara S. 1991. Teknik Tenaga Listrik. Jilid I. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Austin, H. Zulkifli Harahap. 1993. Pompa dan Blower Sentrifugal. Jakarta: Erlangga.
- Bapangsamirana, Y. B. 2001. Aspek Administratif Proyek PLTMH. Workshop Pengelolaan dan Perencanaan Teknis Pembangunan PLTMH, UDIKLAT PLN Saguling.
- Dandekar M. M, Sharma K.N. 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Terjemahan. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Dietzel, Fritz. Dakso Sriyono. 1993. Turbin, Pompa dan Kompresor. Jakarta: Erlangga.
- Endardjo, P., Warga Dalam J., Setiadi A. 1998. Pengembangan Rancang Bangun Mikrohidro Standar PU. Prosiding HATHI.
- Eisenring, Markus. M. Edy Sunarto, 1990, "Turbin Pelton Mikro", Buku 9 , Seri MHPG Memanfaatkan Tenaga Air Dalam Skala Kecil, Yogyakarta: Andi Offset.
- Giles, Ranald V., Herman Widodo Soemitro. 1993. Mekanika Fluida & Hidraulika. Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.
- PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat. 2009. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero). Jakarta: PT. PLN (Persero) Direktorat Perencanaan dan Teknologi.
- Tim Pengembangan Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, 2010, "*Blue print* Pengembangan Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi", Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber daya Mineral
- Wiranto Aris Munandar, 1988, "Penggerak Mula Turbin", Bandung: Institut Teknologi Bandung.