

DOKUMEN
KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN
PROGRAM CSR PERTAMINA RU III PLAJU



INOVASI PENGEMBANGAN ENERGI *RENEWABLE*
(TERBARUKAN) TURBIN MIKROHIDRO PLTMh MELALUI
PENGUATAN INSTITUSI SOSIAL DESA
DI DUSUN SARWAN, MERBAU OKU SELATAN

PERTAMINA RU III PLAJU
PALEMBANG
2017





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Jln. Talang Banten 13 Ulu Palembang Telp/Fax. 0711-514103 Website: umpalembang.net/tp2mump Email: lppm_umpalembang@gmail.com

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

1. JUDUL:

Jasa Konsultasi Kajian Dampak Lingkungan dari Program CSR PT. Pertamina RU III Plaju SK No. 084/C.13/LPPM-UMP/VI/2017

2. ISI:

- 1) Kajian Dampak Lingkungan pada aspek potensi *multiplier effect* (value economic value, social value, dan carrying capacity) sebelum dan setelah adanya Pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan.
- 2) Kajian dampak lingkungan aspek Keterlibatan dan Peran Serta Masyarakat pada Sistem Pengelolaan dan Penguatan Institusi Sosial Desa di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan dalam memanfaatkan energi alam terbarukan (*renewable*) PLTMh Sarwan.
- 3) Kajian pada proses *transfer dan aplikasi teknologi inovasi* untuk meningkatkan potensi energi alam terbarukan (*renewabel*) melalui pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro PLTMH Sarwan.
- 4) Kajian dampak lingkungan pada aspek Potensi Daerah Tangkapan Hujan (Catchman Area) PLTMh Sarwan dalam mempertahankan keberlanjutan fungsi turbin mikrohidro,

3. NAMA PERUSAHAAN : PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit III

4. JENIS INDUSTRI : Minyak dan Gas

5. LOKASI : Plaju, Sumatera Selatan

Mengetahui,
a.n Ketua LPPM-UMP
Sekertaris

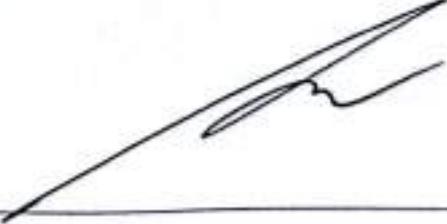
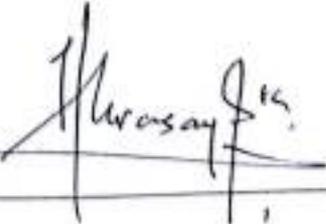
Erliza Yuniarti, S.T., M.Eng.

Tenaga Ahli Lingkungan

Dr. Yetty Hastiana Hasyim, M.Si.

**ANALISIS KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN
PERTAMINA RU III PLAJU**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

Tim Analisis	Tanda Tangan
Dr. Yetty Hastiana, M.Si.	
Dr. Marhaini, M.T.	
Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng.	
Erliza, ST.,M.Eng.	

SEKUENSI JADWAL ANALISIS KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN PERTAMINA RU III PLAJU

Team Work:

Dr. Yetty Hastiana, M.Si ;

Dr. Marhaini, M.T. ;

Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng;

Erliza, ST.,M.Eng.

TIME SCHEDULE DAN SEKUENSI KEGIATAN IDENTIFIKASI DAN ANALISIS

NO	KEGIATAN	MINGGU KE			
		1	2	3	4
1	SURVEI	■			
2	OBSERVASI LAPANGAN (KINERJA)	■			
3	COLECTING DATA	■			
4.	ANALISIS DATA DAN REFERENSI		■	■	
5	PENYUSUNAN DRAFT LAPORAN		■	■	
6	SHARING, DISKUSI DAN KONSULTASI		■	■	
7	PENGUMPULAN LAPORAN HASIL KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN				■



KATA PENGANTAR

Wilayah Sumatera Selatan memiliki kekayaan sumberdaya alam dan lingkungan yang relatif tinggi, salah satunya dalam bentuk keragaman ekosistem berdasarkan letak topografinya. Beberapa kawasan berada pada ketinggian yang relatif curam dengan potensi kekayaan karakteristik ekosistem wilayah *upland* (dataran tinggi). Keberadaan kawasan *upland* dengan potensi area *landscape* perbukitan dan pegunungan berpotensi menyediakan sumberdaya air yang dapat digunakan sebagai tenaga penggerak turbin penghasil energi listrik terbarukan (*renewable*) bertenaga mikrohidro. Potensi ini telah berhasil dikembangkan oleh sejumlah peneliti dan praktisi penggiat energi terbarukan mikrohidro yang berkerjasama dengan beberapa pihak pemangku kepentingan, antaranya pihak swasta, perguruan tinggi, akademisi dan masyarakat.

Salah satu upaya yang telah dilakukan dengan melakukan implementasi sistem teknologi inovasi bersama-sama beberapa *stakeholder* terkait beserta masyarakat. Dalam hal ini PT. Pertamina RU III Plaju telah berupaya berkontribusi dengan melakukan inovasi pengembangan energi terbarukan (*renewable*) turbin mikrohidro PLTMh melalui penguatan institusi sosial desa di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan. Untuk mengevaluasi kegiatan tersebut, maka dilakukan kajian dampak lingkungan terhadap kegiatan tersebut, adapun kajian dampak ini difokuskan pada empat hal utama, yaitu:

- 1) Kajian Dampak Lingkungan pada aspek potensi *multiplier effect (value economic value, social value, dan carrying capacity)* sebelum dan setelah adanya Pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan.
- 2) Kajian dampak lingkungan aspek Keterlibatan dan Peran Serta Masyarakat pada *Sistem Pengelolaan dan Penguatan Institusi Sosial Desa* di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan dalam memanfaatkan energi alam terbarukan (*renewable*).
- 3) Kajian pada proses *transfer dan aplikasi teknologi inovasi* untuk meningkatkan potensi energi listrik terbarukan (*renewable*) melalui pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro PLTMH Sarwan.
- 4) Kajian dampak lingkungan pada aspek *Daerah Tangkapan Hujan (Catchman Area) PLTMh Sarwan dan potensinya menjaga keberlanjutan fungsi turbin mikrohidro,*

Selain karena dorongan di atas, keinginan utama lainnya adalah untuk mempertahankan PROPER HIJAU dan menuju PROPER EMAS sesuai dengan regulasi KepMenLH No. 03 Tahun 2014. Selain hal itu, project kegiatan ini adalah sebagai bagian dari program regular HSE PT. Pertamina RU III Plaju yang meliputi Wilayah Provinsi Sumatera Selatan dan Wilayah Kerja PT. Pertamina RU III Plaju.

Bersama ini kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak, terutama yang telah melaksanakan kajian dampak sehingga terbentuknya dokumen Kajian Dampak Lingkungan ini.

Environmental Section Head
PT. Pertamina RU III Plaju,

Dody Bafaddal



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR TIM AHLI.....	iii
SEKUENSI JADWAL ANALISIS KAJIAN DAMPAK LINGKUNGA.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	9
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	11
2.1 Mikro Hidro	11
2.2 Komponen Pembangkit Listrik Mikrohidro	18
BAB III. METODE STUDI	22
3.1 Lokasi dan Waktu Kegiatan	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode Pendekatan Kegiatan.....	23
3.4 Sumber data	23
3.4.1 Data Primer.....	23
3.4.2 Data Sekunder.....	23
3.4.3 Teknik Pengumpulan Data	24
3.4.4 Metode Analisis Data dan Kajian.....	25
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Analisis besaran Dampak Lingkungan (<i>multiplier effect = economic value, social value, dan carrying capacity</i>) melalui Pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan....	26
4.1.1. Prakiraan Besaran Dampak Lingkungan Sebelum Pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH) Sarwan	26
4.1.2. Prakiraan Besaran Dampak Lingkungan Setelah Pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH) Sarwan	35
4.2 Proses Transfer dan Aplikasi Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH) untuk Pengembangan Potensi Energi Alam Terbarukan....	39
4.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	39
4.2.2. Peralatan Pendukung PLTMH	43



4.3 Analisis Pengelolaan dan Penguatan Institusi Sosial Desa Melalui Pengembangan PLTMH dalam Pemanfaatan Energi Alam Terbarukan (<i>Renewable</i>)	53
4.4. Analisis Aspek Daerah Tangkapan Hujan (<i>Catchman Area</i>) PLTMH Sarwan dan Potensinya Menjaga Keberlanjutan Fungsi Turbin Mikrohidro	62
BAB V SIMPULAN	63
DAFTAR PUSTAKA	64



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Potensi Energi Nasional.....	2



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Potensi SES PLTMh OKU Selatan, Merbau Sarwan	3
Gambar 2 Lokasi Project PLTMH Sarwan, Merbau OKU Selatan	5
Gambar 3 Kondisi Kawasan Project PLTMh Sarwan OKU Selatan	6
Gambar 4 Potensi SDA dan SDM Dusun Sarwan, Merbau	8
Gambar 5 Skala Ekonomi Mikro Hidro	12
Gambar 6 Komponen-Komponen Besar Dari Sebuah Skema Mikro Hidro.....	13
Gambar 7 Wier (bendung) PLTMH	13
Gambar 8 Tampak Atas Wier (Bendung) PLTMH.....	13
Gambar 9 Bak Pengendap.....	14
Gambar 10 Tampak Atas Bak Pengendap.....	14
Gambar 11 Saluran Pembawa.....	15
Gambar 12 Bak Pengendap.....	15
Gambar 13 peastock.....	16
Gambar 14 Turbin dan Generator	16
Gambar 15 Head.....	19
Gambar 16 Skematis PLTHM	21
Gambar 17 Lokasi Studi Dusun Sarwa dan Sekitarannya	22
Gambar 18 Area Pengembangan PLTMh Sarwan, Merbau OKU S.....	27
Gambar 19 Posisi dan Letakn Lokasi PLTMh Berdasarkan Citra Satelit	28
Gambar 20 Situasi Umum PLTMH Yang Bila Temui Di Indonesia.....	29
Gambar 21 Sistem Turbin	30
Gambar 22 Kondiski Sebelum Adanya Program Revitalisasi Pengembangan PLTMh	34
Gambar 23 Kurva Hubungan Antara Discharge dan Net Head.....	36
Gambar 24 Kondisi Setelah Program Revitalisasi Pengembangan PLTMh	38
Gambar 25 Skema Teknis PLTMh.....	41
Gambar 26 Kurva Efisiensi Beberapa Turbin Dengan Pengurangan Debit Sebagai Variabel.....	45
Gambar 27 Kurva Hubungan Debit dengan Ketinggian (Topograpi).....	45
Gambar 28 Dua Tipe Turbin <i>Crossflow</i>	46
Gambar 29 Bagian-Bagian Turbin <i>Crossflow</i>	48
Gambar 30 Generator Sinkron	50
Gambar 31 Panel Kontrol ELC	51
Gambar 32 Bagan Alir Dampak Pengembangan PLTMh Sarwan pada Penguatan Institusi Desa, Nilai Konservasi dan Nilai Ekonomi Masyarakat Setempat	61



BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan rasio elektrifikasi di daerah luar Pulau Jawa terus dipacu untuk menunjang kebutuhan energi listrik masyarakat dan perkembangan industri. Tingkat rasio elektrifikasi di Jawa hampir mendekati 100%, namun sebaliknya di pulau-pulau luar Jawa tingkat elektrifikasi masih beragam, angka tersebut menunjukkan persentase dibawah 60% untuk Kawasan Indonesia Timur dan kisaran 60-80% untuk ketiga pulau besar Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Regulasi dan kebijakan pemerintah perlu diterapkan dengan baik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat. Sasaran penyediaan dan pemanfaatan energi primer dan energi final antara lain: (a) terpenuhinya penyediaan kapasitas pembangkit listrik tahun 2025 sekitar 115 GW dan pada tahun 2050 sekitar 430 GW, (b) tercapainya pemanfaatan listrik per kapita pada tahun 2025 sekitar 2500 kWh dan pada tahun 2050 sekitar 7000 kWh.

Untuk pemenuhan penyediaan energi dan pemanfaatan energi tersebut, maka diperlukan pencapaian sasaran kebijakan energi nasional, antara lain; (a) tercapainya rasio elektrifikasi sebesar 85% pada tahun 2015 dan mendekati sebesar 100% pada tahun 2020, (b) tercapainya bauran energi primer optimal, pada tahun 2025 peran energi baru dan terbarukan paling sedikit 23% sepanjang keekonomiannya terpenuhi, minyak bumi kurang dari 25%, batubara minimal 30%, dan gas bumi minimal 22%. Pada tahun 2050 peran energi baru dan terbarukan paling sedikit 31% sepanjang keekonomiannya terpenuhi, minyak bumi kurang dari 20%, batubara minimal 25%, dan gas bumi minimal 24%.

Keanekaragaman **Sumber Energi Setempat (SES)** daerah menjadi tumpuan untuk pengembangan pembangkitan daya listrik yang dihubungkan dengan potensi energi alternatif. Air merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang menjadi perhatian dan belum diberdayakan secara optimal. Kebutuhan listrik selama kurun waktu 2014-2050 tumbuh rata-rata 5,3% per tahun. Data potensi energi air di Sumatera Selatan sebesar 22 MW, namun kapasitas yang ada belum memasukkan sebaran potensi air lainnya.



Tabel 1. Potensi Energi Nasional 2005

Energi Non Fosil	Sumber Dana	Setara	Kapasitas Terpasang
Tenaga Air	845 Juta BOE	75,67 GW	4,2 GW
Panas Bumi	219 Juta BOE	27 GW	0,8 GW
Mini/Mikro hidro	0,45 GW	0,45 GW	0,206 GW
Biomass	49,81 GW	49,81 GW	0,3 GW
Tenaga Surya	-	4,80 kWh/m ² /hari	0,01 GW
Tenaga Angin	9,29 GW	9,29 GW	0,0006 GW
Uranium	24,11 ton* e.q. 3 GW untuk 11 tahun	-	-

* Hanya didaerahKalan-Kalbar

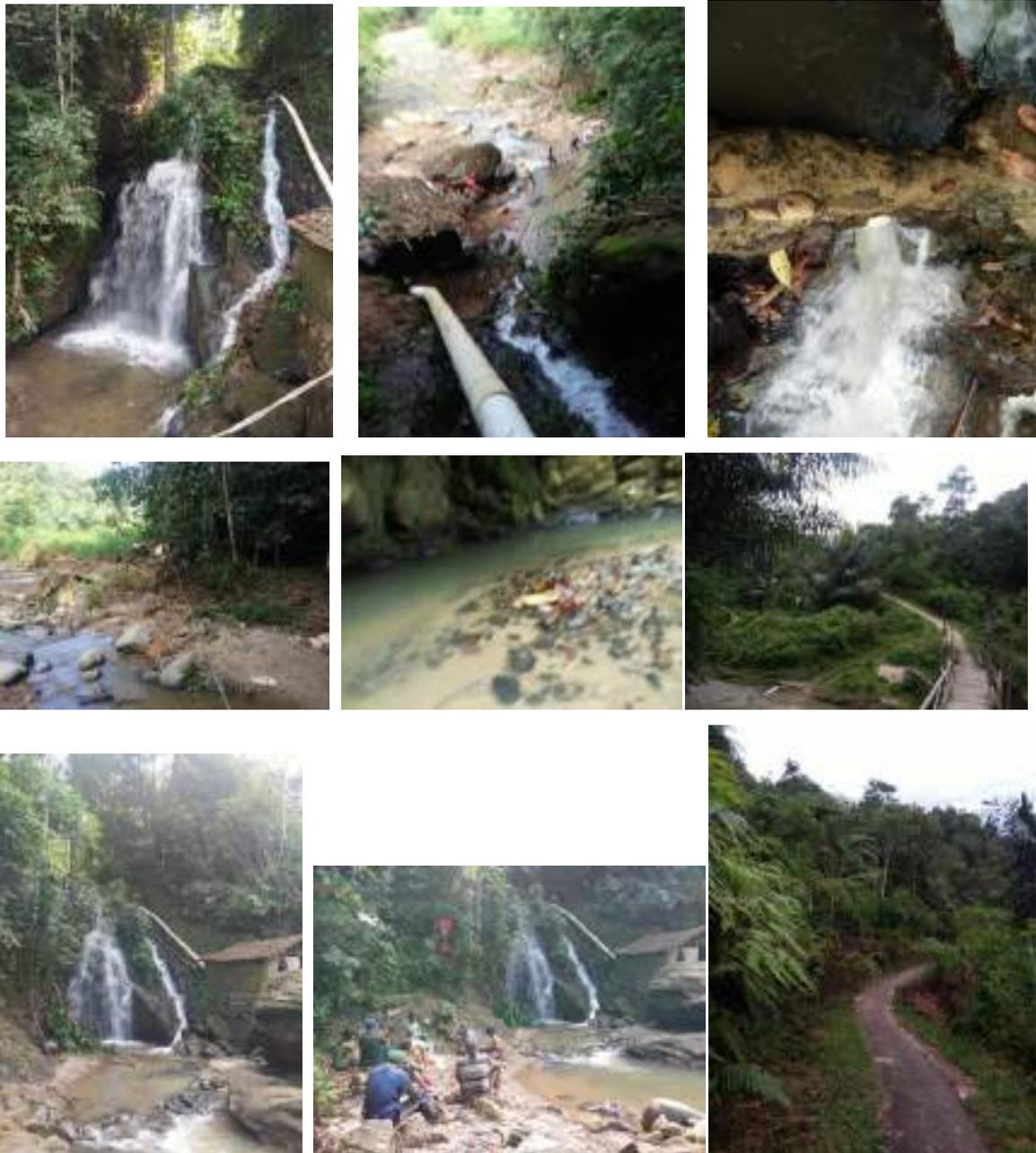
Sumber: (Agenda Riset Nasional, 2006)

Desa berlistrik tahun 2011 di Sumatera Selatan berjumlah 3.186 desa dengan angka rasio sebesar 99,62%. Capaian tersebut cukup fantastis jika dilihat dari kondisi demografi dan cakupan wilayah dan lahan. Topografi dan jalur transportasi menjadi kendala utama dalam capaian desa berlistrik, sehingga data realistis yang ada sesungguhnya belum mendekati angka tersebut. Rasio elektrifikasi dan rasio desa berlistrik sangat berhubungan erat dengan cadangan SES dan keanekaragaman potensi energi, peranan kedua indikator tersebut terkait dengan sumber energi non fosil seperti yang digambarkan pada Tabel 1.

Efisiensi dan efektifitas menjadi hal penting untuk mengulas penggunaan energi yang besar. Terapan konsep manajemen energi selainya dikedepankan menghadapi penggunaan bentuk energi yang tidak pada fungsinya. Kenyataannya bahwa pemborosan energi terbesar berada pada sector rumah tangga dan industri. Salah satu bentuk pendekatannya adalah memastikan masyarakat mengenal dengan baik tata kelola bentuk-bentuk energi termasuk pada sisi pembangkitan daya listrik. Aspek kepemilikan bersama berbasis masyarakat terhadap ketersediaan SES dan aplikasinya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara langsung didekati dengan membangun fasilitas pembangkitan energi listrik skala kecil sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan prediksi perkiraan pemakaian daya listrik jangka pendek.



Implementasi pembangkitan energi listrik melalui pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) diperuntukkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat berbasis SES. Beberapa kelebihan PLTMH adalah ;(1)kisaran debit yang tidak terlalu besar,(2) tidak memerlukan tinggi jatuh efektif yang besar, (3)sisi pemeliharaan tubin yang relatif mudah untuk dilaksanakan.



Gambar 1. Potensi SES Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) di Kawasan OKU Selatan, Desa Merbau, Dusun Sarwan.



Potensi terdeteksi untuk sumber energi mini/**mikro hidro** sebesar 0,45 GW dengan kapasitas terpasang 0,206 GW. Peluang pengembangan sumber energi ini masih sangat besar dan terbuka untuk wilayah/daerah yang belum teraliri listrik. Jumlah desa di seluruh Indonesia secara administratif sampai tahun 2007 adalah 69.929 desa, sebanyak 67.776 (91,6%) desa telah memiliki aksesibilitas tenaga listrik dan sebanyak 5.779 desa (8,1%) yang belum mempunyai aksesibilitas tenaga listrik. Pada tahun 2025 diharapkan rasio elektrifikasi mencapai 93%, namun pulau besar seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Maluku diharapkan mencapai 100%.

Penyediaan daya listrik pada daerah terpencil telah diupayakan secara optimal oleh pemerintah, namun pengembangannya belum menghadirkan potensi dan kemampuan SES sehingga mengemuka wacana pembiaran dalam pengelolaan daerah terpencil. Sesungguhnya beberapa lokasi daerah terpencil memiliki potensi SES yang cukup baik untuk dikembangkan dan dielaborasi. Pemanfaatan potensi tersebut diharapkan dapat mendukung tercapainya kesejahteraan rakyat dan pembangunan masyarakat pada 2015 seperti yang disitir dalam **Millenium Development Goals (MDGs)**.

Peningkatan kesejahteraan rakyat dan pembangunan masyarakat tidak lepas dari beberapa faktor pendukung perikehidupan dengan melengkapi fasilitasnya, energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pendukung tersebut. Disisi lain pemenuhan energi listrik untuk masyarakat harus juga diimbangi dengan kemampuan masyarakat untuk menggunakan energi listrik dengan efisien. Pemborosan konsumsi energi Indonesia dengan nilai elastisitas menyentuh angka 2,02. Negara maju memiliki nilai elastisitas dengan kisaran minus satu (-1), hal ini menunjukkan efisiensi penggunaan energi di Indonesia masih cukup besar.

Aspek kepemilikan bersama berbasis masyarakat terhadap ketersediaan SES dan aplikasinya yang dapat dimanfaatkan oleh



masyarakat secara langsung didekati dengan membangun fasilitas pembangkitan energi listrik tenaga mikro.

Desa Merbau yang terletak di **Kecamatan Banding Agung, Ogan Komering Ulu Selatan**, Provinsi Sumatera Selatan. Desa Merbau terdiri atas 6 dusun, salah satunya adalah Dusun Saruan yang terletak di dusun 5. Saruan merupakan salah satu dusun yang tidak terjangkau *supply* listrik jaringan PLN, hal ini disebabkan oleh topografi wilayah yang berbukit sehingga penempatan tiang listrik membutuhkan biaya yang besar.



Gambar 2. Lokasi Project Pengembangan Pembangkit Energi Listrik Bertenaga Mikrohidro (PLTMh)

Jumlah penduduk Dusun Saruan 85 orang dengan jumlah 32 kepala keluarga (KK). Mata pencaharian masyarakat sebagai petani kopi, komoditas lainnya adalah lada, aren dan kakao. Selama ini pengolahan kopi yang dihasilkan langsung dijual ke tengkulak, pada dasarnya nilai jual kopi tersebut dapat dinaikkan jika diolah menjadi bubuk kopi. Hal ini terjadi dikarenakan mesin penggiling kopi membutuhkan daya listrik yang cukup besar, namun hal ini tidak memungkinkan karena dusun Saruan bahkan tidak terjangkau jaringan listrik. Nilai tambah produk pangan seperti kopi dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan olahan lebih baik, pengerjaan pasca panen kopi yang runtun dan sesuai dengan pola dan sirkulasi olahan. Nilai tambah juga dapat meningkat dengan terapan kemasan yang aman, bersih dan halal

Sinergitas hubungan regulasi yang ada dengan potensi ketersediaan SES khususnya pada Dusun Saruan diuraikan melalui implementasi



pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Dua aspek penting yang menjadi pertimbangan pengembangan adalah : (1) Aspek potensi SES, potensi SES yang dimiliki Dusun Saruan adalah berupa terjunan air yang



Gambar 3. Kondisi Kawasan Project Pengembangan Pembangkit Energi Listrik Bertenaga Mikrohidro (PLTMh) Sarwan

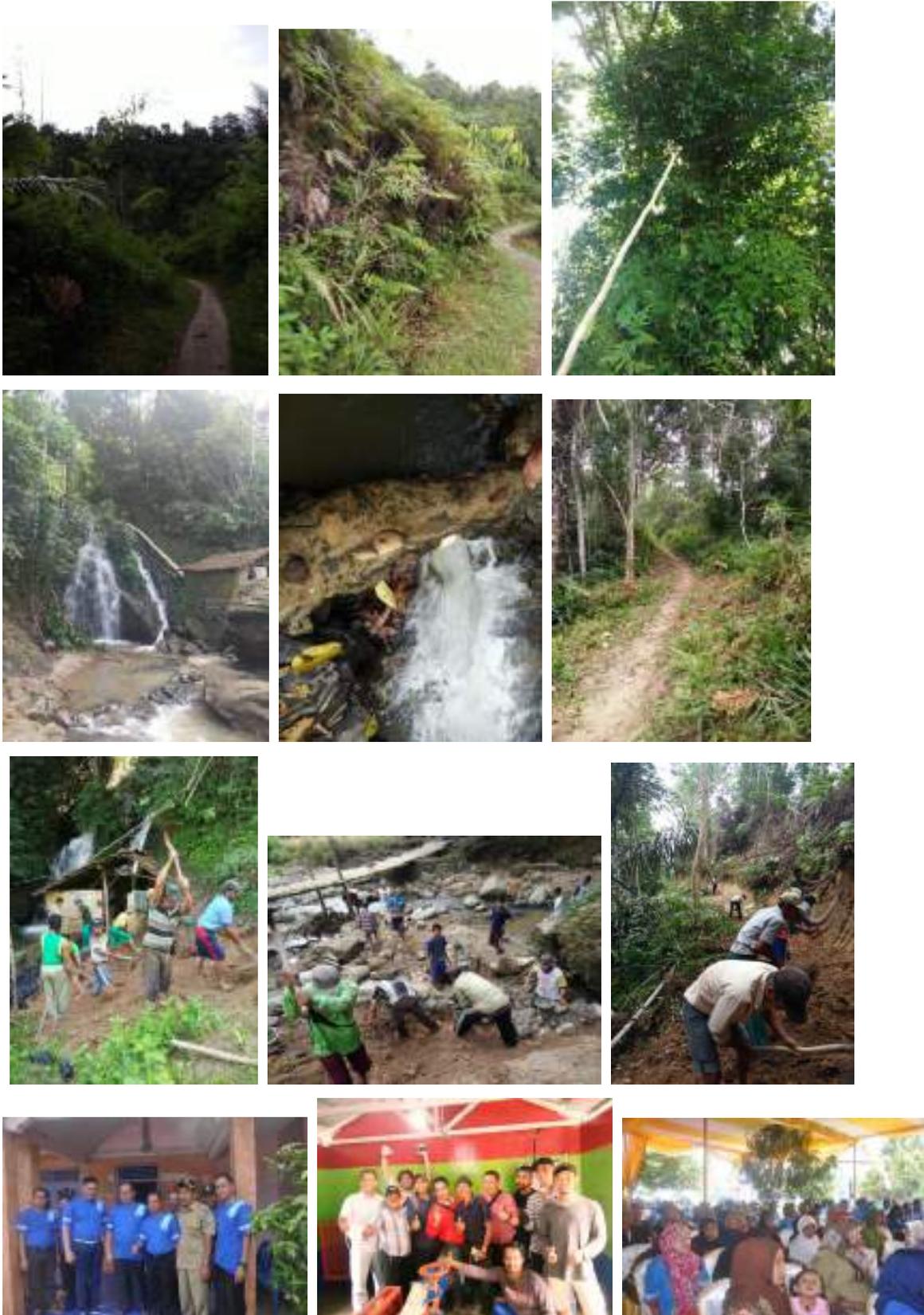


berada sekitar 2.5 km dari pemukiman, potensi energi potensial air tersebut diperkirakan mampu untuk dikonversi ke energi putaran yang selanjutnya dialihkan ke energi mekanik sehingga pada akhirnya dirubah menjadi energi listrik pada sisi generator. (2) Aspek profil kawasan dan demografi, topografi kawasan Saruan yang cenderung memiliki kontur berbukit dengan selaan lembah menjadi salah satu penghalang PT. PLN untuk menyalurkan daya listrik, adalah faktor ekonomis yang bersesuaian dengan alasan tersebut disamping calon konsumen listrik yang tidak sepenuhnya menerima kehadiran PT. PLN dikarenakan beban tiang peyangga saluran udara tegangan rendah harus ditanggung oleh masyarakat dan menyebabkan biaya yang dikeluarkan oleh masyarakat menjadi lebih tinggi. Potensi energi alternatif yang terdapat di Dusun Saruan cukup besar, terdapat aliran sungai dengan ketinggian 9 meter sehingga kemungkinan pemanfaatan sumber energi alternatif sangat memungkinkan untuk diterapkan. Sehingga pada tahun 2010 muncul suatu ide untuk memanfaatkan potensi energi alternatif tersebut dengan membuat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH), dengan kapasitas 5 KW yang dapat memenuhi kebutuhan 21 rumah. Pemanfaatan listrik baru digunakan untuk penerangan di dalam rumah, dan diutamakan penerangan hanya pada malam hari. Selain itu kelemahan terletak pada sistem kontrol pada PLTMH ini, yang menyebabkan tidak stabilnya aliran listrik yang dihasilkan. Selanjutnya akan dilakukan inovasi pengembangan PLTMH dari tenaga 5 kW menjadi 10 kW.

Tujuan pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Desa Merbau, Dusun Saruan, Kab OKU Selatan ini, antara lain:

- 1) Memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap kebutuhan listrik.
- 2) Meningkatkan kualitas hidup masyarakat.
- 3) Meningkatkan keamanan dan kenyamanan masyarakat.
- 4) Meningkatkan produktivitas industri rumahan.
- 5) Meningkatkan kemandirian masyarakat dalam memanfaatkan pembangkit listrik energi alternatif dan tidak ketergantungan.
- 6) Mengembangkan potensi desa





Gambar 4. Potensi Sumberdaya Alam dan SDM Desa



Selanjutnya pemanfaatan Energi Barudan Terbarukan dan SES yang mengarah pada potensi tenaga air tenaga kecil dapat dirujuk melalui : (1) Undang-Undang No. 30/2007 Tentang Energi, (2) Undang-Undang No. 15/1985 Tentang Ketenagalistrikan, (3) Peraturan Presiden No. 5/2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional, (4) Peraturan Pemerintah No.03/2005 Tentang Penyediaan danPemanfaatan Tenaga Listrik, (5)Peraturan Pemerintah No. 26/2006 Tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Tenaga Listrik, (6) Permen ESDM No.1122K/30/MEM/2002 Tentang Pembangkit Tenaga Kecil Tersebar, (7) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 08 Tahun 2011 Tentang Petunjuk Teknis penggunaan Dana Alokasi Khusus Tahun 2011 dan (8) SNI 04-6953-2003 Tentang Pembangkit Listrik Hidro Tenaga Kecil.

Kajian sistem pengembangan pembangkit tenagamikro hidro adalah suatu telaah dan analisis pemikiran terhadap pemanfaatan potensi SES dan luaran sistem pembangkitan daya listrik. Adapun dokumen kajian yang disusun memenuhi prinsip dasar sebagai berikut:

1. Jelas, kajian mudah dipahami, valid dan sistematis.
2. Ringkas, kajian rasional, *realible* dan *eligible*.
3. Adjustable: kajian dapat mengakomodir umpan balik.
4. Terperinci: kajian merupakan rincian dari maping kondisi dan potensi yang ada.
5. Komprehensif: kajian disusun terintegrasi dengan mempertimbangkan semua elemen terkait yang saling bersinergis.

1.2. Tujuan Kegiatan

1. Melakukan analisis kajian ***besaran dampak lingkungan (multiplier effect=economic value, social value, dan carring capacity)*** pada aspek sebelum dan setelah adanya Pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan, Merbau, OKU Selatan.
2. Melakukan analisis kajian dampak lingkungan aspek Keterlibatan dan Peran Serta Masyarakat pada ***Sistem Pengelolaan dan Penguatan***



- Institusi Sosial Desa** di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan dalam memanfaatkan energi alam terbarukan (*renewable*).
3. Melakukan analisis kajian pada proses **transfer dan aplikasi teknologi inovasi** untuk meningkatkan potensi energi alam terbarukan (*renewable*) melalui pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH Sarwan).
 4. Melakukan analisis kajian dampak lingkungan pada aspek **Daerah Tangkapan Hujan (Catchman Area) PLTMH Sarwan dan potensinya menjaga keberlanjutan fungsi turbin mikrohidro,**



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikro Hidro

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dad instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

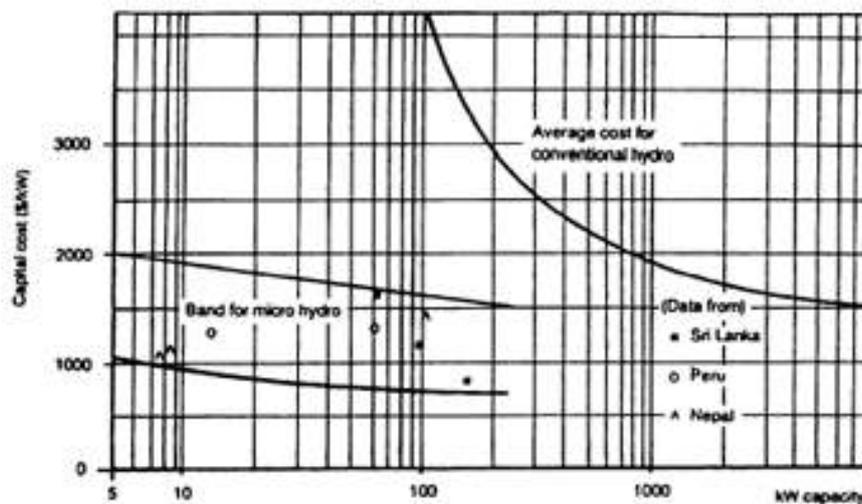
Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flowcapacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai white resources dengan teluemahan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik,

Seperti dikatakan di atas, Mikrohidro hanyalah sebuah istilah. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Dalam, prakteknya istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa Mikrohidro, pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Yang membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Minihidro adalah *output* daya yang dihasilkan. Mikrohidro menghasilkan daya lebih rendah dari 200 kW, sedangkan untuk minihidro daya keluarannya berkisar antara 200 sampai 1000 kW. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan pada ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah



instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses Mikrohidro merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik.

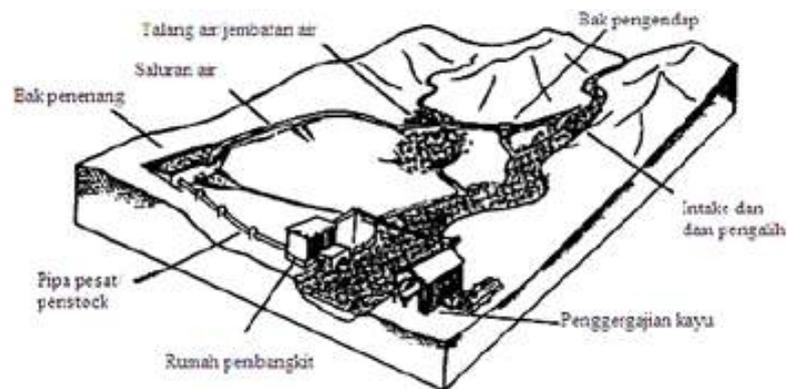
Terdapat sebuah peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri, dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi dari perluasan jaringan listrik, sering membuat Mikro Hidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Ini karena Skema Mikro Hidro yang mandiri menghemat biaya dari jaringan transmisi, dan karena skema perluasan jaringan sering memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal. Dalam kontrak, Skema Mikro Hidro dapat didisain dan dibangun oleh pegawai lokal dan organisasi yang lebih kecil dengan mengikuti peraturan yang lebih longgar dan menggunakan teknologi lokal seperti untuk pekerjaan irigasi tradisional atau mesin-mesin buatan lokal. Pendekatan ini dikenal sebagai Pendekatan Lokal. Gambar 1 menunjukkan betapa ada perbedaan yang berarti antara biaya pembuatan dengan listrik yang dihasilkan.



Gambar 5. Skala ekonomi mikro hidro



2.1. Komponen-komponen Pembangkit Listrik Mikro Hidro

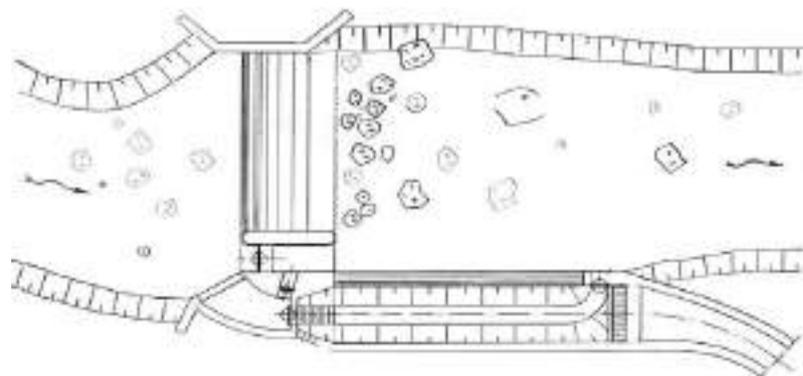


Gambar 6. Komponen-komponen Besar dari sebuah Skema Mikro Hidro

- *Diversion Weir dan Intake (Dam/Bendungan Pengalih dan Intake)*
Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ('Intake' pembuka) ke dalam sebuah bak pengendap (*Settling Basin*).



Gambar 7. Weir (bendung) PLTMH



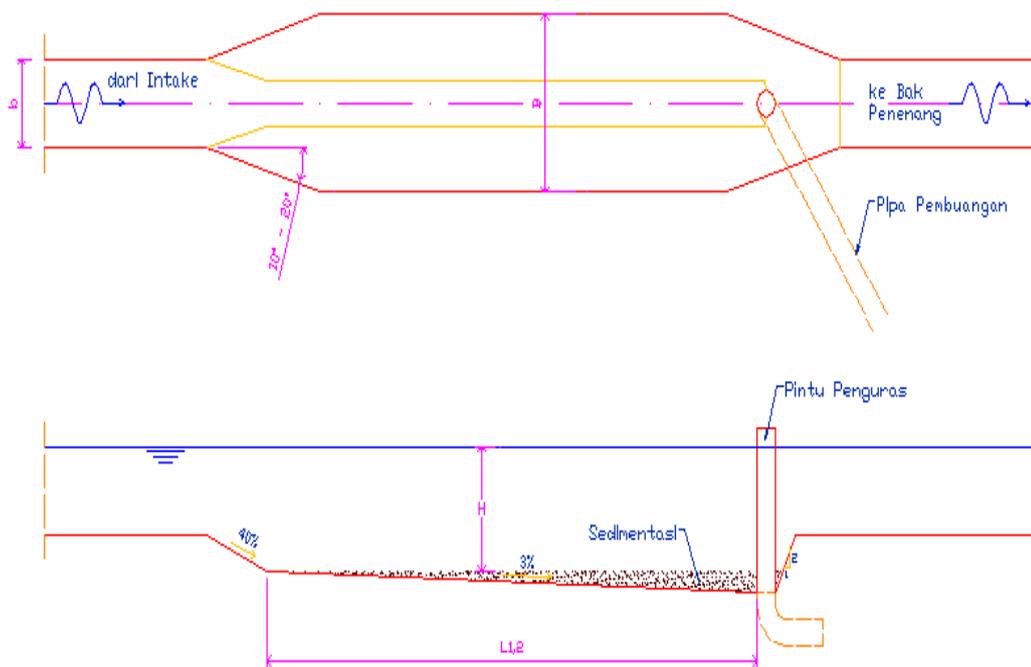
Gambar 8. Tampak atas weir (bendung) PLTMH

Settling Basin (Bak Pengendap)

Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.



Gambar 9. Bak pengendap



Gambar 10. Tampak atas bak pengendap



- *Headrace* (Saluran Pembawa)

Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.



Gambar 11. Saluran pembawa

- *Headtank* (Bak Penenang)

Fungsi dari bak penenang adalah untuk mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah penstock dan headrace, dan untuk pemisahan akhir kotoran dalam air seperti pasir, kayu-kayuan.



Gambar 12. Bak penenang

- *Penstock* (Pipa Pesat/Penstock)

Penstock dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah Turbin.





Gambar 13. Penstock

- *Turbine dan Generator (Turbin dan Generator)*

Perputaran gagang dari roda dapat digunakan untuk memutar sebuah alat mekanikal (seperti sebuah penggilingan biji, pemeras minyak, mesin bubut kayu dan sebagainya), atau untuk mengoperasikan sebuah generator listrik. Mesin-mesin atau alat-alat, dimana diberi tenaga oleh skema hidro, disebut dengan 'Beban' (*Load*).



Gambar 14. Turbin dan generator

Tentu saja ada banyak variasi pada penyusunan disain ini. Sebagai sebuah contoh, air dimasukkan secara langsung ke turbin dari sebuah saluran tanpa sebuah *penstock* seperti yang terlihat pada penggergajian kayu. Tipe ini adalah metode paling sederhana untuk mendapatkan tenaga air tetapi belakangan ini tidak digunakan untuk pembangkit listrik karena efisiensinya rendah. Kemungkinan lain adalah bahwa saluran dapat dihilangkan dan sebuah *penstock* dapat langsung ke turbin dari bak pengendap pertama.



Variasi seperti ini akan tergantung pada karakteristik khusus dari lokasi dan skema keperluan-keperluan dari pengguna.

PLTMH pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air (jatuhan air). Semakin tinggi jatuhan air (*head*) maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis yang memungkinkan, tinggi jatuhan air (*head*) dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi.

Secara umum lay-out sistem PLTMH merupakan pembangkit jenis *run off river*, memanfaatkan aliran air permukaan (sungai). Komponen sistem PLTMH tersebut terdiri dari bangunan *intake* (penyadap) - bendungan, saluran pembawa, bak pengendap dan penenang, saluran pelimpah, pipa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuangan. *Basic lay-out* pada perencanaan pengembangan PLTMH dimulai dari penentuan lokasi intake, bagaimana aliran air akan dibawa ke turbin dan penentuan tempat rumah pembangkit untuk mendapatkan tinggi jatuhan (*head*) optimum dan aman dari banjir.

- Lokasi bangunan *intake*

Pada umumnya instalasi PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air jenis aliran sungai langsung, jarang yang merupakan jenis waduk (bendungan besar). Konstruksi bangunan intake untuk mengambil air langsung dari sungai dapat berupa bendungan (*intake dam*) yang melintang sepanjang lebar sungai atau langsung membagi aliran air sungai tanpa dilengkapi bangunan bendungan. Lokasi *intake* harus dipilih secara cermat untuk menghindari masalah di kemudian hari.

- *Kondisi dasar sungai*

Lokasi *intake* harus memiliki dasar sungai yang relatif stabil, apalagi bila bangunan *intake* tersebut tanpa bendungan (*intakedam*). Dasar sungai yang tidak stabil mengalami erosi sehingga permukaan dasar sungai lebih rendah dibandingkan dasar bangunan *intake*; hal ini akan menghambat aliran air memasuki *intake*.



Dasar sungai berupa lapisan lempeng batuan merupakan tempat yang stabil. Tempat di mana kemiringan sungainya kecil, umumnya memiliki dasar sungai yang relatif stabil. Pada kondisi yang tidak memungkinkan diperoleh lokasi *intake* dengan dasar sungai yang relatif stabil dan erosi pada dasar sungai, maka konstruksi bangunan *intake* dilengkapi dengan bendungan untuk menjaga ketinggian dasar sungai di sekitar *intake*.

- *Bentuk aliran sungai*

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada instalasi PLTMH adalah kerusakan pada bangunan intake yang disebabkan oleh banjir. Hal tersebut sering terjadi pada *intake* yang ditempatkan pada sisi luar sungai. Pada bagian sisi luar sungai (b) mudah erosi serta rawan terhadap banjir. Batu-batuan, batang pohon serta berbagai material yang terbawa banjir akan mengarah pada bagian tersebut. Sementara itu bagian sisi dalam sungai (c) merupakan tempat terjadinya pengendapan lumpur dan sedimentasi, sehingga tidak cocok untuk lokasi intake. Lokasi *intake* yang baik terletak sepanjang bagian sungai yang relatif lurus (a), di mana aliran akan terdorong memasuki intake secara alami dengan membawa beban (*bedload*) yang kecil.

- Lokasi rumah pembangkit (*power house*)

Pada dasarnya setiap pembangunan mikrohidro berusaha untuk mendapatkan head yang maksimum. Konsekuensinya lokasi rumah pembangkit (*power house*) berada pada tempat yang serendah mungkin. Karena alasan keamanan dan instruksi, lantai rumah pembangkit harus selalu lebih tinggi dibandingkan permukaan air sungai. Data dan informasi ketinggian permukaan sungai pada waktu banjir sangat diperlukan dalam menentukan lokasi rumah pembangkit. Selain lokasi rumah pembangkit berada pada ketinggian yang aman, saluran pembuangan air (*tail race*) harus terlindung oleh kondisi alam, seperti batu-batuan besar. Disarankan ujung saluran *tail race* tidak terletak pada bagian sisi luar sungai karena akan mendapat beban yang besar pada saat banjir, serta memungkinkan masuknya aliran air menuju ke rumah pembangkit.

2.2. Komponen Pembangkit Listrik Mikrohidro

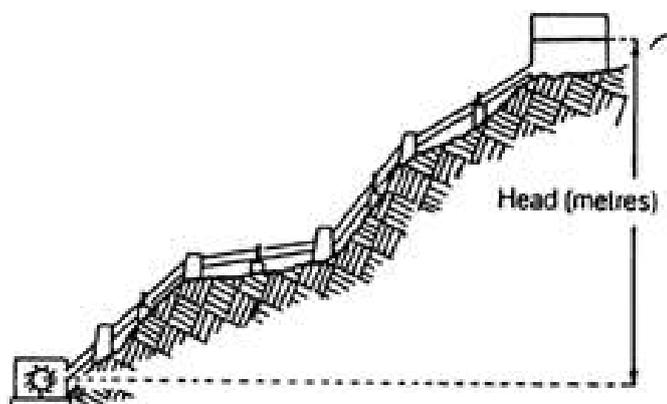


- *Lay-out* Sistem PLTMH

Lay out sebuah sistem PLTMH merupakan rencana dasar untuk pembangunan PLTMH. Pada *lay out* dasar digambarkan rencana untuk mengalirkan air dari *intake* sampai ke saluran pembuangan akhir.

Air dari intake dialirkan ke turbin menggunakan saluran pembawa air berupa kanal dan pipa pesat (*penstock*). Penggunaan pipa pesat memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan pembuatan kanal terbuka, sehingga dalam membuat *lay out* perlu diusahakan agar menggunakan pipa pesat sependek mungkin. Pada lokasi tertentu yang tidak memungkinkan pembuatan saluran pembawa, penggunaan pipa pesat yang panjang tidak dapat dihindari. Pendekatan dalam membuat *lay out* sistem PLTMH adalah sebagai berikut: Air dari intake dialirkan melalui penstock sampai ke turbin. Jalur pemipaan mengikuti aliran air, paralel dengan sungai. Metoda ini dapat dipilih seandainya pada medan yang ada tidak memungkinkan untuk dibuat kanal, seperti sisi sungai berupa tebing batuan. Perlu diperhatikan bahwa penstock harus aman terhadap banjir.

Sebuah skema hidro memerlukan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Ini adalah sebuah sistem konversi tenaga, menyerap tenaga dari bentuk ketinggian dan aliran, dan menyalurkan tenaga dalam bentuk daya listrik atau daya gagang mekanik. Tidak ada sistem konversi daya yang dapat mengirim sebanyak yang diserap dikurangi sebagian daya hilang oleh sistem itu sendiri dalam bentuk gesekan, panas, suara dan sebagainya.



Gambar 15. *Head* adalah ketinggian vertikal dimana air jatuh.

Persamaan konversinya adalah:

$$Daya_{masuk} = Daya_{keluar} + Kehilangan_{loss}$$

atau

$$Daya_{keluar} = Daya_{masuk} \times Efisiensi\ konversi$$

Persamaan di atas biasanya digunakan untuk menggambarkan perbedaan yang kecil. Daya yang masuk, atau total daya yang diserap oleh skema hidro, adalah daya kotor, P_{gross} . Daya yang manfaatnya dikirim adalah daya bersih, P_{net} . Semua efisiensi dari skema gambar diatas disebut E_o .

$$P_{net} = P_{gross} \times E_o \text{ kW}$$

Daya kotor adalah head kotor (H_{gross}) yang dikalikan dengan debit air (Q) dan juga dikalikan dengan sebuah faktor ($g=9.8$), sehingga persamaan dasar dari pembangkit listrik adalah :

$$P_{net} = g \cdot H_{gross} \cdot Q \cdot E_o \text{ kW}$$

dengan,

$$H_{gross} = \text{Tinggi jatuh (m)}$$

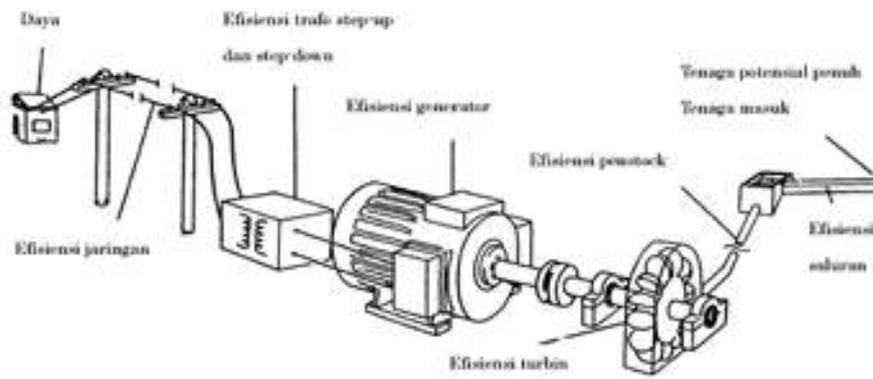
$$Q = \text{Debit } \left(\frac{m^3}{dt} \right)$$

$E_o = E_{konstruksi\ sipil} \times E_{penstock} \times E_{turbin} \times E_{generator} \times E_{sistem\ kontrol} \times E_{jaringan} \times E_{trafo}$
persamaan diatas dirubah ke persamaan berikut.

$$P_{net} = g \cdot (H_{gross} - H_{loss}) \cdot Q \cdot (E_o - E_{konstruksi\ sipil} - E_{penstock}) \text{ kW}$$

Persamaan sederhana ini harus diingat: ini adalah inti dari semua disain pekerjaan pembangkit listrik. Ini penting untuk menggunakan unit-unit yang benar.





Gambar 16. Skematis PLTMH



BAB III. METODE STUDI

3.1. Lokasi dan Waktu Kegiatan

Lokasi kegiatan berada di Dusun Sarwan Desa Merbau Kecamatan Banding Agung Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan. Studi lapangan dilakukan dari tahun 2016 sampai tahun 2017. Analisis data dan penyusunan laporan dilakukan pada bulan September 2017.



Gambar 17. Lokasi Studi Dusun Sarwan dan sekitarnya

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan utama dan pendukung yang dilaksanakan dalam pengembangan PLTMH ini adalah sebagai berikut:

1. Turbin Crossflow kapasitas 10 kW
2. Generator Sinkron kapasitas 10 kVA
3. Power house
4. Walkway
5. Bak penampung (bak penenang)
6. Saluran pembawa
7. Pipa pesat
8. Ballast load
9. Control panel pada sisi pembangkitan
10. Tiang listrik
11. Kabel distribusi



12. Lampu LED
13. Shelter transformator
14. Control panel pada sisi konsumen
15. Bahan dan peralatan instalasi listrik/rumah

3.3. Metode Pendekatan Kegiatan

Bentuk pendekatan kegiatan dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Sebagaimana dijelaskan oleh (Surachmad, 1985) bahwa sifat-sifat tertentu yang terdapat didalam metode deskriptif kualitatif ada dua yaitu :

- a) Deskriptif kualitatif yang memusatkan pada pemecahan masalah yang ada sekarang terutama masalah yang bersifat real dan aktual.
- b) Deskriptif kualitatif melalui data yang telah dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan kemudian dianalisis, dimana sebuah deskripsi dapat merepresentasikan obyektif terhadap fenomena yang dikaji.

3.4. Sumber data

3.4.1. Data Primer

Data primer merupakan data hasil dari wawancara maupun data tertulis yang merupakan hasil pengamatan di lapangan yang dilakukan secara terstruktur. Dalam wawancara terstruktur terlebih dahulu dipersiapkan instrumen yang berupa daftar pertanyaan yang berfungsi sebagai pedoman pada saat wawancara berlangsung, wawancara tersebut meliputi:

- a) Bentuk-bentuk regulasi terkait dengan pengembangan PLTMH khususnya di Dusun Sarwan.
- b) Bentuk dan mekanisme partisipasi masyarakat dalam pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan.
- c) Faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat dalam pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan.
- d) Peranan lembaga/institusi di tingkat Desa dan Dusun terhadap kegiatan pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan.
- e) Pengaruh pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan terhadap kondisi lingkungan sosial ekonomi dan budaya sekitar.



3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang berhubungan erat dengan data primer sehingga dapat membantu menganalisis dan memahami data primer. Data sekunder yang diperlukan dalam kegiatan ini didapatkan dari dokumen mengenai partisipasi masyarakat dalam pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan. Maupun data dalam bentuk data yang terdokumentasi dalam catatan peneliti.

3.4.3. Teknik Pengumpulan Data

Sesuai dengan bentuk metode pendekatan kualitatif dan juga jenis sumber data yang dimanfaatkan, maka teknik pengumpulan data yang digunakan dalam kegiatan ini adalah :

a. Metode wawancara

Teknik wawancara yang digunakan adalah dengan tidak terstruktur atau yang disebut dengan wawancara mendalam (*indepth interviewing*). Wawancara ini bersifat lentur dan terbuka, tidak terstruktur ketat, tidak dalam suasana formal, dan bisa dilakukan berulang pada informan yang sama (HB Sutopo,2002). Pertanyaan yang diajukan bisa semakin terfokus sehingga informasi yang bisa dikumpulkan semakin rinci dan mendalam. Kelonggaran dan kelenturan cara ini akan mampu mengorek kejujuran informan untuk memberikan informasi yang sebenarnya, terutama yang berkaitan dengan perasaan, sikap dan pandangan mereka terhadap kegiatan pengembangan energi terbarukan (*renewable*) melalui inovasi turbin mikrohidro..

b. Observasi langsung

Menurut HB Sutopo (2002) observasi ini dalam penelitian kualitatif sering disebut sebagai "*Observasi Partisipatif*". Observasi langsung ini akan dilakukan dengan cara formal dan informal, untuk mengamati berbagai kegiatan dan peristiwa yang terjadi pada kegiatan pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan (*renewable*) turbin mikrohidro PLTMh melalui penguatan institusi sosial desa di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan.



3.4.4. Metode Analisis Data dan Kajian

Untuk menganalisa data yang telah dikumpulkan dari observasi, maka teknik analisis yang digunakan adalah analisis antar kasus. Pada tiap kasusnya proses analisisnya dilakukan dengan menggunakan model analisis interaktif (Miller dan Huberman *dalam* HB Sutopo, 2000 : 186). Dalam model analisis ini, tiga komponen analisisnya yaitu reduksi data, sajian data dan penarikan simpulan atau verifikasinya, aktifitasnya dilakukan dalam bentuk interaktif dengan proses pengumpulan data sebagai suatu proses siklus. Adapun analisis kajian yang dilakukan, meliputi analisis:

1. Kajian Dampak Lingkungan pada **aspek potensi *multiplier effect (value economic value, social value, dan carrying capacity)*** sebelum dan setelah adanya Pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan.
2. Kajian pada proses ***transfer dan aplikasi teknologi inovasi*** untuk meningkatkan potensi energi alam terbarukan (*renewable*) melalui pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro PLTMH Sarwan.
3. Kajian dampak lingkungan aspek Keterlibatan dan Peran Serta Masyarakat pada ***Sistem Pengelolaan dan Penguatan Institusi Sosial Desa*** di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan dalam memanfaatkan energi alam terbarukan (*renewable*) PLTMh Sarwan.
4. Kajian dampak lingkungan pada aspek **Daerah Tangkapan Hujan (*Catchman Area*) PLTMh Sarwan dan potensinya menjaga keberlanjutan fungsi turbin mikrohidro,**



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis besaran Dampak Lingkungan (*multiplier effect = economic value, social value, dan carrying capacity*) melalui Pengembangan PLTMH di Dusun Sarwan, Merbau OKU Selatan.

4.1.1. Prakiraan Besaran Dampak Lingkungan Sebelum Pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH) Sarwan

Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan (OKUS) memiliki luas 5.494 Km² atau 549.394 Ha, terdiri dari 19 kecamatan dan 252 desa, diantara 19 kecamatan yang ada di Kabupaten OKUS sebagiannya memiliki wilayah dataran tinggi. Hanya 6 kecamatan saja yang wilayahnya relative datar, yaitu Muaradua, Buay Rawan, Buay Sandang Aji, Tiga Dihaji, Buay Runjung dan Runjung Agung. Wilayah tertinggi Di Kabupaten OKU SELATAN adalah Gunung Seminung di kecamatan Banding Agung dengan ketinggian 1.888 meter dari permukaan laut. dan dialiri oleh Sungai Selabung dan Sungai saka, dua sungai besar ini yang bermuara ke sungai komering. yaitu Sungai Saka dan Selabung. Selain itu masih terdapat 20 Sungai dan anak sungai lainnya yang tersebar di seluruh wilayah Kabupaten OKUS dengan topografi perbukitan dan berlereng.

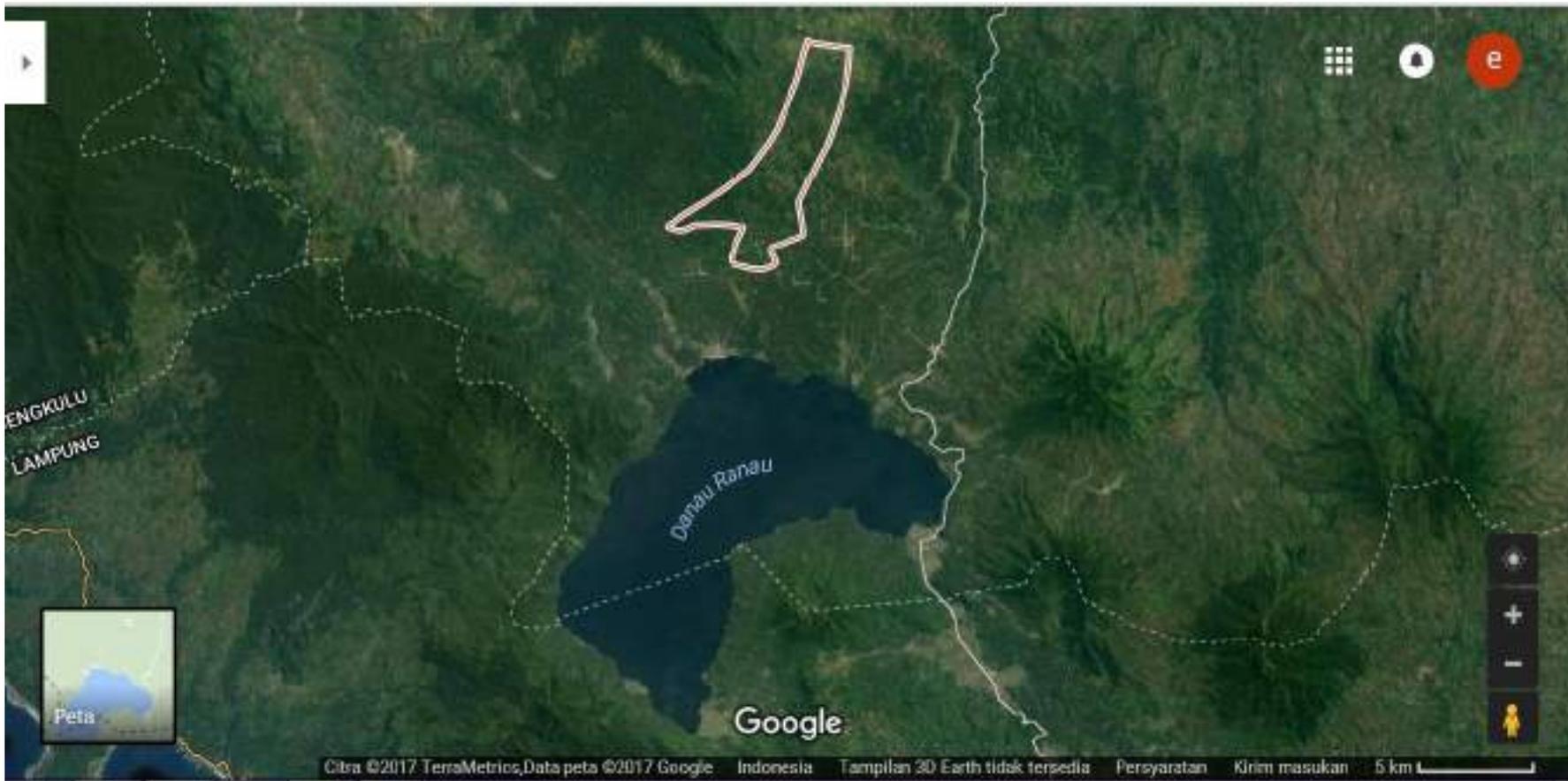
Dusun Sarwan tempat kajian dilakukan, merupakan salah satu dusun dari Desa Talang Merbau Kecamatan Banding Agung OKUS. Lokasi desa berada 330 km dari kota Palembang dapat ditempuh dengan perjalanan darat selama 8 jam kearah Selatan Pulau Sumatera dan berbatasan dengan Propinsi Lampung. Desa Talang Merbau merupakan pemekaran dari desa Sipatuhu, dan memiliki luas wilayah 15 km². Di Sebelah Utara berbatasan dengan Hutan Kawasan Kecamatan Buay Sandang Aji; Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Sipatuhu Kecamatan Banding Agung; Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Banding Agung Kecamatan Banding Agung; Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Air Rupik Kecamatan Banding Agung. Gambaran area lokasi PLTMH Sarwan disajikan pada Peta Gambar 18 dan 19.





Gambar 18. Area Pengembangan PLTMh Sarwan Berada di Wilayah Kabupaten OKU Selatan dan Sumatera Selatan





Gambar 19. Posisi dan Letak Lokasi Pengembangan PLTMh Sarwan di Wilayah Danau Ranau SumSel Berdasarkan Potret Citra Satelit.



Tahun 2009 di dusun Sarwan telah dirintis pembangun pembangkit listrik mikro hidro (PLTMh) oleh Universitas Muhammadiyah Palembang. Berdasarkan hasil survey pendahuluan dusun Sarwan berada ketinggian ± 1.100 dari permukaan laut, letak dusun lebih tinggi dari 4 dusun lainnya di Desa Talang Merbau, akses menuju ke dusun adalah jalan tanah, dengan lebar jalan $\pm 1,5$ meter dan cukup terjal dengan kemiringan $20-35^\circ$, masyarakat menuju kedesa umumnya berjalan kaki dan atau menggunakan kendaraan sepeda motor. PLTMh di dusun Sarwan berada di sisi Selatan dusun, memanfaatkan air terjun (DAS) dari desa Sipatuha menuju lembah dusun. Lokasi air terjun di lahan datar, dengan beda ketinggian lembah tempat air terjun dan pemukiman warga ± 35 m.



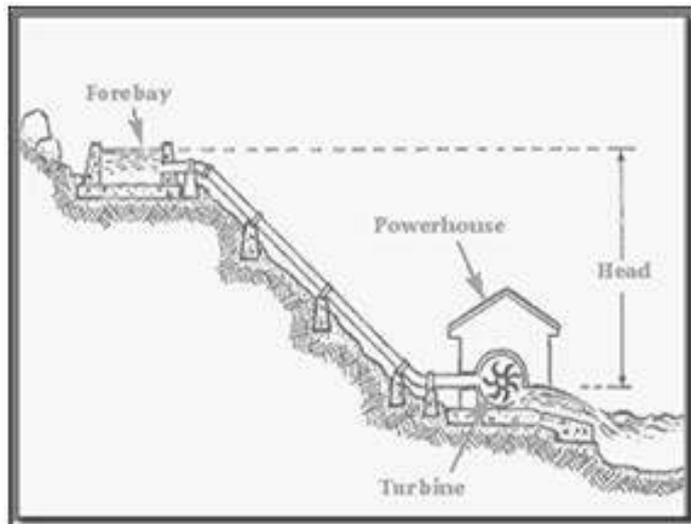
Gambar 20. Situasi Umum PLTMh yang Ditemyui di Indonesia

Di sisi-sisi jalan menuju air terjun terdapat beberapa petak sawah dan kolam ikan. Panjang aliran air dari desa Sipatuha menuju air terjun adalah 2 km. Disisi atas air terjun terdapat sawah-sawah warga desa seluas 7 Ha, yang ditanami sebanyak 2 kali dalam setahun, dan kebun produksi yang ditanami kopi dan lada seluas 5 Ha.



PLTMh di dusun Sarwan yang dirintis dan didirikan bersama masyarakat dusun, memiliki beda ketinggian (*gross head*) 11 m dan debit aliran 0,15 m³/dt. Adapun **kondisi teknis dan sosial sebelum adanya pengembangan teknologi inovasi turbin mikrohidro (PLTMH) dalam memanfaatkan energi alam terbarukan (renewable) dan sebelum adanya pembinaan dari CSR Pertamina RU III adalah sebagai berikut:**

- (1) Pembangkit listrik dibangun dengan membuat bendung setinggi 1 m , untuk menambah beda ketinggian (*head*) dan difungsikan juga sebagai kolam genang (*forebay*). Saluran air dari desa Sipatuha sebagai intake dan di pasang pipa penstock menuju turbin untuk mengalirkan air sebagai prime over. PLTMh menggunakan penggerak mekanik berupa turbin crossflow dengan tranmisi mekanik 2 buah puley dari turbin dan generator, panjang penstock 10 meter dan untuk menghasilkan listrik dipakai generator sinkron 5 kW dengan tegangan 220 Volt.



Gambar 21. Sistem Turbin pada PLTMh

- (2) Mata pencaharian warga dusun umumnya petani kopi, lada, gula merah dan coklat, pagi sampai dengan sore warga berada di kebun, dan anakpabak serta remaja pergi ke sekolah sehingga dusun menjadi sepi. Listrik dari PLTMh hanya dimanfaatkan sore hingga malam hari saja oleh 21 KK warga dusun Sarwan, listrik digunakan untuk penerangan di malam



hari untuk siswa belajar, penerangan jalan dan masjid. Besarnya daya listrik terpasang untuk 1 KK adalah 100 Watt dengan pembatas arus MCB 1 Ampere untuk 2 KK. Daya listrik 100 Watt dapat dimanfaatkan untuk 3 lampu penerangan hemat energi (LHE) dan 1 buah televisi ukuran 14 inci (60 Watt). Namun tegangan listrik PLTMh yang dihasilkan berkisar 160-200 Volt, masih dibawah standar Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) yaitu 220 Volt \pm 5%, dan frekuensi 42-48 Hz, dibawah standar PUIL yaitu 50 Hz \pm 2%. Tegangan yang tidak stabil berdampak pada lampu pijar terpasang sering meredup dan mudah putus, pada LHE dengan tegangan dan frekuensi yang tidak stabil mengakibatkan proses ionisasi elektron di dalam tabung lampu tidak maksimal, sehingga menimbulkan degung (intensitas kebisingan bagi perumahan 45 – 55 dBA) dan lampu tidak memendar dengan sempurna. Siaran televisi Nasional TVRI yang sinyalnya dapat mencapai dusun, tidak dapat menggunakan listrik PLTMh juga sebagai substitusi masyarakat menggunakan batere mobil ... Ah yang dapat bertahan selama 6 jam dengan biaya satu kali charger di kecamatan Banding Agung Rp. 10.000,-.

- (3) Kondisi tegangan dan frekuensi yang rendah mengakibatkan peralatan listrik rumah tangga seperti televisi tidak dapat dipergunakan dengan semestinya (Indra, 2011), televisi tidak dapat menampilkan gambar dan suara dengan baik. Sebagai dampaknya banyak warga tidak mengetahui perkembangan kondisi teknologi pertanian, sosial ekonomi khususnya harga hasil pertanian di luar desa. Harga hasil pertanian seperti kopi, lada dan gula aren ditentukan oleh pembeli sendiri/tengkulak, bukan harga sesuai pasaran, hal ini sebagai akibat warga tidak mengetahui perkembangan harga pasaran karena berada di daerah yang terisolir.
- (4) Dusun Sarwan memiliki 2 (dua) tempat penggilingan kopi dengan memanfaatkan mesin diesel, harga solar per liter di desa mencapai Rp. 10.000,- untuk penggilingan kopi 25-50 kg/jam dengan daya 1 HP membutuhkan bahan bakar 3 liter atau Rp. 30.000,- bila memanfaatkan



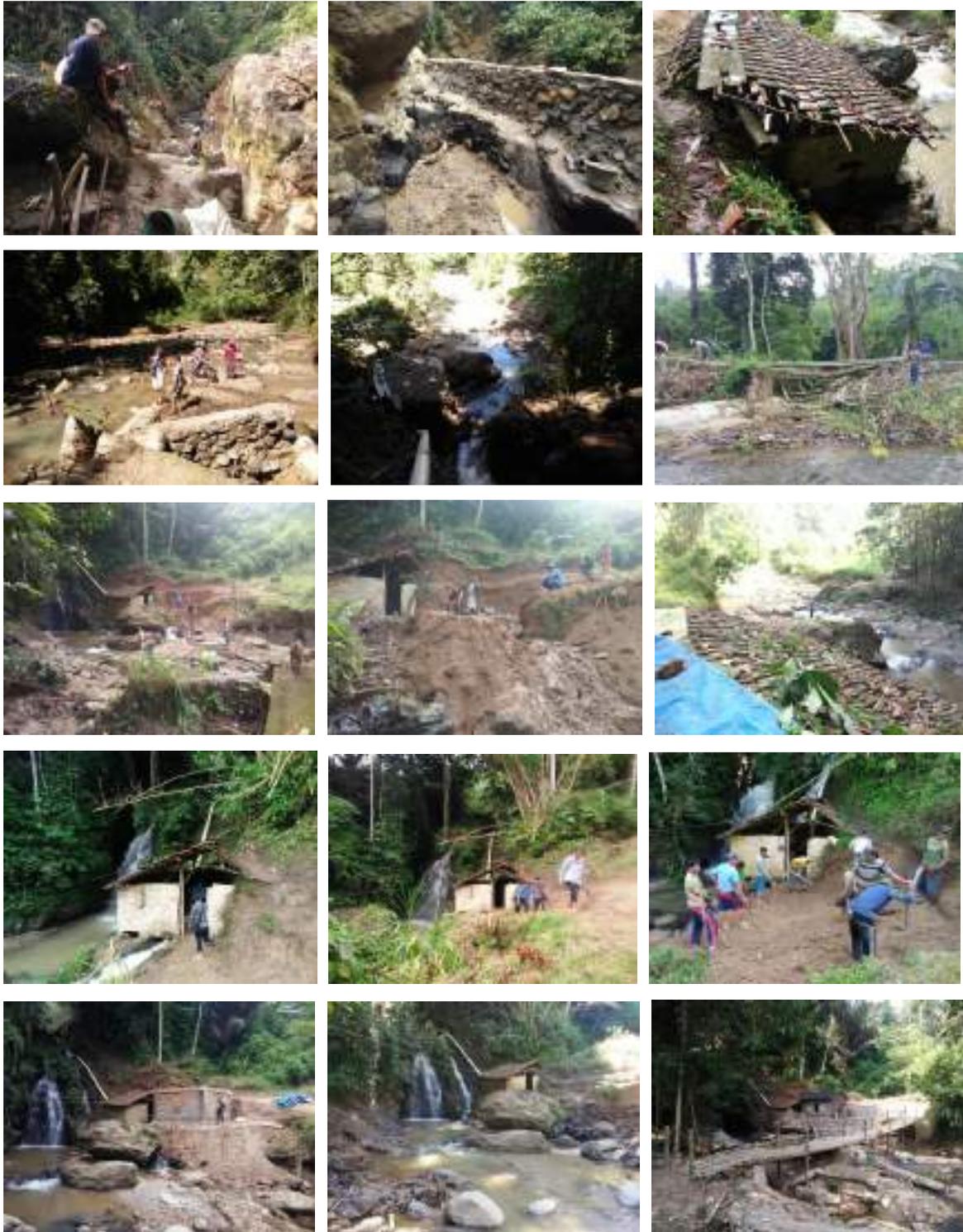
listrik pada siang hari dan memperbaiki tegangan dan frekuensi listrik menggunakan *auto vantage regular* dapat mengurangi biaya produksi pengilingan kopi dan dapat pula menunjang berkembang UKM pengolahan produk pertanian lainnya yaitu lada halus, gula merah, dengan biaya yang ekonomis.

- (5) Pendistribusian energi listrik dari pembangkit menggunakan kabel NYA 1x2,5 m² dengan tiang bambu yang ada di dusun, tetapi sistem tidak ditanahkan (standar resistansi pentanahan 5 Ohm, pada kondisi tanah lempung dusun sarwan resistansi pentanahan 120 Ohm). Hal ini berakibat rentan pendistribusian terhadap kondisi lingkungan seperti petir, hujan dan angin kencang. Sambaran petir bahkan pernah terjadi dan mengakibatkan listrik terputus dan merusak lampu penerangan karena tegangan lebih dari petir
- (6) Keberlangsungan PLTMh tergantung debit air yang merupakan pasokan untuk menggerakkan turbin, dimana pasokan air tergantung pada kondisi hutan yang ada, bila kondisi hutan di sekitar lokasi rusak luasan daerah tangkapan hujan berkurang, maka pasokan air tidak akan tersedia sepanjang tahun, pada musim penghujan air berlebih dan sebaliknya pada musim kemarau air berkurang, sehingga turbin tidak berputar. Dengan adanya manfaat energi Listrik dari PLTMh, masyarakat diharapkan akan terdorong untuk menjaga hutan dan DAS demi keberlangsungan output dari pemanfaatan air sebagai sumber energi listrik utama warga. Paguyuban pengelola listrik PLTMH yang terdiri dari 2-3 orang setiap grup, yang bekerja secara bergantian dengan grup KK lainnya. Setiap grup bertugas untuk menyambungkan atau mematikan listrik PLTMH dari saklar beban, menutup atau membuka inlet menuju penstock serta melakukan pemeliharaan saluran dari sampah berupa daun-daun, kayu, ranting dari hulu saluran. Adanya manfaat langsung yang dirasakan dari PLTMh serta bentuk tanggungjawab warga terhadap kontinuitas hasil air sebagai sumber utama energi listrik, penerima manfaat dari PLTMh (warga dusun



Sarwan) diharapkan terdorong untuk menjaga dan melestarikan fungsi hutan secara swadaya, yang akan bermanfaat untuk menjamin kontinuitas hasil air. Paguyuban juga menarik iuran kepada 21 KK pengguna listrik sebesar Rp. 10.000,- per KK sebagai bentuk partisipasi dan persiapan keuangan bila harus melakukan perbaikan peralatan maupun sarana fisik lainnya.





Gambar 22. Sebelum adanya Program Revitalisasi dan Pengembangan Inovasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMh)



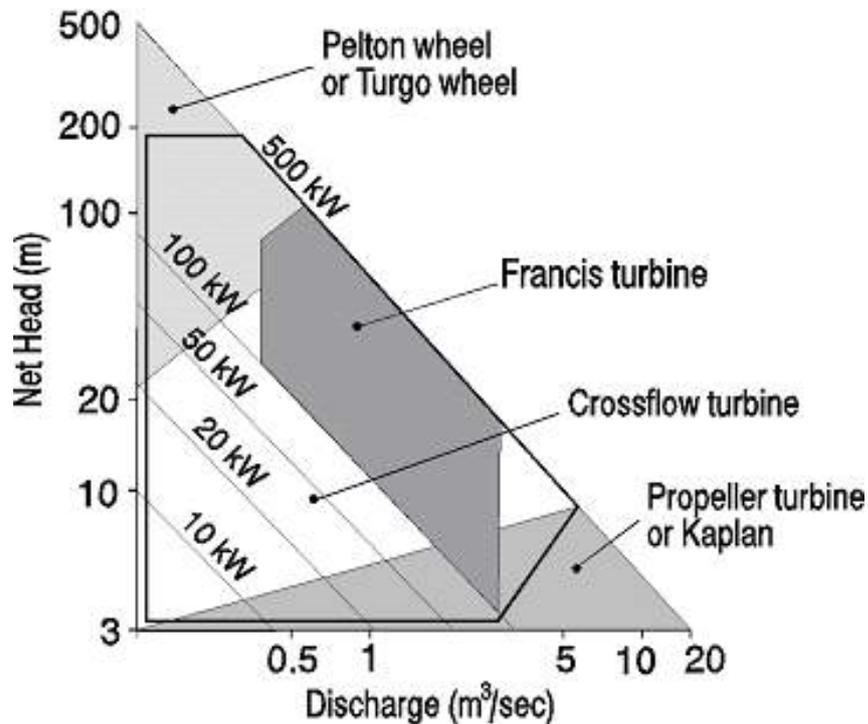
4.1.2. Prakiraan Besaran Dampak Lingkungan Setelah Pengembangan Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH) Sarwan

Diawal tahun 2017 Pertamina RU III dan UM Palembang telah menandatangani kerjasama dalam bentuk MOU. Salah satu program yang disepakati adalah pemasangan turbin cross flow dengan kapasitas 10 kW untuk menggantikan turbin crossflow 5 kW yang telah terpasang di dusun Saruan. Sebagai penunjang program pemasangan turbin crossflow dilakukan juga penambahan ketinggian bendung dari 1m menjadi 2 m, penambahan peralatan panel kontrol, balast load, jaringan distribusi dan rumah pembangkit (power house).

Pembangun fasilitas jalan cor sepanjang 3000 m menuju rumah turbin, pemasangan turbin, pipanisasi sulpay air dan pemasangan jaringan/instalasi listrik untuk rumah-rumah penduduk ke 31 KK dilakukan bersama-sama dengan warga. 31 KK waga dusun saat ini dapat menikmati listrik selama 24 jam dengan daya **220 Watt** dengan pembatas arus MCB 1 Ampere. Sebagai penguatan istitusi sosial dusun Sarwan sebagai Desa Energi Mandiri Pertamina dilakukan pelatihan perawatan PLTMh.

Adanya pembinaan dari CSR Pertamina RU III yang bermitra dengan UM Palembang pada tahun 2017, telah melakukan program peningkatan daya listrik dari PLTMh dusun Sarwan dari 5 kW menjadi 10 kW, dengan memanfaatkan potensi air yang ada dan menaikan head atau tinggi muka dari kondisi sebelumnya, serta pembuatan kolam penenang untuk mendapatkan volume air yang lebih besar dan mereduksi banyaknya partikel endapan. Debit air perencanaan mempergunakan debit andalan aliran Sipatuha menuju ke dusun Sarwan, hasil pengukuran dengan *flow watch* debit air 0,15 m³/dt sama dengan tahun 2009, dan *net head* 11,42 m, tetapan gravitasi 9,81 m/dt sehingga daya available sebesar 16,24 kW, dengan mempertimbangkan efisiensi turbin 70% dan generator 80 %, (Kamal. 2007) besarnya daya listrik yang dapat dibangkitkan menurut perhitungan adalah 10, 39 kW.





Gambar 23. Hubungan Antara Debit dan Ketinggian

Memperhatikan besarnya debit dan head yang ada di lokasi, jenis turbin yang dipergunakan yaitu turbin crossflow, sudah tepat (Gambar). Penggunaan turbin yang tepat berpengaruh pada tingkat efisiensi dari daya available (daya potensi air) dengan daya terbangkit. Kenaikan kapasitas daya listrik terbangkit diiringi dengan perbaikan sistem distribusi dan penggunaan *auto voltage regulator* juga meningkatkan power quality yang dihasilkan. Tegangan listrik di rumah warga saat ini 220-222 Volt dan frekuensi 50,0-50,5 Hz, telah dimanfaatkan oleh 33 KK warga dusun Saruan untuk penerangan rumah, televisi, radio dan mencarger HP selama 24 jam. Power house sederhana diganti dengan power house permanen dilengkapi dengan panel kontrol dan *balast load* berupa lampu dengan daya maksimal balast 50% dari daya terbangkit.

Balast load yang berfungsi penyeimbang beban (Ampere) listrik yang dihasilkan PLTMh dengan beban (Ampere) yang dipergunakan oleh warga bekerja secara otomatis, dari segi elektris pemanfaatan balast load menjaga frekuensi dan tegangan yang dihasilkan PLTMh, tetap pada range yang telah ditentukan yaitu 220 Volt \pm 5%, dan frekuensi 50 Hz \pm 2%.



Sistem pendistribusian dari sebelumnya menggunakan tiang dari bambu diganti dengan tiang permanen berbahan baja, dengan hantaran kabel 3 x NYM 2,5 mm², sudah memadai. Drop tegangan karena beban listrik jauh dari pembangkit telah dapat diatasi menggunakan auto voltage generator dengan daya 10 kW.

Perbaikan power quality (tegangan dan frekuensi) sangat menguntungkan warga, listrik dari PLTMh sudah dapat dipergunakan untuk penerangan di malam hari dengan intensitas yang baik sehingga anak-anak dapat belajar dengan tenang, televisi dapat menampilkan gambar berwarna, dan HP dapat dicarger tanpa menggunakan baterai lagi. Selain itu listrik dari PLTMh khususnya pagi hingga sore hari dapat dimanfaatkan sebagai catu daya mesin-mesin produksi seperti mesin penggilingan kopi.

Bila dihitung besarnya penghematan Konsumsi energi listrik warga yang diperoleh tanpa biaya investasi PLTMh adalah,

Tabel 2. Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Warga Menggunakan PLTMh

Penggunaan	Biaya listrik tanpa PLTMh	Biaya listrik PLTMh	Penghematan
Penggilingan kopi 50 kg/hari menggunakan BB solar	3 ltr/hr x Rp. 10.000 x 15 kali/bln = Rp.450.000/bln	Rp. 20.000/bln	Rp. 430.000/bln
Televisi	5 kali carger/bulan x Rp. 10.000 = Rp. 60.000bln	Rp. 20.000bln	Rp. 40.000/bln





Gambar 24. Kondisi Setelah adanya Program Revitalisasi dan Pengembangan Inovasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMh)



4.2. Proses Transfer dan Aplikasi Teknologi Inovasi Turbin Mikrohidro (PLTMH) untuk Pengembangan Potensi Energi Alam Terbarukan

4.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatan relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya secara sosial, PLTMH mudah diterima masyarakat luas (bandingkan misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang di bendungatau air terjun.



Situasi umum PLTMH yang biasa ditemui di Indonesia.

Kondisi air yang bisa di manfaatkan sebagai sumber daya penghasil listrik adalah yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu serta instalasi. Pembangkit listrik kecil yang dapat menggunakan tenaga air pada salura irigasi dan sungai atau air terjun alam, dengan memanfaatkan tinggi terjun dan jumlah



debit airnya ($m^3/detik$). Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggian dari instalasi maka semakin besar energi yang dapat di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Pada umumnya PLTMH mampu memasok listrik sebesar 10-500 kW.

Penggunaan energi mikrohidro sebagai salah satu alternatif energi untuk daerah pedesaan sangatlah tepat karena ramah lingkungan tanpa menggunakan BBM, sehingga harga jual listriknya bisa lebih kompetitif dan murah. Beberapa kelebihan dari PLTMH antara lain: (1) potensi energi air yang melimpah, (2) teknologi yang handal dan kokoh sehingga mampu beroperasi lebih dari 15 tahun, (3) teknologi PLTMH merupakan teknologi ramah lingkungan dan terbarukan, (4) efisiensi tinggi (70-85 persen), (5) bebas polusi, (6) biaya pembangkit rendah (7) mendorong upaya penyelamatan lingkungan.

Selain keuntungan di atas PLTMH ini juga dapat difungsikan di jaringan irigasi. Tujuan dari penerapan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di jaringan irigasi adalah untuk menunjang pembangunan pedesaan melalui peningkatan taraf sosial-ekonomi masyarakat desa.

1. Persyaratan dan Skema Teknis

Persyaratan teknis dalam pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini adalah: (1) sistem pengelolaan jaringan irigasi cukup baik, sehingga pendistribusian air berlangsung secara teratur sepanjang tahun, (2) debit air yang diperlukan tersedia sepanjang tahun dan dapat dipenuhi oleh debit sungai rata-rata pada musim kemarau, (3) tinggi terjun air cukup, yang bersama-sama dengan debit aliran menghasilkan potensi tenaga air yang dinyatakan dengan daya sumber $P_s = r \cdot g \cdot Q \cdot H$

dengan :

P_s = daya sumber (W),

r = kerapatan massa air (kg/m^3),

g = percepatan gravitasi (m/dt^2),

Q = debit air (m^3/dt),

H = tinggi terjun (m).

Sedangkan potensi listrik tenaga mikrohidro dinyatakan dengan daya hasil

$$P_h = h_t P_s$$

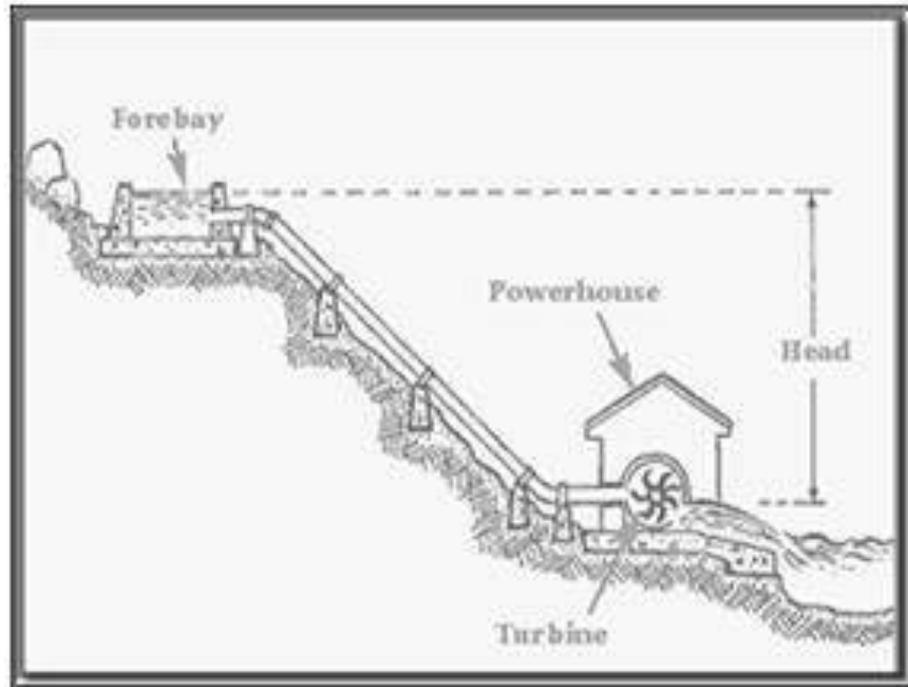
dengan :

P_h = daya hasil (W),

h_t = efisiensi total PLTMH (%),



(4) pembuatan PLTMH tidak mengganggu sistem irigasi yang suda ada, bahkan agar diusahakan adanya peningkatan/perbaikan, (5) PLTMH menggunakan teknologi tepat guna agar pembuatan, pengoperasian dan pemeliharaannya dapat dilakukan dengan menggunakan tenaga kerja setempat.



Gambar 25. Skema teknis PLTMh

2. Prinsip Kerja PLTMH

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Prinsip dasar PLTMH adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Daya yang masuk (P_{gross}) merupakan penjumlahan dari daya yang dihasilkan (P_{net}) ditambah dengan faktor kehilangan energi (*losses*) dalam bentuk suara atau panas. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Daya yang dihasilkan merupakan perkalian dari daya yang masuk dikalikan dengan efisiensi konversi (E_o).



$$P_{net} = P_{gross} \cdot E_o \text{ (kW)} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

P_{net} = Daya yang dihasilkan (kW)

P_{gross} = Daya kotor (kW)

E_o = Efisiensi konversi

Daya kotor adalah head kotor (H_{gross}) yang dikalikan dengan debit air (Q) dan juga dikalikan dengan sebuah faktor gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/detik}^2$), sehingga persamaan dasar dari pembangkit listrik adalah;

$$P_{net} = g \cdot H_{gross} \cdot Q \cdot E_o \text{ (kW)} \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan :

P_{net} = Daya yang dihasilkan (kW)

g = Percepatan gravitasi (m/detik^2)

H_{gross} = Head kotor (m)

Q = Debit air (m^3/detik)

E_o = Efisiensi konversi

3. Komponen PLTMH

Beberapa komponen yang digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro baik komponen utama maupun bangunan penunjang, antara lain:

- 1) *Diversion Weir* dan *Intake* :
- 2) (Dam/Bendungan Pengalih dan *Intake*) Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ('*intake*' pembuka) ke dalam sebuah bak pengendap (*settling basin*) atau perangkap pasir (*sand trap*).
- 3) *Settling Basin* (Bak Pengendap) :
- 4) Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.
- 5) *Headrace* (Saluran Pembawa) :
- 6) Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.
- 7) *Headtank* (Bak Penenang) atau *Forebay* :
- 8) Fungsi dari bak penenang adalah untuk mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah *penstock* dan *headrace*, dan untuk pemisahan akhir kotoran dalam air seperti pasir, kayu-kayuan.



- 9) *Penstock* (Pipa Pesat/*Penstock*) *Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah Turbin.
- 10) *Turbine* dan Generator Perputaran gagang dari roda dapat digunakan untuk memutar sebuah alat mekanikal (seperti sebuah penggilingan biji, pemeras minyak, mesin bubut kayu dan sebagainya), atau untuk mengoperasikan sebuah generator listrik. Mesin-mesin atau alat-alat, dimana diberi tenaga oleh skema hidro, disebut dengan 'Beban' (*Load*)

Penggunaan beberapa komponen disesuaikan dengan tempat instalasi (kondisi geografis, baik potensi aliran air, serta ketinggian tempat) serta budaya masyarakat. Sehingga terdapat kemungkinan terjadi perbedaan desain mikrohidro serta komponen yang digunakan antara satu daerah dengan daerah yang lain.

4.2.2 Peralatan Pendukung PLTMH

Komponen utama pembangkit listrik secara umum terbagi menjadi 2 yaitu; (1) sistem pembangkit, dan (2) sistem distribusi. Sistem pembangkit seperti terlihat pada Gambar 2.1 didukung oleh; Sistem pembangkit seperti terlihat pada Gambar 2.1 didukung oleh; (1) *prime mover*, (2) turbin, (3) generator, peralatan kontrol dan proteksi, sedangkan pada sistem distribusi didukung oleh bentuk topografi wilayah pelayanan, transformator daya, tegangan saluran dan konsumen, sistem koneksi dan sistem proteksi pada jaringan baik tegangan rendah maupun tegangan tinggi.

Selain itu, perlu dicari data pendukung, yaitu: kondisi air (keasaman, kekeruhan, serta kandungan pasir atau lumpur), keadaan dan kestabilan tanah di lokasi bangunan sipil, serta ketersediaan bahan, transportasi dan tenaga trampil (operator).

Air sebagai penggerak mula (*prime mover*) pada sistem PLTMH dengan energi potensialnya menggerakkan turbin yang dikopel dengan generator. Generator akan merubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik untuk di salurkan ke konsumen melalui jaringan distribusi.

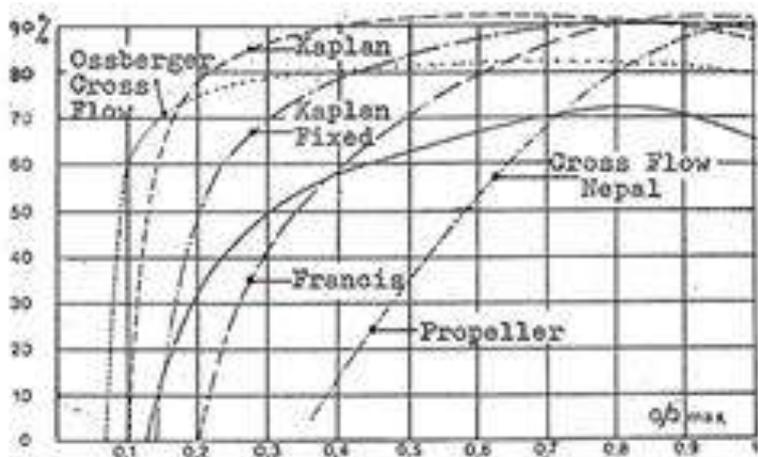


1. Turbin *Crossflow*

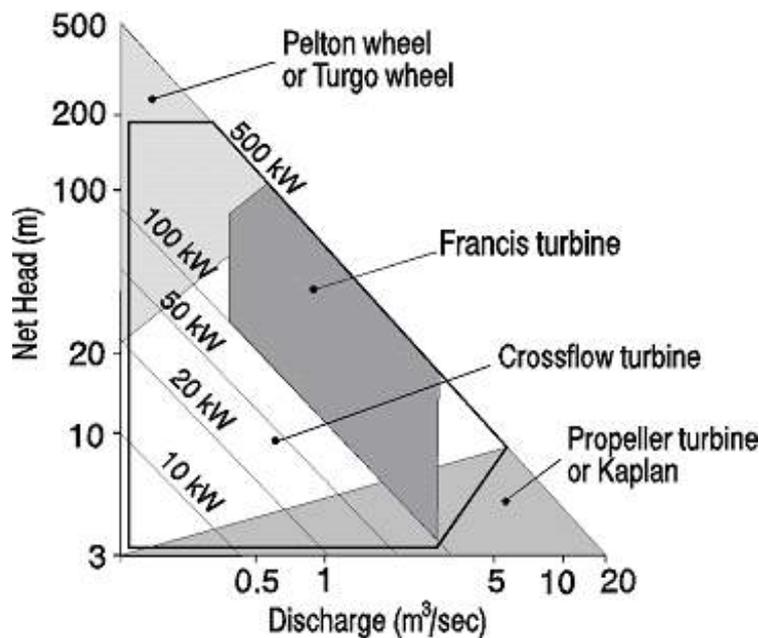
Turbin *crossflow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Prinsip kerja turbin ini mula-mula ditemukan oleh seorang insinyur Australia yang bernama A.G.M. Michell pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh Prof. Donat Banki sehingga turbin ini diberi nama Turbin Banki kadang disebut juga Turbin Michell-Ossberger. Pemakaian jenis Turbin *crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin Mikro Hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50% dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran Turbin *crossflow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter Turbin *crossflow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedang efisiensi turbin *crossflow* mencapai 82 %.

Tingginya efisiensi Turbin *crossflow* ini karena pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner*. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem pengeluaran air dari *runner*. Kurva di bawah ini akan lebih menjelaskan tentang perbandingan efisiensi dari beberapa turbin konvensional.





Gambar. 26. Kurva efisiensi beberapa turbin dengan pengurangan debit sebagai variable.



Gambar 27. Kurva hubungan debit dengan ketinggian

Dari kurva tersebut ditunjukkan hubungan antara efisiensi dengan pengurangan debit akibat pengaturan pembukaan katup yang dinyatakan dalam perbandingan debit terhadap debit maksimumnya. Untuk Turbin *crossflow* dengan $Q/Q_{mak}= 1$ menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi sekitar 80%, disamping itu untuk perubahan debit sampai dengan $Q/Q_{mak}= 0,2$ menunjukkan harga efisiensi yang relatif tetap (Meier, Ueli,1981).



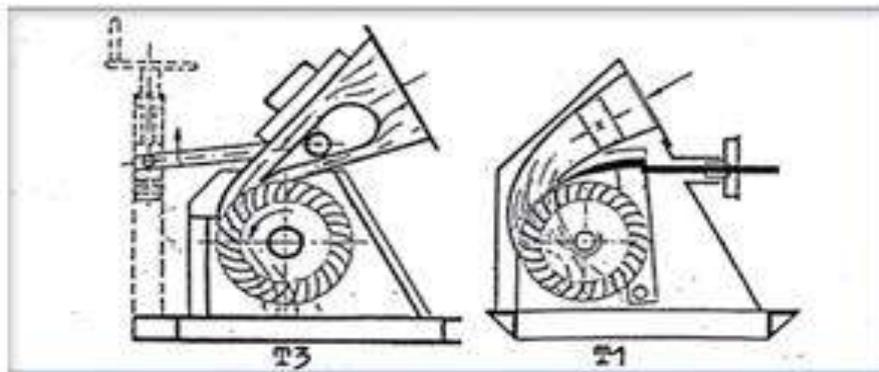
Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan jenis turbin lain, maka Turbin *crossflow* yang paling sederhana. Sudu-sudu Turbin Pelton misalnya, bentuknya sangat pelik sehingga pembuatannya harus dituang.

Demikian juga *runner* Turbin Francis, Kaplan dan *propeller* pembuatannya harus melalui proses pengecoran/tuang. *Runner* Turbin *crossflow* dapat dibuat dari material baja sedang (*mild steel*) seperti ST.37, dibentuk dingin kemudian dirakit dengan konstruksi las. Demikian juga komponen-komponen lainnya dari turbin ini semuanya dapat dibuat di bengkel-bengkel umum dengan peralatan pokok mesin las listrik, mesin bor, mesin gerinda meja, bubut dan peralatan kerja bangku, itu sudah cukup.

Kesederhanaan itulah maka Turbin *crossflow* dapat dikelompokkan sebagai teknologi tepat guna yang pengembangannya di masyarakat pedesaan memiliki prospek cerah karena pengaruh keunggulannya sesuai dengan kemampuan dan harapan masyarakat. Turbin *crossflow* secara umum dapat dibagi dalam dua tipe (Meier, Ueli, 1981) yaitu :

- Tipe T1, yaitu Turbin *crossflow* kecepatan rendah .
- Tipe T3, yaitu Turbin *crossflow* kecepatan tinggi.

Kedua tipe turbin tersebut lebih dijelaskan oleh gambar berikut:



Gambar 28. Dua tipe turbin *crossflow*.

Besarnya daya yang dapat dihasilkan dari PLTMH dihitung dengan persamaan,

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan :



- P = Daya turbin air (kW)
- Q = Kapasitas atau debit air ($m^3/detik$)
- g = Percepatan gravitasi (kg/m^2)
- H = Tinggi jatuh air (m)
- η = Efisiensi turbin

Massa aliran bisa dihitung dengan persamaan;

$$m = Q \cdot \rho \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan :

- m = Laju aliran masa (kg/detik)
- Q = Kapasitas atau debit air ($m^3/detik$)
- ρ = Masa jenis air (kg/m^3)

Berdasarkan perumusan terlihat bahwa daya turbin sangat tergantung dari besar kapasitas aliran air dan tinggi jatuh air. Secara sederhana bisa dinyatakan bahwa semakin tinggi tinggi jatuh air, dengan kapasitas aliran sama, akan mempunyai energi potensial yang lebih besar dibandingkan dengan tinggi jatuh air yang lebih rendah. Logika tersebut juga berlaku sebaliknya, yaitu untuk tinggi jatuh air yang sama, energi potensial yang dimiliki akan lebih besar apabila kapasitas aliran air juga besar. Penentuan luas penampang saluran aliran air masuk turbin dapat dihitung dengan persamaan kontinuitas yaitu;

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

- A = Luasan penampang saluran (m^2)
- V = Kecepatan aliran air (m/detik)

Kecepatan aliran air akan besar pada penampang yang semakin kecil, pada kapasitas aliran air yang sama. Jadi selama mengalir, energi potensial bisa berubah bentuk menjadi bentuk lainya yaitu energi potensial, energi tekanan, dan energi kecepatan. Apabila ruas kanan dan kiri dibagi dengan mg , maka persamaan diatas menjadi persamaan tinggi jatuh atau *head*;

$$H = h + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{c^2}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan :

- H = Tinggi jatuh air atau head total (m)
- h = Tinggi tempat atau head potensial (m)
- $\frac{p}{\rho \cdot g}$ = Tinggi tekanan atau head tekanan (m)
- $\frac{c^2}{2g}$ = Tinggi kecepatan atau head kecepatan (m)



Di setiap saat dan posisi yang ditinjau dari suatu aliran di dalam pipa akan mempunyai jumlah energi ketinggian tempat, tekanan, dan kecepatan yang sama besarnya. Persamaan Bernoulli umumnya ditulis dalam bentuk persamaan;

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{c_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{c_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan :

z = posisi suatu aliran dalam pipa (m)

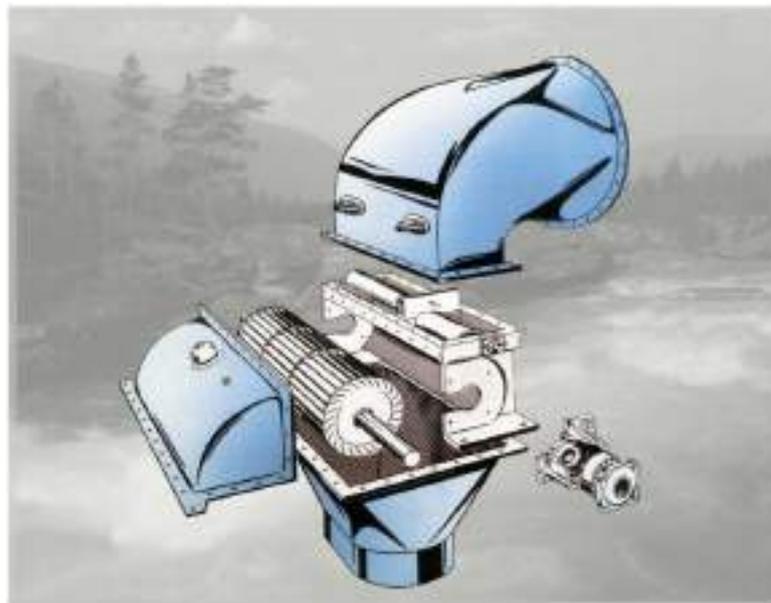
p = tekanan (Pa)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

c = kecepatan aliran (m/s)

Turbin impuls pelton beroperasi pada *head* relatif tinggi, sehingga pada *head* yang rendah operasinya kurang efektif atau efisiensinya rendah. Alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil, sebagai alternatif turbin jenis impuls yang bisa beroperasi pada head rendah adalah turbin impuls aliran *ossberger* atau turbin *crossflow*. Aliran air dilewatkan melalui sudu sudu jalan yang berbentuk silinder, kemudian aliran air dari dalam silinder keluar melalui sudu-sudu. Perubahan energi aliran air menjadi energi mekanik putar terjadi dua kali yaitu pada waktu air masuk silinder dan air keluar silinder. Energi yang diperoleh dari tahap kedua adalah 20%-nya dari tahap pertama.



Gambar 29. Bagian – bagian Turbin *crossflow*.



Air yang masuk sudu-sudu diarahkan oleh alat pengarah yang sekaligus berfungsi sebagai nosel seperti pada turbin pelton. Prinsip perubahan energi adalah sama dengan turbin *impuls pelton* yaitu energi kinetik dari pengarah dikenakan pada sudu-sudu pada tekanan yang sama. Kecepatan putar turbin harus diusahakan setinggi mungkin, karena dengan kecepatan putar turbin yang tinggi ukuran turbin menjadi kecil sehingga lebih menguntungkan. Kecepatan spesifik juga sangat penting dalam perancangan, karena dengan mengetahui n_q kita bisa menentukan tipe roda turbin. Kecepatan spesifik adalah kecepatan turbin untuk menghasilkan satu satuan daya dengan tinggi air jatuh (*head*) satu satuan pada efisiensi maksimum. Secara matematis kecepatan spesifik dinyatakan;

$$n_q = 1,15 \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan :

- n_q = kecepatan spesifik (rpm)
- P = daya (kW)
- H = tinggi jatuh air (m)

Suatu turbin yang bekerja pada tinggi jatuh dan kapasitas air yang berbeda, dan bekerja pada putaran yang ditentukan, apabila mempunyai kecepatan spesifik yang sama, maka secara geometri bentuk turbin tersebut adalah sama.

2. Generator Sinkron

Generator merupakan komponen yang berfungsi merubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik. Generator yang digunakan biasanya jenis arus bolak balik (AC) dengan frekuensi 50 Hz pada putaran 1500 rpm. Energi listrik yang dihasilkan dapat berupa 1 fasa (2 kabel) atau 3 fasa (4 kabel) dengan tegangan 220/380 Volt. Generator diputar oleh turbin melalui kopel langsung atau melalui *puley* dan sabuk (*belt*) . Ada dua jenis generator yang banyak digunakan untuk PLTMH yaitu generator sinkron dan motor induksi sebagai generator (generator induksi).

Jenis generator yang digunakan pada perencanaan PLTMH ini adalah Generator sinkron, Salah satu bagian besar dari sistem tenaga listrik adalah stasiun pembangkit tenaga listrik. Stasiun pembangkit tenaga listrik tersebut



dapat berupa generator yang digerakkan dengan tenaga gas, tenaga air, tenaga diesel dan lain sebagainya. Pokok utama dalam pengadaan sistem tenaga listrik adalah bagian dari pembangkitnya atau dalam hal ini generatornya. Apabila suatu sistem pembangkit terganggu, maka seluruh sistem tenaga listrik akan terhenti pengoperasiannya.



Gambar 30. Generator Sinkron

3. Peralatan Kontrol dan Proteksi

a. Panel Listrik

Panel listrik merupakan tempat dimana sambungan kabel (terminal) dan peralatan pengaman listrik serta meter listrik ditempatkan. Berikut fungsi panel listrik;

- Memonitor parameter dan besaran listrik seperti tegangan generator, arus beban, frekuensi, indikator lampu, jam operasional dan lain lain.
- Sebagai alat pengaman generator dan peralatan listrik dari hubung singkat, arus beban lebih, tegangan lebih/kurang (*over/under voltage*), frekuensi lebih/kurang (*over/under frequency*) dan lain-lain.





Gambar 31. Panel kontrol ELC (*Electronic Load Controller*)

b. Alat Kontrol

- Sebagai alat pengendali atau kontrol generator supaya tegangan dan frekuensi generator stabil pada saat terjadi perubahan beban dikonsumsi. Ada dua jenis kontrol yaitu ELC (*electronic load controller*) untuk generator sinkron dan IGC (*induction generator controller*) untuk generator induksi/motor. Pada prinsipnya kedua jenis kontrol ini adalah sama, hanya berbeda parameter yang dikontrol, dimana frekuensi pada ELC dan tegangan pada IGC. Cara paling mudah untuk membedakannya adalah adanya kapasitor pada IGC dan sedangkan pada ELC tidak ada.

c. Beban Pengganti (*Ballast Load*)

Beban pengganti (*ballast load*) hanya digunakan pada PLTMH dengan pemakaian kontrol beban (ELC atau IGC) sedangkan pada PLTMH tanpa kontrol tidak menggunakan beban pengganti. Pada PLTMH tanpa menggunakan kontrol, tegangan dan frekuensi akan naik dan turun sesuai dengan perubahan beban konsumen, hal ini akan mengakibatkan lampu dan peralatan elektronik akan cepat rusak.

Beban pengganti digunakan untuk membuang energi listrik yang dibangkitkan oleh generator tetapi tidak terpakai oleh konsumen,



sehingga daya yang dihasilkan generator dengan daya yang dipakai akan seimbang, hal ini dimaksudkan untuk menjaga tegangan dan frekuensi generator tetap stabil.

4. Pentanahan (*Grounding*)

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai *grounding* sistem adalah system pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi. Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *low-impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. Penerangan, arus listrik, *circuit switching* dan *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau *transient voltage*. Sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut. Menurut **IEEE Std 142TM-2007**, tujuan sistem pentanahan adalah

- a. Membatasi besarnya tegangannya terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan
- b. Menyediakan jalur bagi aliran yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroprasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

Instalasi perumahan merupakan bagian terpenting di dalam pembangunan suatu pembangkit dikarenakan hal ini juga dapat mengganggu sistem jikainstalasi perumahan (konsumen) tidak benar. Instalasi perumahan hendaknya mengacu pada PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) yang merupakan standar wajib yang harus diikuti sebagai acuan yang telah disahkan oleh pemerintahan dan merupakan Standar Nasional Indonesia (SNI). Yang perlu diperhatikan di dalam penginstalasian listrik perumahan hendaknya mengacu pada Aman, Andal dan Akrab Lingkungan.

Masalah pentanahan merupakan salah satu faktor penting di dalam pelistrikan seperti pada instalasi pembangkit, sistem transmisi dan distribusi. Pentanahan berhubungan erat dengan perlindungan suatu sistem berikut semua



perlengkapannya. Pengusahaan pentanahan berarti mengusahakan agar arus gangguan yang timbul pada saat tertentu, mengalir masuk tanah sehingga tidak merusak peralatan listrik yang ada. Dalam pelaksanaannya pentanahan meliputi : Pentanahan sistem, berupa pengadaan hubungan dengan tanah untuk suatu titik pada penghantar arus dari sistem seperti pada sistem transmisi dan distribusi. Pentanahan peralatan sistem, berupa pengadaan hubungan dengan tanah untuk suatu bagian yang tidak membawa arus dari sistem, seperti pada pipa baja, saluran tempat kabel, batang pemegang saklar.

4.3. Analisis Pengelolaan dan Penguatan Institusi Sosial Desa Melalui Pengembangan PLTMh dalam Pemanfaatan Energi Alam Terbarukan (*Renewable*).

Potensi SES yang dimiliki Dusun Sarwan pada awalnya mulai dirintis Universitas Muhammadiyah Palembang dengan memanfaatkan terjunan air yang berada di pinggiran dusun dengan melakukan sudetan pada aliran/saluran. Kapasitas sistem PLTMH yang dikembangkan sebesar 5 kW. Potensi *available* aliran sesungguhnya lebih besar dari 5 kW, namun daya mampu tersebut dirasakan cukup untuk cakupan satu dusun.

Keikutsertaan warga Dusun Sarwan melalui semangat gotong-royongnya menjadikan PLTMH tahap pertama berhasil dengan baik, pengembangan yang dilakukan pada tahun 2011 dapat bertahan hingga tahun 2017. Secara geografis, dusun Sarwan berada di kawasan perbukitan, terpencil. Sarwan merupakan salah satu dusun di wilayah Desa Merbau, dusun kelima ini hanya dapat dijangkau dengan kendaraan roda dua atau jalan kaki. Jarak terdekat dari jalan Desa Merbau sekitar 2 km melalui jalan kecil menaik dan menurun mengikuti bibir bukit dan tebing. Jumlah kepala keluarga sebanyak 33 kepala keluarga (KK), rerata penghasilan penduduk bersumber dari hasil perkebunan berupa kopi, lada dan nira aren yang diolah menjadi produk gula merah. Kondisi geografis dengan rumah penduduk yang berada di perbukitan, namun minim sumber daya air menyebabkan lingkungan sanitasi tidak cukup sehat.

Fasilitas pendidikan berupa sekolah dasar belum dimiliki sehingga anak usia sekolah harus menempuh perjalanan keluar dusun sekitar 4 km untuk



mencapai Sekolah Dasar yang berada di dusun III, untuk melanjutkan sekolah ke jenjang lebih tinggi harus menempuh perjalanan lebih jauh karena untuk jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Atas (SMA) berada di pusat kecamatan dengan jarak berkisar 10-12 km.

Beberapa pola penguatan institusi desa yang telah dibangun dalam pengelolaan PLTMh Sarwan ini, antara lain dapat digambarkan dalam bentuk diagram flowchart (bagan alir) yang dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) Implementasi hasil kajian dan riset dari para peneliti dan praktisi lingkungan berupa: design konstruksi teknologi turbin, design tata kelola komponen geohidrology, bio geo fisik kimia, kajian kelayakan lingkungan dalam bentuk estimasi caring capacity (daya dukung sumberdaya alam) dan visibility studi, social mapping, potensi daya dukung dan keterlibatan masyarakat, potensi kelembagaan desa.
- 2) Hasil riset dan studi kelayakan ini selanjutnya diimplementasikan di Dusun Sarwan, Desa Merbau Kabupaten OKU Selatan dalam bentuk pembangunan turbin mikrohidro berskala kecil dengan kapasitas terbatas khusus untuk kebutuhan beberapa KK (kepala keluarga) saja.
- 3) Dukungan utama yang diperoleh dari kegiatan ini adalah dari arus *grass root* (akar rumput) berupa kelompok masyarakat dari semua segmen sampai pada pengelola administrasi wilayah (aparatur), seperti:
 - a. Aparatur desa dan dusun, mulai dari kepala desa dan kepala dusun beserta komponennya.
 - b. Kelompok Masyarakat: petani, buruh, wiraswasta, pemilik lahan, ibu rumah tangga, pelajar.
- 4) Dukungan ini menunjukkan potensi partisipasi yang akan mendukung pada saat implementasi pembangunan PLTMh Sarwan sampai pada pengelolaan pemanfaatan dan pengembangan PLTMh Sarwan. Kondisi inilah yang akan memperkuat fungsi dan keberlanjutan pengembangan PLTMh Sarwan kedepannya. Dengan kata lain salah satu faktor dari sekian faktor pendukung pengembangan PLTMh Sarwan adalah **Partisipasi seluruh komponen masyarakat yang ditata dalam bentuk Penguatan Institusi Desa Sarwan.**



- 5) Faktor pendukung lainnya adalah keterlibatan dari beberapa pihak stakeholder sebagai pemangku kepentingan, antaranya:
 - a. Dukungan funding dan fasilitas dari pihak swasta dalam hal ini Pertamina RUU III Plaju Sumatera Selatan.
 - b. Keterlibatan akademisi dan peneliti dari perguruan tinggi dengan kekuatan konsep dan skill teknis yang dimilikinya.
 - c. Dukungan dari Perguruan Tinggi dengan program utama yang melekat di dalamnya yaitu **Tridharma Perguruan Tinggi** (Pengajaran, Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat).
- 6) Faktor2 di atas selanjutnya saling bersinergis dan satu padu membentuk suatu kekuatan untuk membangun program pengembangan energi terbarukan (renewable) melalui inovasi Sistem Turbin PLTMh Sarwan. Keterpaduan faktor tersebut meliputi aspek: 1) financial (*ekonomi*), konsep, 2) skill teknis (*science*), 3) kerjasama masyarakat (*sosial*), dan 4) potensi kekayaan sumber daya alam lingkungan (*environment natural resources*).
- 7) Dari keempat aspek tersebut, fokus pertama yang akan dikaji adalah penguatan dari aspek sosial berupa **Penguatan Institusi/Kelembagaan Desa**.
- 8) Penguatan institusi Desa dimulai dari tapak *grass root* (warga masyarakat), fokus dan tujuan utama dari program ini **adalah memberdayakan dan mengoptimalkan peran dan fungsi masyarakat bagi diri dan lingkungannya dalam memanfaatkan potensi sumberdaya alam dan lingkungannya**, melalui program pengembangan energi terbarukan (*renewable*). Mengelola dan menguatkan peran warga memerlukan pola pendekatan yang khusus, terutama masyarakat di Dusun Sarwan yang termasuk dalam kategori daerah terpencil dilihat dari aspek aksesibilitas kawasan.
- 9) Beberapa pola pendekatan dapat dilakukan, antara lain pendekatan dinamika kelompok. Hal pertama yang dapat dilakukan adalah dengan melibatkan masyarakat dalam kegiatan2 yang bersifat teknis terkait dengan implementasi pengembangan PLTMh Sarwan.



10) Masyarakat mulai diajak untuk menyiapkan diri menerima konsekuensi logis dengan adanya penerapan inovasi turbin mikrohidro melalui pembanguna PLTMh. **Setiap konsekuensi logis ini menjadi faktor utama dalam membangun sistem penguatan instutusi desa, beberapa konsekuensi logis tersebut antara lain:**

- 1) setiap anggota masyarakat dapat menikmati dan mengakses sumber energi listrik dari inovasi turbin mikrohidro yang mereka bangun sendiri dengan jerih payah dan kemandirian kelompok.
- 2) Agar dapat mengakses sumberdaya energi listrik dan memanfaatkan untuk kebutuhannya, maka setiap anggota masyarakat harus berpartisipasi dan berperan aktif.
- 3) Bentuk kontribusi dan peran aktif tersebut antara lain dengan mengalokasikan dana yang bersifat iuran wajib untuk alokasi pengelolaan dan pemeliharaan sistem turbin mikrohidro. Sampai saat ini iuran wajib yang disepakati adalah sebesar Rp. 20.000 rupiah. Peruntukan dana iuran warga adalah untuk memfasilitasi kegiatan pemeliharaan dan memperlancar mobilitas warga dalam menjalankan fungsi turbin mikrohidro.
- 4) Untuk mengelola pemanfaatan dan pemeliharaan turbin mikrohidro agar keberlanjutannya dapat terjaga, maka diperlukan pengaturan dan tata kelola yang bersifat komunal atau kolektif. Hal ini penting untuk menumbuhkan dan membangun rasa memiliki terhadap sumberdaya energi yang telah disediakan alam untuk kehidupan masyarakat Dusun Sarwan dan sekitarnya. Pembentukan kelompok diarahkan dan dikoordinir yang diketui oleh *key person* (tokoh kunci) atau paling tidak pemuka atau aparat desa yang mengepalai Dusun Sarwan.
- 5) Saat ini yang berperan sebagai ketua kelompok pengelolaan energi turbin mikrohidro ini adalah Kepala Dusun (KADUS) yang merangkap tokoh masyarakat dalam wilayah Dusun Sarwan.
- 6) Dalam perannya Ketua Kelompok pengelolaan Turbin PLTMh Sarwan, dibantu oleh perangkat kelembagaan desa dalam menjalankan fungsinya



- terkait faktor teknis, administrasi, pengelolaan keuangan/kas warga, penguatan di level tapak (masyarakat pengguna energi listrik PLTMh), koordinasi antara warga, akses informasi, maupun akses membangun link eksternal (keluar).
- 7) Selain koordinasi di level tapak Dusun Sarwan, Ketua Kelompok Tata Kelola Turbin PLTMh juga melakukan koordinasi dengan Kepala Desa Sarwan dan unsur Pemerintahan Kecamatan Banding Agung dan Kabupaten OKU Selatan. Hubungan vertikal ini bersifat koordinasi terkait dengan pertanggungjawaban administrasi kawasan.
 - 8) Mekanisme pengawasan Kelompok Pengelolaan Turbin PLTMh Sarwan dipilih dari elemen masyarakat setempat (masyarakat tapak), susunannya sederhana hanya terdiri dari 2-3 orang. Komponen pengawas ini menjalankan peran/tugasnya dalam bentuk memberikan saran dan masukan untuk kelancaran sistem pengelolaan turbin PLTMh. Langkah tindakan selanjutnya diserahkan kepada kelompok PLTMh Sarwan Mandiri.
 - 9) Dalam pengembangan lebih lanjut, diharapkan keberadaan PLTMh Sarwan Mandiri ini akan mendukung usaha ekonomi masyarakat lokal. Berdasarkan hasil mapping sosial dan sumberdaya alam lingkungan, Diprediksi dan diidentifikasi kawasan Sarwan dan Merbau sekitarnya memiliki kekayaan alam relatif penting, antaranya: hasil kebun, hasil pertanian, pemandangan alam, topografi geomorphologi kawasan *upland* (dataran tinggi) sebagai penyedia energi penggerak turbin (PLTMh) dsb. Semua potensi ini memerlukan tata kelola yang baik dan tepat, agar tidak terjadi deforestasi (pengrusakkan) dan destruksi (penghancuran).
 - 10) Pola kelola dan keberlanjutan potensi sumberdaya alam di kawasan Merbau ini khususnya di Dusun Sarwan, sangat tergantung dengan ketersediaan sumber energi listrik terbarukan yang dihasilkan dari energi penggerak turbin PLTMh. Dengan kata lain potensi sumberdaya alam lingkungan di kawasan ini akan memberikan dampak terhadap kehidupan sosial ekonomi masyarakat dan lingkungan (*multiplier effect*) jika dikelola dengan baik dan ideal melalui pemanfaatan energi terbarukan (*renewable*).



- 11) Beberapa **Dampak Nilai Ekonomi** yang diperoleh terkait dengan terbangun dan terkelolanya turbin PLTMh Sarwan antara lain:
- a. Sistem packing (pengemasan) gula merah (gula aren) yang berstandar, higienis, aman dan variatif agar nilai jual lebih kompetitif.
 - b. Sistem pengeringan pasca panen kopi yang berstandar untuk meningkatkan mutu dan nilai jual.
 - c. Sistem packing bubuk kopi lebih variatif, berstandar, higienis dan aman
 - d. Sistem pengeringan lada (merica) pasca panen yang berstandar untuk meningkatkan mutu dan nilai jual.
 - e. Daerah ini memiliki potensi tanaman enau/aren relatif banyak, disamping memanfaatkan air niranya sebagai bahan baku gula merah, tanaman ini juga menghasilkan buah kolang kaling yang saat ini semakin diminati konsumen. Diperlukan teknik pengolahan dan tata pengelolaan yang baik untuk menjadikan buah kolang kaling ini menjadi produk yang kompetitif, antara lain dengan proses pemasakan dan pengemasan yang tepat dan baik.
- 12) Beberapa **Dampak Nilai Sosial** yang terbangun dengan adanya Kelompok pengelolaan Turbin PLTMh Sarwan, antara lain:
- a. Berlangsungnya aktifitas yang layak dan ideal dalam rumah tangga.
 - b. kebutuhan energi listrik sebagai penerangan dan sumber energi bagi warga terpenuhi tanpa menunggu pasokan dari pemerintah.
 - c. Kualitas hidup manusia di kawasan ini menjadi meningkat, seperti dalam bentuk: sanitasi, higienitas, dan aman.
 - d. Kehadiran listrik sebagai penerang memberikan semangat kaum muda dan anak-anak dalam belajar dan studi, dengan kata lain kualitas pendidikan yang berstandar relatif dapat diperoleh.
 - e. Keberadaan listrik mikrohidro akan mendukung aktivitas kelompok perempuan desa dalam kegiatan sosial, PKK, pengajian, arisan dusun, sampai pada pembentukan kelompok Ibu-ibu PKK dusun sarwan.



Diharapkan penguatan juga terjadi pada komunitas perempuan Dusun Sarwan ini.

- f. Selain mendukung kegiatan kaum perempuan, penguatan juga terjadi pada kelompok laki-laki pedesaan, aktivitas pengajian, pemanfaatan hamparan lahan, munculnya semangat untuk berdiskusi dan saling bertukar informasi menuju perubahan kualitas hidup ke arah lebih baik.
- g. Dalam menyelesaikan permasalahan seputar kehidupan warga di Dusun Sarwan, masyarakat menjadi lebih terbuka dan saling percaya karena antar warga sering berinteraksi dan membangun komunikasi.
- h. Terbentuknya Pusat Kelompok Belajar Masyarakat (PKBM) yang disupport oleh pihak RU III Pertamina dalam bentuk rumah karya PKBM dengan segala aktifitas pendukungnya, seperti: Perpustakaan Rakyat, area pertemuan warga, taman baca anak-anak.

13) **Dampak Nilai Ekologis** yang terbangun dengan terbangunnya pola ekonomi dan sosial di masyarakat Sarwan ini, antara lain:

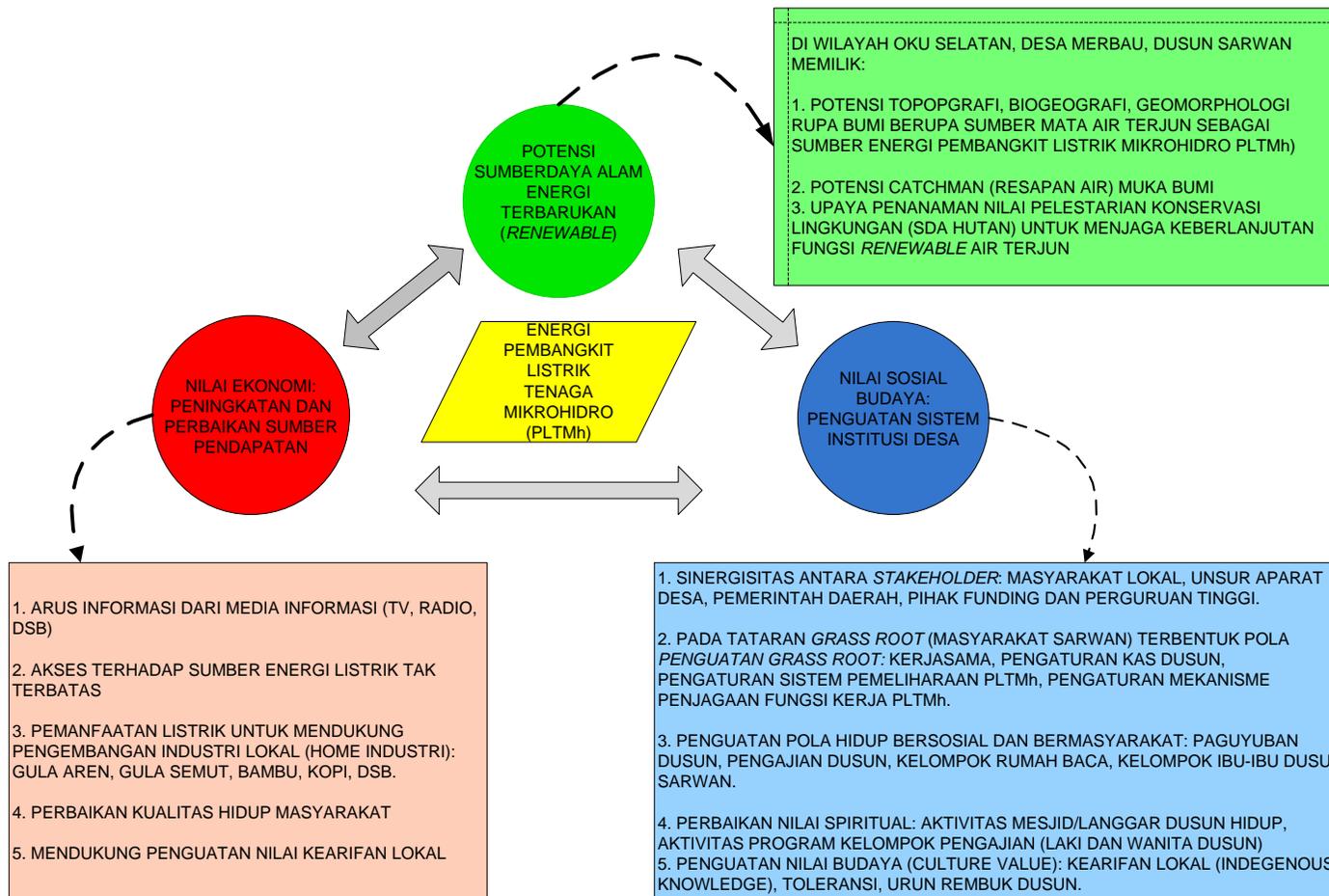
- a. Tumbuhnya kepedulian warga untuk terus menjaga dan melestarikan lingkungan beserta sumberdaya alam abiotiknya seperti: air, tanah dan udara.
- b. Upaya tindakan konservasi atau perlindungan SDA dan Lingkungan ini bertujuan untuk menjaga keberlanjutan fungsi dan manfaat sumberdaya energi turbin mikrohidro. Terjaganya hutan, kawasan lindung dan zona *cathman area* di wilayah *upland* sarwan ini berdampak pada keberlanjutan fungsi sistem PLTMh. Seperti diketahui bahwa, berjalannya mekanisme dan fungsi turbin mikrohidri dengan baik, jika keberadaan tekanan dan ketersediaan sumber daya air sebagai bahan penggerak turbin juga terjaga, baik dari segi kuantitatis maupun kualitas. Sumber korosi (pembentukan karat) pada sistem fisik mesin akan mempengaruhi mekanisme kerja mesin turbin. Proses korosi ini sangat tergantung dengan kualitas sumberdaya air yang mengalir dan menjadi energi penggerak turbin. Dengan kata lain



aktivitas masyarakat seperti berkebun, bersawah, bercocok tanam atau pembukaan lahan di zona hulu *upland* (bagian atas) sistem turbin mikrohidro besar pengaruhnya terhadap kerja sistem turbin mikrohidro.

- c. Disamping proses korosi, kuantitas volume, kecepatan aliran dan frekuensi aliran sumber daya AIR dari area hulu *upland* (area bagian atas) sistem turbin mikrohidro ini juga akan mempengaruhi daya gerak dan kerja sistem turbin mikrohidro PLTMh Sarwan ini. Untuk itu perlu tindakan warga untuk menjaga dan mempertahankan fungsi daerah resapan dan tangkapan air *catchman area* di zona hulu *upland* (bagian atas) sistem turbin mikrohidro PLTMh Sarwan.
- d. Tindakan nyata yang dimunculkan warga dan disupport oleh upaya pendampingan tim CDO RU III Pertamina, antara lain dalam bentuk: aksi konservasi dan revegetasi berupa penanaman tanaman konservasi dan penanaman tanaman jenis reboisasi. Aksi dan tindakan nyata ini terutama dilakukan pada zona atau space yang terbangun dari kegiatan pengembangan turbin mikrohidro PLTMh.
- e. Melakukan upaya konservasi, revegetasi dan reboisasi di kawasan hutan yang mulai terganggu dan terbuka pada wilayah sekitar sistem turbin mikrohidro PLTMh adalah suatu tindakan preventif dan tepat. Proses pendampingan terhadap penyadaran warga masyarakat dalam kegiatan pembukaan lahan (*land use*) perlu diperkuat dan terencana. Warga masyarakat harus aktif dan mendapat edukasi mengenai upaya menjaga keberlanjutan fungsi sistem turbin mikrohidro di wilayahnya. Jika warga tidak diberi penyadaran lingkungan, maka mereka akan merasakan langsung dampaknya, sumber daya air sebagai ENERGI pasokan utama untuk menggerakkan turbin mikrohidro akan menurun baik kualitas maupun kuantitasnya.





Gambar 32. Bagan Alir Dampak Pengembangan PLTMh Sarwan pada Penguatan Institusi Desa, Nilai Konservasi dan Nilai Ekonomi Masyarakat Setempat.



4.4. Analisis Aspek Daerah Tangkapan Hujan (*Catchman Area*) PLTMH Sarwan dan Potensinya Menjaga Keberlanjutan Fungsi Turbin Mikrohidro,

Keberlangsungan PLTMh saruan tergantung dari pasokan air baik yang berasal dari mata air maupun air hujan, luasan daerah tangkapan hujan untuk PLTMh berkisar 500-5.000 Ha, untuk itu kondisi lingkungan hutan harusnya terjaga dari perambahan hutan, ancaman banjir maupun erosi.

Hutan Kawasan Kecamatan Buay Sandang Aji; Sebaran hutan lindung yang ada di Kecamatan Jayapura seluas 729,64 hektar (hutan lindung Saka) merupakan tempat penyimpanan air yang juga berfungsi untuk mencegah terjadinya erosi/bencana banjir, sedimentasi dan menjaga fungsi hidrologis tanah serta menjaga ketersediaan unsur tanah, air tanah dan air permukaan

Hampir sebagian wilayah di Kabupaten OKU SELATAN masih berupa hutan, yaitu seluas 278.659 Ha atau sekitar 50,72% dari luas wilayah kabupaten. Hutan tersebut terdiri dari hutan lebat dan hutan belukar. Wilayah yang dimanfaatkan untuk pemukiman adalah seluas 7.082 Ha dan untuk jalan seluas 1.706 Ha sementara untuk area pertanian dan perkebunan memanfaatkan wilayah seluas 245.823 Ha. Batas kawasan hutan lindung yang ditetapkan di Kabupaten OKU Selatan harus mengikuti usulan perubahan fungsi dan peruntukkan kawasan hutan yang diajukan oleh Gubernur Sumatera Selatan kepada Menteri Kehutanan (hasil padu serasi hutan). No.76/KPTS-II/2001 disebutkan bahwa luas Kawasan hutan lindung di Kabupaten OKU Selatan \pm 111.289 Ha, terletak di 13 (tiga belas) kecamatan.

Adanya hutan lindung Saka dan kawasan hutan Buay Sandang Aji dengan luas sekurangnya 729,64 Ha, dan masih adanya 278.659 Ha atau sekitar 50,72% hutan di Kabupaten OKUS dapat menjamin keberlangsungan pasokan air untuk PLTMh Saruan, dengan adanya komitmen dari warga sekitar untuk menjaga kelestarian hutan.



BAB V. SIMPULAN

1. Adanya pembinaan dari CSR Pertamina RU III yang bermitra dengan UM Palembang pada tahun 2017, telah melakukan program peningkatan daya listrik dari PLTMh dusun Sarwan dari 5 kW menjadi 10 kW, dengan memanfaatkan potensi air yang ada dan menaikkan head atau tinggi muka dari kondisi sebelumnya, serta pembuatan kolam penenang untuk mendapatkan volume air yang lebih besar dan mereduksi banyaknya partikel endapan.
2. Untuk mengelola turbin mikrohidro agar keberlanjutannya dapat terjaga, diperlukan pengaturan dan tata kelola *komunal atau kolektif*. Hal ini penting untuk menumbuhkan dan membangun rasa memiliki masyarakat Dusun Sarwan dan sekitarnya. Pembentukan kelompok diarahkan dan dikoordinir yang diketui oleh *key person* (tokoh kunci) atau paling tidak pemuka atau aparat desa yang mengepalai Dusun Sarwan. Partisipasi warga akan mendukung pada saat implementasi pembangunan PLTMh Sarwan sampai pada pengelolaan pemanfaatan dan pengembangan PLTMh Sarwan. Dengan kata lain salah satu faktor dari sekian faktor pendukung pengembangan PLTMh Sarwan adalah **Partisipasi seluruh komponen masyarakat yang tertata secara sistemik dalam bentuk Penguatan Institusi Desa Sarwan**.
3. Keberlangsungan PLTMh tergantung debit air yang merupakan pasokan untuk menggerakkan turbin, pasokan air tergantung pada kondisi hutan yang ada, bila kondisi hutan di sekitar lokasi rusak luasan daerah tangkapan hujan berkurang, maka pasokan air menurun sepanjang tahun, pada musim penghujan air berlebih dan sebaliknya pada musim kemarau air berkurang, sehingga turbin tidak berputar. Keberadaan PLTMh Sarwan ini, masyarakat diharapkan akan terdorong untuk menjaga hutan dan DAS demi keberlangsungan output dari pemanfaatan air sebagai sumber energi listrik utama warga.



DAFTAR REFERENSI

- Bisht, V., Sood, Y., Kushwaha, N., and Suryakant., *Review On Electronic Load Controller*, International Journal of Scientific Engineering and Technology, No. 2, pg 93-102.
- DLJPE, 2008, Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, Jakarta.
- Gonen, T., 1990, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw-Hill. New York.
- Harvey, A., 1993, *Micro-Hydro Design Manual*, Intermediate Technology Publications.
- Helmi, H., 2010, Rancang Bangun Alat Kontrol dan Proteksi Terintegrasi Berbasis Zelio Logic Smart Relays untuk PLTMH, Magister Sistem Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Jaganathan, S., Palaniswami, S., Adithya, R., Kumar, N., 2011, *Synchronous Generator Modelling and Analysis for a Microgrid in Autonomous and Grid Connected Mode*, International Journal of Computer Applications, Vol. 13 No. 5. India.
- Kapoor, P., Phunchok, L., Kumar, S., Rahi, P., 2012, *Frequency Control of Micro Hydro Power Plant Using Electronic Load Controller*, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 2, Issue 4, pp. 733-737.
- Nugroho, H., Sallata, K., 2015, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*, Penerbit Andi Offset.
- Paisey, F., 2010, Kontrol Beban Elektronik (Menggunakan IC LM741) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, *Journal of Information, Science and Technology*, Vol 2, No.1. Jakarta.
- Prayitno., 2002, Turbin Air, Program Magister Sistem Teknik, Konsentrasi Mikrohidro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Saadat, H., 2004, *Power System Analysis*, New York Company, International Edition, McGraw-Hill, New York.
- Tamrakar., S., Fernandes, B., Nilsen, R., 2007, *Voltage And Frequency Control Of Parallel Operated Synchronous Generator and Induction Generator With STATCOM In Mycro Hydro Scheme*, Institution Engineering and Technology, Generator, Transmission, Distribution , pp 743-750, Nepal.
- Widmer, R., Arter, A., 1992, *Village Electrification*, Volume 5, MHPG Series, Harnessing Water Power on Small Scale.
- Yuniarti, E., 2011, Studi Transien Sistem Generator Sinkron-Kontrol dan Proteksi Berbasis Zelio Logic Smart Relays, Berkala Teknik, Vol 2 No. 3, Palembang

