

Laporan Penelitian

STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MICRO HYDRO DI PEDESAAN KABUPATEN PADANG PARIAMAN



	PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
TGL	8-11-94
NO. K/HARGA	Hadiah
KOLEKSI	KKI
NO INVENTARIS	1270/Hdl/94-50/2/
KLASIFIKASI	621.31 Ars 50

Oleh :

Drs. Chaidir Arsyad
(Ketua Tim Peneliti)

Penelitian Ini Diblayal Oleh :

Proyek Operasi dan Perawatan Fasilitas
IKIP Padang Tahun Anggaran 1992/1993
Surat Perjanjian Kerja No : 220/PT.37.H.9/N-2.2/1992
Tanggal 1 Juli 1992

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG
1993

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

PERSONALIA PENELITIAN

STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MICRO HYDRO
DI PEDESAAN KABUPATEN PADANG PARIAMAN

KETUA : DRS. CHAIDIR ARSYAD

ANGGOTA : DRS. AHYANUARDI

DRS. AHMAD JUFRI

DRS. ASWARDI

DRS. IR. RM. ENOH

A B S T R A K

Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (FPTK) merupakan salah satu fakultas dilingkungan Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Padang (IKIP Padang), tidak hanya melakukan penelitian-penelitian dalam bidang pendidikan saja, melainkan juga dalam bidang teknologi dan kejuruan. Penelitian dalam bidang teknologi dan kejuruan adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan dapat menerapkan teknologi kepada mahasiswa, disamping itu juga kepada masyarakat dengan pengetahuan teknologi tepat guna.

Penerapan teknologi tepat guna pada masyarakat baik di perkotaan maupun dipedesaan. Teknologi tepat guna yang ditujukan pada masyarakat pedesaan lebih diorientasikan pada pemanfaatan potensi alam yang ada didesa tersebut. Potensi alam yang dapat dikembangkan antara lain potensi air, angin, limbah, panas bumi dan surya. Salah satu potensi alam yang belum dimanfaatkan secara maksimal adalah potensi air. Kita mengetahui potensi air baru dapat dimanfaatkan menjadi tenaga listrik $\pm 5\%$ dari potensi yang ada, sedangkan sumber tenaga air untuk PLTMH baru terealisasi oleh pemerintah dan masyarakat $\pm 0,02\%$ untuk daerah Sumatra Barat. Dari geografi dan topografi daerah Sumatra Barat, dimana kabupaten Padang Pariaman termasuk daerah yang banyak mempunyai sumber tenaga air. Berdasarkan pengamatan dan analisis secara cermat masih terdapatnya desa-desa di kabupaten tersebut yang belum terjangkau oleh listrik dari PLN.

Dengan teknologi tepat guna peneliti mencoba melakukan pendekatan berupa penelitian dengan judul: "*Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Micro Hydro di Pedesaan Kabupaten Padang Pariaman*"

Yang menjadi populasi dalam penelitian ini adalah semua desa yang ada di Kab. Padang Pariaman, kecuali kecamatan yang ada di kepulauan mentawai.

Penarikan sampel dalam penelitian ini menggunakan sampel kriterium proporsional, berdasarkan kriteria yang digunakan untuk menentukan sumber daya air sungai yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik adalah sungai-sungai yang terdapat di kecamatan-kecamatan sebagai berikut :

1. Kecamatan Sungai Geringging
2. Kecamatan Sungai Limau
3. Kecamatan V Koto Kampung Dalam
4. Kecamatan VII Koto Sungai Sarik
5. Kecamatan 2x11 Enam Lingkung

Teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui studi literatur dan survei lapangan .

Analisis dalam penelitian ini menggunakan deskriptif analisis dengan mendefinisikan berbagai pertimbangan penilaian suatu proyek sumber daya air. Dalam hal ini, tidak ada pengganti bagi kearifan teknis dalam memilih metoda pendekatan dalam perencanaan suatu proyek

Langkah-langkah pendekatan berdasarkan teknik deskriptif dengan analisis kuantitatif maka diperoleh hasil sbb:

1. Dari lima kecamatan yang diamati terdapat sembilan belas sungai yang memungkinkan sebagai sumber PLTMH.
2. Berdasarkan kriteria yang ditetapkan untuk suatu PLTMH yang layak, terdapat sembilan desa yang mempunyai potensi sumber daya air.

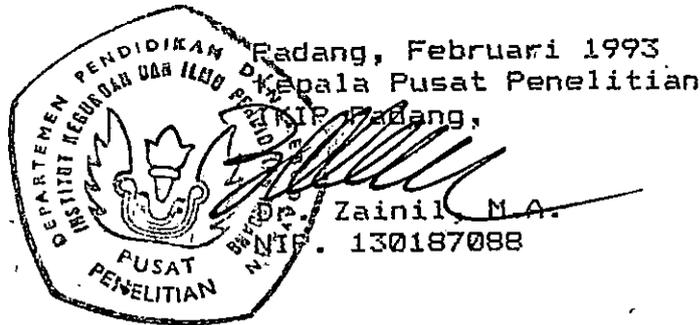
Implikasi yang diberikan dari hasil penelitian ini adalah terdapatnya di beberapa desa yang layak dibangun PLTMH.

PENGANTAR

Penelitian merupakan salah satu karya ilmiah di perguruan tinggi. Karya ilmiah ini harus dilaksanakan oleh dosen IKIP Padang dalam rangka meningkatkan mutu, baik sebagai dosen maupun sebagai peneliti.

Oleh karena itu, Pusat Penelitian IKIP Padang berusaha mendorong dosen/peneliti untuk melakukan penelitian sebagai bagian dari kegiatan akademiknya. Dengan demikian mutu dosen/peneliti dan hasil penelitiannya dapat ditingkatkan.

Akhirnya saya merasa gembira bahwa penelitian ini telah dapat diselesaikan oleh peneliti dengan melalui proses pemeriksaan dari Tim Penilai Usul dan Laporan Penelitian Puslit IKIP Padang.



DAFTAR TABEL

	Hal
1. Perkembangan kelistrikan PLN selama 1984 s/d 1988	1
2. Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro swadaya masyarakat dengan bantuan teknis dari FPTK IKIP Padang	6
3. Jumlah kecamatan, banyak desa yang telah dan belum mendapat aliran listrik PLN 1988s/d 1990	16
4. Geografi , geologi dan topografi kecamatan-kecamatan di Kabupaten Padang Pariaman	21
5. Sungai yang potensi di kecamatan Sungai Geringging	23
6. Sungai yang potensi di kecamatan Sungai Limau	23
7. Sungai yang potensi di kecamatan V Koto Kamp. Dalam.	24
8. Sungai yang potensi di kecamatan VII Koto Sungai Sariiek	25
9. Sungai yang potensi di kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung	25
10. Keadaan Meteorologi dan iklim setiap daerah aliran sungai kecamatan Sungai Geringging	27
11. Keadaan Meteorologi dan iklim setiap daerah aliran sungai kecamatan Sungai Limau	28
12. Keadaan Meteorologi dan iklim setiap daerah aliran sungai kecamatan V Koto Kampung Dalam	29
13. Keadaan Meteorologi dan iklim setiap daerah aliran sungai kecamatan VII Koto Sungai Sariiek	29
14. Keadaan Meteorologi dan iklim setiap daerah aliran sungai kecamatan 2x11 Enam Lingkung	30
15. Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di kec.Sungai Geringging.	30
16. Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kec.Sungai Limau.	31
17. Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kec.V Koto Kamp. Dalam.	32
18. Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kec.VII Koto Sungai Sariiek.	33
19. Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kec.2x11 Enam Lingkung.	33

20. Sumber energi air di Kec.Sungai Geringging sebagai pembangkit listrik (PLTMH)	35
21. Sumber energi air di Kecamatan.Sungai Limau pembangkit listrik (PLTMH)	36
22. Sumber energi air di Kecamatan.V Koto Kamp. Dalam pembangkit listrik (PLTMH)	37
23. Sumber energi air di Kec.VII Koto Sungai Sariek pembangkit listrik (PLTMH)	38
24. Sumber energi air di Kec.2x11 Enam Lingkung pembangkit listrik (PLTMH)	39
25. Sungai-sungai yang potensi untuk pembangkit listrik tenaga Micro Hidro di setiap Kecamatan yang diamati . . .	40
26. Jumlah penduduk, luas desa, sekolah dan mesjid, desa-desa yang potensi untuk PLTMH di setiap Kec.yang diamati . . .	41
27. Hubungan jumlah penduduk (KK) dan jarak pembangkit dengan daya sungai untuk PLTMH di setiap kecamatan yang diamati.	42
28. Desa-desa yang potensi dalam pemanfaatan suber daya sungai untuk PLTMH di setiap kecamatan yang diamati . . .	44
29. Ukuran turbin yang digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro setiap Kecamatan yang diamati.	45

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
 IKIP PADANG

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Propinsi Sumatera Barat sejak PELITA I sampai akhir PELITA IV telah berhasil dalam pelaksanaan pembangunan, ini terbukti dengan diterimanya penghargaan PARASAMYA PURNA KARYA NUGRAHA. Pada akhir Pelita III pembangunan diberbagai bidang sedang giat-giatnya dilakukan pemerintah untuk mewujudkan suatu masyarakat adil dan makmur yang merata baik materil maupun speritual berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945. Setiap tahapan pembangunan tersebut diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan seluruh rakyat.

Untuk menunjang pencapaian tujuan Nasional, Pola Pembangunan Sumatera Barat tahun 1988/1993, sektor pertambangan dan energi diarahkan kepada peningkatan pemanfaatan bahan galian dan sumber daya alam yang ada. Kegiatan yang telah dilakukan dalam Pelita IV berupa inventarisasi, pemetaan, eksplorasi dan eksploitasi akan di lanjutkan dan ditingkatkan guna memacu pertumbuhan industri yang sedang dilaksanakan. Pemanfaatan tenaga listrik untuk daerah Sumataera Barat sejak tahun pertama sampai tahun ke empat Pelita IV, menunjukkan peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari perkembangan jumlah produksi, konsumsi, langganan, kapasitas terpasang, kVA sambungan dan lainnya seperti terlihat pada tabel di bawah ini (Sumatera Barat Dalam Angka 1983/84 s/d 1988/89).

TABEL I
Perkembangan Kelistrikan PLN selama 1984 s/d 1988

Uraian	Satuan	84/85	85/86	86/87	88/89
Produksi	kWh	250.588.584	275.211.808	323.956.211	366.311.569
Konsumsi	kWh	196.091.943	209.169.212	240.034.549	271.063.829
B. Puncak	MW	57,4	59,1	71,3	80,7
Kap. Pasang	MW	158,4	158,1	163,0	163,5
Daya Mampu	MW	149,4	151,4	153,0	131,8
Langganan	Lgn	105.159	122.056	145.606	173.735
VA Pasang	kVA	122.894	133.762	153.845	171.927
Desa Berlistrik	Desa	664	697	811	1.109

Dari tabel I terlihat produksi tenaga listrik pada tahun 1984/85 sebesar 250.588.584 kWh. Jumlah ini meningkat menjadi 366.311.569 kWh pada tahun 1987/88 atau kenaikan rata-rata 13,53% per tahun. Dalam waktu yang sama konsumsi tenaga listrik meningkat dari 196.091.943 kWh pada tahun 1984/85 menjadi 271.063.829 kWh pada tahun 1987/88 atau kenaikan rata-rata 11,45% per tahun. Dengan demikian persediaan tenaga listrik masih cukup, walaupun kebutuhan konsumen akan tenaga listrik setiap tahun meningkat.

Tenaga listrik, tidak hanya dimikmati oleh masyarakat perkotaan saja, tetapi juga sudah dapat dinikmati oleh masyarakat pedesaan. Ini dilihat dari pelanggan yang tersebar pada daerah tingkat II, pada tahun 1984/85 sebanyak 105.159 naik menjadi 173.735 pelanggan tahun 1987/88, kenaikan mencapai 68.576 langganan atau naik rata-rata 18,23% pertahun. Dalam jangka waktu yang sama jumlah desa yang sudah mendapat listrik bertambah dari 664 desa menjadi 1.109 desa pada tahun 1987/88, penambahan sebanyak 445 desa atau naik rata-rata 19,36%. Ini merupakan keberhasilan disebabkan adanya program listrik masuk desa di Sumatera Barat.

Jumlah penduduk Sumatera Barat \pm 7,5 juta jiwa dengan luas daerah \pm 42.297 Km², kira-kira 80% bertempat tinggal di pedesaan sebagai petani. Bila dilihat secara geografis, Sumatera Barat tergolong daerah yang kurang menguntungkan sebab \pm 54% dari luas daerah terdiri dari daerah perbukitan yang tidak bisa dijadikan lahan pertanian. Dengan demikian Sumatera Barat termasuk sebagai salah satu daerah di Indonesia yang berlahan sempit, dengan luas lahan setiap kepala keluarga 0,3 Ha (Sajogyo, 1988).

Topografi Sumatera Barat bervariasi antara daratan bergelombang dan berbukit-bukit dengan ketinggian dari permukaan laut antara 2 meter sampai 927 meter. Pada Provinsi Sumatera Barat terdapat banyak sungai besar/kecil yang mengalir di daratannya dan sebagian telah dimanfaatkan untuk irigasi pertanian, perikanan dan keperluan lainnya.

Daerah perbukitan yang ada di Sumatera Barat mempunyai potensi sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), karena banyaknya aliran-aliran sungai di sepanjang perbukitan tersebut. Hasil penyelidikan PLN Proyek Induk Pembangkit & Jaringan Sumatera Barat dan Final Report for Hydro Power Potentials Study oleh NIPPON KOEI Co LTD, TOKYO JAPAN tentang sumber-sumber tenaga air yang ada di daerah Sumatera Barat (Ridwan Rasyid, Perencanaan Pusat Listrik Tenaga Air, 1985) sebagai berikut:

1. Sumber tenaga air untuk PLTA diperkirakan ± 1960 MW (hasil desk study PLN Sumbar sedangkan dari Nippon Koei co Ind, Tokyo Japan diperkirakan ± 845 MW.
2. Sumber tenaga air untuk PLT Micro Hydro (PLTMH) dari hasil desk study PLN Sumbar diperkirakan ± 36.360 MW.

Dari gambaran diatas, ternyata potensi tenaga air yang digunakan sebagai pembangkit listrik $\pm 5\%$ dari potensi yang ada. Berdasarkan hasil desk study yang dilakukan oleh PLN Sumbar potensi tenaga air yang dapat dijadikan sumber Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH) ± 36.360 MW, sedangkan yang baru dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dan swadaya masyarakat $7,272$ MW ($\pm 0.02\%$).

Dalam rangka mengimbangi laju pertumbuhan permintaan akan tenaga listrik dan meningkatkan pelayanan kepada masyarakat dalam Repelita V akan dibangun tambahan sarana penyediaan tenaga listrik. Adapun pembangkit listrik tenaga air yang persiapan pembangunannya dilakukan dalam Repelita V untuk Sumatera Barat dan Riau adalah: Singkarak I 90 MW, Singkarak II 90 MW, Batang Bayang II 25 MW dan Koto Panjang 111 MW (Repelita ke V, 1989/90 - 1993/94).

Pertumbuhan kebutuhan tenaga listrik yang tinggi akhir-akhir ini menunjukkan gejala yang baik dalam pembangunan ekonomi dan sebagai bukti meningkatnya kesejahteraan masyarakat. Namun pada saat ini dan beberapa waktu mendatang PLN masih sulit dan belum dapat memenuhi kebutuhan listrik. Karena itu Presiden Soeharto (1992) menghimbau; untuk bekerja keras dan mencari segala jalan untuk memenuhi keperluan listrik yang sangat meningkat. Lebih lanjut Presiden menyatakan; kesejahteraan masyarakat sulit diwujudkan tanpa tersedianya tenaga

listrik yang cukup. Masyarakat tidak akan sejahtera, jika jutaan warga yang tinggal di desa-desa belum dapat menikmati tenaga listrik, jika jutaan anak-anak masih harus belajar tanpa penerangan yang memadai, jika keluarga-keluarga kita belum dapat menggunakan berbagai peralatan yang menunjang untuk kesejahteraan, karena tidak tersedianya tenaga listrik.

UU No. 15/1985 tentang kelistrikan dan PP No. 17/1990 tentang Pendirian PLN, menyebutkan bahwa pembangunan tenaga listrik bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat secara adil dan merata serta mendorong peningkatan kegiatan ekonomi. Dengan demikian tugas yang diemban PLN sebagai BUMN melaksanakan dua fungsi yaitu fungsi ekonomi dan sosial. Fungsi ekonomi, PLN harus dapat mengelola perusahaan untuk mendapatkan keuntungan bagi biaya operasional dan meningkatkan investasi untuk kelangsungan kehidupannya. Sedangkan fungsi sosial, PLN harus melaksanakan kebijaksanaan pemerintah untuk kesejahteraan dan kecerdasan rakyat Indonesia serta melakukan diversifikasi energi.

Kedua fungsi tersebut telah dilaksanakan oleh PLN, namun dalam pelaksanaannya PLN masih memenuhi kendala. Sebagai contoh dalam melaksanakan program Listrik Masuk Desa yang selalu didambakan masyarakat, pengelolaannya ternyata mendatangkan kerugian. Kerugian ini mungkin diakibatkan antara lain: terlalu jauh jaringan yang telah ada dari daerah yang akan dialiri aliran listrik oleh PLN; sehingga membutuhkan jaringan baru. Biaya untuk membangun jaringan baru ini cukup besar, sedangkan jumlah konsumen yang ingin dijangkau terbatas. Disamping itu pada saat ini terbatasnya daya listrik yang tersedia akibat tingginya permintaan energi listrik untuk industri dan rumah tangga di perkotaan. Banyak kendala lain yang ditemui dalam program listrik masuk desa.

Kebijakan dan langkah-langkah yang akan ditempuh selama Repelita V, yaitu pengelolaan sumber energi tetap diarahkan pada pemanfaatan potensi sumber daya energi non minyak. Oleh sebab itu Sumatera Barat dalam kebijaksanaan diversifikasi energi tercantum pada buku Repelita V, Prov. Sumbar, 1989 s/d 1994, buku II, hal. 166 sebagai berikut:

1872 - 1873
1874 - 1875

Diversifikasi energi; sementara itu dilakukan pula penelitian dalam rangka mengembangkan energi baru dan terbaru seperti: gambut, biomassa, limbah, kayu bakar, tenaga surya, tenaga angin, tenaga air berskala kecil, tenaga panas bumi skala kecil dan tenaga air laut. Upaya ini dilakukan dalam rangka pemanfaatan sumber daya energi yang tersedia setempat dengan memperhatikan keselamatan masyarakat serta kelestarian kemampuan sumber daya alam dan lingkungan.

Berdasarkan geografi dan topografi, Sumatera Barat memiliki sumber daya alam non minyak yang banyak di desa-desa dan belum dimanfaatkan. Oleh sebab itu guna memenuhi permintaan masyarakat pedesaan yang jauh dari jangkauan PLN akan energi listrik, perlu dikembangkan sumber daya energi setempat. Kebijakan ini sesuai dengan program Sumatera Barat yang telah dicanangkan dalam buku Repelita kelima (Repelita ke V, buku II, hal 168) seperti berikut

Usaha listrik masuk desa perlu dilanjutkan untuk mendorong kegiatan ekonomi serta meningkatkan kecerdasan dan kesejahteraan rakyat di daerah pedesaan. Untuk itu perlu dikembangkan pengadaan listrik dengan menggunakan sumber daya energi setempat, seperti tenaga air micro, tenaga angin dan tenaga biomassa dalam rangka menghemat penggunaan bahan bakar minyak serta sekaligus mengurangi kerusakan lingkungan alam khususnya kerusakan hutan. Dalam hubungan ini perlu lebih ditingkatkan kemampuan, peranan serta swadaya masyarakat di pedesaan dalam penyelenggaraan listrik masuk desa.

Potensi tenaga air untuk pembangkit listrik tenaga micro hydro yang tersebar di pedesaan Sumatera Barat belum dapat dimanfaatkan seluruhnya baik oleh pemerintah daerah maupun swadaya masyarakat. Ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti biaya pembangunan pertama yang cukup mahal dan terbatasnya tenaga ahli pelaksana. Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro oleh swadaya masyarakat dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

TABEL. 2
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MICRO HYDRO SWADAYA MASYARAKAT
DENGAN BANTUAN TEKNIS OLEH FPTK IKIP PADANG
1981 S/D 1990

No	Nama PLTHM	Lokasi	Kapasitas	Jml KK	Tahun
1	Batu Berjanjang	Solok	40,0 kVA	450 KK	1981
2	Koto Lawas	Solok	12,5 kVA	120 KK	1982
3	Bukit Silawe	Solok	10,0 kVA	100 KK	1983
4	Batu Banyak	Solok	10,0 kVA	120 KK	1984
5	Salayo Talang	Solok	50,0 kVA	200 KK	1985
6	Tantaman	Kab Agam	10,0 kVA	100 KK	1985
7	Indudur Sungai				
	Lasi	Solok	10,0 kVA	80 KK	1986
8	Siguntur Tuo	Pesisir Sel	10,0 kVA	120 KK	1986
9	Baruh Gunung	Siliki 50			
		Kota	10,0 kVA	100 KK	1986
10	Gumarang	Kab Agam	10,0 kVA	120 KK	1986
11	Air Barbar	Kab Agam	15,0 kVA	100 KK	1986
12	Koto Alam	Kab Agam	10,0 kVA	80 KK	1987
13	Silungkang	Kab Agam	20,0 kVA	150 KK	1987
14	Kayu Pasak	Pelemбаяn	15,0 kVA	80 KK	1988
15	Talang Kuning	Lembah Me-			
		lintang	5,0 kVA	50 KK	1989

Dari tabel 2 terlihat, bahwa di Kabupaten Padang Pariaman belum ada dilakukan study kelayakan maupun pembangunan PLTMH. Pada hal daerah ini sebagian besar desa-desa terpencil dan sulit dijangkau jaringan listrik PLN. Kalau dilihat geogafis dan topografi Kabupaten Padang Pariaman sangat banyak mempunyai potensi alam (air). Potensi air yang ada ini hanya dimanfaatkan untuk irigasi lahan pertanian. Potensi alam yang ada tersebut belum dimanfaatkan secara multi fungsi. Sumber air dapat dimanfaatkan sebagai irigasi lahan pertanian, perikanan darat dan pembangkitan tenaga listrik.

Masyarakat pedesaan sangat mendambakan tenaga listrik untuk penerangan malam hari serta memperoleh informasi aktual tentang pembangunan yang telah dan akan dilaksanakan pemerintah melalui media elektronika.

Alternatif pengadaan tenaga listrik di daerah pedesaan yang terpencil di Kabupaten Padang pariaman, ada 3 macam pembangkit listrik yang berskala kecil yaitu; pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga micro hidro (PLTMH).

Ketiga jenis pembangkit di atas mempunyai keuntungan dan kerugian, oleh karena itu pemilihannya harus disesuaikan dengan kondisi daerah dimana pembangkit tersebut akan dibangun. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang suatu pembangkit tenaga listrik antara lain biaya pembangunan, biaya operasi, perawatan dan pengadaan sumber energi ke daerah tersebut. Bertolak dari pengamatan dan analisis yang cermat, pembangkit PLTD dan PLTS mempunyai biaya yang relatif tinggi dibandingkan dengan pembangkit PLTMH.

Berdasarkan pertimbangan keuntungan dan kerugian, untuk desa-desa yang belum dapat memanfaatkan aliran listrik di Kabupaten Padang Pariaman dapat dirancang pembangkit listrik tenaga micri hidro (PLTMH). Faktor utama yang mendukung untuk pengembangan PLTMH ini ialah mengingat di daerah tersebut cukup banyak ditemukan sumber tenaga air yang bisa dimanfaatkan.

Berkaitan dengan hal diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dalam pengembangan PLTMH pada desa-desa terpencil khususnya di pedesaan Kabupaten Padang Pariaman.

B. Ruang Lingkup Masalah

Rancangan suatu pembangkit listrik tanaga micro hidro harus disesuaikan dengan kondisi lokasi dimana PLTMH tersebut dibangun, sehingga mempunyai kelayakan yang tinggi dari segi teknis maupun ekonomis. Dalam rancangan pembangkit listrik PLTMH, apakah telah cocok baik dari segi ukuran daya listrik maupun besar sumber daya yang tersedia oleh potensi energi air di pedesaan Kabupaten Padang Pariaman berdasarkan epistemologis dan axiologis. Adapun ruang lingkup masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Seluruh yang berhubungan dengan meteorologi, iklim dan topografi desa-desa terpencil di Kabupaten Padang Pariaman dapat menunjang untuk perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hidro.
2. Seluruh yang berkaitan dengan hidrologi sungai dan geologi daerah sekitar sumber energi air yang terdapat di desa-desa terpencil di Kabupaten Padang Pariaman apakah memungkinkan pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hidro.

3. Sumber energi air yang ada di daerah tersebut, berapa daya yang dapat dihasilkan untuk pembangkitan tenaga listrik, penggerak turbin yang sesuai dengan karakter sungai-sungai serta kapasitas generator yang diperlukan.
4. Konstruksi sipil yang diperlukan untuk pembangkit listrik tenaga micro hidro sesuai dengan hidrologi dan geologi desa-desa di Kabupaten Padang Pariaman, secara teknis dan ekonomis.
5. Kemungkinan unit cost pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hidro pada desa-desa terpencil di Kabupaten Padang Pariaman, layak berdasarkan unit cost dari standar pemerintah.

C. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan memberikan sumbangan pemikiran dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro bagi masyarakat pedesaan Kabupaten Padang Pariaman. Secara terperinci tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui keadaan meteorologi, iklim, dan geologi pedesaan di Kabupaten Padang Pariaman terhadap pembangunan PLTMH.
2. Untuk mengetahui kapasitas daya yang dapat dibangkitkan oleh sungai-sungai yang ada di Kabupaten Padang Pariaman untuk pembangunan PLTMH.
3. Untuk mengetahui daya listrik efektif yang dapat melayani kebutuhan masyarakat di pedesaan Kabupaten Padang Pariaman.
4. Untuk membantu program pemerintah dalam rangka pengadaan listrik masuk desa terutama pada desa-desa terpencil di Kabupaten Padang Pariaman khususnya, Sumatera Barat pada umumnya.
5. Untuk meningkatkan keterampilan dan pengalaman di dalam penerapan teknologi tepat guna untuk pedesaan bagi tenaga pengajar FPTK IKIP Padang.

D. Pertanyaan Penelitian

Dalam penelitian ini dikemukakan beberapa pertanyaan yang akan dijawab antara lain:

1. Bagaimanakah keadaan meteorologi dan iklim pedesaan di Kabupaten Padang Pariaman mempunyai sumber energi air ?
2. Bagaimanakah geologi atau karakteristik sumber energi air untuk perencanaan PLTMH ?
3. Berapakah kecepatan aliran dan debit (hydrology) sumber energi air tersebut ?
4. Berapakah potensi daya air untuk pembangkit PLTMH setiap pedesaan di Kabupaten Padang Pariaman ?
5. Berapakah daya turbin yang diperlukan PLTMH setiap pedesaan di Kabupaten Padang Pariaman ?
6. Berapakah daya listrik efektif yang dapat dihasilkan PLTMH setiap pedesaan yang ada pada Kabupaten Padang Pariaman ?

BAB II

STUDI KEPUSTAKAAN

Pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hydro adalah merupakan suatu usaha untuk merubah potensi tenaga air menjadi tenaga listrik. Pemanfaatan sumber air ini terutama ditujukan untuk masyarakat pedesaan terpencil dan jauh dari jangkauan jaringan listrik PLN. Pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hydro akan berhasil bila perencanaannya baik dan teliti melalui data-data dan informasi yang dapat dipercaya.

Hasil pembangunan suatu pembangkit listrik tenaga micro hydro tidak terlepas dari perencanaan yang dibuat berdasarkan survey dan dilaksanakan dalam waktu lama serta melalui tahapan-tahapan tertentu. Pendekatan yang dilakukan untuk feasibility study (study kelayakan) pada pembangkit tenaga listrik micro hydro di Pedesaan Kabupaten Padang Pariaman dengan jalan study Literatur dan Preliminary survey (survey Lokasi).

Kelayakan suatu perencanaan pembangkit listrik tenaga micro hidro harus memenuhi beberapa persyaratan baik secara teoritis maupun praktis antara lain:

1. Keadaan geografis, geologis, hidrologi dan topografis daerah dibangunnya pembangkit tenaga listrik tersebut.
2. Tersedianya sumber daya air yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik.
3. Pertimbangan dasar penyediaan tenaga penggerak dari sumber air atau tenaga termis lainnya.
4. Keuntungan dari pembangkitan tenaga listrik.
5. Hubungan penggunaan sumber air dengan pengembangan sungai secara menyeluruh.
6. Hubungan antara penyediaan sumber daya dan kebutuhan akan tenaga listrik.
7. Biaya pembangunan pembangkit tenaga listrik.
8. Jangka waktu yang diperlukan dalam penyelesaian pembangunan pembangkit tenaga listrik.
9. Sistem jaringan distribusi dan peralatan untuk hubungan sentral listrik dengan konsumen.

A. Geologi, Meteorologi dan Iklim

Untuk rancangan pemanfaatan sumber daya alam seperti sumber daya air sungai, perlu diketahui tentang meteorologi dan iklim daerah tersebut. Topografi daerah Kabupaten Padang Pariaman bervariasi antara daratan bergelombang dan berbukit-bukit dan terletak dengan ketinggian / elevation 780 m dari permukaan laut. Luas Kabupaten Padang Pariaman 7.419,50 Km². Kabupaten Padang Pariaman mempunyai beberapa sungai besar/kecil mengalir daratannya yang telah banyak dimanfaatkan untuk irigasi pertanian dan keperluan lainnya. Dari data beberapa stasiun pengamatan, curah hujan daerah ini cukup tinggi ± 31 mm sampai 8.012 mm per tahun.

Elemen-elemen Meteorologi dan iklim dari suatu daerah yang perlu diketahui adalah tentang evapotransportasi, kecepatan angin, arah angin, suhu udara, kelembaban yang mempengaruhi data curah hujan daerah tersebut sebagaimana dijelaskan Arismunandar (1975).

Curah hujan (precipitation) akan mengalir sebagian pada permukaan tanah menuju kesungai. Hubungan antara curah hujan dan aliran sungai meskipun hal ini tergantung pada keadaan geologi dan hutan disekitar sungai. Perbandingan antara curah hujan dan aliran sungai disebut faktor kedap (run off coefficient).

Pedesaan di Kabupaten Padang Pariaman terletak dipinggiran pantai Barat Sumatera. Hulu sungai yang ada di Kabupaten Padang Pariaman berasal dari pergunungan Bukit Barisan Sumatera. Suhu pada daerah tersebut berkisar antara 28 - 32°C dengan curah hujan normal.

Pengukuran curah hujan dalam penelitian ini menggunakan alat jenis biasa (sederhana) bukan menggunakan jenis alat otomatis. Alat jenis biasa ini ditempatkan pada lokasi tertentu yang tidak dipengaruhi oleh pohon-pohon dan gedung-gedung, alat ukur tersebut ditempatkan 20 Cm lebih tinggi dari permukaan tanah. Menurut Sujono 1987, untuk menghitung curah hujan rata-rata secara aljabar disekitar daerah yang diamati dengan rumus:

$$\bar{R} = 1/n(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

dimana : \bar{R} = curah hujan daerah (mm)

n = jumlah titik-titik pengamatan

R₁, R₂, R_n = curah hujan ditiap titik pengamatan

Curah hujan akan mempengaruhi aliran sungai yang dapat dipergunakan untuk berjenis-jenis aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan dan lain-lain. Dalam bidang pembangkitan tenaga listrik sungai di daerah pedesaan Kabupaten Padang Pariaman terdapat potensi air yang sangat besar dapat dipergunakan sebagai energi pembangkit tenaga listrik. Luas daerah aliran sungai dapat dihitung dengan mengukur luas daerah itu pada peta topografi. Daerah aliran sungai, topografi dan geologi suatu sungai tergantung dari debit air sungai tersebut. Besarnya koefisien corak/bentuk dan kerapatan sungai dapat menentukan profil dari suatu sungai. Persamaan dalam menentukan koefisien corak/bentuk dan kerapatan sungai menurut Suyono (1987) dalam bukunya Hidrologi Untuk Pengairan adalah sebagai berikut:

$$F = A/L^2 \quad \text{dimana} \quad \begin{array}{l} F = \text{Koefisien corak/bentuk} \\ A = \text{Luas daerah pengaliran (km}^2\text{)} \\ L = \text{Panjang sungai utama (km)} \end{array}$$

Makin besar harga koefisien corak/bentuk, makin lebar daerah pengaliran sungai tersebut. Untuk menetapkan kerapatan sungai merupakan suatu indeks dalam menentukan banyaknya anak sungai dalam daerah pengaliran. Bila kerapatan sungai diperoleh kecil maka geologi sungai tersebut adalah permeable, terdapat pada daerah pergunungan dan sekitar lereng gunung, untuk harga kerapatan sungai besar menunjukkan pada daerah-daerah yang banyak curah hujannya.

Profil sungai dapat dinyatakan stabil yang mempunyai bentuk penampang melintang, jika karakteristik bahan dasar dan kecepatan aliran sungai tidak terjadi perubahan-perubahan dalam jangka waktu yang singkat. Untuk mengetahui penampang melintang suatu sungai (Suyono, 1987) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A = c \times b \times h_{\max}$$

dimana: b = Lebar sungai (m)
 h_{\max} = Tinggi air max (m)
 c = Koefisien bentuk penampang melintang

Penampang melintang sangat ditentukan oleh koefisien bentuk yang umum diambil kira-kira 0,60.

B. Potensi Sumber Daya Air Sungai

Debit air sungai, merupakan data pokok untuk perencanaan pembangkit listrik micro hidro yang harus diukur secara teliti dan dalam jangka waktu yang cukup panjang. Untuk memperoleh data yang dapat dinyatakan valid dan reliabel perlu dilakukan survey langsung atau observasi pada Direktorat Pengairan Departemen Pekerjaan Umum Kabupaten Padang Pariaman. Data survey langsung (ke lokasi) didapat dengan melakukan pengukuran kecepatan aliran rata-rata pada suatu penampang melintangnya, kemudian dikalikan dengan luas penampang pada bagian tersebut.

Pengukuran kecepatan aliran air sungai dengan menggunakan alat apung (Float). Metoda untuk pengukuran ini ialah dengan alat apung dihanyutkan dibagian sungai yang lurus untuk mengetahui kecepatannya. Kecepatan aliran air rata-rata dihitung dengan rumus (Arismunandar, 1975) adalah:

$$V_m = 0,8 \text{ m/detik (kecepatan aliran dari pelampung)}$$

Penampang melintang berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Suyono 1987, kemudian dikalikan dengan kecepatan aliran maka diperoleh besarnya debit air sungai yang diamati, dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = A \times V_m \text{ m}^3/\text{detik}$$

C. Daya Turbin dan Generator

Besar debit air yang diperoleh merupakan tenaga kinetik dapat dimanfaatkan untuk menjadikan tenaga listrik. Debit air tersebut perlu diarahkan penyalurannya pada suatu tempat sehingga mendapatkan tinggi jatuh air efektif. Tinggi jatuh air efektif adalah selisih antara tinggi permukaan air pada saluran pengambil dengan permukaan air disaluran bawah. Tinggi jatuh air penuh (full head) adalah tinggi air yang bekerja efektif pada turbin. Pada umumnya tinggi jatuh air efektif serta debit air melalui saluran pengambil dan saluran bawah dapat ditentukan, berdasarkan pertimbangan teknis dan ekonomis. Bila debit air melalui saluran pengambil dinyatakan dengan Q'' , perbedaan saluran pengambil dan saluran bawah adalah H (tinggi jatuh efektif), maka berdasarkan rumus (Arismunandar, 1975) sebagai berikut:

$$\text{Daya teoritis (Pi)} = 9,8 \times Q'' \times H \quad \text{kW}$$

$$\text{Daya turbin (Pt)} = 9,8 \times Q'' \times H \times \eta_t \quad \text{kW}$$

$$\text{Daya generator (Pg)} = 9,8 \times Q'' \times H \times \eta_t \times \eta_g \quad \text{kW}$$

dimana: η_t = efisiensi turbin

η_g = efisiensi generator

Bendungan pemasukan air (intake dam) berfungsi untuk mengatur air sungai pada saluran pengambil yang akan disalurkan ke kolam tando. Dalam perencanaan bendungan pemasukan perlu diadakan penyelidikan mengenai stabilitas lereng bendungan, keamanan terhadap longsor serta perembesan terhadap kedap air. Bendungan yang digunakan adalah jenis urugan batu, karena sifat bendungan ini mempunyai kedapan air pada dindingnya yang lentur (flexible) dapat menyesuaikan diri dengan ukuran batu-batu tersebut. Hal lain yang patut diperhatikan, yaitu bendungan urugan batu hendaknya dihindarkan dari luapan air dan keadaan banjir.

Saluran pengambil air adalah suatu saluran yang dipakai untuk mengambil air langsung dari sungai, dimana secara langsung menerima aliran air dan harus dibangun berdekatan dengan bendungan pemasukan (intake dam). Konstruksi saluran pengambil air dibuat dalam bentuk trapesium, saluran tersebut jenis terbuka. Tekanan air yang melalui saluran tersebut dapat dikatakan mempunyai tekanan air relatif kecil, cukup dibebankan saja pada tanah asli dari saluran pengambil.

Pengambilan air sungai yang melewati bendungan, kolam tando (kolam pengatur), ke turbin air guna membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan perbedaan saluran pengambil dan saluran bawah sangat diperlukan fasilitas pekerjaan teknik sipil. Fasilitas pekerjaan teknik sipil merupakan bagian terbesar dalam biaya pembangunan maupun volume pekerjaan dari fasilitas lain pada pembangunan pembangkit listrik tenaga air. Rancangan pekerjaan teknik sipil yang diperlukan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga air berupa konstruksi bendungan, saluran pengambil air ke sungai, kolam tando (kolam pengatur), sentral listrik dan saluran bawah (saluran buang).

Sumber energi air yang ada pada sungai, perubahannya menjadi energi mekanis dalam bentuk gerak diperlukan suatu pesawat yang bernama turbin air. Debit air tertentu dan tinggi jatuh air rendah, perlu keahlian dan pengalaman yang cukup untuk menentukan jenis dan ukuran turbin. Hubungan debit air dengan tinggi jatuh air tertentu adalah; makin besar debit air maka makin besar ukuran turbin, makin tinggi jatuh air, makin kecil ukuran turbinnya. Sehubungan dengan hal di atas, untuk merencanakan suatu turbin sebagai pembangkit tenaga listrik, perlu diamati terlebih dahulu kondisi sumber air di lapangan. Hasil dari pengamatan tersebut, kemudian dicari suatu jenis turbin yang mempunyai runner (roda turbin) dengan bentuk geometri yang tetap untuk berbagai debit dan tinggi jatuh air. Disamping itu turbin tersebut tidak terlalu peka terhadap perubahan debit air, artinya efisiensinya tidak terlalu kecil jika beban berubah atau tidak konstan.

Untuk menentukan kecepatan jenis suatu turbin baling-baling dikemukakan oleh Arismunandar (1975:65) maka dipakai formula seperti berikut:

$$n_s = \frac{20.000}{H + 20} + 50 \text{ rpm}$$

Bila kecepatan jenis diketahui maka untuk menentukan kecepatan turbin dapat dipergunakan formula:

$$n = n_s \frac{H^{5/4}}{P^{1/2}} \text{ rpm}$$

dimana: n_s = kecepatan jenis dari turbin (rpm)

n = kecepatan turbin (rpm)

H = tinggi jatuh air efektif (m)

P = daya yang keluar (kilo Watt)

Untuk menentukan dimensi rotor turbin digunakan persamaan:

$$D_a = \frac{60 \cdot k_s \sqrt{2 \cdot g \cdot H}}{\pi \cdot n} \quad \text{atau} \quad 84,6 \cdot k_s \frac{\sqrt{H}}{n} \text{ meter}$$

dimana : k_s = koefisien yang nilainya berdasarkan grafik, dalam rancangan turbin ini besarnya k_s adalah 0,65.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Bentuk penelitian ini adalah deskriptif dengan teknik survey. Sesuai dengan bentuknya, penelitian ini bermaksud mengungkapkan sejauhmana potensi air bagi pembangunan PLTMH pedesaan yang belum mendapatkan aliran listrik di Kabupaten Padang Pariaman.

A. Populasi dan sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah semua desa yang ada di Kabupaten Padang Pariaman, dimana desa-desa tersebut belum mendapatkan aliran listrik dari PLN. Desa-desa yang ada di kabupaten Padang Pariaman di titik baratkan pada daerah daratan. Sedangkan desa-desa yang ada pada daerah kepulauan seperti Seberut, Sipora dan Pagai Utara Selatan tidak di jadikan desa populasi dalam penelitian ini.

Berdasarkan data Kabupaten Padang Pariaman dalam Angka Tahun 1988 sampai dengan 1990 tentang Kecamatan, Desa-Desa yang telah mendapatkan aliran listrik dari PLN terdistribusi pada tabel 3 di bawah ini.

TABEL 3.
JUMLAH KECAMATAN, BANYAK DESA YANG TELAN DAN BELUM MENDAPATKAN ALIRAN LISTRIK PLN TH 1988 S/D 1990

No	Kecamatan	Jumlah Desa		
		Desa	Telah	Belum
1.	Sungai Geringging	15	3	12
2.	Sungai Limau	29	7	21
3.	V Koto Kamp Dalam	51	35	16
4.	VII Koto	69	45	24
5.	2X11 Enam Lingkung	59	38	21
6.	Nan Sabaris	69	57	12
7.	Lubuk Alung	38	20	18
8.	Batang Anai	20	10	10
J u m l a h		350	215	134

Banyak desa sebagai populasi dalam penelitian ini adalah 134 desa yang terdapat di Kabupaten Padang Pariaman yang belum mendapatkan aliran listrik. Populasi dari desa-desa tersebut mempunyai beragam variasi dalam variabel yang akan diamati juga bervariasi antar kriteria dalam variabel. Variasi dalam variabel penelitian ini berupa petensi sumber energi, georafii, me-

teorologi dan iklim. Sedangkan bervariasi antar kriteria jarak jaringan PLN ke desa tersebut, Jumlah kepala keluarga (KK) di setiap desa. Untuk menghilangkan variasi antar kriteria variabel maka secara teknis penarikan sampel berkriteria variasi antar kelompok. Dengan teknik ini bahwa komponen variasi dalam populasi secara tepat tergambar dalam sampel (secara teknis variasi antar kriteria tidak terlihat dalam standard error). Dengan demikian penarikan sampel dalam penelitian ini menggunakan sampel kriterium proporsional yang kriteriumnya sebagai berikut:

1. Potensi energi seperti aliran sungai/waduk yang mempunyai tinggi jatuh air minimum 4 meter.
2. Hydrologi, Metreologi dan iklim kolasi sumber energi air yang ada di pedesaan tersebut mempunyai debit minimum 600 liter/detik.
3. Lokasi pedesaan yang belum mendapatkan aliran listrik jauh dari jaringan listrik PLN.
4. Dalam waktu relatif lama (\pm 5 tahun) desa tersebut tidak mungkin masuk listrik.
5. Desa mempunyai penduduk minimal 40 KK (Kepal Keluarga).
6. Bila ada sumber energi air yang potensil jarak desa berdekatan tidak lebih dari 2,5 Km, dengan total jumlah penduduk maksimum 350 KK.
7. Terpenuhi persyaratan teknis pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hydro desa tersebut.

Berdasarkan beberapa kriteria yang digunakan untuk menentukan suatu sumber daya air sungai yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik, maka diperoleh beberapa kecamatan yang dianggap mempunyai potensi sumber daya air sebagai sampel dalam penelitian ini yaitu:

1. Kecamatan Sungai Geringging
2. Kecamatan Sungai Limau
3. Kecamatan V Koto Kampung Dalam
4. Kecamatan VII Koto Sungai Sarik dan
5. Kecamatan 2 X 11 Enam Lingsung

Jumlah desa yang diambil sebagai sampel, tergantung dari lokasi setiap Kecamatan yang diamati, mempunyai sumber daya air yang sangat petensil untuk pembangkit tanaga listrik.

B. Jenis dan Alat Pengumpul Data

1. Jenis Data

- a. Data primer terdiri dari meteorologi, iklim, hydrology dan geologi sungai.
- b. Data sekunder terdiri dari sosiologi masyarakat menyangkut; jumlah penduduk, sosial ekonomi.

2. Alat Pengumpul Data

- a. Data primer menggunakan instrumen seperti; meter, stop watch, higrometer, termometer.
- b. Data sekunder diperoleh melalui instansi pemerintah yang terkait serta wawancara secara terstruktur terhadap pemuka masyarakat.

3. Pengolahan Data

Data yang terkumpul akan diolah dan dianalisis dengan teknik sebagai berikut:

- a. Data meteorologi dan iklim diperoleh dari Departemen Meteorologi dan Giofisika Kabupaten Padang Pariaman dimana yang akan diolah adalah harga rata-ratanya setelah dilakukan beberapa kali pengamatan (pengukuran). Pengukuran dilakukan pada saat hujan dan kemarau.
- b. Data geologi daerah sekitar sungai yang menyangkut dengan jenis batu-batuan dasar sungai, kerapatan sungai dan lokasi sentral listrik micro hydro, apakah memungkinkan pembangunan tersebut. Rumus yang digunakan untuk melakukan pendekatan tentang faktor kerapatan sungai pada suatu daerah adalah:

$$F = A / L^2$$

dimana, A = Luas daerah aliran sungai (Km²)

L = Panjang sungai yang diamati (Km)

- c. Data hydrologi sungai menyangkut kecepatan aliran air sungai, debit air sungai dan elevasi sungai. Rumus-rumus yang digunakan untuk ini adalah sebagai berikut :

Kecepatan aliran sungai (Vm) = 0,8 L/t meter/detik atau
= Q / A meter/detik.

Debit air sungai (Q) = 0,86.A.Vm meter³/detik atau
= 1/3,6 .f.r.A meter³/detik

dimana, Vm = kecepatan aliran sungai (m/det)

f = koefisien pengaliran/limpasan

r = intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

Elevasi sungai diperoleh melalui pengukuran beda tinggi air di hulu sampai ke lokasi pembangunan PLTMH.

d. Menghitung potensi daya air sungai yang ada digunakan rumus: $P_i = 9,8 \cdot Q \cdot H$ (kW).

e. Daya turbin air yang diperlukan berdasarkan rumus:

$$P_t = 9,8 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \text{ (kW)}$$

f. Daya generator yang efektif menggunakan rumus:

$$P_g = 9,8 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \cos \phi \text{ (kW)}.$$

BAB IV A N A L I S I S

Pendekatan studi kelayakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga micro hidro dapat didefinisikan sebagai pertimbangan tentang suatu proyek sumber daya air melalui pernyataan awal, penilaian alternatif-alternatif, sehingga keputusan akhir mengenai arah tindakan yang akan diambil. Setiap kegiatan yang bersangkutan dengan perancangan suatu proyek pendayagunaan air adalah bersifat unik dalam kerangka fisik dan ekonomisnya, maka tidaklah jelas akan menuntun kearah keputusan yang baik. Dalam hal ini, tidak ada pengganti bagi kearifan teknis dalam memilih metoda-metoda pendekatan dalam rancangan tersebut. Setiap langkah yang menuju keputusan akhir harus ditunjang oleh analisis kuantitatif dan bukannya oleh perkiraan-perkiraan atau pertimbangan saja.

Langkah-langkah pendekatan dalam penelitian ini berdasarkan teknik deskriptif dengan analisis kuantitatif dari data leteratur (Kabupaten, Kecamatan, Dep.Pekerjaan Umum Direktorat Pengairan, Meteorologi dan Iklim serta Instansi yang terkait) dan data preliminary survey (servey lokasi/lapangan). Kedua bentuk data ini dideskripsikan untuk mendapatkan alternatif- alternatif ringkasan tentang beberapa pertanyaan dalam penelitian ini.

Pertanyaan-pertanyaan yang perlu mendapat jawaban dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana keadaan geologi dan karakteristik sumber energi air pada lokasi Kecamatan-kecamatan di Kabupaten Padang Pariaman.
2. Bagaimana keadaan meteorologi dan iklim pada lokasi Kecamatan-kecamatan di Kabupaten Padang Pariaman.
3. Bagaimana hydrologi sumber energi air yang ada di Kabupaten Padang Pariaman.
4. Berapa besar petensi daya air yang dapat membangkitkan tenaga listrik pada setiap lokasi sumber daya air di Kabupaten Padang Pariaman.
5. Barapa perkiraan daya turbin untuk setiap lokasi sumber daya air di Kabupaten Padang Pariaman.
6. Barapa daya listrik efektif yang dapat dihasilkan oleh setiap lokasi sumber daya air di Kabupaten Padang Pariaman.

Dari beberapa pertanyaan diatas akan diuraikan satu persatu masalah yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya alam terutama sumber energi air sebagai berikut:

A. Masalah Geografis, Topografis dan Karakteristik Sungai.

Berdasarkan geografis daerah Kabupaten Padang Pariaman, letaknya Kecamatan-kecamatan yang diamati tentang sumber daya airnya terletak antara $0^{\circ}32'00''$ LS $100^{\circ}17'00''$ BT dalam daerah Propinsi Sumatera Barat. Daerah ini mempunyai luas daratan ± 91.432 Ha yang sangat subur akan komoniti pertanian pangan dengan pengairan tadah hujan dan sungai.

Sedangkan topografis dan peta administrasi daerah ini mempunyai daratan yang bervariasi antara daratan bergelombang dan berbukit-bukit dengan ketinggian dari permukaan laut antara ± 10 m sampai $\pm 62,8$ m. Daerah ini terdapat 10 buah sungai besar dan berpuluh-puluh sungai kecil yang mengalir daratannya dan telah dimanfaatkan untuk irigasi pertanian. dan daerah yang terdiri dari perbukitan serta sebuah gunung Tandikat dengan ketinggian ± 2.438 meter.

Dari tabel 1 dibawah ini menggambarkan lokasi pengamatan dalam kecamatan-kecamatan di Kabupaten Padang Pariaman adalah sebagai berikut.

TABEL 4
Geografi, Geologi dan Topografi
Kecamatan-Kecamatan di Kabupaten Padang Pariaman

Kecamatan	Lintang Selatan	Bujur Timur	Berombak	Berbukit	Per-gunungan
1 Sungai Geringging	$0^{\circ}33'00''$	$100^{\circ}7'0''$	15%	75%	10%
2 Sungai Limau	$0^{\circ}32'00''$	$100^{\circ}4'00''$	60%	30%	10%
3 V Koto Kamp D1	$0^{\circ}33'30''$	$100^{\circ}8'00''$	15%	65%	20%
4 VII Koto Sei S	$0^{\circ}40'00''$	$100^{\circ}17'0''$	30%	60%	10%
5 2XII Enam Lingkung	$0^{\circ}39'00''$	$100^{\circ}17'0''$	40%	55%	5%

Bertitik tolak dari geografi, geologi dan topografi ke lima Kecamatan yang diamati, bahwa daerah tersebut mempunyai rata-rata tanah yang berombak $\pm 32\%$, daerah berbukit rata-rata 57% dan daerah pergunungan rata-rata 11% . Geologi daerah ini, yang merupakan daerah yang mempunyai banyak sungai-sungai utama dan anak-anak sungai, sebagai saluran air hujan ke laut.

Sungai-sungai yang potensi untuk pembangkitan tenaga listrik disetiap kecamatan, diperoleh dari data leteratur dan pengamatan lakasi, maka dapat ditentukan koefisien corak/bentuk sungai. Dasar perhitungan yang digunakan dalam menentukan koefisien corak/bentuk dari sungai (S Suyono, hal 170) adalah:

$$F = A/L^2$$

Makin besar harga koefisien corak/bentuk (F) dari suatu sungai, makin lebar daerah aliran sungai. Sedangkan kerapatan sungai yang ditentukan oleh sungai utama dan anak-anak sungai dibagi dengan luas daerah aliran adalah merupakan indek dari keadaan topografi dan geologi suatu daerah pengaliran. Dengan demikian untuk rumus indek kerapatan sungai f dari suatu daerah dapat adalah :

$$f = (L + l_a)/A^2$$

dimana L = Panjang sungai utama (Km)

l_a = Panjang anak-anak sungai (Km)

A^2 = Luas daerah aliran sungai (Km²)

Besarnya indek kerapatan sungai, biasanya berkisar kira-kira 0,30 sampai 0,50. Untuk daerah yang mempunyai indek kerapatan sungai kecil menandakan geologi sungai dapat dinyatakan yang permeabel, ini umumnya terdapat pada daerah dipergunungan dan dilereng-lereng bukit dengan curah hujan yang kecil, bila indek tersebut besar menandakan daerah tersebut yang mempunyai banyak curah hujannya.

Bertitik tolak dari rumus diatas, maka diperoleh koefisien corak/bentuk dan indek kerapatan sungai setiap sungai yang ada dalam kecamatan-kecamatan yang diamati seperti diuraikan dibawah ini:

1. Daerah Kecamatan Sungai Geringging

TABEL 5
Sungai yang Potensi di Kecamatan Sungai Geringging

Nama Sungai/Desa	Pjg Sei (Km)	Luas Das (Km ²)	Kof Corak (F)	Krp Sungai (f)
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	7,25	11,781	0,224	0,052
Batang Tiku (Ds Balai Baik)	4,50	9,000	0,444	0,055
Btg Batu Mangaum (Ds Ladang Rimbo)	5,25	3,937	0,143	0,338
Batang Paku (Ds Sei Rantai)	5,25	14,437	0,526	0,025

Data dari tabel 5 dapat dilihat bahwa empat buah sungai yang potensi sebagai sumber daya air di daerah Kabupaten Sungai Geringging. Dari keempat buah sungai tersebut mempunyai koefisien corak dan indek kerapatan sungai yang bervariasi berkisar antara $F = 0,224$ sampai $0,526$ dan $f = 0,025$ sampai $0,338$. Berdasarkan koefisien corak dan indek kerapatan sungai, dapat dinyatakan bahwa daerah pengaliran sungai-sungai tersebut terletak pada daerah perbukitan yang mempunyai curak hujan kecil ($f = 0,055$), tetapi pada daerah pangaliran sungai Batang Batu Mangaum atau daerah desa Ladang Rimbo mempunyai curak hujan sedang ($f = 0,338$).

2. Daerah Kecamatan Sungai Limau

TABEL 6
Sungai yang Potensi di Kecamatan Sungai Limau

Nama Sungai	Pjg Sei (Km)	Luas DAS (Km ²)	Kof Corak (F)	Krp Sungai (f)
Batang Gasan Kecil (Ds.Mandailing)	2,55	3,125	0,480	0,261
Batang Gasan Gadang (Ds.Koto Muaro)	4,25	6,375	0,352	0,045
Btg Paingan Gadang (Ds.Lampanjang)	2,70	2,700	0,370	0,370
Batang Sungai Limau (Ds.Pinjauan)	2,15	1,625	0,351	0,814
Batang Naras (Ds.Duku)	3,80	3,800	0,263	0,263

Data dari tabel 6 dapat dilihat bahwa lima buah sungai yang berkemungkinan potensi sebagai sumber daya air di daerah Kecamatan Sungai Limau. Dari ke lima buah sungai tersebut mempunyai koefisien corak dan indek kerapatan sungai yang bervariasi berkisar antara $F = 0,263$ sampai $0,480$ dan $f = 0,045$ sampai $0,814$. Berdasarkan koefisien corak dan indek kerapatan sungai, dapat dinyatakan bahwa daerah pengaliran sungai-sungai tersebut terletak pada lerengan perbukitan yang mempunyai curah hujan kecil ($f = 0,263$), sedangkan untuk daerah pangaliran sungai Paingan Gadang mempunyai curah hujan yang sedang ($f = 0,370$), pada daerah pengaliran sungai Batang Sungai Limau terdapat curah hujan yang besar ($f = 0,814$).

3. Daerah Kecamatan V Koto Kamp Dalam

TABEL 7
Sungai yang Potensi di Kecamatan V Koto Kamp Dalam

Nama Sungai	Pjg Sei (Km)	Luas ₂ DAS (Km ²)	Kof Corak (F)	Krp Sungai (f)
Batang Rantai Gadang (Ds.Sikucur Barat)	4,825	7,237	0,311	0,092
Batang Sikucur (Ds.Sikucur Barat)	5,400	10,800	0,370	0,045
Batang Kopocong (Ds.Sikucur Timur)	6,525	14,680	0,245	0,030
Batang Naras (Ds.Patamuan)	3,000	8,000	0,888	0,046

Data dari tabel 7 dapat dilihat bahwa empat buah sungai yang berkemungkinan potensi sebagai sumber daya air di daerah Kecamatan V Koto Kampung Dalam. Dari ke empat buah sungai tersebut mempunyai koefisien corak dan indek kerapatan sungai yang bervariasi berkisar antara $F = 0,245$ sampai $0,888$ dan $f = 0,030$ sampai $0,092$. Berdasarkan koefisien corak dan indek kerapatan sungai, dapat dinyatakan bahwa daerah pengaliran sungai-sungai tersebut terletak pada lerengan perbukitan yang mempunyai curah hujan kecil ($f = 0,030$), sedangkan untuk daerah pangaliran sungai Batang Rantai Gadang, Batang Sikucur dan Batang Naras mempunyai curah hujan yang sedang ($f = 0,045$ s/d $0,092$).

4. Daerah Kecamatan VII Koto Sungai Sarik

TABEL 8
Sungai yang Potensi di Kecamatan VII Koto

Nama Sungai	Pjg Sei (Km)	Luas ₂ DAS (Km ²)	Kof Corak (F)	Krp Sungai (f)
Batang Mangur Kecil (Ds P Air Lbk Laweh)	7,50	18,750	0,333	0,021
Batang Limbuan (Ds Sungai Kasihan)	4,00	5,500	0,343	0,132
Batang Barangan (Ds Tiga Sekato)	4,75	8,312	0,368	0,068

Data dari tabel 8 dapat dilihat bahwa tiga buah sungai yang berkemungkinan potensi sebagai sumber daya air di daerah Kecamatan Koto Sungai Sarik. Dari ke tiga buah sungai tersebut mempunyai koefisien corak dan indek kerapatan sungai yang bervariasi berkisar antara $F = 0,333$ sampai $0,368$ dan $f = 0,021$ sampai $0,132$. Berdasarkan koefisien corak dan indek kerapatan sungai, dapat dinyatakan bahwa daerah pengaliran sungai-sungai tersebut terletak pada lerengan perbukitan yang mempunyai curah hujan kecil ($f = 0,021$), sedangkan untuk daerah pangaliran sungai Batang Limbuan dan Batang Barangan mempunyai curah hujan yang sedang ($f = 0,068$ s/d $0,132$).

5. Daerah Kecamatan 2 X 11 Enam Lingkung

TABEL 9
Sungai yang Potensi di Kecamatan 2 X 11 Enam Lingkung

Nama Sungai	Pjg Sei (Km)	Luas ₂ DAS (Km ²)	Kof Corak (F)	Krp Sungai (f)
Batang A. Tapakis (Ds.Pd.Toboh)	7,25	21,750	0,413	0,015
Btg.Anai/Sipisang (Ds. Kp.Tengah)	7,00	22,75	0,464	0,013
Btg Sungai Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	8,25	41,25	0,606	0,004

Data dari tabel 9 dapat dilihat bahwa tiga buah sungai yang berkemungkinan potensi sebagai sumber daya air di daerah Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung. Dari ke tiga buah sungai tersebut mempunyai koefisien corak dan indek kerapatan sungai yang bervariasi berkisar antara $F = 0,413$

sampai 0,606 dan $f = 0,004$ sampai 0,014. Berdasarkan koefisien corak dan indek kerapatan sungai, dapat dinyatakan bahwa daerah pengaliran sungai-sungai tersebut terletak pada lerengan perbukitan yang mempunyai curah hujan kecil ($f = 0,004$), sedangkan untuk daerah pangaliran sungai Batang A Tapakis dan Batang Anai/Sipisang mempunyai curah hujan yang sedang ($f = 0,015$ s/d 0,013).

B. Keadaan meteorologi dan iklim

Berdasarkan data dari meteorologi, iklim dan geofisika daerah sungai setiap Kecamatan yang diamati akan diuraikan sebagai berikut. Curah hujan di setiap Kecamatan relatif sedang yang berkisar antara 3420 mm/th dan 5080 mm/th. Sedangkan jumlah hari hujan rata-rata pada setiap daerah kecamatan yang diamati untuk tahun 1992 adalah sebanyak ± 228 hari dengan curah hujan $\pm 4206,8$ mm/th. Secara teoritis dinamakan $2/3$ dari curah hujan yang mengalir dipermukaan tanah melalui saluran-saluran atau sungai, sedangkan sisanya diserap tanah dan tumbuh-tumbuhan. Curah hujan disuatu daerah akan mempengaruhi aliran sungai baik dalam koefisien corak/bentuk sungai maupun penampang melintangnya.

Hubungan antara panjang sungai dan permukaan dasar sungai yang diukur sepanjang sungai mulai dari estuari, yang disebut dengan profil sungai. Profil sungai setiap saat dapat berubah yang dipengaruhi oleh aliran sungai tersebut. Profil sungai yang tidak stabil bila terjadi erosi dan sedimentasi dari aliran sungai tersebut. Profil sungai yang berubah, juga akan merubah bentuk penampang melintang sungai sesuai dengan karakteristik bahan dasar sungai, kecepatan aliran dan limpasan (run-off).

Aliran sungai dipengaruhi dari berbagai faktor secara bersamaan diantaranya berhubungan dengan faktor limpasan. Faktor limpasan dipengaruhi oleh elemen meteorologi yang diwakili oleh curah hujan dan elemen daerah pengaliran yang dinyatakan dengan profil sungai (sifat fisik daerah pengaliran).

Koeffisien pengaliran/limpasan tidak akan terlepas dari masalah debit banjir suatu aliran sungai. Perkiraan debit banjir dalam penelitian ini menggunakan rumus rasional adalah sebagai berikut (S Suyono, hal 144):

$$Q = 1/3,6.f.r.A \text{ m}^3/\text{detik}$$

Q = debit banjir maks m^3/det
 f = koeffisien pengaliran/limpasan
 r = intensitas curah hujan rata-rata mm/jam
 A = daerah pengaliran Km^2

Berdasarkan rumus diatas dapat diperkirakan debit banjir dari setiap sungai yang diamati didaerah Kabupaten Padang Pariaman dengan pendekatan koeffisien pengaliran / limpasan untuk daerah tanah bergelombang, berhutan dan pergunungan maka diperoleh (f) = 0,65 s/d 0,8, yang dinyatakan oleh Dr.Mononobe (S Suyono, hal 145). Koeffisien pengaliran berdasarkan kondisi daerah aliran sungai di setiap Kecamatan yang diamati, maka diambil (f) = 0,7125, dengan demikian dapat dihitung debit banjir (debit maks) dan debit keadaan kemarau (debit min) berdasarkan survay lapangan dan analisis leteratur seperti diungkapkan tentang karakteristik setiap sungai yang diamati disetiap kecamatan.

1. Daerah Kecamatan Sungai Geringging

TABEL 10
Keadaan Meteorologi dan Iklim Setiap Daerah Aliran Sungai
Kecamatan Sungai Geringging

Nama Sungai/Desa	Suhu		Hari Hujan Per Th	Curah Hujan (mm/th)	Int curah hujan rata (mm/jam)
	Max (C)	Min (C)			
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	36	25	242	4970	8,560
Batang Tiku (Ds Balai Baik)	33	25	235	4860	8,620
Batang Batu Mangaum (Ds Ladang Rimbo)	34	20	240	3420	5,940
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	32	24	237	4780	8,400

Data yang diperoleh pada tabel 10, dari analisis hujan daerah pada stasion/pos meteorologi & geofisika Kabupaten Padang Pariaman, bahwa di Kecamatan Sungai Geringging mempunyai rata-rata curah hujan adalah $\pm 7,000$. Intensitas curah hujan suatu daerah akan mencerminkan keadaan curah hujan, dimana keadaan hujan di Kecamatan Sungai Geringging merukan normal, karena interval curah hujan 5 s/d 10 mm/jam, keadaan hujan normal.

2. Daerah Kecamatan Sungai Limau

TABEL 11

Keadaan Meteorologi dan Iklim Setiap Daerah Aliran Sungai Kecamatan Sungai Limau

Nama Sungai/Desa	Suhu		Hari Hujan per th	Curah Hujan (mm/th)	Int curah hujan rata (mm/jam)
	Max (C)	Min (C)			
Batang Gasan Kecil (Ds.Mandailing)	34	27	232	3960	7,110
Batang Gasan Gadang (Ds.Koto Muaro)	33	25	229	4860	8,840
Btg.Paingan Gadang (Ds.Lampanjang)	35	27	235	3804	6,740
Batang Sungai Limau (Ds.Pinjauan)	37	20	212	3424	6,730
Batang Naras (Ds.Duku)	32	24	235	5080	9,000

Data yang diperoleh pada tabel 11, dari analisis hujan daerah pada stasion/pos meteorologi & geofisika Kabupaten Padang Pariaman, bahwa di Kecamatan Sungai Limau mempunyai rata-rata curah hujan adalah $\pm 6,000$. Intensitas curah hujan suatu daerah akan mencerminkan keadaan curah hujan, dimana keadaan hujan di Kecamatan Sungai Limau merukan normal, karena interval curah hujan 5 s/d 10 mm/jam, keadaan hujan normal.

3. Daerah Kecamatan V Koto Kampung Dalam

TABEL 12
Keadaan Meteorologi dan Iklim Setiap Daerah Aliran Sungai
Kecamatan V Koto Kampung Dalam

Nama Sungai/Desa	Suhu		Hari Hujan per th	Curah Hujan mm/ th	Int curah hujan rata (mm/jam)
	Max (C)	Min (C)			
Batang Rantai Gadang (Ds.Sikucur Barat)	34	25	245	3593	6,110
Batang Sikucur (Ds.Sikucur Barat)	34	25	227	3593	6,700
Batang Kopocong (Ds.Sikucur Timur)	32	20	235	3704	6,570
Batang Naras (Ds.Patamuan)	35	27	212	3420	6,720

Data yang diperoleh pada tabel 12, dari analisis hujan daerah pada stasion/pos meteorologi & geofisika Kabupaten Padang Pariaman, bahwa di Kecamatan V Koto Kamp Dalam mempunyai rata-rata curah hujan adalah $\pm 6,000$. Intensitas curah hujan suatu daerah akan mencerminkan keadaan curah hujan, dimana keadaan hujan di Kecamatan V Koto Kamp Dalam merukan normal, karena interval curah hujan 5 s/d 10 mm/jam, keadaan hujan normal.

4. Daerah Kecamatan VII Koto Sei Sarik

TABEL 13
Keadaan Meteorologi dan Iklim Setiap Daerah Aliran Sungai
Kecamatan VII Koto

Nama Sungai/Desa	Suhu		Hari Hujan per th	Curah Hujan (mm/th)	Int curah hujan rata (mm/jam)
	Max (C)	Min (C)			
Batang Mangur Kecil (Ds P.A.Lbk Laweh)	37	25	238	4970	8,700
Batang Limbuan (Ds Sungai Kasihan)	34	23	249	4860	8,130
Batang Barangan (Ds Tiga Sakato)	35	27	245	3704	6,290

Data yang diperoleh pada tabel 13, dari analisis hujan daerah pada stasion/pos meteorologi & geofisika Kabupaten Padang Pariaman, bahwa di Kecamatan VII Koto Sei Sarik mempunyai rata-rata curah hujan adalah $\pm 7,000$. Intensitas curah hujan suatu daerah akan mencerminkan keadaan curah

hujan, dimana keadaan hujan di Kecamatan VII Koto Sei Sarik merukan normal, karena interval curah hujan 5 s/d 10 mm/jam, keadaan hujan normal.

5. Daerah Kecamatan 2X11 Enam Lingkung

TABEL 14
Keadaan Meteorologi dan Iklim Setiap Daerah Aliran Sungai
Kecamatan 2 X 11 Enam Lingkung

Nama Sungai/Desa	Suhu		Hari Hujan per th	Curah Hujan (mm/th)	Int curah hujan rata (mm/jam)
	Max (C)	Min (C)			
Batang A Tapakis (Ds Pdg Toboh)	32	24	252	5076	8,390
Batang Anai/Sipisang (Ds Kamp Tengah)	35	27	249	5070	8,480
Btg. Sei Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	35	30	225	4704	8,710

Data yang diperoleh pada tabel 14, dari analisis hujan daerah pada stasion/pos meteorologi & geofisika Kabupaten Padang Pariaman, bahwa di Kecamatan 2X11 Enam Lingkung mempunyai rata-rata curah hujan adalah $\pm 8,000$. Intensitas curah hujan suatu daerah akan mencerminkan keadaan curah hujan, dimana keadaan hujan di Kecamatan 2X11 Enam Lingkung merukan normal, karena interval curah hujan 5 s/d 10 mm/jam, keadaan hujan normal.

C. Keadaan Hydrologi Sumber air Yang diamati

1. Kecamatan Sungai Geringging

TABEL 15
Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan
setiap sungai yang diamati di Kecamatan Sungai Geringging
Kabupaten Padang Pariaman

Nama Sungai/ (Desa)	Luas DAS (Km ²)	Debit Min (m ³ /det)	Debit Maks (m ³ /det)	Tinggi per Laut (m)
Batang Pingai (Ds Sei Pingai)	11,781	1,331	1,996	50,00
Batang Tiku (Ds Balai Baik)	9,000	1.023	1,535	23,50
Btg.Bt Mangaum (Ds Ld.Rimbo)	3,937	0,309	0,463	45,00
Batang Paku (Ds Sei Rantai)	14,437	1,599	2,400	40,00

Tabel 15, diatas ini mencerminkan keadaan hydrologi daerah yang diamati seperti Kecamatan Sungai Geringing didapat data-data tentang luas daerah pengaliran sungai 3,937 Km² s/d 14,437 Km², ini merupakan daerah aliran sungai yang luas untuk dapat menampung curah hujan di daerah tersebut. Sedangkan debit limpasan sungai berdasarkan curah hujan berkisar antara 0,463 s/d 2,400 m³/det dan debit waktu musim kemarau antara 0,309 s/d 1,599 m³/det merupakan debit mempunyai petensi sumber daya air untuk pembangkit listrik tenaga mikro hydro. Dari keadaan hydrologi dan geografi yang terletak dengan ketinggian dari permukaan laut antara 23 meter sampai 50 meter, sedangkan tinggi jatuh air (head) pada daerah ini akan menentukan besarnya daya yang dapat dihasilkan.

2. Kecamatan Sungai Limau

TABEL 16

Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kecamatan Sungai Limau Kabupaten Padang Pariaman

Nama Sungai/ (Desa)	Luas DAS (Km ²)	Debit Min (m ³ /det)	Debit Maks (m ³ /det)	Tinggi per Laut (m)
Btg.Gasan Kcl (Mandahiling)	3,123	0,293	0,439	25,00
Btg Gasan Gdg (Koto Muaro)	6,375	0,743	1,115	15,00
Btg.Paingan Gdg (Lampanjang)	2,700	0,240	0,360	20,50
Btg.Sei Limau (Pinjauan)	1,625	0,144	0,216	10,00
Batang Naras (Duku)	3,80	0,451	0,677	10,00

Tabel 16, diatas ini mencerminkan keadaan hydrologi daerah yang diamati seperti Kecamatan Sungai Limau didapat data-data tentang luas daerah pengaliran sungai 1,625 Km² s/d 6,375 Km², ini merupakan daerah aliran sungai yang luas untuk dapat menampung curah hujan di daerah tersebut. Sedangkan debit limpasan sungai berdasarkan curah hujan berkisar antara 0,216 s/d 1,115 m³/det dan debit waktu musim kemarau antara 0,144 s/d 0,743 m³/det merupakan debit mempunyai petensi sumber daya air untuk pembangkit listrik

tenaga mikro hydro. Dari keadaan hydrologi dan georafi yang terletak dengan ketinggian dari permukaan laut antara 10 meter sampai 25 meter, sedangkan tinggi jatuh air (head) pada daerah ini akan menentukan besarnya daya yang dapat dihasilkan.

3. Kecamatan V Koto Kampung Dalam

TABEL 17

Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kecamatan V Koto Kamp. Dalam Kabupaten Padang Pariaman

Nama Sungai/ (Desa)	Luas DAS (Km ²)	Debit Min (m ³ /det)	Debit Maks (m ³ /det)	Tinggi per Laut (m)
Btg.Rantai Gdg (Sikucur Barat)	7,237	0,583	0,875	120,00
Btg Sikucur (Sikucur Barat)	10,800	0,955	1,432	120,00
Btg.Kopocong (Sikucur Timur)	14,680	1,272	1,908	245,00
Batang Naras (Ds Patamuan)	8,000	0,709	1,064	85,00

Tabel 17, diatas ini mencerminkan keadaan hydrologi daerah yang diamati seperti Kecamatan V Koto Kamp Dalam didapat data-data tentang luas daerah pengaliran sungai 7,237 Km² s/d 14,680 Km², ini merupakan daerah aliran sungai yang luas untuk dapat menampung curah hujan di daerah tersebut. Sedangkan debit limpasan sungai berdasarkan curah hujan berkisar antara 0,875 s/d 1,908 m³/det dan debit waktu musim kemarau antara 0,583 s/d 1,272 m³/det merupakan debit mempunyai petensi sumber daya air untuk pembangkit listrik tenaga mikro hydro. Dari keadaan hydrologi dan georafi yang terletak dengan ketinggian dari permukaan laut antara 85 meter sampai 245 meter, sedangkan tinggi jatuh air (head) pada daerah ini akan menentukan besarnya daya yang dapat dihasilkan.

4. Kecamatan VII Koto Sungai Sarik

TABEL 18

Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kecamatan VII Koto Kabupaten Padang Pariaman

Nama Sungai/ (Desa)	Luas DAS (Km ²)	Debit Min (m ³ /det)	Debit Maks (m ³ /det)	Tinggi per Laut (m)
Btg.Mangur Kcl (P.A.Lb.Laweh)	18,750	2,152	3,228	55,00
Btg. Limbuan (Sei Kasihan)	5,500	0,590	0,885	10,00
Btg.Barangan (Tigo Sakato)	8,312	0,690	1,035	15,00

Tabel 18, diatas ini mencerminkan keadaan hydrologi daerah yang diamati seperti Kecamatan VII Koto Sei Sarik didapat data-data tentang luas daerah pengaliran sungai 5,500 Km² s/d 18,750 Km², ini merupakan daerah aliran sungai yang luas untuk dapat menampung curah hujan di daerah tersebut. Sedangkan debit limpasan sungai berdasarkan curah hujan berkisar antara 0,885 s/d 3,228 m³/det dan debit waktu musim kemarau antara 0,590 s/d 2,152 m³/det merupakan debit mempunyai potensi sumber daya air untuk pembangkit listrik tenaga mikro hydro. Dari keadaan hydrologi dan geografi yang terletak dengan ketinggian dari permukaan laut antara 10 meter sampai 55 meter, sedangkan tinggi jatuh air pada daerah ini akan menentukan besarnya daya yang dapat dihasilkan.

5. Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung

TABEL 19

Debit keadaan banjir dan kemarau terhadap curah hujan setiap sungai yang diamati di Kecamatan 2 X 11 Enam Lingk Kabupaten Padang Pariaman

Nama Sungai/ (Desa)	Luas DAS (Km ²)	Debit Min (m ³ /det)	Debit Maks (m ³ /det)	Tinggi per Laut (m)
Btg.A.Tapakis (Pdg. Toboh)	21,750	2,407	3,611	35,00
Btg.Anai (Kp. Tengah)	22,750	2,545	3,818	50,00
Sei Asam Pulau (Asam Pulau)	41,250	4,740	7,110	89,00

Tabel 19, diatas ini mencerminkan keadaan hydrologi daerah yang diamati seperti Kecamatan 2 X 11 Enam Lingkung didapat data-data tentang luas daerah pengaliran sungai

21,750 Km²s/d 41,250 Km², ini merupakan daerah aliran sungai yang luas untuk dapat menampung curah hujan di daerah tersebut. Sedangkan debit limpasan sungai berdasarkan curah hujan berkisar antara 3,611 s/d 7,110 m³/det dan debit waktu musim kemarau antara 2,407 s/d 4,740 m³/det merupakan debit mempunyai potensi sumber daya air untuk pembangkit listrik tenaga mikro hydro. Dari keadaan hydrologi dan geografi yang terletak dengan ketinggian dari permukaan laut antara 35 meter s/d 89 meter, sedangkan tinggi jatuh air (head) pada daerah ini akan menentukan besarnya daya yang dapat dihasilkan.

D. Besar Potensi Sumber Daya Air Sungai

Profil sungai-sungai yang diamati mempunyai karakteristik bahan dasar sungai, pada umumnya terdiri dari batu-batuan dan krekil untuk daerah hulu sungai, sedangkan pada bagian hilir sungai bahan dasar sungai terdiri dari krekil, pasir dan tanah liat. Pengamatan sungai dilakukan pada bagian hulu sungai, yang karakteristik sungai dari bahan dasar batu-batuan dan krekil dengan koefisien bentuk penampang melintang sebesar $(c) = 0,60$ (Suyono.S,1980:171). Bersamaan dengan karakteristik bahan dasar sungai dilakukan juga pengamatan tinggi air maksimum disetiap sungai serta lebar sungai, maka diperoleh penampang melintang sungai dengan rumus sebagai berikut (Suyono.S,1980:171):

$$A = c \cdot b \cdot h_{maks} \text{ (m}^2 \text{)}$$

Kecepatan aliran air sungai, dari hasil pengamatan dan perhitungan berdasarkan literatur maka diperoleh kecepatan aliran air sungai dengan pendekatan rumus sebagai berikut (Suyono.S,1980:197):

$$V_m = Q_{min} / A \text{ (m/det)}$$

Dari karakteristik sungai-sungai tersebut, diperoleh daya sumber air secara teoritis yang mungkin dapat membangkitkan tenaga listrik, serta mengamati lokasi penempatan pembangkit tersebut. Penentuan lokasi yang tepat guna mendapatkan tinggi jatuh air efektif. Tinggi jatuh air efektif pada suatu pembangkit sangat menentukan sekali daya yang dihasilkan. Daya potensi air dapat dihitung dengan rumus (Arismunandar.A,1975: 19) seperti hasilnya pada tabel-tabel dibawah ini.

$$\text{Daya air (Day Air)} = 9,8 \cdot Q_{min} \cdot H \text{ (kW)}$$

1. Kecamatan Sungai Geringging

TABEL 20
Sumber Energi Air di Kecamatan Sungai Geringging
Sebagai Pembangkit Listrik (PLTMH)

Nama Sungai / Desa	Kec- air (M/det)	Pen-mel (M ²)	Debit M ³ /det	T-air (M)	Energi (kW)
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	0,089	14,960	1,331	6,25	81,523
Batang Tiku (Ds Balai Baik)	0,078	13,050	1,023	3,25	32,583
Btg Batu Mangaum (Ds Ladang Rimbo)	0,267	1,155	0,309	4,75	13,965
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	0,133	12,015	1,599	5,25	82,268

Besaran-besaran yang terdapat pada tabel 20, dapat dikatakan mempunyai potensi sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, bila terpenuhi kriteria yang berhubungan dengan debit air minimal 600 liter/det atau 0,600 m³/det, tinggi jatuh air efektif minimal 4 meter dan terpenuhi persyaratan teknis untuk dibangun pembangkit listrik tenaga macro hydro ditempat tersebut. Lokasi sungai yang akan memungkinkan sebagai sumber daya penggerak untuk pembangkit listrik adalah pada Desa Sungai Pingai dengan sungai Batang Pingai dan Desa Sungai Rantai dengan sungai Batang Paku. Dimana masing-masing mempunyai kecepatan aliran air, debit air dan tinggi jatuh air efektif yang memenuhi persyaratan adalah 0,089 m/det, 1,331 m³/det, 6,25 m dan 0,133 m/det, 1,599 m³/det, 5,25 m, dengan masing-masing berkisar 81,523 kW dan 82,268 kW. Sedangkan sungai batang Tiku dan batang Batu Mangaum tidak terpenuhi persyaratan tentang tinggi jatuh air efektif adalah 3,25 meter dan debit air sebesar 0,309 m³/det.

2. Kecamatan Sungai Limau

TABEL 21
Sumber Energi Air di Kecamatan Sungai Limau
Sebagai Pembangkit Listrik (PLTMH)

Nama Sungai / Desa	Kec- air (M/det)	Pen-mel (M ²)	Debit M ³ /det	T-air (M)	Energi (kW)
Batang Gasan Kecil (Ds.Mandahiling)	0,133	2,190	0,293	2,50	7,178
Batang Gasan Gadang (Ds. Koto Muaro)	0,221	3,348	0,743	4,00	29,125
Btg Paingan Gadang (Ds. Lampanjang)	0,133	1,800	0,240	2,00	4,704
Batang Sungai Limau (Ds. Pinjauan)	0,111	1,296	0,144	1,75	2,469
Batang Naras (Ds. Duku)	0,115	3,892	0,451	3,00	13,259

Besaran-besaran yang terdapat pada tabel 21, dapat dikatakan mempunyai potensi sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, bila terpenuhi kriteria yang berhubungan dengan debit air minimal 600 liter/det atau 0,600 m³/det, tinggi jatuh air efektif minimal 4 meter dan terpenuhi persyaratan teknis untuk dibangun pembangkit listrik tenaga macro hydro ditempat tersebut. Lokasi sungai yang akan memungkinkan sebagai sumber daya penggerak untuk pembangkit listrik adalah pada Desa Koto Muaro dengan sungai Batang Gasan Gadang. Dimana mempunyai kecepatan aliran air, debit air dan tinggi jatuh air efektif yang memenuhi persyaratan adalah 0,221 m/det, 0,743 m³/det , 4,00 m, dengan daya teoritis sebesar 29,125 kW. Sedangkan sungai yang lain seperti batang Gasan Kecil, batang Paingan Gadang, batang Sungai Limau dan batang Naras tidak terpenuhi persyaratan yang telah ditetapkan untuk itu.

3. Kecamatan V Koto Kampung Dalam

TABEL 22
Sumber Energi Air di Kecamatan V Koto Kamp Dalam
Sebagai Pembangkit Listrik (PLTMH)

Nama Sungai / Desa	Kec- air (M/det)	Pen-mel (M ²)	Debit M ³ /det	T-air (M)	Energi (kW)
Batang Rantai Gadang (Ds Sikucur Barat)	0,121	4,818	0,583	8,00	45,707
Batang Sikucur (Ds. Sikucur Barat)	0,111	8,586	0,955	6,50	60,834
Batang Kopocong (Ds.Sikucur Timur)	0,133	9,510	1,272	4,75	59,212
Batang Naras (Ds. Patamuan)	0,086	8,190	0,709	5,25	36,015

Besaran-besaran yang terdapat pada tabel 22, dapat dikatakan mempunyai potensi sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, bila terpenuhi kretaria yang berhubungan dengan debit air minimal 600 liter/det atau 0,600 m³/det, tinggi jatuh air efektif minimal 4 meter dan terpenuhi persyaratan teknis untuk dibangun pembangkit listrik tenaga macro hydro ditempat tersebut. Lokasi sungai yang akan memungkinkan sebagai sumber daya penggerak untuk pembangkit listrik adalah semua Desa yang diamati memenuhi persyaratan adalah Desa Sikucur Barat dengan sungai Batang Sikucur, Desa Sikucur Timur dengan sungai Batang Kopocong dan Desa Patamuan dengan sungai Batang Naras. Masing-masing daya teoritis yang dapat dihasilkan berkisar antara 36,015 kW sampai 60,834 kW. Sedangkan batang Rantai Gadang pada desa Sikucur Barat bagian utara, dimana debit airnya tidak memenuhi persyaratan, tetapi untuk tinggi jatuh air efektif sangat baik adalah ± 8 meter. Dengan demikian untuk batang Rantai Gadang dapat pula merupakan salah satu alternatif dibangun pembangkit listrik tenaga micro hydro di daerah tersebut.

4. Kecamatan VII Koto Sungai Sarik

TABEL 23
Sumber Energi Air di Kecamatan VII Koto Sei Sarik
Sebagai Pembangkit Listrik (PLTMH)

Nama Sungai / Desa	Kec- air (M/det)	Pen-mel (M ²)	Debit M ³ /det	T-air (M)	Energi (kW)
Batang Mangur Kecil (Ds.P.Air Lbk Laweh)	0,088	24,210	2,152	8,50	179,262
Batang Limbuan (Ds. Sungai Kasihan)	0,133	4,425	0,590	7,00	34,300
Batang Barangan (Ds. Tiga Sakato)	0,133	5,175	0,690	4,50	26,460

Besaran-besaran yang terdapat pada tabel .23, dapat dikatakan mempunyai potensi sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, bila terpenuhi kriteria yang berhubungan dengan debit air minimal 600 liter/det atau 0,600 m³/det, tinggi jatuh air efektif minimal 4 meter dan terpenuhi persyaratan teknis untuk dibangun pembangkit listrik tenaga macro hydro ditempat tersebut. Lokasi sungai yang akan memungkinkan sebagai sumber daya penggerak untuk pembangkit listrik adalah semua desa yang diamati memenuhi persyaratan adalah Desa Pulau Air Lubuk Laweh dengan sungai Batang Mangur Kecil, Desa Sungai Kasihan dengan sungai Batang Limbuan dan Desa Tigo Sakato dengan sungai Batang Barangan. Masing-masing daya teoritis yang dapat dihasilkan berkisar antara 26,460 kW sampai 179,262 kW. Sedangkan batang Mangur Kecil di desa Pulau Air Lubuk Laweh tidak memenuhi persyaratan tentang debit air, tetapi untuk tinggi jatuh air efektif sangat baik adalah ± 7 meter. Dengan demikian untuk batang Rantai Gadang dapat pula merupakan salah satu alternatif dibangun pembangkit listrik tenaga micro hydro di daerah tersebut.

5. Kecamatan 2 X 11 Enam Lingsung

TABEL 24
Sumber Energi Air di Kecamatan 2X11 Enam Lingsung
Sebagai Pembangkit Listrik (PLTMH)

Nama Sungai / Desa	Kec- air (M/det)	Pen-mel (M ³)	Debit M ³ /det	T-air (M)	Energi (kW)
Batang A. Tapakis (Ds. Pd.Toboh)	0,074	32,508	2,407	5,00	117,943
Batang Anai/Sipisang (Ds. Kamp Tengah)	0,089	28,597	2,545	3,00	87,294
Btg Sei. Asam Pulau (Ds. Asam Pulau)	0,095	49,770	4,740	6,00	278,712

Besaran-besaran yang terdapat pada tabel 24, dapat dikatakan mempunyai potensi sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, bila terpenuhi kriteria yang berhubungan dengan debit air minimal 600 liter/det atau 0,600 m³/det, tinggi jatuh air efektif minimal 4 meter dan terpenuhi persyaratan teknis untuk dibangun pembangkit listrik tenaga macro hydro ditempat tersebut. Lokasi sungai yang akan memungkinkan sebagai sumber daya penggerak untuk pembangkit listrik adalah pada Desa Padang Toboh dengan sungai Batang A Tapakis dan Desa Asam Pulau dengan sungai Batang Asam Pulau. Dimana masing-masing mempunyai kecepatan aliran air, debit air dan tinggi jatuh air efektif yang memenuhi persyaratan adalah 0,074 m/det, 2,407 m³/det, 5,00 m dan 0,095 m/det, 4,740 m³/det, 6,00 m, dengan masing-masing berkisar 117,943 kW dan 278,712 kW. Sedangkan batang Anai/Sipisang pada desa kampung Tengah tidak memenuhi persyaratan tentang tinggi jatuh air efektif, dimana debit air sungai tersebut sangat baik adalah ± 2,545 m³/det.

Dari jumlah sungai-sungai yang diamati pada setiap Kecamatan, maka terdapat 19 (sembilan belas) sungai yang memungkinkan sebagai sumber daya air untuk pembangkit listrik tenaga micro hydro. Tetapi setelah dihubungkan dengan kriteria yang mempunyai persyaratan dominan dalam menentukan suatu sungai yang potensi sebagai pembangkit tenaga listrik hanya terdapat 10 (sepuluh) sungai yang mungkin untuk itu. Bertolak dari kriteria diatas, maka sungai-sungai yang dianggap kurang potensi adalah:

1. Sungai pada Kecamatan Sungai Geringging
 - a. Batang Tiku, $H = 3,25$ M dan $Q_{min} = 1,023$ M³/det
 - b. Btg Batu Mangaum, $H = 4,75$ M dan $Q_{min} = 0,309$ M³/det
2. Sungai pada Kecamatan Sungai Limau
 - a. Batang Gasan Kecil, $H = 2,50$ M dan $Q_{min} = 0,293$ M³/det
 - b. Batang Paingan Gadang, $H = 2,00$ M dan $Q_{min} = 0,240$ M³/det
 - c. Batang Sei Limau, $H = 1,75$ M dan $Q_{min} = 0,144$ M³/det
 - d. Batang Naras, $H = 3,00$ M dan $Q_{min} = 0,451$ M³/det
3. Sungai pada Kecamatan V Koto Kampung Dalam
 - a. Batang Rantai Gadang, $H = 8,00$ M dan $Q_{min} = 0,583$ M³/det
4. Sungai pada Kecamatan VII Koto Sungai Sarik
 - a. Batang Limbuan, $H = 7,00$ M dan $Q_{min} = 0,590$ M³/det
5. Sungai pada Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung
 - a. Batang Anai/Sipisang, $H = 3,00$ M dan $Q_{min} = 2,545$ M³/det

Sedangkan yang dianggap potensi dari sungai-sungai yang diamati berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, dilihat dari jatuh tinggi air efektif dan debit air minimum adalah sungai-sungai yang tercantum pada tabel 25 dibawah ini.

TABEL 25
Sungai-Sungai Yang Potensi Untuk Pembangkit Listrik
Tanaga Macro Hydro di setiap Kecamatan yang amati.

Nama Sungai / Desa	Debit-air (M ³ /det)	T- Air (M)	Day-Air (kW)
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	1,331	6,25	81,523
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	1,599	5,25	82,268
Batang Gasan Gadang (Ds Koto Muaro)	0,743	4,00	29,125
Batang Sikucur (Ds Sikucur Barat)	0,955	6,50	60,834
Batang Kopocong (Ds Sikucur Timur)	1,272	4,,75	59,212
Batang Naras (Ds Patamuan)	0,709	5,25	36,015
Batang Mangur Kecil (Ds P Air Lbk Laweh)	2,152	8,50	179,262
Batang Barangan (Ds Tigo Sakato)	0,690	4,50	26,460
Batang A Tapakis (Ds Pd Toboh)	2,407	5,00	117,943
Btg Sei Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	4,740	6,00	278,712

E. Masalah Jumlah Penduduk dan Jarak Pembangkit dengan Konsumen

Dengan terwujudnya pembangkit listrik tenaga micro hydro di pedesaan yang diamati ini, masyarakat desa akan dapat menikmati atau memanfaatkan tenaga listrik sekurang-kurangnya untuk keperluan penerangan rumah. Kalau dilihat dari jumlah penduduk, luas lokasi, sarana dan prasarana yang ada dipedesaan tersebut, merupakan daya penunjang studi kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hydro di desa tersebut. Data yang terdapat pada tabel 26 di bawah ini mencerminkan karakteristik pedesaan yang berbeda-beda baik dalam jumlah penduduk, maupun sarana dan prasana yang merupakan salah satu faktor penunjang kemungkinan layaknya pembangkit listrik tenaga micro hidro di setiap lokasi sumber air sungai yang diamati.

TABEL 26
Jumlah penduduk, Luas Desa, Sekolah dan Mesjid
Desa-Desa yang Potensial untuk Pembangkit PLTHM
di setiap Kecamatan yang amati.

Nama Sungai / Desa	Juml-Pend (Jiwa)	Luas (Ha)	J u m l a h				
			Tk	SD	SLP	SLA	Mesjid
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	837	950	-	2	-	-	-
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	1.132	1.250	-	3	-	-	-
Batang Gasan Gadang (Ds Koto Muaro)	1.284	475	-	2	-	-	2
Batang Sikucur (Ds Sikucur Barat)	2.695	1.440	-	4	-	-	-
Batang Kopocong (Ds Sikucur Timur)	3.057	985	-	2	-	-	-
Batang Naras (Ds Patamuan)	903	420	-	1	-	-	-
Batang Mangur Kecil (Ds P Air Lbk Laweh)	2.021	208	2	2	-	-	1
Batang Barangan (Ds Tigo Sakato)	1.553		-	1	-	-	1
Batang A Tapakis (Ds Pd Toboh)	272	350	-	1	-	-	-
Btg Sei Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	1.502	4.345	-	2	-	-	1

Kriteria yang digunakan untuk kelayakan suatu pembangkit listrik tenaga micro hydro pedesaan berdasarkan jumlah penduduk atau jumlah kepala keluarga dan jarak stasiun pembangkit dengan konsumen. Jumlah kepala keluarga (KK) minimum 40 KK dan maksimum 350 KK. Sedangkan jarak stasiun pembangkit dengan konsumen adalah $\pm 2,5$ Km. Pada tabel 27 terlihat hubungan jumlah penduduk atau jumlah kepala keluarga (KK) dan jarak stasiun pembangkit kelokasi konsumen, maka sebagian besar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan seperti di atas.

TABEL 27

Hubungan Jumlah Penduduk (KK) dan Jarak Stasiun Pembangkit dengan Daya Sungai Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro di setiap Kecamatan yang Diamati.

Nama Sungai / Desa	Debit-air (M ³ /det)	T- Air (M)	Day-Air (kW)	Jum.Pen (KK)	Jar-Pen (Km)
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	1,331	6,25	81,523	93	1,25
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	1,599	5,25	82,268	128	0,75
Batang Gasan Gadang (Ds Koto Muaro)	0,743	4,00	29,125	143	1,00
Batang Sikucur (Ds Sikucur Barat)	0,955	6,50	60,834	299	2,00
Batang Kopocong (Ds Sikucur Timur)	1,272	4,,75	59,212	340	1,50
Batang Naras (Ds Patamuan)	0,709	5,25	36,015	100	1,65
Batang Mangur Kecil (Ds P Air Lbk Laweh)	2,152	8,50	179,262	225	1,75
Batang Barangan (Ds Tigo Sakato)	0,690	4,50	26,460	173	2,25
Batang A Tapakis (Ds Pd Toboh)	2,407	5,00	117,943	30	0,95
Btg Sei Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	4,740	6,00	278,712	167	1,50

Rancangan stasiun pembangkit listrik tenaga micro hydro pada desa Padang Toboh dengan sungainya Batang A Tapakis, jumlah penduduk 30 KK tidak sesuai dari yang telah disyaratkan sedangkan jarak stasiun dengan konsumen 1,50 Km terpenuhi persyaratan tersebut. Dengan demikian daerah ini bisa dijadikan alternatif dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga micro hydro, yang tergantung pada kemampuan dari masyarakat desa tersebut untuk itu.

F. Perkiraan Daya Penggerak (Turbin Air) dan Generator

Berdasarkan debit air dan tinggi jatuh air efektif untuk setiap lokasi yang mempunyai sumber air, sesuai dengan sungai-sungai yang diamati, maka rumus yang digunakan untuk menentukan berapa besar daya kinetis air seperti yang telah dijelaskan diatas. Sedangkan untuk menghitung daya turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator ditetapkan randemen kerja (daya guna turbin) adalah 0,85. Maka diperoleh daya turbin secara teoritis sebagai berikut (Arismunandar.A,1975: 19):

$$\text{Daya Turbin (Day-Tur)} = \eta \cdot \text{Day-Air (kW)}$$

Randemen mekanis turbin besarnya dipengaruhi oleh jenis dari turbin tersebut. Pada umumnya turbin yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik micro hydro adalah jenis turbin propelar dan crossflow. Dimana kedua jenis turbin ini mempunyai randemen yang baik sngat dipengaruhi antara hubungan debit air dan tinggi jatuh air efektif, makin tingti jatuh air efektif makin besar daya yang dihasilkan dan makin baik randeman turbin. Sedangkan hubungan antara debit air dengan besar ukuran turbin adalah, makin besar debit air makin besar ukuran turbin untuk tinggi air efektif tertentu. Dengan demikian tentang besar dan randemen turbin dari kedua jenis ini, biasanya untuk kedua turbin ini randemennya berkisar 0,65 s/d 0,75, maka diambil untuk kedua jenis turbin tersebut adalah 0,65.

Sedangkan untuk daya generator yang dapat digunakan pada sumber daya air yang diamati, besarnya daya efektif generator ditentukan oleh faktor kerja generator yang hubungannya dengan jenis beban reaktif induktif atau reaktif kapasitif. Beban yang biasanya untuk masyarakat pedesaan umumnya beban dalam bentuk resistif yang lebih dominan. Pada genarator yang berukuran kecil, faktor kerja generator berkisar antara 0,60 sampai 0,80, dengan demikian untuk genarator yang dirancang untuk tempat pembangkit tenaga listrik micro hidro diambil 0,75.

Dari penjelasan diatas dapat ditentukan besarnya daya turbin dan ganarator yang dirancang untuk listrik masuk desa pada Kecamatan yang diamati dapat dilihat dalam tabel 28 berikut ini.

TABEL 28
Desa-Desa Yang Petensi Dalam Pemmanfaatan Sumber
Daya Sungai Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro
di setiap Kecamatan yang Diamati.

Nama Sungai / Desa	Debit-air (M ³ /det)	T- Air (M)	Day-Air (kW)	Day-Tur (kW)	Day-Gen (kW)
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	1,331	6,25	81,523	52,990	39,743
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	1,599	5,25	82,268	53,474	40,105
Batang Gasan Gadang (Ds Koto Muaro)	0,743	4,00	29,125	18,931	14,198
Batang Sikucur (Ds Sikucur Barat)	0,955	6,50	60,834	39,542	29,657
Batang Kopocong (Ds Sikucur Timur)	1,272	4,,75	59,212	38,488	28,866
Batang Naras (Ds Patamuan)	0,709	5,25	36,015	23,409	17,557
Batang Mangur Kecil (Ds P Air Lbk Laweh)	2,152	8,50	179,262	116,520	87,390
Batang Barangan (Ds Tigo Sakato)	0,690	4,50	26,460	17,199	12,899
Btg Sei Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	4,740	6,00	278,712	181,163	135,872

Data yang terdapat pada tabel 28 diatas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut. Secara teoritis disetiap sumber daya air sungai yang diamati dapat menghasilkan daya kinetik dalam bentuk daya listrik berkisar 12,899 kW sampai 135,872 kW. Daya generator yang berukuran seperti tabel 28 diatas pada umumnya tidak ada dalam perdagangan alat-alat listrik hanya perkisar kenaikannya adalah 1,5 kW, 2 kW, dan seterusnya sampai 145 kW. Sedangkan turbin air untuk keperluan ini perlu dirancang turbin yang mempunyai daya berkisar 17,199 kW (23 Hp) sampai 181,163 kW (243 Hp). Pada turbin air yang digunakan untuk daerah pedesaan biasanya dirancang sesuai dengan kebutuhan daya yang diperlukan, hal ini tergantung pada debit air, jatuh air efektif dan diameter roda turbin dirancang.

G. Rancangan Turbin Air Berdasarkan Tinggi Jatuh Air Efektif

Bertolak dari formula dasar tentang kecepatan jenis turbin kontruksi propeler (turbin baling-baling) yang dikemukakan oleh (Arismunandar.A, 1975:65) sebagai berikut:

$$N_s = \frac{20.000}{H + 20} + 50 \text{ Rpm}$$

Kecepatan turbin yang akan menggerakkan generator, sangat dipengaruhi oleh daya output turbin dan kecepatan jenis turbin propeler dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_t = N_s \frac{H^{5/4}}{P^{1/2}} \text{ Rpm}$$

Besarnya diameter rotor turbin (D_a) yang mungkin digunakan untuk penggerak generator pada setiap pembangkit listrik tenaga micro hydro desa yang diamati, formula yang dikemukakan oleh Arismunandar.A, 1975:73 adalah:

$$D_a = \frac{60. k_s. V m. 2. g. H}{N_t. \eta} \text{ meter}$$

TABEL 29

Ukuran Turbin Yang Digunakan Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro disetiap Kecamatan yang Diamati.

Nama Sungai / Desa	T - Air (M)	Day-Air (kW)	Kec-Jen (Rpm)	Kec-Tur (Rpm)	Dia-Rot (M)
Batang Pingai (Ds Sungai Pingai)	6,25	52,990	811,90	1105,25	0,124
Batang Paku (Ds Sungai Rantai)	5,25	53,474	842,08	915,07	0,137
Batang Gasan Gadang (Ds Koto Muaro)	4,00	18,931	883,33	1148,44	0,096
Batang Sikucur (Ds Sikucur Barat)	6,505	39,542	804,72	1328,23	0,105
Batang Kopocong (Ds Sikucur Timur)	4,75	38,488	858,08	969,89	0,124
Batang Naras (Ds Patamuan)	5,25	23,409	842,08	1383,21	0,091
Batang Mangur Kecil (Ds P Air Lbk Laweh)	8,50	116,520	751,75	1010,79	0,158
Batang Barangan (Ds Tigo Sakato)	4,50	17,199	866,33	1369,19	0,085
Btg Sei Asam Pulau (Ds Asam Pulau)	6,00	181,163	819,23	571,59	0,236

BAB V
TEMUAN PENELITIAN

Hasil pendekatan yang dilakukan pada studi kelayakan rancangan pembangkit listrik tenaga micro hydro melalui diskriptif analisis dengan data literatur dan data lapangan, maka ditemui beberapa kejelasan tentang geologi, topografi dan hydrologi sungai sebagai berikut:

1. Dari kelima Kecamatan yang diamati, terletak pada $0^{\circ}32'00''$ s/d $0^{\circ}39'00''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}4'00''$ s/d $100^{\circ}17'00''$ Bujur Timur. Daerah ini mempunyai $\pm 32\%$ berombak, $\pm 57\%$ berbukit dan $\pm 11\%$ pergunungan.
2. Koefisien bentuk/corak dan indeks kerapatan sungai yang diamati adalah:
 - a. Kecamatan sungai Geringging
Koefisien bentuk/corak berkisar antara 0,143 sampai dengan 0,526 dan indeks kerapatan sungai berkisar antara 0,055 sampai 0,338.
 - b. Kecamatan sungai Limau
Koefisien bentuk/corak berkisar antara 0,263 sampai dengan 0,480 dan indeks kerapatan sungai berkisar antara 0,045 sampai 0,814.
 - c. Kecamatan V Kota Kampung Dalam
Koefisien bentuk/corak berkisar antara 0,245 sampai dengan 0,888 dan indeks kerapatan sungai berkisar antara 0,030 sampai 0,092.
 - d. Kecamatan V Koto Sungai Sarik
Koefisien bentuk/corak berkisar antara 0,333 sampai dengan 0,368 dan indeks kerapatan sungai berkisar antara 0,021 sampai 0,132.
 - e. Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung
Koefisien bentuk/corak berkisar antara 0,413 sampai dengan 0,606 dan indeks kerapatan sungai berkisar antara 0,004 sampai 0,015.

3. Hidrologi sumber air yang diamati meliputi debit minimum, debit maksimum dan tinggi dari permukaan laut. Hidrologi dari sumber air yang diamati adalah sebagai berikut:

a. Kecamatan sungai Geringging

Debit minimum berkisar antara $0,309 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $1,599 \text{ m}^3/\text{det}$, debit maksimum berkisar antara $0,46 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $2,400 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi dari permukaan laut berkisar antara 23,50 m sampai dengan 50,00 m.

b. Kecamatan sungai Limau

Debit minimum berkisar antara $0,144 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $0,743 \text{ m}^3/\text{det}$, debit maksimum berkisar antara $0,216 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $2,400 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi dari permukaan laut berkisar antara 10,00 m sampai dengan 25,00 m.

c. Kecamatan V Koto Kampung Dalam

Debit minimum berkisar antara $0,583 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $1,272 \text{ m}^3/\text{det}$, debit maksimum berkisar antara $0,875 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $1,908 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi dari permukaan laut berkisar antara 85,00 m sampai dengan 245 m.

d. Kecamatan VII Kota Sungai Sarik

Debit minimum berkisar antara $0,590 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $2,152 \text{ m}^3/\text{det}$, debit maksimum berkisar antara $0,885 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $3,228 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi dari permukaan laut berkisar antara 15,00 m sampai dengan 55,00 m.

e. Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung

Debit minimum berkisar antara $2,407 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $4,740 \text{ m}^3/\text{det}$, debit maksimum berkisar antara $3,611 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $7,110 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi dari permukaan laut berkisar antara 35,00 m sampai dengan 89,00 m.

4. Umumnya lokasi sungai-sungai tersebut terletak pada daerah lereng perbukitan dengan luas daerah aliran sungai berkisar antara $1,625 \text{ Km}^2$ s/d $41,25 \text{ Km}^2$ dengan rata-rata curah hujan $\pm 354,2 \text{ mm/bulan}$ (curah hujan sedang).

5. Meteorologi dan iklim suatu daerah aliran sungai sangat tergantung pada elemen seperti jenis presipitasi, intensitas curah hujan, lamanya curah hujan dan distribusi curah hujan dalam daerah pengaliran. Sumber air sungai dengan adanya curah hujan yang jatuh untuk mencapai sungai ada tiga buah jalan yang ditempuh sebagai berikut:

1. Curah hujan langsung
2. Limpasan permukaan dan
3. Kenaikan permukaan air sungai oleh curah hujan

Dari ketiga jenis curah hujan melalui sungai sangat dipengaruhi oleh koefisien pengaliran/limpasan, untuk kecamatan yang diamati diambil koefisien tersebut sebesar 0,7125. Berdasarkan pengamatan literatur dan survey lapangan, maka diperoleh debit air sungai waktu kemarau berkisar antara $0,144 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai dengan $4,740 \text{ m}^3/\text{det}$.

6. Jumlah kepala keluarga pada setiap kecamatan yang diamati pada Kabupaten Padang Pariaman berkisar antara 30 KK sampai 340 KK.

7. Dari lima kecamatan yang diamati pada Kabupaten Padang Pariaman terdapat 19 buah sungai yang mungkin sebagai sumber daya untuk pembangkit listrik tenaga micro hydro adalah sebagai berikut:

a. Kecamatan Sungai Geringging

- 1). Batang Pingai di Desa Sungai Pingai
- 2). Batang Tiku di Desa Balai Baik
- 3). Batang Batu Mangaum di Desa Ladang Rimbo
- 4). Batang Paku di Desa Sungai Rantai

b. Kecamatan Sungai Limau

- 1). Batang Gasan Kecil di Desa Mandailing
- 2). Batang Gasan Gadang di Desa Koto Muaro
- 3). Batang Paingan Gadang di Desa Lampanjang
- 4). Batang Sungai Limau di Desa Pinjauan

c. Kecamatan V Koto Kampung Dalam

- 1). Batang Rantai Gadang di Desa Sikucur Barat
- 2). Batang Sikucur di Desa Sikucur Barat
- 3). Batang Kapocong di Desa Sikucur Timur
- 4). Batang Naras di Desa Patamuan

4. Disarankan untuk melakukan penelitian atau survey Feasibility and End Environmental Study (Studi kelayakan dan lingkungan lanjutan), Engineering Design and construction. Dalam kenyataannya bahwa tingkat survay/studi ini akan saling mengisi satu samalain, dengan demikian belum ada batas-batas yang standar antara tahapan/tingkat survay atau studi untuk suatu proyek pembangkit listrik tenaga air pada umumnya.
5. Disarankan dalam membangun pembangkit listrik tenaga air sebaiknya dikaitkan dengan kegunaan lainnya sehingga mempunyai manfaat ganda yang secara keseluruhan lebih menguntungkan seperti untuk penyediaan air minum, irigasi, perikanan darat, pengendalian banjir, tempat rekreasi dan sebagainya.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis deskriptif dengan teknik survey, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

A. KESIMPULAN

1. Berdasarkan kriteria yang telah ditentukan yaitu debit air minimum $0,600 \text{ m}^3/\text{det}$, tinggi jatuh air efektif 4 m dan jumlah kepala keluarga 40 KK setiap desa dari 19 buah sungai yang diamati pada seluruh kecamatan Kabupaten Padang Pariaman, maka sungai-sungai yang potensi sebagai sumber daya untuk pembangkit listrik tenaga micro hydro ada 9 buah sungai dengan perincian sebagai berikut:
 - a. Kecamatan Sungai Geringging
 - 1). Batang Pingai di Desa Sungai Pingai
 - 2). Batang Paku di Desa Sungai Rantai
 - b. Kecamatan Sungai Limau
 - 1). Batang Gasan Gadang di Desa Koto Muaro
 - c. Kecamatan V Koto Kampung Dalam
 - 1). Batang Sikucur di Desa Sikucur Barat
 - 2). Batang Kapocong di Desa Sikucur Timur
 - 3). Batang Naras di Desa Patamuan
 - d. Kecamatan VII Sungai Sarik
 - 1). Batang Mangur Kecil di Desa Pulau Air Lubuk Laweh
 - 2). Batang Barangan di Desa Tigo Sakato
 - e. Kecamatan 2 X 11 Enam Lingkung
 - 1). Batang Sungai Asam Pulau di desa Asam Pulau
2. Dari 9 buah sungai yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, daya air berkisar antara 29,125 kW sampai 278,712 kW, daya turbin berkisar antara 17,199 kW sampai dengan 181,163 kW dan daya generator berkisar antara 12,899 kW sampai dengan 135,872 kW.

d. Kecamatan VII Sungai Sarik

- 1). Batang Mangur Kecil di Desa Pulau Air Lubuk Laweh
- 2). Batang Limbuan di desa Sungai Kasihan
- 3). Batang Barangan di Desa Tigo Sakato

e. Kecamatan 2 X 11 Enam Lingkung

- 1). Batang A.Tapakis di Desa Padang Toboh
- 2). Batang Anai/Sipisang di Desa Kampung Tengah
- 3). Batang Sungai Asam Pulau di desa Asam Pulau

8. Berdasarkan survey lapangan untuk menentukan lokasi stasiun pembangkit listrik tenaga micro hydro, berpijak pada ketentuan teknis maka diperoleh tinggi jatuh air efektif setiap sungai yang diamati berkisar antara 1,75 m sampai dengan 8,50 m.
9. Berdasarkan daya potensial air sungai dengan debit air dan tinggi jatuh air efektif, maka daya potensial air dapat dikonversi menjadi daya kinetis dengan menggunakan turbin. Turbin yang digunakan sebagai penggerak generator yang paling tepat untuk lokasi sungai yang diamati adalah turbin propeler (turbin baling-baling). Daya turbin air yang diperlukan sebagai penggerak sebesar 10,500 kW (14,07 HP) s/d 181,163 kW (242,75 HP).

3. Berdasarkan daya potensial air sungai dengan debit air dan tinggi jatuh air efektif, maka daya potensial air dapat dikonversi menjadi daya kinetis dengan menggunakan turbin. Turbin yang digunakan sebagai penggerak generator yang paling tepat untuk lokasi sungai yang diamati adalah turbin propeler (turbin baling-baling).

B. SARAN-SARAN

Bertolak dari tujuan penelitian ini adalah memberikan sumbangan pikiran dalam rancangan pembangkit listrik tenaga micro hydro bagi masyarakat pedesaan di Sumatera Barat, khususnya Kabupaten Padang Pariaman, maka peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Lokasi pembangkit listrik tenaga micro hydro tersebut dapat dijadikan proyek serba-guna' antara lain:
 - a. irigasi
 - b. penyediaan air bersih
 - c. daya listrik
 - d. pelayaran
 - e. pengurangan banjir
 - f. rekreasi
 - g. tempat pemeliharaan ikan
 - i. pengendalian pencemaran
2. Sesuai dengan kebijakan Pemerintah untuk mendaya gunakan sumber energi non minyak, apabila dengan alam Sumatera Barat yang kaya dengan potensi tenaga air sudah sepantasnya kita berusaha untuk membangun pembangkit listrik pada pedesaan demi meningkatkan taraf kehidupan masyarakat.
3. Setelah melakukan studi kelayakan yang merupakan tahap awal, maka diperlukan lagi akan diselidiki (destudy/disurvey) lebih mendalam disegala aspek baik teknis atau ekonomisnya suatu proyek pembangkit listrik tenaga air.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Arismunandar. A (1975). Teknik Tenaga Listrik. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Bapeda dan Kantor Statistik Tk.I Sumbar (1988). Sumatera Barat Dalam Angka. Sumbar.
- (1990). Sumatera Barat Dalam Angka. Sumbar.
- Bapeda dan Kantor Statistik Tk.II Padang Pariaman (1988). Padang Pariaman Dalam Angka. Pariaman.
- (1989-1994). Rencana Pembangunan Lima Tahun Kelima. Pariaman.
- Charles.S. Sis Kind (1954). Elemen Of Electrical Machine Design. Kogakusha company LTD. Tokyo. Japan.
- Mis Mail Budiono (1982). Pelistrikan Desa di Indonesia. Lembaga Penelitian Universitas Brawijaya. Malang.
- Rasid Ridwan. (1985). Perencanaan Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA), Padang.
- Soelaiman T.M (1968). Pengantar Elektro, Bahan Kuliah ITB. Bandung.
- Sosrodarsono Suyono (1987). Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Joyce Martha.W (19). Mengenal Dasar - Dasar Hidrologi. PT. Nova Bandung.