

Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu (Integrated Water Resources Management, IWRM)

SUGENG SUTIKNO

Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Subang

ABSTRAK

Air adalah salah satu sumberdaya yang mendukung keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, yang merupakan elemen utama kehidupan yang berkelanjutan. Berbagai persoalan tentang sumber daya air yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitasnya harus menyadarkan semua pihak bahwa persoalan air perlu dilakukan dengan tindakan yang tepat sehingga menghasilkan solusi yang optimal. Berbagai pihak sepakat menyusun agenda pengelolaan sumberdaya air terpadu atau IWRM, dengan definisi sesuai dengan sudut pandang masing-masing. Dari pemahaman dan perumusan definisi diatas, dapat ditarik kesamaan bahwa prinsip utama IWRM adalah pembangunan dan pengelolaan sumber daya air harus berdasarkan pendekatan partisipatif melibatkan berbagai pengguna, perencana dan pembuat kebijakan di semua tingkat. Semua pihak menyadari bahwa masalah pengelolaan sumberdaya air adalah masalah yang kompleks. Mengingat banyaknya permasalahan dalam pengelolaan sumber daya air terpadu maka dalam pengelolaannya diperlukan kerangka konseptual. Pengelolaan sumber daya air juga harus dipandang sebagai sesuatu yang integrated, comprehensive and interdependency. Air diperlukan oleh semua pihak, maka semuanya terlibat dalam pengelolaan sumber daya air terpadu baik secara langsung maupun tidak langsung. Parameter kinerja digunakan sebagai alat ukur keberhasilan pengelolaan sumber daya air terpadu. Parameter kinerja IWRM meliputi keterpaduan ruang, keterpaduan tujuan, keterpaduan kelembagaan dan keterpaduan waktu.

Kata Kunci : IWRM

1. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumberdaya yang mendukung keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, yang merupakan elemen utama kehidupan yang berkelanjutan. Banyak orang berpikir bahwa air adalah sumberdaya yang tidak terbatas, walaupun sebenarnya hanya satu persen dari semua air yang tersedia di bumi ini berupa air segar yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Dengan siklus hidrologisnya, air dianggap sebagai sumberdaya yang dapat terbaharukan. Namun dengan semakin berkembangnya jumlah penduduk, meningkatnya perkembangan ekonomi, semakin intensifnya penggunaan air dan

pencemaran air selama beberapa dekade terakhir ini serta perubahan iklim global, telah terjadi ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Ketidakseimbangan ini telah memicu terjadinya krisis air di hampir pelosok dunia.

Berbagai persoalan tentang sumber daya air yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitasnya harus menyadarkan semua pihak bahwa persoalan air perlu dilakukan dengan tindakan yang tepat sehingga menghasilkan solusi yang optimal. Dengan kata lain diperlukan Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu (Integrated Water Resources Management).

Pengelolaan sumberdaya air terpadu merupakan penanganan integral yang mengarahkan kita dari pengelolan air sub-sektor ke sektor silang. Secara lebih spesifik pengelolaan sumberdaya air terpadu didefinisikan sebagai suatu proses yang mempromosikan koordinasi pengembangan dan pengelolaan air, tanah dan sumber daya terkait dalam rangka tujuan mengoptimalkan resultan ekonomi dan kesejahteraan sosial dalam sikap yang cocok/tepat tanpa mengganggu kestabilan dari ekosistem-ekosistem penting (GWP 2001).

Pengelolaan Sumberdaya Air didefinisikan sebagai aplikasi dari cara struktural dan non

struktural untuk mengendalikan sistem sumberdaya air alam dan buatan manusia untuk kepentingan/manfaat manusia dan tujuan-tujuan lingkungan. (Grigg 1996, dalam dalam Kodoatie Robert J & Sjarief Roestam 2005)

Dalam hal ini definisi sumberdaya air meliputi:

- a. Sistem sumber daya air adalah sebuah kombinasi dari fasilitas pengendalian air dan elemen lingkungan yang bekerja bersama untuk mencapai tujuan pengelolaan air
- b. Sistem sumber daya air adalah sekelompok elemen hidrologi dalam lingkungan alam yang terdiri dari atmosfer, daerah aliran sungai, sungai-sungai, lahan basah, daerah banjir (food plains), akuifer dan sistem aliran air tanah, danau, estuari, laut dan lautan.
- c. Sistem sumberdaya air buatan manusia adalah sekelompok fasilitas yang dibangun yang dipakai sebagai pengendalian air dan kualitas.
- d. Sistem tata pengaturan, merupakan susunan tata letak sumber air, termasuk bangunan pemanfaatan yang sesuai ketentuan teknik pembinaan di suatu wilayah.

Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu (*Integrated Water Resources Management, IWRM*) merupakan suatu proses koordinasi dalam pengembangan dan pengelolaan sumberdaya air dan lahan serta sumberdaya lainnya dalam suatu wilayah sungai, untuk mendapatkan manfaat ekonomi dan kesejahteraan sosial yang seimbang tanpa meninggalkan keberlanjutan ekosistem. (Budi Santoso Wignyosukarto 2006). Sesuai definisi tersebut, pengelolaan sumberdaya air terpadu memfokuskan pada pengelolaan terpadu antara kepentingan bagian hulu dan kepentingan bagian hilir sungai, pengelolaan terpadu antara kuantitas dan kualitas air, antara air tanah dan air permukaan, serta antara sumberdaya lahan dan sumberdaya air IWRM ini diharapkan menjadi cara mengatasi masalah kelangkaan air, banjir, pencemaran air hingga distribusi air yang berkeadilan. Perjalanan konsep IWRM ini sudah sangat panjang, di Indonesia juga

dikenal slogan, *One River-One Plan-One Management*. (Budi Santoso Wignyosukarto 2006). Namun hingga saat ini penebangan hutan terus berlanjut hingga mengakibatkan bencana banjir serta sedimentasi waduk dan muara sungai, pengambilan air tanah yang lebih sulit diperbaharui terus berlangsung tanpa memperhatikan kemungkinan penurunan muka tanah dan intrusi air asin, penggalian pasir tidak terkendali, sehingga mengakibatkan terjadinya degradasi dasar sungai yang membahayakan beberapa infrastruktur lainnya, pembuangan sampah dan limbah pabrik ke sungai masih terjadi sehingga menyebabkan banjir dan pencemaran air sungai. Hal ini menunjukkan koordinasi antar sektor yang perlu diterpadukan belum dapat berjalan dengan baik.

2. DEFINISI KINERJA INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT

Berbagai pihak sepakat menyusun agenda pengelolaan sumberdaya air terpadu atau IWRM, dengan definisi sesuai dengan sudut pandang masing-masing. Salah satu definisi IWRM dikemukakan oleh Hal E. Cardwell dkk yang mendefinisikan kerja IWRM adalah:

- ❖ “Melakukan Koordinasi, agar tercapainya tujuan langsung melalui proses pengendalian pembangunan yang menggunakan air sungai, danau dan laut, lahan basah dan asset air lainnya”.

Selain Hal E. Cardwell.dkk tersebut diatas, terdapat definisi lain yang lebih luas dimulai dengan yang digunakan oleh *the Global Partnership* bahwa;

- ❖ “*Integrated Water Resources Management (IWRM)* didefinisikan sebagai sebuah proses pendekatan yang mempromosikan dan mengkoordinasikan pembangunan dan pengelolaan air, lahan dan yang berkaitan dengan sumberdaya dalam memaksimalkan hasil ekonomi dan kesejahteraan sosial dalam nilai keseimbangan tanpa

kompromi dengan kelestarian ekosistem yang penting”. (Global Partnership 2000).

Definisi lain yang perlu diperhatikan adalah rumusan *Tim Air dari US Agency for International Development (USAID)* yang menyatakan bahwa :

- ❖ “IWRM mengajak bersama pemerintah, masyarakat dan *stakeholders* lainnya untuk memilih diantara *alternative* pemanfaatan air bersih dan sumberdaya pesisir. Dengan cara partisipatif sejak perencanaan sampai pelaksanaannya, dimana para *stakeholders* mengidentifikasi kebutuhan akan air yang beragam tanpa mengganggu dan merusak sumberdaya air dan ekosistem disekitarnya”. (*U.S. Agency for International Development 2003*).

Definisi lain juga terdapat pada rumusan Bank Dunia yang menyatakan bahwa:

- ❖ “Perspektif IWRM menjamin dimensi-dimensi sosial, ekonomi dan lingkungan serta teknikal termasuk kedalam pola pengelolaan dan pembangunan sumberdaya air”. (*World Bank 2003*).

The United Nations Development Programme (UNDP) telah mendefinisikan IWRM sebagai berikut:

- ❖ “IWRM didasarkan pada persepsi tentang air sebagai bagian yang tidak terpisahkan dengan ekosistem, sumberdaya alam, sosial dan ekonomi yang baik”, (*United Nations Development Programme 1990*).

Berbeda dengan definisi sebelumnya yang tampak lebih pragmatis, definisi yang dirumuskan dalam UNDP ini sangat meluas dan dikesankan IWRM hanya sebagai persepsi yang belum bersifat operasional. Namun pernyataan tersebut benar juga karena air merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari ekosistem.

Sementara itu terdapat definisi tentang

IWRM sebagaimana dirumuskan oleh *The Inter-American Development Bank (IADB)* dengan mengelaborasi sebagai berikut:

- ❖ “IWRM yaitu cara pengelolaan sumberdaya air dengan maksud dan tujuan untuk melakukan tindakan atau proyek dengan mengalokasikan air untuk mengurangi konflik antara pesaing pengelola sumberdaya air terutama dalam hal penggunaannya, baik mengenai mutu maupun jumlah. Kadang kala juga sebagai acuan secara komprehensif didalam pengelolaan sumberdaya air, hal ini merupakan proses diagnosa dalam penyelesaian permasalahan penggunaan air agar saling hubungan dan bekerjasama atas persoalan yang telah mereka ketahui bersama”. (*Inter-American Development Bank 1998*).

Definisi IWRM yang dirumuskan oleh *The Inter-American Development Bank* merupakan proses yang bertujuan mengurangi konflik tentang air baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Dalam definisi tersebut menunjukkan secara eksplisit terdapat keragaman tujuan didalam penggunaan air sehingga diperlukan manajemen. Dengan definisi tersebut diperoleh banyaknya pengertian yaitu pengurangan konflik, terdapatnya berbagai tujuan, terdapatnya berbagai lembaga yang terlibat, dan diperlukannya analisis keterpaduan tata ruang yang dimungkinkan terjadinya konflik dimasa depan. Dengan demikian dengan IWRM ini IADB telah melihat perlunya perubahan paradigma, dari pembangunan ke manajemen, dari sektoral ke pendekatan keterpaduan “*from development to management and from a sectoral to an integrated approach*” (*Inter-American Development Bank, 1998*).

Dari pemahaman dan perumusan definisi diatas, dapat dianalisis sebagai berikut :

1. Tumbuhnya kesadaran baru (paradigma baru) tentang air sebagai darah kehidupan planet bumi
2. Perlunya pendekatan budaya dalam pengelolaan air.
3. Perlunya kerjasama internasional,

nasional, lokal dan masyarakat.

Prinsip utama IWRM, sesuai dengan prinsip Dublin 1991 adalah pembangunan dan pengelolaan Sumber Daya Air harus berdasarkan pendekatan partisipatif melibatkan berbagai pengguna, perencana dan pembuat kebijakan di semua tingkat.

Konsep IWRM atau pengelolaan sumber daya air terpadu kemudian diadopsi pemerintah Indonesia dalam UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air. Disebutkan dalam pasal 3 UU SDA bahwa

"Sumber daya air dikelola secara menyeluruh, terpadu dan berwawasan lingkungan hidup dengan tujuan mewujudkan kemanfaatan sumberdaya air yang berkelanjutan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat". Lebih lanjut dalam pasal 85 ayat 1 UU SDA menyebutkan,

"Pengelolaan sumber daya air mencakup kepentingan lintas sektoral dan lintas wilayah yang memerlukan keterpaduan tindak untuk menjaga kelangsungan fungsi dan manfaat air dan sumber air." kemudian pasal 85 ayat 2 menyebutkan, "Pengelolaan sumber daya air dilakukan

melalui koordinasi dengan mengintegrasikan kepentingan berbagai sektor, wilayah, dan para pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air."

3. KERANGKA KONSEPTUAL IWRM

Wilayah sumber daya air dapat berupa bagian dari pengembangan wilayah baik perkotaan dan pedesaan serta dapat juga merupakan bagian regional administratif (pusat, propinsi, kabupaten/kota). Sumber daya air mempunyai batasan teknis (hidrologi), DAS, dan daerah aliran air tanah yang pada kondisi wilayah tertentu bisa sama atau berbeda dengan DAS. Batasan hidrologi ini juga bisa sama atau berbeda dengan batas administrasi. Sistem sumber daya air dapat dilihat sebagai bagian dari infrastruktur khususnya infrastruktur keairan. Pengelolaan sumber daya air juga harus dipandang sebagai sesuatu yang *integrated, comprehensive and interdependency*.

Semua pihak menyadari bahwa masalah

pengelolaan sumberdaya air adalah masalah yang kompleks, maka diperlukan konseptualisasi IWRM agar langsung operasional bagi Indonesia. Untuk mengembangkan kerangka konseptualisasi IWRM, maka dapat mengikuti pendapat Hal E. Cardwell dkk, yang menyatakan bahwa konsep dasar hidrologis menggambarkan kebutuhan diintegrasikannya dalam suatu tata-ruang (*spatial integration*), lebih jelas, secara geografis dapat dikembangkan konsep DAS (*watershed*) dan daerah tangkapan air (*water catchments areas*). Banyak kebutuhan tempat sumberdaya air yang memerlukan pengelolaan secara terpadu sehingga dapat mencapai tujuan – tujuan yang lebih luas. Sebagaimana hal itu terjadi di banyak negara termasuk AS dan juga di Indonesia dengan paradigma "*one river one manager*" sehingga dibutuhkan satu lembaga yang terpadu yang menghimpun banyak institusi sebelumnya.

Global Water Partnership (GWP, 2001) menawarkan suatu konsep keterpaduan yang menarik untuk Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Elemen penting dalam Manajemen Sumber Daya Air Terpadu dapat dikelompokkan dalam 3 elemen utama yaitu:

- The enabling environment* adalah kerangka umum dari kebijakan nasional, legislasi, regulasi dan informasi untuk pengelolaan SDA oleh stakeholders. Fungsinya merangkai dan membuat peraturan serta kebijakan. Sehingga dapat disebut sebagai *rules of the games*.
- Peran-peran institusi (*institutional roles*) merupakan fungsi dari berbagai tingkatan administrasi dan stakeholders. Perannya mendefinisikan para pelaku.
- Alat-alat manajemen (*management instruments*) merupakan instrumen operasional untuk regulasi yang efektif, monitoring dan penegakkan hukum yang memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat pilihan yang informatif diantara aksi-aksi alternatif. Pilihan-pilihan ini harus berdasarkan kebijakan yang telah disetujui, sumberdaya yang tersedia, dampak lingkungan dan konsekuensi sosial dan budaya.

4. PIHAK YANG BERKEPENTINGAN (STAKEHOLDERS)

Air diperlukan oleh semua pihak, maka semuanya terlibat dalam pengelolaan sumber daya air terpadu (IWRM) baik secara langsung maupun tidak langsung. Pihak pihak yang berkepentingan dikelompokkan sebagai berikut :

1. DPR/DPRD
2. Pemerintah :
 - a. Badan perencanaan pembangunan Nasional (BAPPENAS)
 - b. Kementrian Dalam Negeri dan Otonomi Daerah
 - c. Kementrian Pertanian
 - d. Kementrian Kehutanan
 - e. Kementrian Lingkungan Hidup
 - f. Kementrian Kesehatan
 - g. Kementrian Perhubungan
 - h. Kementrian Pariwisata
 - i. Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral
 - j. Kementrian Pekerjaan Umum
 - k. Gubernur
 - l. Bappeda Tingkat I
 - m. Dinas PU Pengairan Propinsi
 - n. Dinas Pertanian Propinsi
 - o. Dinas Kehutanan Propinsi
 - p. Dinas Pertambangan Propinsi
 - q. Badan Lingkungan Hidup Propinsi
 - r. Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS)
 - s. Bupati/Walikota
 - t. Dinas PU Pengairan Kabupaten/Kota
 - u. Dinas Pertanian Kabupaten/Kota
 - v. Dinas Kehutanan Kabupaten/Kota
 - w. Dinas Pertambangan Kabupaten/Kota
 - x. Badan Lingkungan Hidup Kabupaten/Kota
 - y. Camat dan Kepala Desa/lurah
 - z. Perum Jasa Tirta
 - aa. PDAM
 - bb. Konsultan (BUMN) dan Kontraktor (BUMN)
 - cc. PT. PLN/PLTA
3. Instansi Swasta
 - a. Industri / Dunia Usaha
 - b. Konsultan
 - c. Kontraktor

- d. Pengelola rekreasi, pantai waduk dan lain-lain.
4. Masyarakat
 - a. Perkotaan
 - b. Pedesaan
 - c. Lembaga Sawadaya Masyarakat
5. Perguruan Tinggi

5. PARAMETER KINERJA IWRM

Parameter kinerja pengelolaan sumber daya air secara terpadu ini dikembangkan sebagai respon terhadap pola pengelolaan sumberdaya air yang diterapkan selama ini yang cenderung terpisah-pisah sehingga menimbulkan berbagai persoalan seperti banjir, intrusi air laut karena pengambilan air tanah yang berlebihan, pencemaran, dan sebagainya. Parameter kinerja digunakan sebagai alat ukur keberhasilan pengelolaan sumber daya air terpadu. Parameter kinerja ini mencakup empat komponen besar, yaitu keterpaduan keterpaduan ruang, keterpaduan tujuan, keterpaduan kelembagaan dan keterpaduan waktu.

Keterpaduan ruang (*Spatial Integration*): koordinasi manajemen dilakukan untuk mencapai tujuan-tujuan umum didalam suatu wilayah geografi tertentu, dan berada diantara strata *vertical* dari *lithosphere* sampai *atmosphere*. Bentangan pada sumbu ini adalah wilayah geografik dari lokal, daerah, regional/wilayah, antar daerah/antar wilayah, nasional dan internasional. Sebagai contoh apabila terjadi perselisihan masalah sumberdaya air antar negara atau antar daerah maka dibentuk perjanjian kerjasama antar negara atau antar daerah tersebut.

Keterpaduan tujuan (*Objective Integration*) koordinasi pengelolaan untuk mencapai tujuan-tujuan optimum dari berbagai macam tujuan, misalnya air untuk pertanian, kehutanan, konservasi lahan, penanggulangan banjir, navigasi pelayaran, rekreasi, pembangkit tenaga listrik, air bersih dan perbaikan sumberdaya lingkungan.

Keterpaduan Kelembagaan (*Institutional Integration*). Koordinasi lintas mandat, visi dan misi, kebijakan, program, Proyek dan

pengukuran manajemen yang dilakukan oleh pemerintah, LSM dalam kaitan penyatuan ukuran tentang capaian kegiatan dibandingkan dengan tujuan-tujuan umum dan tujuan utama. Sumber pengukuran dapat dilihat dari dimensi-dimensi sosial budaya, ekonomi, hukum, politik dan lingkungan ataupun teknikal. Institusi-institusi yang berada pada berbagai tingkatan sejak tingkat internasional, nasional, regional, daerah hingga kelompok tani pemakai air diperdesaan atau Kelompok Pemerhati Masalah Banjir.

Keterpaduan Waktu (*Temporal Integration*) melakukan kegiatan koordinasi pada skala waktu yang berbeda, dari operasional harian dengan mempertimbangkan dampak untuk puluhan tahun mendatang agar tujuan-tujuan utama tercapai. Pada hal ini untuk pelaksanaan pengelolaan sumberdaya air terpadu mempunyai dimensi yang sangat luas bersifat inter dan antar generasi. Apakah seharusnya pengembangan analisis ruang dapat menjamin tercapainya tujuan-tujuan umum IWRM? Apakah tujuan-tujuan diperlukan untuk dijadikan tolok ukur keberhasilan pengambilan keputusan manajemen? Apakah kelembagaan, kebijakan, program atau kepentingan dimasukkan kedalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan peningkatan efisiensi dan efektifitas? Apakah dampak kumulatif jangka panjang dalam lingkungan yang

dinamis dapat dikelola, dan bagaimana cara mengendalikan perencanaan terpadu yang berjangka panjang? Apakah kegiatan yang berbeda-beda derajat keterpaduannya tepat untuk ditempatkan dalam sumbu ini? Keterpaduan waktu ini merupakan sebuah alat untuk pertimbangan kesesuaian dengan kontek dan derajat keterpaduan pengelolaan pada IWRM.

6. KESIMPULAN

Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu (*Integrated Water Resources Management, IWRM*) merupakan suatu proses koordinasi dalam pengembangan dan pengelolaan sumberdaya air dan lahan serta sumberdaya lainnya dalam suatu wilayah sungai, untuk mendapatkan manfaat ekonomi dan kesejahteraan sosial yang seimbang tanpa meninggalkan keberlanjutan ekosistem.

Pengelolaan sumber daya air terpadu memerlukan kerangka konseptual, karena mengingat bahwa masalah pengelolaan sumberdaya air adalah masalah yang kompleks.

Air diperlukan oleh semua pihak, maka semuanya terlibat dalam pengelolaan sumber daya air terpadu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Parameter kinerja IWRM meliputi keterpaduan ruang, keterpaduan tujuan, keterpaduan kelembagaan dan keterpaduan waktu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rahman & Varis. 2005. Integrated Water resources Management: evolution, prospects and future challenges. Sustainability: Science, Practice & Policy, <http://ejournal.nbii.org>.
2. Robert J. Kodoatie & Roestam Sjarief, 2005. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit Andi Yogyakarta.
3. Mencapai Sungai Citarum Yang Lebih Baik Melalui Upaya Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Citarum Fact Sheet 2010. <http://www.citarum.org>
4. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. <http://www.citarum.org>
5. Budi Santosa Wignyosukarto, 2006. Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu dalam Upaya Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium 2015. Pidato Pengukuhan Guru Besar Teknik Sipil UGM.
6. Helmi, 2003. Aspek Pengelolaan Terpadu Sumberdaya Air (*Integrated Water Resources Management - IWRM*) dalam Pebaharuan Kebijakan Menuju Pengelolaan Sumberdaya Air yang Berkelanjutan di Indonesia, Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional tentang "**Menuju Pengelolaan Sumberdaya Air yang Berkelanjutan**" kerjasama Pusat Studi Irigasi, Sumberdaya Air, lahan dan Pembangunan (PSI-SDALP) Universitas Andalas; Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS); dan Food and Agriculture Organization (FAO) Jakarta Office.
7. <http://jsdaindonesia.org/2010/06/krisis-air-global-definisi-dan-kerangka-konseptual-wrm/>

Studi Kelayakan dan Desain Engineering Detail Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro Ponggang Desa Ponggang Kecamatan Serangpanjang Kabupaten Subang Jawa Barat Kapasitas 2,8 Megawatt

Novandri Tri Setioputro¹

¹Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Subang
Kampus II, Jalan Arief Rachman Hakim No. 08 Subang, 41211
e-mail : andri_u_subang@yahoo.co.id

Abstrak

Sungai Cilamaya yang berada di Desa Ponggang memiliki potensi untuk dibuat Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) dengan kapasitas 2,8 Megawatt yang ramah lingkungan. Produksi listrik yang dihasilkan PLTM Ponggang digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik PLN melalui jaringan interkoneksi. Kehadiran PLTM Ponggang diharapkan mengoptimalkan potensi sumber daya desa berupa potensi tenaga air yang dapat mendorong kesejahteraan, pembangunan, dan kemakmuran masyarakat Desa Ponggang melalui pengelolaan bersama antara masyarakat setempat dengan investor. Dari hasil pengelolaan tersebut untuk masyarakat setempat digunakan kesehjahteraannya dalam bentuk kegiatan pemberian beasiswa, pelayanan kesehatan, pembangunan infrastruktur atau sesuai dengan kesepakatan dengan masyarakat Desa Ponggang. Selain itu, pembangunan PLTM Ponggang diharapkan dapat membantu pemerintah dalam menanggulangi kekurangan energi listrik dan kerusakan lingkungan.

Desain rinci PLTM Ponggang ini diawali dengan studi teknis topografi, geoteknik, hidrologi dan investasi, analisis dan perhitungan. Dari hasil perhitungan hidrologi, dapat diketahui bahwa debit desain yang optimal, yaitu sebesar $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Dengan tinggi jatuh efektif 191,14 m, maka PLTM ini dapat membangkitkan daya sebesar 2,90 MegaWatt.

Ditinjau dari peletakan topografi, Skema PLTM ini sudah baik dan memenuhi kriteria peletakan bangunan utama PLTM. Dari segi geoteknik, tanah dan batuan dasar cukup kuat untuk menahan bangunan utama PLTM. Aspek hidrologi, debit yang diandalkan cukup untuk memutar turbin dan menghasilkan daya 2.90 MW. Aksesibilitas menuju lokasi cukup terjangkau dengan terlebih dahulu dilakukan pembangunan perkerasan jalan. Dan ditinjau dari aspek kelistrikan, dapat diyakini bahwa daya dan energi listrik yang dihasilkan sangat dibutuhkan oleh PLN.

Dari desain engineering detail kebutuhan finansial PLTM Ponggang memerlukan biaya total konstruksi sebesar Rp. 52.340.000.000,00 (Lima Puluh Dua Milyar Tiga Ratus Empat Puluh Juta Rupiah) dengan waktu pengembalian pinjaman biaya investasi (BEP) selama 9 tahun dengan suku bunga 14% pertahun. Ditinjau aspek analisis finansial memenuhi parameter indeks NPV positif, tingkat pengembalian diatas suku bunga bank, BCR diatas 1 dan biaya konstruksi persatuan daya lebih murah. Maka dapat disimpulkan bahwa pembangunan PLTM ini LAYAK.

Kata kunci : Debit, beda tinggi, topografi, hidrologi, desain rinci, daya pembangkit, PLTM, BEP, dan kelayakan.

1. Pendahuluan

Subang merupakan kabupaten yang sedang berkembang yang memiliki berbagai potensi yang perlu digali dan dikembangkan untuk kemajuan pembangunan masyarakatnya. Salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan adalah air sungai khususnya di Subang Selatan diwilayah ini merupakan tempat hulu sungai atau sumber mata air dan memiliki medan aliran sungai yang terjal, seperti Sungai Cipunagara, Cilamaya, Ciasem dan lain-lain. Sungai-sungai ini secara alami akan mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah. Berdasarkan kondisi sungai yang mengalir pada medan yang terjal, maka secara teori sungai ini memiliki potensi energi yang disebut potensi energi air. Sayangnya, meski air begitu melimpah pemanfaatan air sebagai energi listrik belum dimaksimalkan.

Potensi energi air ini dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM). Pengoperasian instalasi ini relatif mudah dan murah dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik menggunakan bahan bakar (PLTU, PLTD, PLTN dan PLTG). Selain itu, PLTM merupakan instalasi yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi dan limbah yang di kenal sebagai *white resources* atau “energi putih”.

Energi listrik memiliki peranan yang besar dalam usaha pertumbuhan ekonomi bangsa dan negara. Salah satu ukuran kemajuan masyarakat yaitu dapat dihitung berdasarkan tingkat konsumsi energi yang digunakannya untuk melakukan kegiatan-kegiatan yang bersifat produktif, sehingga segala aktifitas yang dilakukan akan memiliki nilai tambah yang optimal.

Selain itu, pemanfaatan Pembangkit listrik ini untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya berupa bagi hasil (*golden sharing*) antara masyarakat dengan pihak pengelola pembangkit listrik ini karena masyarakat setempatlah yang secara kodrat/turun menurun yang merawat potensi ini tetap terjaga (anugrah potensi). Sehingga masyarakat setempat merasa memiliki pembangkit ini dan mampu meningkatkan kesehaterannya. Pemanfaatan bagi hasil ini

nantinya, selanjutnya bagaimana keinginan masyarakatnya dalam musyawarah desa, sebagai contoh beasiswa pendidikan, pelayanan kesehatan, peningkatan infrastruktur, dan lain-lain.

Dalam pembangunan PLTM, banyak faktor yang harus diperhatikan agar pembangunan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Faktor-faktor tersebut diantaranya didasarkan pada studi kelayakan dan Desain Engineering Detail terhadap sumber potensi tenaga setempat.

2. Kajian Studi Teknis Potensi

2.1. Daya Potensi Tenaga Air Mini Hidro

Daya potensi tenaga air, P (Watt) dihitung berdasarkan persamaan :

(1)

Dimana besaran percepatan gravitasi bumi ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) dan massa jenis air ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) merupakan konstansta. Besaran Debit, Q (m^3/s) tergantung banyak air mengalir disungai tersebut/faktor hidrologi. Besaran beda tinggi, h (m) penempatan titik bendung ke turbin tergantung peta topografi/faktor topografi. Selain itu, faktor yang mempengaruhi kondisi teknis potensi sumber air ini adalah faktor geologi teknik untuk penempatan bangunan komponen PLTM. Kapasitas potensi tenaga air mini hidri berada pada 0,5 MW – 5 MW.

2.1. Kajian Topografi

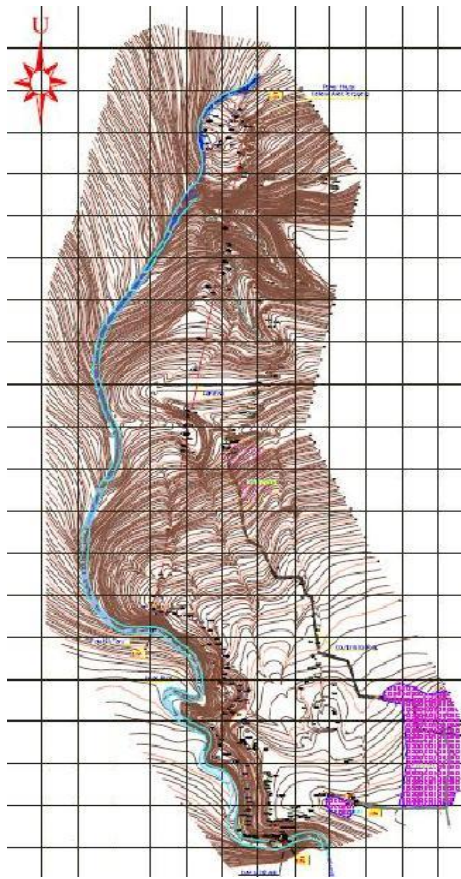
PLTMH Ponggang terletak di sungai Cilamaya, termasuk dalam wilayah administrasi desa Ponggang, Kecamatan Serangpanjang, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat.

Secara topografi, kondisi daerah kajian dapat dideskripsikan sebagai berikut :

- 1) Lokasi kajian berada pada suatu daerah kaki perbukitan, dengan kemiringan dasar sungai yang relative curam, sehingga aliran air terlihat beriam-riam.
- 2) Di lokasi ini ditemukan adanya Sembilan terjunan yaitu terjunan leuwi Garu, Curug Ponggang, Leuwi Karacak,

Leuwi Tampian, Leuwi Kancuh, Leuwi Peti, Leuwi Penduey, Leuwi Gentong dan Curug Bentang. Terjunan yang memiliki ketinggian cukup tinggi adalah terjunan Curug Ponggang dan Curug Bentang.

- 3) Hulu sungai ini berada di Gunung Burangrang dan bermuara di Laut Jawa.
- 4) Penempatan bangunan komponen PLTM (bendung, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat, rumah turbin dan jaringan transmisi) diperoleh beda tinggi 194,00 m.



Gambar 1. Topografi lokasi PLTM Ponggang

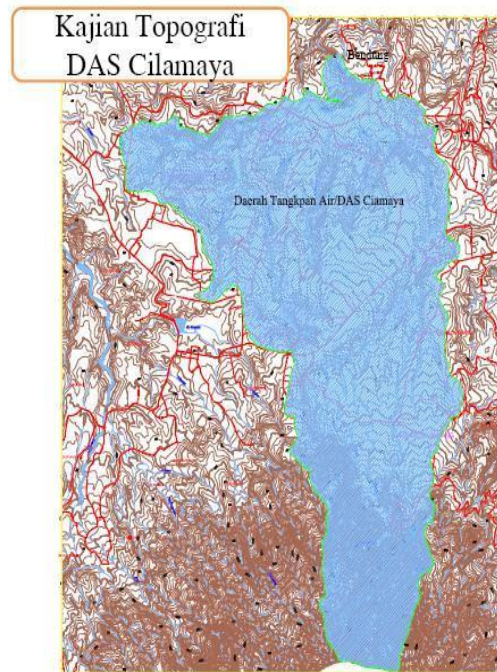
2.2. Studi Hidrologi

Debit air sungai Cilamaya yang digunakan untuk menggerakkan turbin dipengaruhi dengan daerah aliran sungai (DAS/catchment area) dan curah hujan disekitar DAS tersebut. Sungai yang dijadikan lokasi calon PLTM

mempunyai nilai layak bila sungai dapat mengalir sepanjang tahun untuk memutarakan turbin air.

2.2.1. Daerah Tangkapan Hujan (catchment area)

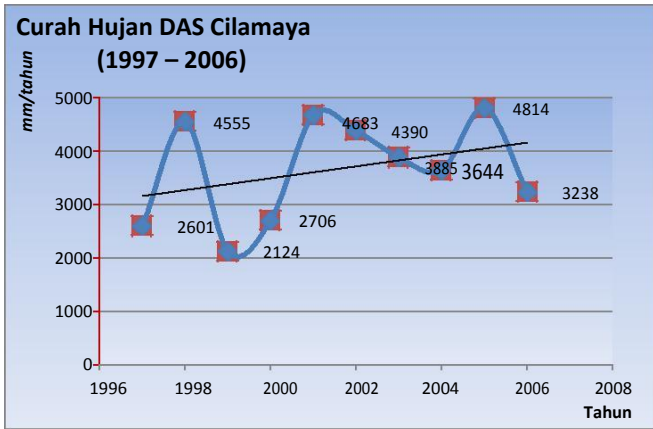
Sungai yang akan dijadikan calon PLTM ini merupakan sungai yang mengalir sepanjang tahun dan mengalir sampai Laut Jawa. Berdasarkan hasil pengukuran luas daerah tangkapan hujan sungai yang akan dimanfaatkan menjadi PLTM diperoleh luasnya adalah 33,09 km² yang terdiri kawasan hutan 13,94 km², pemukiman 1,22 km², perkebunan 10,58 km² dan persawahan 7,35 km². Panjang aliran sungainya dari titik calon lokasi PLTM ke hulu sungai adalah 13,74 km dengan jumlah anak sungai sebanyak 32 buah.



Gambar 2. DAS Sungai Cilamaya

2.2.2. Curah Hujan

Berdasarkan hasil pencacatan data curah hujan di DAS calon sungai PLTM :



Gambar 3. Curah Hujan Sekitar DAS Cilamaya rentang 1997 – 2006

Data curah hujan tahunan dalam kurun waktu tahun 1997 s/d 2006, rata-rata sebesar 3760 mm tiap tahunnya. Data curah hujan bulanan rata-rata tahun 2000 - 2012, intensitas hujan terkecil/terkering terjadi pada bulan Agustus sebagai puncak musim kemarau dengan nilai 55 mm. Berdasarkan hal tersebut, sungai calon PLTM mempunyai keterjaminan bahwa secara alami sungai ini tidak akan surut sampai habis airnya atau ketersediaan suplai air di sungai ini terjaga sepanjang tahun karena setiap bulan hujan tetap terjadi walaupun intensitasnya kecil.

2.2.3. Kurva Durasi Aliran (Curve Duration Flow)

Debit sungai sesaat dilakukan pada awal Bulan mei 2012 dengan kondisi pada akhir musim penghujan, dihitung berdasarkan :

$$Q = C \times V_m \times A \quad (2)$$

$$= 0,6 \times 0,59 \text{ m/s} \times 12,58 \text{ m}^2$$

$$= 4,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

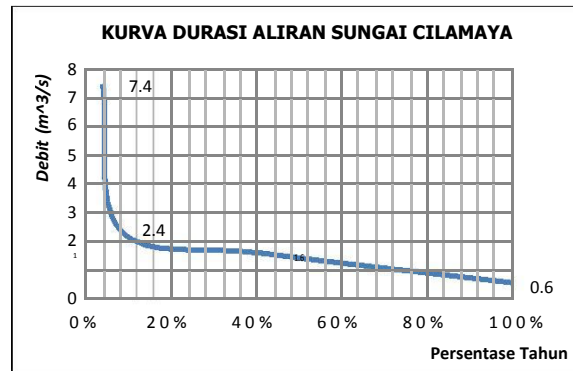
Dengan cara yang sama, pengukuran debit dilakukan pada waktu untuk untuk mempengaruhi perubahan debit terhadap musim (musim kemarau – musim penghujan). Hasil pengukuran ini ditampilkan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Debit S. Cilamaya

No	Debit (m ³ /s)	Keterangan
1.	7.4	Meret 2009 (akhir musim hujan)

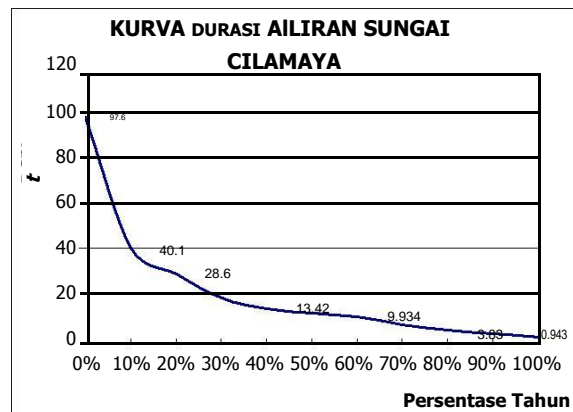
2.	2.4	Juli 2009 (pertengahan musim kemarau)
3.	1.6	September 2008 (akhir musim kemarau)
4.	0.6	September 2009 (akhir musim kemarau)

Hasil pengukuran tersebut, dalam bentuk kurva durasi aliran ditampilkan sebagai berikut :



Gambar 4. Curva Durasi Aliran Pengukuran Langsung

Selain dengan menggunakan debit pengukuran langsung, kurva durasi aliran dapat diperoleh dengan cara pendekatan analisis hidrologi iklim. Hasil kurva durasi aliran sungai Cilamaya menggunakan analisis hidrologi menggunakan DR. Mononobe sebagai berikut :



Gambar 5. Curva Durasi Aliran Analisis Metoda DR. Mononobe

Berdasarkan hasil kurva durasi aliran Sungai Cilamaya, Debit tertinggi (debit banjir) pada 337,68 m³/s (siklus 100 tahun) dan debit terendah (debit kemarau) adalah 0,6 m³/s. Sedangkan rencana pengambilan debit atas pada 1,8 m³/s pada persentase tahun 40% dan debit bawah 0,6 m³/s pada presentase 100 %.

2.3. Studi Geologi Teknik

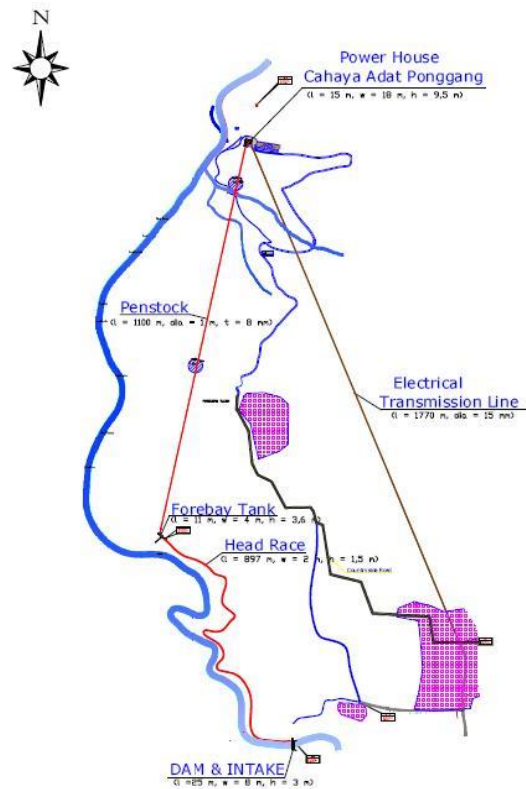
Daerah medan pegunungan pada ketinggian 200 – 500 m dpl. Hulu S. Cilamaya di Gunung Burangrang dan Tangkubang Perahu. Batuan satuan batuan gunung api tua yang terdiri dari : Lava bersusunan andesit piroksin, breksi dan aglomerat dengan komponen andesit dan basal, bersisipan tuf dan tuf lapili, tuf batu apung. Pada lembah-lembah dari sepanjang sungai didapati endapan sungai dan endapan Talus, yang terdiri dari boulders, Boulder andesit. Dan batuan lempung sekitar rumah turbin



Gambar 6. Kondisi Geologi Sungai Cilamaya

3. Skema PLTM

Berdasarkan hasil kajian studi potensi, skema PLTM dapat digambarkan sebagai berikut :

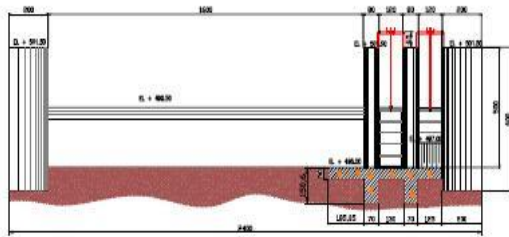


Gambar 7. Skema PLTM Ponggang

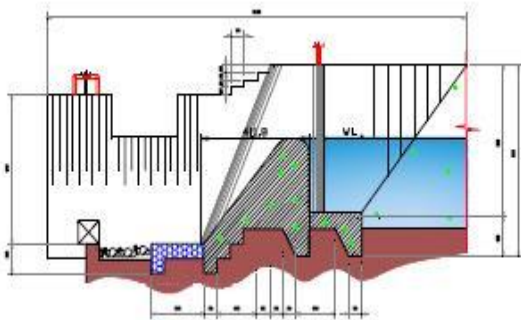
3.1. Bendung dan Bangunan Pengambilan Air (Intake)

Lokasi bendung dan bangunan pengambilan air berada dasar sungai berpenampang U dengan sisi bahu sungai kiri berada pada tebing batuan tegak 90⁰ dan bahu sungai kanan berada pada tebing lapisan tanah batuan dengan kemiringan 70⁰. Desain bendung dan bangunan pengambilan air menggunakan kontruksi pasangan batu kali dengan dimensi berikut :

- Tipe Bendung : Bendung graviti
- Lebar Bendung : 29,00 m
- Tinggi Bendung : 3,50 m
- Pintu Bilas : 1,20 m
- Lebar Pilar : 0,80 m
- Tinggi Piar : 3,50 m
- Faktor Guling : 2,1 (diatas 1,5)
- Faktor Geser : 2,7 (diatas 1,5)



Gambar 8. Lebar Bendung

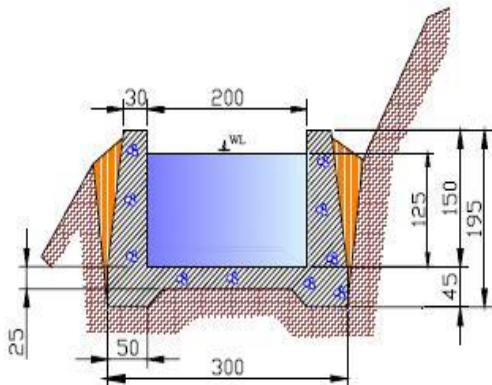


Gambar 9. Mercu dan Pilar Bendung

3.2. Saluran Pembawa

Saluran pembawa dirancang untuk mengalirkan air dari bangunan pengambilan air ke bak penenang dengan dilevel elevasi yang sama. Kontruksi saluran pembawa menggunakan pasangan batu kali. Dimesnsi rancangan saluran pembawa adalah sebagai berikut :

- Tipe saluran : saluran
- Debit : 1,80 m³/s
- Lebar saluran : 2,00 m
- Tinggi saluran : 1,50 m
- Slope saluran : 1/800
- Kecepatan : 0,73 m/s
- Panjang saluran : 896,0 m

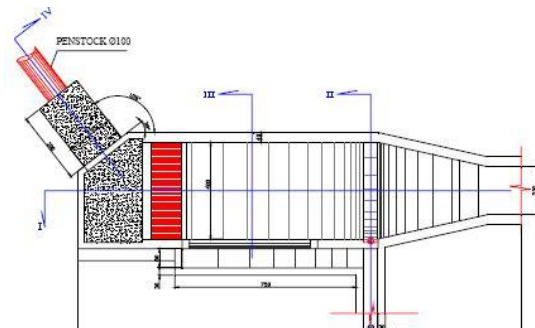


Gambar 10. Penampang saluran

3.3. Bak Penenang dan Pengendap

Bak penenang dan pengendap dirancang untuk mengendapkan dan menyaring partikel-partikel yang terbawa air disaluran pembawa seperti sampah dan sedimen lumpur serta untuk menenangkan aliran masuk kedalam pipa pesat. Bak penenang dan pengendap ditempatkan pintu penguras lumpur, saringan dan saluran pelimpas. Kontruksi bak penenang dan pengendap menggunakan pasangan batu kali. Dimensi rancangan bak penenang dan pengendap sebagai berikut :

- Debit : 1,8 m³/s
- Kecepatan aliran : 0,10 m/s
- Lebar : 5,80 m
- Tinggi : 3,50 m
- Panjang : 11,80 m
- Radius lubang masuk pipa : 0,11 m



Gambar 11. Bak Penenang dan Pengendap

3.4. Pipa Pesat

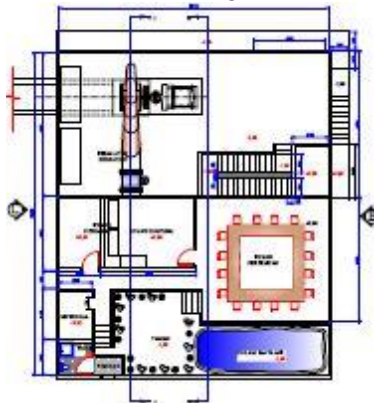
Pipa pesat dirancang untuk mengalirkan air dari bak penenang ke turbin dengan tipe saluran tertutup agar tidak kehilangan energi. Kontruksi pipa pesat menggunakan baja ST37 sistem sambungan las yang harus mampu menahan tekanan hidrostatik dan palu air. Rancangan pipa pesat adalah sebagai berikut :

- Tipe pipa pesat : terbuka diatas tanah
- Diameter : 1,00 m
- Tebal : 10 mm
- Panjang : 1128 m
- Beda tinggi kotor : 194,00 m
- Rugi-rugi aliran : 2,86 m
- Beda tinggi efektif : 191,16 m
- Faktor keamanan : 2,61 (diatas 1,00)

Untuk menghindari kerusakan akibat muai panjang ditempat pipa fleksibel muai panjang/ekspansi sebanyak 8 buah dengan tiap unit pipa ekspansi sejauh 5 cm. Muai yang terjadi akibat pengaruh temperature lingkungan sebesar 38 cm.

3.5. Rumah Turbin

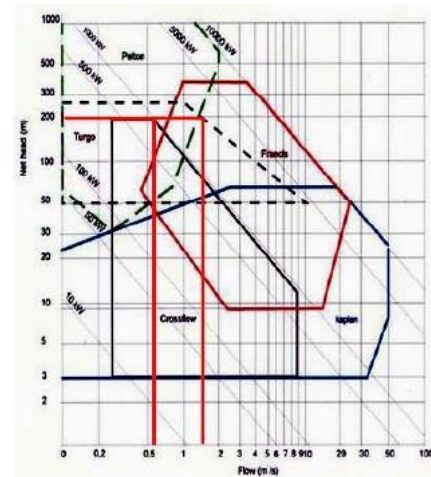
Rancangan rumah turbin didasarkan utilitas yang akan ditempatkan di rumah turbin. Utilitas yang akan ditempatkan adalah komponen turbin, generator, kontrol, ruang operator, kantor, dan ruang tambahan lainnya. Ukuran rumah turbin adalah 18 m x 15 m.



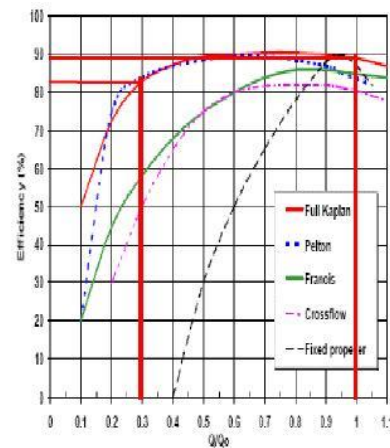
Gambar 12. Denah rumah turbin

3.6. Turbin Air

Pemilihan turbin air yang digunakan tergantung pada kondisi beda elevasi dan debit. Tipe turbin air yang lajim digunakan adalah Turbin Kaplan (beda tinggi : 3 – 50 m), Turbin Crossflow (beda tinggi : 5 – 200 m), Turbin Francis (beda tinggi : 9 – 450 m), Turbin Pelton (beda tinggi : diatas 30 m). Pemilihan turbin didapat berdasarkan pendekatan dari :



Gambar 13. Pemilihan turbin berdasarkan debit dan beda tinggi



Gambar 14. Effisiensi turbin berdasarkan perubahan debit.

Hasil pendekatan grafik pemilihan turbin dengan beda tinggi efektif 191,14 m dan debit $1,80 \text{ m}^3/\text{s} - 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh turbin Pelton dengan 3 nosel (tiap nosel $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) dan effisiensi 91%.

3.7. Generator

Generator digunakan untuk merubah energy mekanik (pututan) menjadi energi listrik. Generator yang dipilih adalah generator transformer, 3 phasa, 4.0 MVA, 20/6.3KV, dilengkapi dengan aksesorisnya.

3.8. Simtem Kontrol

Kontrol digunakan untuk menghasilkan listrik sesuai standard yang ditentukan

dengan fekwensi 50 Hz dan 20 kV (tegangan menengah) serta mengatur produksi listrik sesuai dengan perubahan debit yang terjadi. Tipe kontrol yang dipilih :

- Remote Diagnostic & Maintenance
- Data Transfer
- Video Surveillance
- Remote Operation of the Plant
- Prompt Support to Customer
- Less Downtime of the Plant

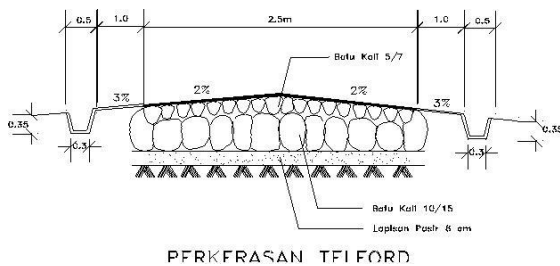
3.9. Jaringan Listrik

Jaringan listrik digunakan untuk menginterkoneksi dengan jaringan listrik PLN. Rancangan jaringan listrik adalah sebagai berikut :

- Tegangan : 20 kVolt
- Phasa : 3 phasa
- Panjang : 5,76 km
- Kabel : 35 mm²
- Tiang : 11 m jumlah 40 buah.

3.10. Akses Jalan

Akses jalan untuk menghubungkan ke rumah turbin menggunakan jenis perkerasan telford dengan pertimbangan agar biaya diperlukan tidak terlalu besar. Adapaun desain akses jalan ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 15. Desain akses jalan

4. Pembiayaan PLTM

Berdasarkan desain rinci, kebutuhan pembiayaan pembangunan PLTM Ponggang adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Rincian Pembiayaan

NO	DESCRIPTION	TOTAL PRICE	
			Rp
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp	2,520,466,000.00
II	PEKERJAAN SIPIL	Rp	25,039,516,502.50
III	PEKERJAAN MEKANIK DAN ELEKTRIK	Rp	21,000,000,000.00
IV	PEKERJAAN JARINGAN (20 Kv)	Rp	737,141,310.00
V	LAIN-LAIN	Rp	1,623,503,500.00
Sub Total		Rp	50,920,627,312.50
VI	Survey and design 2% dari sub total	Rp	1,018,412,546.25
Total Rp		Rp	51,939,039,858.84
VII	Permit and PPA	Rp	400,000,000.00
		Rp	52,339,039,858.84
Biaya Total		Rp	52,339,039,858.84
Daya Terbangkitkan (kW)			2801
Biaya kW (Rp/kW)		Rp	18,685,840.72

Kebutuhan biaya yang diperlukan (pembulatan) adalah Rp. 52.340.000.000,00 (Lima Puluh Dua Milyar Tiga Ratus Empat Puluh Juta Rupiah).

5. Analisis Finansial

Penentuan debit rencana minimum berdasarkan debit terendah dari hasil analisis hidrologi, menghasilkan rekomendasi sebesar 0,6 m³/s (debit rendah) dan debit atas sebesar 1,8 m³/s, maka dapat dihitung kapasitas energi yang selama 1 tahun adalah :

Tabel 3. Anali Energi Terbangkitkan

no	bulan	Q _{mean} (m ³ /s)	Q _u /Q _{maks}	H _{teknis} (m)	Efisiensi			Daya (kWatt)	Energi (kWH)
					η _{turbine}	η _{gen}	η _{total}		
1	5	1.8	112.50%	191.14	90.00%	95.70%	86.13%	2,907	8,686,166.19
2	1	1.6	100.00%	191.81	90.00%	95.70%	86.13%	2,593	1,549,620.21
3	2.4	1.2	75.00%	192.95	90.00%	95.70%	86.13%	1,956	2,805,894.35
4	1.2	0.9	56.25%	193.09	90.00%	95.70%	86.13%	1,468	1,052,973.84
5	1.2	0.75	46.88%	193.37	89.00%	95.70%	85.17%	1,212	868,986.74
6	1.2	0.6	37.50%	193.40	86.00%	95.70%	82.30%	937	671,860.26
Jumlah									15,635,501.58
Harga jual listrik per kWh (Rp.)									656
Pengjualan listrik per tahun (Rp.)									10,256,889,036.58
Biaya operasional dan perawatan tetap (Rp.)									219,600,000
Biaya operasional dan perawatan tidak tetap (Rp.)									627,012,423
Biaya overhaul per 6 tahun (Rp)									1,263,157,559

Dengan asumsi harga jual listrik dari PT. PLN adalah Rp. 656,-/kWh dan depresiasi barang selama 20 tahun maka pembangunan PLTM Ponggang layak dengan indeks finansial atas dasar harga jual ini adalah seperti di bawah ini.

- Net Present Value (NPV) = Rp 313.614.223,24 (Positif atau >0)
- Tingkat Pengembalian (FIRR) adalah 12,78% (> MARR, 12%)
- Periode pengembalian (*Payback Period*) adalah 9 tahun (< 20 tahun)
- Perbandingan keuntungan dengan biaya (*Benefit Cost Ratio/BCR*) adalah 1,01 (> 1)
- Biaya konstruksi per satuan daya adalah Rp. 18.685.840,72/kW atau 16.687,12 USD/kW (< 2.500 USD/kW) yang dihitung biaya total konstruksi Rp. 52.340.000.000,00 dibagi 2,907 kW.
- Hasil pendapatan PLTM Ponggang setelah pengembalian pinjaman lunas (9 tahun) adalah Rp. 7.085.100.000,-/tahun

6. Kesimpulan

PLTM ini apabila dibangun diharapkan mampu membantu menangani kekurangan energi listrik, mengurangi kerusakan lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat (peningkatan IPM).

Dari hasil perhitungan hidrologi, dapat diketahui bahwa debit desain yang optimal, yaitu sebesar $1,8 \text{ m}^3/\text{det}$ sampai $0,6 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan curah hujan terjadi sepanjang tahun di area DAS-nya seluas $33,09 \text{ km}^2$. Ditinjau dari peletakan topografi, skema PLTMH ini sudah baik dan memenuhi kriteria peletakan bangunan utama PLTM dengan tinggi jatuh efektif 191,16 m. Dari segi geoteknik, tanah dan batuan dasar cukup kuat untuk menahan bangunan utama PLTM.

Desain PLTM menggunakan bendung tipe pelimpah dengan lebar 29 m dan tinggi mercu 3,5 m, saluran tipe terbuka panjang 896 m, lebar 2 m, kedalaman 1,5 m dan slope 1/800 m. Bek penenang dan pengendap berukuran panjang 11,80 m, lebar 5,80 m dan dalam 3,50 m. Pipa pesat

menggunakan diameter 1 m, tebal 10 mm dan panjang 1100 m. Turbin menggunakan Turbin Plenton 3 Nosel dengan efisiensi 91%. Sistem kontrol menggunakan sistem kontrol pengatur aliran dan generator bertipe synchronous dan 3 phase. PLTM ini dapat membangkitkan daya sebesar 2,90 MegaWatt.

Berdasarkan desain PLTM maka kebutuhan biaya konstruksi PLTM sebesar Rp. 52.340.000.000,00. Waktu pengembalian investasi dibutuhkan waktu 9 tahun dengan suku bunga pinjaman 14 %.

Keberadaan PLTMH ini diharapkan mampu membantu dalam peningkatan IPM melalui pengelolaan sosial bisnis, dimana masyarakat desa mendapat bagi hasil yang dipergunakan untuk kegiatan pemberdayaan melalui beasiswa sekolah, bantuan kesehatan, peningkatan infrastruktur, perkonimian dan lain-lain.

Analisis studi kelayakan berdasarkan aspek teknis, investasi, dan sosial masyarakat, maka PLTM ini LAYAK.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim, Manual Pembanguna PLTMH, IBEKA & JICA, 2005.
- [2]. M. M. Dandekar.K N Sharman, Water Power Engineering, Vikas Publishing House PVT LTD, 1979.
- [3]. Ueli Meier: Local Experience With Micro-Hydro Technology, University of Saint-Gall, 1981.
- [4]. Anonim, Guide on How to Develop a Smal Hydropower Plant, ESHA, 2004.
- [5]. Robet W. Fox, Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- [6]. Holtz, R. D., dan Kovacs, W. D., An Introduction Geotechnical Engineering, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York.

- [7]. Ray K. Linsley, Joseph B. Franzini, Teknik Sumber Daya Air, Erlangga, 1994.
- [8]. Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Kontruksi, Andi Yogyakarta, 2005.
- [9]. Ir. Soediby, Teknik Bendung, Sentra Sarana Abadi, 2003.

Nomenklatur

g konstanta gravitasi (ms^{-2})
 P daya (watt) Q
debit (liter.s^{-1})
 h beda tinggi (m)
 ρ massa jenis (kg.m^{-3})