

GIS untuk Menentukan Potensi Pembangunan Piko-Hidro

Risnandar¹, Finsa Anugrah Pratama², Novrinaldi³

^{1,2}Program Studi Manajemen Informatika Politeknik Telkom, Bandung

^{1,3}Center for Appropriate Technology Development, Indonesian Institute of Sciences

rnd@politekniktelkom.ac.id, bigfienz@gmail.com, novrinaldi@lipi.go.id

Abstrak

Masyarakat mulai mengenali piko-hidro sebagai upaya untuk menyediakan listrik sederhana dan menjadi energi alternatif dan energi terbarukan. Piko-hidro banyak digunakan oleh masyarakat kecil di pinggiran kota atau bahkan desa di daerah pedalaman yang sulit dijangkau oleh infrastruktur konvensional PT. PLN dan memiliki potensi air yang cukup. Piko-hidro hanya dapat pasokan listrik ke beberapa daerah atau penduduk karena produksi listrik berkisar 100W-5KW. Jika listrik satu rumah rata-rata membutuhkan 200 watt per hari, piko-hidro dapat menyediakan listrik hingga 25 rumah. Indonesia memiliki sumber daya alam yang sangat berlimpah, satunya aliran sungai. Untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko-Hidro (PLTPH) diperlukan suatu sistem yang dapat memetakan dan menentukan potensi sungai yang dapat digunakan untuk piko-hidro. Permintaan sejumlah Pemerintah Daerah di Indonesia, baik Pemda Provinsi maupun Pemda Kabupaten yang akan menginstal Mini-Mikro-Piko-Hidro di daerahnya yang tidak dapat terjangkau oleh PT. PLN. SIG ini dibutuhkan ketika *stakeholder* calon klien pengguna Mini-Mikro-Piko-Hidro ini membutuhkan visualisasi daerah yang akan diinstal dan tampilan interaktif, yang tidak hanya menampilkan formulasi potensi saja, melainkan daerah/titik instalasinya tergambarakan melalui peta digital. Penelitian ini juga menyediakan perangkat input data berbasis SIG dari tabel-tabel formulasi perhitungan potensi untuk Piko-hidro dan hasil survei yang dirancang untuk merekam data dan dianalisis ke dalam peta interaktif. Modul Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dikembangkan meliputi manajemen aplikasi dan penerapan peta lokasi parameter perhitungan untuk pengembangan pendukung PLTPH dan data pengguna aplikasi manajemen pengguna aplikasi ini. Sistem ini berbasis *desktop* sebagai sistem pendukung dalam pengembangan piko-hidro dan perhitungan daya output yang dihasilkan oleh pembangkit listrik.

Kata kunci: energi terbarukan, potensi, pemerintah daerah, piko-hidro, SIG

Abstract

People are recognize the Pico-hydro power in an attempt to provide a simple and alternative energy and renewable energy. Pico-hydro is widely used by small communities on the outskirts of cities or even villages in remote areas inaccessible by PT. PLN's conventional infrastructure and it has the potential of water. Pico-hydro power can only supply power to some areas or population because of electricity production ranges from 100W-5KW. If the electricity needs of the home will be 200 watts per day, Pico-hydro can provide electricity for 25 homes. Indonesia has the natural resources are very abundant of which is the watershed. To build a Power Plant Pico-Hydro (PPPH) needed a system that can map and determine the potential of the river that can be used to Pico-hydro. Request from a number of Local Government in Indonesia, both Province and District will install the Piko-Hydro in the region that can not be covered by PT. PLN. GIS is required when a prospective client stakeholder user of Piko-Hydro requires visualization of the area to be installed and interactive display, not only displays the potential formulation only, but also the area of installation is illustrated through a digital map. This study also provides a GIS-based data input devices from the tables of the calculation formula for Piko-hydro potential and the results of a survey designed to record and analyze data into interactive maps. Module of Geographic Information Systems (GIS) developed include application management and calculation to the location parameter PLTPH supporting the development and user data management application user of this application. The system is based desktops as a support system in Pico-hydro development and calculated output power generated by power plants.

Key words: renewable energy, potential, local government, pico-hydro, GIS

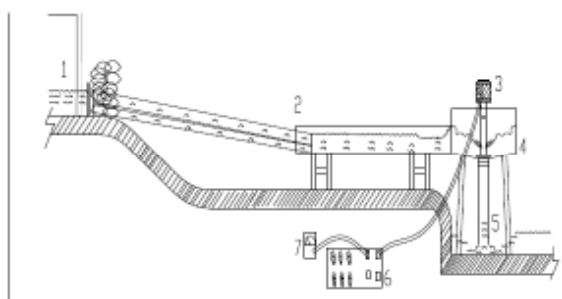
1. Pendahuluan

Kondisi alam Indonesia sangat kaya dengan sumber potensi air yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Oleh karena itu, perlu optimalisasi pemanfaatan sumber daya air yang ada untuk pemenuhan kebutuhan energi. Pengembangan dan pemanfaatan teknologi pembangkit listrik yang sangat potensial ini belum tersebar luas di masyarakat, sehingga dalam kegiatan ini akan diwujudkan sebuah percontohan pengembangan pembangkit listrik tenaga air skala piko dan pemanfaatannya untuk usaha produktif sesuai dengan potensi wilayah setempat.

Teknologi pembangkit listrik yang akan dikembangkan pada kegiatan ini terutama Piko-hidro (pembangkit listrik tenaga air < 5 KW) untuk aliran air dengan *head* rendah (< 10 m) dan aliran air yang datar/aliran irigasi, karena potensi ini belum banyak dimanfaatkan dan potensinya tersebar banyak di Indonesia, baik di pedesaan maupun di perkotaan. Sudah ada beberapa jenis turbin untuk tipe aliran *head* rendah, seperti *open flume*, turbin *cross flow* skala piko, dan *Pump As Turbine* (PAT). Secara umum, untuk aliran air datar/saluran irigasi sendiri sudah ada yang mengembangkan turbin, di antaranya *Turbin Gorlov*, *Turbin Darrieus*, *Garman*, *Tyson*, *Seaflow*, *Savonius*, dan *Verdant*. Di Indonesia, turbin aliran datar/saluran irigasi yang sudah dikembangkan adalah Kincir Ismun (sudut air bergerak), Kincir Kaki Angsa, turbin *Gorlov*, Turbin *Darrieus*, dan Turbin Air-Terapung. Dari beberapa jenis turbin aliran datar yang telah dikembangkan di Indonesia tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Namun, untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko-Hidro (PLTPH) diperlukan suatu sistem yang dapat memetakan dan menentukan potensi sungai yang dapat digunakan untuk Piko-hidro. Modul Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dikembangkan meliputi: manajemen aplikasi dan penerapan peta lokasi, parameter perhitungan untuk pengembangan pendukung PLTPH, dan data pengguna aplikasi manajemen pengguna aplikasi ini.

2. Kajian Pustaka

2.1. Piko-hidro



Gambar 1 Konstruksi Piko-hidro [1,2]

Untuk pengoperasian generator Piko-hidro ini diperlukan air sebagai sumber penggerak primer, yang pada saat pengoperasian generator pertama sekali diletakkan di bak pembangkit yang dibuat konstruksinya bentuk bak bulat. Setelah generator diletakkan pada posisi yang tepat pada pipa buang di bawah bak pembangkit, barulah kemudian pintu air dilepaskan, air akan mengalir menuju bak pembangkit melalui saluran pembawa, kemudian air akan mengalir menuju bak putaran air [1,2]. Karena konstruksi dari generator Piko-hidro adalah vertikal, maka air akan mengalir menuju blade generator, karena adanya tekanan air yang mengalir, maka *blade* tersebut berputar ke kanan sesuai dengan arah medan magnetnya, karena turbin di *koppel* dengan rotor, maka rotor berputar juga, setelah generator berputar dengan putaran maksimum 1500 rpm dan pada alat ukur voltmeter menunjukkan tegangan 220 volt kemudian generator siap dibebani, maka saklar dihidupkan, maka beban yang diberikan kepada generator akan bekerja akibat adanya beban yang diberikan pada generator tegangan yang dihasilkan generator berkurang menjadi 200 volt [3].

Piko-hidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*), sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. Piko-hidro juga dikenal sebagai *white resources* karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan adanya perkembangan teknologi saat ini, maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik. Ada sebuah peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri, dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah terhalang oleh biaya yang tinggi dari perluasan jaringan listrik [4].

Piko-hidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Ini karena skema Piko-hidro yang mandiri menghemat biaya dari jaringan transmisi, dan karena skema perluasan jaringan sering memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal [4]. Dalam kontrak, skema Piko-hidro dapat didesain dan dibangun oleh pegawai lokal dan organisasi yang lebih kecil dengan mengikuti peraturan yang lebih longgar dan menggunakan teknologi lokal, seperti untuk pekerjaan irigasi tradisional atau mesin-mesin buatan lokal. Pada PLTPH, komponen-komponennya lebih sederhana dibandingkan dengan komponen PLTA dengan skala besar. Komponen dari PLTPH terdiri dari *Diversion*

Weir dan *Intake* (Dam/Bendungan Pengalih dan Intake), *Settling Basin* (Bak Pengendap), *Headrace* (Saluran Pembawa), Pipa pesat (*penstock*), Bak Putaran Air, *head* (Saluran Buangan), Rangkaian Beban Generator, Rangkaian Beban Generator, dan Menara Penyangga [4].

2.2. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem yang meng-*capture*, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data yang secara *spacial* mereferensikan kepada kondisi bumi [5]. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti *query* dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan Sistem Informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna untuk berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi hal-hal yang akan terjadi.

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang menggabungkan antara unsur peta (geografis) dan informasinya tentang peta tersebut (data atribut) [5]. Dengan definisi ini, terlihat bahwa aplikasi SIG di lapangan cukup luas terutama pada bidang yang memerlukan adanya sistem informasi yang tidak hanya menyimpan, menampilkan, dan menganalisis data atribut tetapi juga unsur geografisnya. Salah satu karakteristik *software* SIG adalah adanya sistem *layer* (pelapisan) dalam menggabungkan beberapa unsur informasi (penduduk, tempat tinggal, jalan, persil tanah, dan lain-lain), seperti: *layer*, *coverage* (*ArcInfo* produk ESRI), *theme* (*ArcView* produk ESRI), *layer* (*AutoCAD Map* produk *Autodesk*), *table* (*MapInfo* produk *MapInfo Corp.*), dan lain-lain [5].

Peta merupakan suatu representasi konvensional (miniatur) dari unsur-unsur (*features*) fisik (alamiah dan buatan manusia) dari sebagian atau keseluruhan permukaan bumi di atas media bidang datar dengan skala tertentu [6]. Ada pun persyaratan-persyaratan geometrik yang harus dipenuhi oleh suatu peta sehingga menjadi peta yang ideal adalah jarak antara titik-titik yang terletak di atas peta harus sesuai dengan jarak aslinya di permukaan bumi (dengan memperhatikan faktor skala tertentu); luas suatu unsur yang direpresentasikan di atas peta harus sesuai dengan luas sebenarnya (juga dengan mempertimbangkan skalanya); sudut atau arah suatu garis yang direpresentasikan di atas peta harus sesuai dengan arah yang sebenarnya (seperti di permukaan bumi); dan bentuk suatu unsur yang direpresentasikan di atas peta harus sesuai dengan bentuk yang sebenarnya (juga dengan mempertimbangkan faktor skalanya) [7].

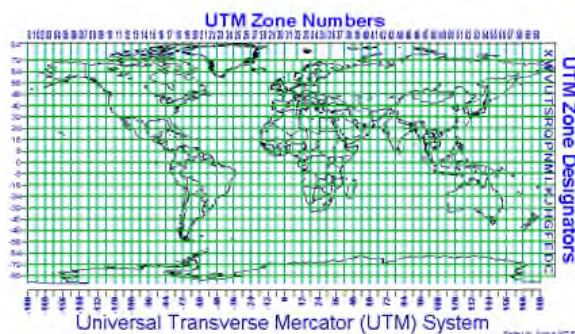
2.2.1. Proyeksi Peta

Proyeksi dalam pemetaan merupakan proses memindahkan gambaran permukaan bumi dan *features*nya (alamiah maupun buatan) ke dalam bidang datar (kertas). Mengingat jumlah proyeksi peta yang banyak, para pengguna yang tidak familiar dengan konsep-konsep proyeksi peta kemungkinan akan mengalami sedikit keraguan dalam memilihnya. Walaupun demikian, beberapa faktor yang dapat dipertimbangkan atau dapat dijadikan petunjuk di dalam pemilihan proyeksi peta ini, terutama untuk kebutuhan peta topografi: tujuan penggunaan dan ketelitian peta yang diinginkan; lokasi geografi, bentuk, dan luas wilayah yang akan dipetakan, dan ciri-ciri asli yang ingin tetap dipertahankan [6].

2.2.2. UTM (*Universal Transverse Mercator*)

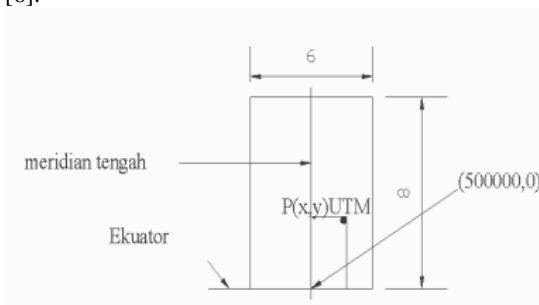
Salah satu proyeksi peta yang terkenal dan sering digunakan adalah UTM [6]. Sebagai ciri hasil proyeksi UTM ini pada sebuah peta, yaitu terdapatnya garis lintang (*Latitude*) dan garis bujur (*Longitude*). Keuntungan Peta ini adalah menggunakan sistem koordinat global (seluruh dunia) sehingga apabila ingin menggambarkan suatu daerah yang diketahui *Latitude* dan *Longitude*-nya, maka untuk menggabungkan satu peta dengan peta yang lainnya tidak akan sulit.

Pada sistem proyeksi ini didefinisikan posisi horizontal dua dimensi (x,y) UTM, dengan menggunakan proyeksi silinder, transversal, dan konform yang memotong bumi pada dua meridian standar. Seluruh permukaan bumi, dalam sistem koordinat ini, dibagi menjadi 60 bagian yang disebut sebagai zona UTM. Setiap zona ini dibatasi oleh dua meridian sebesar 6° dan memiliki meridian tengah sendiri. Sebagai contoh, zona 1 dimulai dari 180° BB hingga 174° BB, zona 2 dari 174° BB hingga 168° BB, terus ke arah timur hingga zona 60 yang dimulai dari 174° BT hingga 180° BT. Batas lintang di dalam sistem koordinat ini adalah 80° LS hingga 84° LU. Setiap bagian derajat memiliki lebar 8° yang pembagiannya dimulai dari 80° LS ke arah utara. Bagian derajat dari bawah (LS) dinotasikan dimulai dari C,D,E,F, hingga X (tetapi huruf I dan O tidak digunakan). Jadi, bagian derajat 80° LS hingga 72° LS diberi notasi C, 72° LS hingga 64° LS diberi notasi D, 64° LS hingga 56° LS diberi notasi E, dan seterusnya [6].



Gambar 2 UTM (Universal Transverse Mercator) [6]

Setiap zona UTM memiliki sistem koordinat sendiri dengan titik nol sejati pada perpotongan antara meridian sentralnya dengan ekuator. Untuk menghindari koordinat negatif, meridian tengah diberi nilai awal absis (x) 500.000 meter. Untuk zona yang terletak di bagian selatan ekuator (LS), juga untuk menghindari koordinat negatif, ekuator diberi nilai awal ordinat (y) 10.000.000 meter. Sedangkan untuk zona yang terletak di bagian utara ekuator, ekuator tetap memiliki nilai ordinat 0 meter [6].



Gambar 3 Zona UTM (Universal Transverse Mercator) [6]

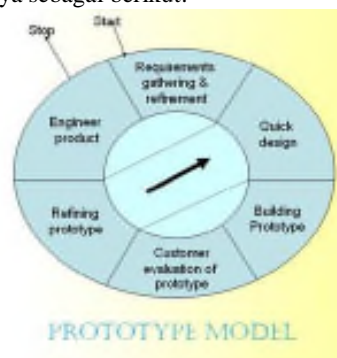
Wilayah Indonesia terbagi dalam 9 zona UTM, mulai dari meridian 90° BT hingga meridian 144° BT dengan batas paralel (lintang) 11° LS hingga 6°LU. Dengan demikian, wilayah Indonesia dimulai dari zona 46 (meridian sentral 93° BT) hingga zona 54 (meridian sentral 141° BT) [6]. Proyeksi *Non-Earth* merupakan proyeksi yang menggunakan koordinat lokal. Proyeksi ini biasanya digunakan untuk mendigitasi berupa suatu denah atau peta tersebut bersifat independen (hanya terdiri 1 lembar peta tersebut) [6].

3. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, dengan menggunakan *Prototype Model*. Model ini dibuat untuk menguji sistem setelah SIG untuk potensi Piko-hidro selesai dibuat. *Prototype* merupakan suatu mekanisme untuk mengidentifikasi kebutuhan dari perangkat lunak yang akan dihasilkan. Terkadang klien hanya memberikan beberapa kebutuhan umum *software* tanpa detail input, proses, atau detail *output*. Tim developer tidak yakin terhadap efisiensi dari algoritma yang

digunakan, tingkat adaptasi terhadap sistem operasi atau rancangan form *user interface*. Ketika situasi seperti ini terjadi, *model prototyping* sangat membantu proses pembangunan software. Meskipun *prototyping* dapat digunakan sebagai model proses yang berdiri sendiri, namun lebih sering digunakan sebagai teknik yang diimplementasikan bersama dengan model-model yang lain. *Prototyping* membantu *developer* dan *user* untuk memiliki pemahaman yang lebih baik tentang apa yang akan dibangun ketika kebutuhan yang diinginkan tidak diuraikan secara jelas. Paradigma *prototyping* diawali dengan komunikasi antara *developer* dan *user* yang bertemu dan mendefinisikan sasaran-sasaran menyeluruh dari perangkat lunak yang akan dibangun, mengidentifikasi kebutuhan apa saja yang diinginkan. Iterasi *prototyping* direncanakan secara cepat, demikian juga pemodelan dalam bentuk rancangan segera dibuat. Perancangan yang cepat berfokus pada penggambaran aspek-aspek perangkat lunak yang akan dilihat oleh *user*, seperti tampilan *interface* antara user dengan sistem, atau format tampilan *output*. Rancangan yang cepat ini akan membawa ke arah pembuatan program (konstruksi) dari *prototype*. *Prototype* diserahkan dan dievaluasi oleh *user*. *Feedback* dari *user* digunakan untuk memperbaiki kriteria kebutuhan perangkat lunak. Hal ini dilakukan berulang-ulang di mana *prototype* disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan *user*, sementara pada saat yang sama, *developer* memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai apa yang diinginkan *user* untuk dipenuhi.

Pada saat *prototype* ini dikembangkan, *developer* berusaha menggunakan program atau *tools* yang ada, seperti *report generator*, *windows manager*, yang memungkinkan *prototype* dibuat secara cepat. *Prototype* berlaku sebagai sistem pengenalan, bukan sebagai sistem yang benar-benar dibuat untuk dioperasikan. Tahapan yang dilakukan di antaranya sebagai berikut:



Gambar 4 Prototype Model [8]

1) Communication

Pengembang dan klien bertemu dan menentukan tujuan umum, kebutuhan yang diinginkan dan gambaran bagian-bagian yang akan dibutuhkan berikutnya.

2) **Quick Plan**

Perancangan dilakukan cepat dan mewakili semua aspek *software* yang diketahui, dan rancangan ini menjadi dasar pembuatan *prototype*.

3) **Modelling Quick Design**

Berfokus pada representasi aspek *software* yang bisa dilihat *user*. *Modelling Quick Design* cenderung ke pembuatan prototipe.

4) **Construction of Prototype**

Membangun kerangka atau rancangan *prototype* dari *software* yang akan dibangun.

1) **Deployment Delivery & Feedback**

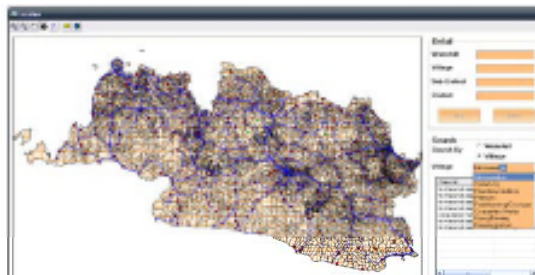
Prototype yang telah dibuat oleh developer akan disebarkan kepada *user/klien* untuk dievaluasi, kemudian klien akan memberikan *feedback* yang akan digunakan untuk merevisi kebutuhan *software* yang akan dibangun.

Perulangan proses ini terus berlangsung hingga semua kebutuhan terpenuhi. *Prototype* dibuat untuk memuaskan kebutuhan klien dan untuk memahami kebutuhan klien lebih baik. *Prototype* yang dibuat dapat dimanfaatkan kembali untuk membangun *software* lebih cepat, namun tidak semua *prototype* bisa dimanfaatkan. Dengan *prototype*, komunikasi antar *developer* dan klien akan lebih mudah. Hal ini akan membuat klien mendapat gambaran awal dari *prototype* dan membantu mendapatkan kebutuhan detail lebih baik.

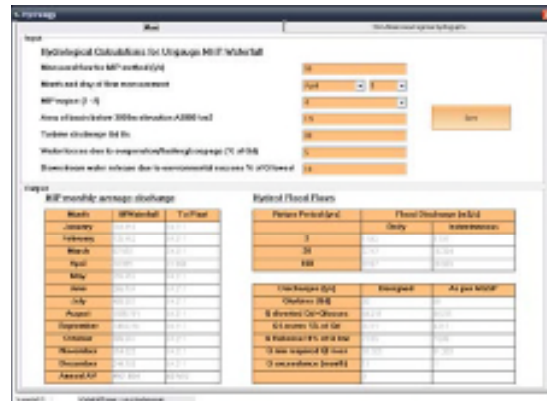
Prototype dapat menjadi model yang efektif untuk rekayasa perangkat lunak. Kuncinya adalah aturan permainan harus dijelaskan di awal proyek, bahwa *developer* dan *user* harus memiliki kesepahaman bahwa *prototype* dibuat sebagai sarana untuk mendefinisikan kebutuhan. Sedangkan perangkat lunak sesungguhnya dibangun dengan berdasarkan kualitas.

4. Hasil

SIG yang dikembangkan pada kegiatan penelitian ini merupakan pengembangan sistem *interface* pengelolaan spasial data untuk melihat dinamika data spasial dan tabular dalam menentukan potensi aliran sungai untuk dimanfaatkan dalam Piko-hidro.



Gambar 5 *Interface* SIG Potensi Piko-hidro



Gambar 6 *Interface* Perhitungan Potensi Piko-hidro

Formulasi untuk menentukan potensi piko-hidro ini dikembangkan oleh Small Hydropower Promotion Project (SHPP)/GTZ, Kathmandu, Nepal pada tahun 2006 dan belum berbasis SIG. Jadi, penambahan SIG untuk menentukan potensi piko-hidro ini masih baru dan perlu dikembangkan lebih baik lagi ke depannya. Sehingga, untuk meningkatkan fleksibilitas, maka formulasi untuk penentuan potensi piko-hidro ini dikembangkan dengan berbasis SIG pada suatu lokasi instalasi piko-hidro berada saja. Dengan demikian, setiap pengguna dapat menambahkan komponen atribut yang disesuaikan dengan nilai kuantitatif pada suatu komponen bidang tertentu (Mini-Mikro-Piko-Hidro) yang nantinya komponen tersebut dapat diklasifikasikan dan dikembangkan ke dalam peta Indonesia dengan basis kecamatan, kabupaten maupun provinsi.

Manfaat yang akan diperoleh dari SIG ini di antaranya dapat menyediakan acuan dalam penentuan potensi aliran sungai yang dapat dimanfaatkan untuk pembangunan (Mini-Mikro-Piko-Hidro) di Indonesia, dapat menyusun data dan informasi berbasis SIG yang memiliki *interface* berupa tampilan peta interaktif, dapat menyusun format standar perekaman dan data informasi yang harus dikumpulkan oleh Kabupaten berbasis keruangan melalui aplikasi SIG, penelitian dan pekerjaan pengembangan SIG ini dapat mengintegrasikan sistem aplikasi dan spasial data agar dapat lebih mudah dan fleksibel memanfaatkan informasi berbasis teknologi SIG tanpa hambatan akan ketidaksesuaian akan komponen yang tidak standar.

5. Simpulan

Penelitian ini dilakukan sejak tahun 2007-an berdasarkan permintaan sejumlah Pemerintah Daerah di Indonesia, baik Pemda Provinsi maupun Pemda Kabupaten yang akan instal Mini-Mikro-Piko-Hidro di daerahnya yang tidak dapat terjangkau oleh PT. PLN. SIG ini dibutuhkan ketika *stakeholder* calon klien pengguna Mini-Mikro-Piko-Hidro ini membutuhkan visualisasi daerah yang akan

diinstal dan tampilan interaktif, yang tidak hanya menampilkan formulasi potensi saja, melainkan daerah/titik instalasinya tergambar dengan nyata. Penelitian ini juga menyediakan perangkat input data berbasis SIG dari tabel-tabel formulasi perhitungan potensi untuk Piko-hidro dan hasil survei yang dirancang untuk merekam data dan dianalisis ke dalam peta interaktif, dapat menyiapkan rancangan mekanisme serta membangun sistem pengelolaan, pemeliharaan, serta *updating* dari sistem informasi dan *database*, sehingga aktualitas data tetap dinamis dan berguna untuk jangka panjang, dan pengembangan sistem *interface* yang terpadu dengan SIG untuk kemudahan dalam penggunaan bagi *end user*.

Luaran dari SIG ini berupa form input data berbasis SIG yang valid, karena sudah melalui proses pengujian validasi dan verifikasi terhadap struktur program, fleksibilitas model form input data yang berbasis SIG serta memberikan kemudahan operasional bagi *end user*, dan dengan menyediakan menu layout dengan fleksibilitas untuk *print out* dan konversi *image* dan hasil perhitungan ke dalam format *spreadsheet file*.

Daftar Pustaka

- [1] Keyes, Bobby, 2009, *Instalasi Pembangkit Listrik Piko-hidro Untuk Suplai Listrik Rumah Tangga*, Program Studi Teknik Elektro Diploma III, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- [2] Luknanto, Djoko, 1971, *Bangunan Tenaga Air*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [3] Luknanto, Djoko, 1994, *Program Pelatihan dan Panduan Perancangan Hidraulika Waterway*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [4] Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology Roorkee, 1999, *Small Hydro Power, Alternate Hydro Energy Center*, University of Roorkee, India.
- [5] Prahasta, Eddy, 2001, *Basic Concepts of Geographic Information Systems*, New York: Information.
- [6] Pujiyanto, 2002, *Design and Application of SIG*, Training Modules, Access Network Laboratory, STT Telkom, Bandung, pp. 1-2.
- [7] Parsetyo, Daniel Hary, 2003, *Geographic Information Systems (SIG) for Landuse*, Popular Articles www.ilmukomputer.com, pp. 1.
- [8] Pressman, Roger. S., 1997, *Software Engineering, a Practitioner's Approach*, Fourth Edition, McGraw Hill