



KAJIAN KELAYAKAN PEMANFAATAN SUPLAI AIR BAKU SISTEM TRANSMISI JALUR EKSISTING PDAB TIRTA UTAMA JATENG UNIT BREGAS SEBAGAI POTENSI ENERGI LISTRIK

Bagus Adhi Putranto^{*)}, Mochtar Hadiwidodo^{)}, Arya Rezagama^{**)}**
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : bagusadhi17@yahoo.com

Abstrak

Keberadaan air pada kehidupan manusia sangatlah penting. Air merupakan salah satu sumber daya alam di Indonesia yang yang dapat digunakan untuk bermacam-macam fungsi. Air digunakan untuk kebutuhan domestik, non domestik, perikanan, irigasi, pembangkit listrik dan lain-lain. Pada sistem transmisi air bersih yang berasal dari mata air daerah pegunungan umumnya memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengalirkan air bersih seperti yang dilakukan oleh PDAB Jawa Tengah Unit Bregas. Sistem jaringan transmisi yang bersifat kontinyu dan adanya tekanan sisa pada setiap ruas merupakan faktor penunjang untuk dapat dimanfaatkan sebagai penghasil daya listrik. Semakin besar debit dan sisa tekan akan menghasilkan daya listrik yang semakin besar pula. Untuk sistem transmisi jalur eksisting ini dapat menghasilkan menghasilkan daya listrik sebesar 212,7 kW pada ruas antara BPT 5 dan BPT 6. Pertimbangan-pertimbangan lainnya dalam penentuan lokasi pembangunan PLTMH meliputi faktor sosial, ekonomi serta teknis.

Kata Kunci: PDAB Jawa Tengah Unit Bregas, Air Bersih, Daya

Abstract

[Feasibility Study of Water Supply Utilization in Existing Water Transmission System- PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas as Electricity Potential]. The presence of water in human life is very important. Water is one of natural resources in Indonesia that can be used to many function. Water used for the needs of domestic, non domestic, fisheries, irrigation, power generation and others. On a system transmission clean water derived from springs mountainous regions generally use the force of gravity to distribute the water as practiced by PDAB Jawa Tengah Unit Bregas. Water system a transmission that is continuous and there was pressure remaining on every segments a factor supporting to can be used to produced electrical power. The bigger discharge and the rest of the press will produce electrical power an increasingly large also. To transmission system of the existing this would yield produce power electricity of 212,7 kw in internode between BPT 5 and BPT 6. Other taking into account in the determination of the site of PLTMH covering factors social, economic and technical

Keywords: PDAB Jawa Tengah Unit Bregas, clean water, power



PENDAHULUAN

Dewasa ini, air tidak hanya dipandang sebagai barang sosial (*social goods*), namun seiring dengan keberadaannya yang semakin langka (*scarcity*), maka air perlu dipandang sebagai barang ekonomis (*economic goods*) tanpa harus melepaskan fungsi sosialnya. Sumber daya air diperlukan untuk menunjang kehidupan manusia, flora, dan fauna, oleh karena itu sumber daya air harus dikelola dengan baik sehingga dapat memenuhi kebutuhan pembangunan.

Kuantitas dan kualitas air sangat bergantung pada tingkat pengelolaan sumber daya air pada masing-masing daerah, penggunaan air yang bervariasi, air baku domestik dan industri, pembangkit tenaga listrik, perikanan, dan pemeliharaan lingkungan. Selain iklim, musim (waktu) serta sifat alam (topografi dan geologi) dan kondisi demografi (jumlah dan penyebaran) serta apresiasi (persepsi) tentang air.

UUD 1945 Pasal 33 ayat (3) menyebutkan bahwa pendayagunaan sumber daya air harus ditujukan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat. Pengertian yang terkandung di dalam amanat tersebut adalah bahwa negara bertanggungjawab terhadap ketersediaan dan pendistribusian potensi sumber daya

air bagi seluruh masyarakat Indonesia, dan dengan demikian pemanfaatan potensi sumber daya air harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memenuhi prinsip-prinsip kemanfaatan, keadilan, kemandirian, kelestarian dan keberlanjutan.

Salah satu sumber daya alam di Indonesia yang bisa digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah air. Pembangkit listrik tenaga air menjadi alternatif selain pembangkit listrik tenaga uap yang menggunakan batu bara yang jumlahnya semakin berkurang. Ada berbagai macam sumber air yang bisa digunakan sebagai pembangkit listrik, diantaranya sungai, irigasi, waduk, bendungan, dan jaringan pipa transmisi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Namun untuk energi alternatif air ini masih belum banyak diterapkan di Indonesia padahal alternatif ini bisa digunakan untuk skala kecil hingga besar tergantung kapasitas jaringan.

Tujuan dari studi perencanaan ini adalah untuk mengevaluasi kondisi eksisting pada pipa transmisi jalur eksisting, menganalisis kondisi hidrolis dan potensi energi listrik dengan variasi debit, menganalisis penentuan alternatif lokasi pembangunan PLTMH, serta menganalisis perbandingan perhitungan manual dan pemodelan hidrolis menggunakan *software* WaterCAD.

TINJAUAN PUSTAKA

Rumus Dasar Hidrolika

Nama Persamaan	Rumus
Kontinuitas	$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = \text{Konstan}$ $Q_1 = Q_2$
Bernoulli	$V_1^2/2g + p_1/\rho g + Z_1 = V_2^2/2g + p_2/\rho g + Z_2 + H_{\text{loss}}$
Darcy-Weisbach (Mayor Losses)	$H_{\text{loss}} = f \cdot L/D \cdot v^2/2g$
Hazen William	$Q = 0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot S^{0.54}$
Minor Losses	$H_m = k \cdot v^2/2g$



Sesuai prinsip *Bernoulli*, tinggi tenaga total di setiap titik pada saluran pipa adalah jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan. Garis yang menghubungkan titik tersebut dinamakan garis tenaga (*Energy Grade Line*). Perubahan diameter pipa dan tempat-tempat tertentu dimana kehilangan tenaga sekunder terjadi ditandai dengan penurunan garis tenaga. Apabila kehilangan tenaga sekunder diabaikan, maka kehilangan tenaga hanya disebabkan oleh gesekan pipa (Triadmodjo, 1993).

Sistem Transmisi Air Baku

Pola pelayanan air bersih kepada penduduk memanfaatkan gravitasi dan pompa. Dari sumber mata air, air baku dialirkan menuju ke reservoir. Dalam hal ini terdapat tiga metode jaringan pipa transmisi (pipa yang mengalirkan air dari sumber ke reservoir atau tempat penampungan).

Air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2007).

Bak pelepas tekan (BPT) merupakan salah satu bangunan penunjang pada jaringan transmisi atau pipa distribusi. BPT berfungsi untuk menghilangkan tekanan lebih yang terdapat pada aliran pipa, yang dapat mengakibatkan pipa pecah. Ketentuan teknis BPT adalah sebagai berikut (Permen PU no 18 th 2007):

Katup (*Valve*) yang merupakan perlengkapan penting dan pokok dalam sistem transmisi air baku air minum antara lain sebagai berikut (PERMEN PU No.18, 2007).

Menurut Fair et al. (1966) reservoir digunakan dalam sistem distribusi untuk

menyeimbangkan debit pengaliran, mempertahankan tekanan, dan mengatasi keadaan darurat. Untuk optimasi penggunaan, reservoir harus diletakkan sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan. Di kota besar, reservoir distribusi ditempatkan pada beberapa lokasi dalam daerah pelayanan. Reservoir distribusi juga digunakan untuk mengurangi variasi tekanan dalam sistem distribusi.

Tenaga Air

Tenaga air atau *hydro power* adalah daya listrik yang dihasilkan dari pemanfaatan aliran air. Energi potensial air dari bendungan atau air terjun diubah menjadi energi kinetik melalui turbin. Energi kinetik ini kemudian diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan generator (Penche dan Minas, 1998).

Berdasarkan Ramli Kadir (2010), berdasarkan output yang dihasilkan, pembangkit listrik tenaga air dibedakan atas :

- Large-hydro* : lebih dari 100 MW
- Medium-hydro*: antara 15 – 100 MW
- Small-hydro* : antara 1 – 15 MW
- Mini-hydro* : Daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
- Micro-hydro*: antara 5kW – 100 kW
- Pico-hydro* : daya yang dikeluarkan 5kW

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu (Jatmiko, 2009):



Daya (power) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$P = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g$$

Dimana :

P = daya keluaran secara teoritis (watt)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

Q = debit air (m^3/s)

h = ketinggian efektif (m)

g = gaya gravitasi (m/s^2)

Alternatif Pemilihan Lokasi

Studi potensi suatu lokasi dapat dilanjutkan kepada kegiatan studikelayakan (SK) bila memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut :

- Total panjang jaringan transmisi/distribusi dan jarak pembangkit terhadap penerima daya (titik beban) terjauh untuk sistem atau jarak pembangkit terhadap titik interkoneksi (gardu penerimadaya) untuk sistem masih memungkinkan.
- Jumlah calon konsumen (orang, rumah, kepala keluarga) tersedia.
- Potensi daya listrik terbangkit mencukupi.
- Kontinuitas ketersediaan air.
- Tidak menurunkan fungsi sistem keairan yang ada.
- Lokasi pembangkit tidak berada di kawasan cagar alam atau budaya yang melarang pembangunan fisik permanen di lokasi tersebut (Lihat Regulasi/peraturan perundang-undangan yang berlaku).
- Ada potensi Sumber Daya Manusia (SDM) atau institusi lokal yang dapat dikembangkan sebagai pengelola PLTMH. (Departemen ESDM, 2009)

Perangkat Lunak WaterCAD

WaterCAD merupakan aplikasi

dengan kemampuan jumlah pipa yang dapat dianalisa lebih dari 250 buah pipa. Program ini memiliki kemampuan *interface* yang mudah digunakan, dimana seluruh fasilitas sudah di sediakan berupa menu pilihan yang tinggal di aplikasikan sesuai jenis pekerjaan yang kita inginkan. Data input yang diperlukan adalah berupa data debit kebutuhan, data ketersediaan air baku, data distribusi air, peta dan teknis jaringan dimana nantinya akan diperoleh hasil output yang memiliki sifat dan karakteristik yang meliputi debit air, kecepatan, tekanan dan kehilangan tekanan. Kegunaan program WaterCAD antara lain (Haestad, 2001; dalam Asmara, 2009).

Hipotesis

Hipotesis dari penelitian dengan judul “Optimasi Suplai Air Baku dan Potensi Energi Listrik Pada Sistem Transmisi Jalur Eksisting PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas” adalah sebagai berikut

- Adanya ketidakwajaran kondisi hidrolik pada pipa karena terdapat kebocoran di beberapa titik.
- Pengaturan debit mempengaruhi kondisi hidrolik pada pipa dan potensi energi listrik yang dihasilkan pada Sistem Transmisi PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas.
- Sistem Transmisi PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas mempunyai beberapa calon lokasi yang mampu menghasilkan sejumlah energi listrik yang bisa digunakan untuk kebutuhan sehari hari.

METODOLOGI STUDI PERENCANAAN

Jenis studi ini bersifat penelitian deskriptif, penelitian deskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk menyelidiki keadaan, kondisi atau hal-hal lain yang sudah disebutkan, yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian. (Arikunto, 2010). Penelitian

deskriptif murni atau *survey* dimaksudkan untuk mengumpulkan data sebanyak-banyaknya, biasanya dimaksudkan sebagai penelitian pendahuluan yang akan ditindaklanjuti dengan upaya atau penelitian lain. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode *survey* untuk mengumpulkan data baik data primer maupun data sekunder. Data-data yang dikumpulkan yaitu data Sistem Transmisi Jalur Eksisting PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas.

Waktu pengambilan data dilakukan pada bulan Juni -Juli 2015, kemudian data yang diperoleh data yang dianalisis dengan menggunakan pemodelan. Penelitian ini dilaksanakan di BPT yang menjadi prioritas dengan titik pengambilan di pipa sebelum air masuk ke BPT pada sistem transmisi jalur eksisting.

Dalam pengambilan data primer di lapangan menggunakan beberapa alat sebagai berikut:

a. GPS

Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit



Gambar 1. GPS

b. *Ultrasonic Flow Meter* (UFM)

UFM merupakan alat ukur jenis inferensial (mengukur secara tidak langsung) yang menentukan kecepatan alir cairan dengan mengukur waktu transit pulsa suara frekuensi tinggi yang melintasi pipa.



Gambar 2. UFM

Tata cara pengambilan data debit menggunakan alat ukur UFM yang pertama adalah menentukan ruas pipa yang akan diukur, kikis lapisan yang ada pada pipa hingga terlihat lapisan utama pipa, pasang alat ukur dan operasikan untuk pengukuran debit, alat secara otomatis menyimpan data yang terbaca oleh alat yang kemudian bisa dipindahkan ke komputer menggunakan *software* tambahan.

Sumber data dalam penelitian ini adalah subjek darimana data dapat diperoleh. Sumber data diklasifikasikan menjadi 3P yaitu *Person*, *Place* dan *Paper*. *Person* adalah sumber data yang bisa memberikan data berupa jawaban lisan melalui wawancara atau jawaban tertulis melalui angket. *Place* adalah sumber data yang menyajikan tampilan berupa keadaan diam atau bergerak sedangkan *paper* adalah sumber data yang menyajikan data berupa tampilan huruf, angka, gambar atau simbol (Arikunto, 2010:172).

Setelah data terkumpul dari hasil pengumpulan data, perlu segera dikerjakan pengolahan data oleh peneliti. Secara garis besar, pekerjaan pengolahan data meliputi persiapan, tabulasi, dan penerapan data sesuai dengan pendekatan penelitian (Arikunto, 2010).



Tabel 1. Hasil Analisis Hidrolik

Nomor	Dari	Ke	Diameter (m)	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Panjang pipa (m)	Headloss (m)	Sisa tekan (m H ₂ O)

Tabel di atas menjelaskan hasil analisis hidrolik pada pemodelan menggunakan *software* WaterCAD dengan data-data awal seperti elevasi, debit, panjang dan diameter pipa, serta koefisien Hazen William.

Tabel 2. Perhitungan Daya

Titik	Debit (l/s)	H efektif (m)	ρ (kg/m ³)	Gaya gravitasi (m/s ²)	Efisiensi turbin	Daya yang dihasilkan (Kwh)

Tabel di atas menunjukkan besaran potensi daya yang mampu dihasilkan pada titik sebelum masuk ke BPT, dengan nilai sisa tekan yang didapat pada tabel 3.3 digunakan pada perhitungan pada tabel 3.4 dengan besaran debit optimum.

Tabel 3. Studi Prioritas Pemilihan Lokasi Potensi Energi Listrik

Posisi pipa	Jarak dengan pemukiman	Akses menuju lokasi	Kondisi sepanjang jalur perpipaan	Hak Kepemilikan Tanah	Sisa tekan	Daya yang dihasilkan

Tahap pengolahan data ini sendiri terdiri dari 2 tahap yaitu :

1. Persiapan

Persiapan yang dimaksud disini berupa kegiatan pengecekan kelengkapan data yang dibutuhkan dan pengecekan

macam isian data yang telah terkumpul.

2. Tabulasi

Pada tahap ini dilakukan pemindahan data yang telah terkumpul ke dalam laptop atau komputer. Diawali dengan membuatabulasi pada buku catatan pada saat pelaksanaan observasi sistem



transmisi khususnya pada Bak Pelepas Tekan (BPT).

Teknik analisis data dilakukan dengan cara memasukkan data-data yang dibutuhkan dalam *software* pemodelan hidrolika pada sistem transmisi jalur eksisting sehingga dapat dihasilkan analisa menurut *software* tersebut. Sebagai kompilasinya dianalisa pula dari hasil perhitungan manual tanpa menggunakan *software*.

Secara singkat tahapan teknik analisis data meliputi menentukan prioritas studi pada salah satu ruas, mensimulasikan jaringan menggunakan *software* WaterCAD pada kondisi eksisting maupun variasi debit, melakukan perhitungan manual dan membandingkannya kemudian membuat hasil tabulasi perhitungan potensi energi listrik pada kondisi debit yang divariasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan Kondisi Debit Eksisting

Pengukuran debit pada kondisi ini dilakukakn dengan pengecekan pada *outlet*

MA Kaligiri (18 Juni 2015) dan MA Gombang (19 Juni 2015). Aliran air bersih dari kedua mata air tersebut akan bertemu di BPT 4, jadi setelah BPT 4 merupakan debit gabungan dari kedua mata air. Pengukuran debit setelah air tergabung menggunakan alat *ultrasonic flow meter* yang dipasang pada pipa sebelum air masuk ke Reservoir Lebaksiu dilakukan pada tanggal 9 Juli 2015

Tabel 4. Debit Outlet Mata Air

Sumber	Debit (l/s)	Debit kapasitas (l/s)
MA Kaligiri	224	252
MA Gombang	84	125

Dari data debit di atas, serta jaringan perpipaan yang ada, dibuat pemodelan dengan menggunakan *software* WaterCAD untuk analisis hidrolisnya. Berikut hasil analisisnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 5. Hasil Analisis Hidrolik Debit Eksisting

Nomor	Dari	Ke	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Panjang pipa (m)	Headloss (m)	Sisa tekan (m)
1	MA KALIGIRI	BPT 1	1068	933.00	400.0	80.0	224	1.78	1,600	27.71	105.1
2	BPT 1	BPT 2	933.00	739.00	400.0	80.0	224	1.78	3,252	56.32	137.4
3	BPT 2	BPT 3	739.00	604.00	400.0	80.0	224	1.78	4,780	82.79	52.1
4	BPT 3	BPT 4	604.00	496.00	400.0	80.0	224	1.78	3,254	56.36	51.5
5	BPT 4	BPT 5	496.00	405.00	400.0	80.0	260	2.07	1,989	45.4	45.5
6	BPT 5	BPT 6	405.00	271.00	400.0	80.0	260	2.07	1,576	35.97	97.8
7	BPT 6	LEBAKSIU	271.00	168	500.0	120.0	260	1.32	9,793	35.58	69
8	MA GOMBONG	BPT 4	705	496	400.0	120.0	84	2.19	3,316	4.41	101.1

Sumber: Report Analysis WaterCAD

Dilihat dari ketentuan batas minimum kecepatan air dalam pipa

transmisi yang berada pada angka 0,3 - 0,6 m/s (Permen PU no 18 tahun 2007) maka



untuk kecepatan alir pada kondisi eksisting pada sistem ini memenuhi syarat dan aman.

Dilihat dari tekanan dalam pipa, pipa steel memiliki maksimum tekanan 100 m dan asbes memiliki maksimum tekanan 80 m, jadi untuk ruas antara mata air Kaligiri menuju BPT 2, mata air Gombang menuju BPT 4, serta ruas dari BPT 5 ke BPT 6 telah melebihi batas kemampuan dari pipa yang bisa mengakibatkan pipa pecah.

B. Pemodelan dengan Variasi Debit

Pada pemilihan variasi debit, debit MA Kaligiri adalah debit maksimal karena kapasitas mata air dan semua debit yang

tidak tertampung akan dialirkan ke aliran irigasi serta untuk kebutuhan air bersih warga sekitar, jadi untuk penambahan debit untuk lebih dari kapasitas tidak mungkin dilakukan. Untuk MA Gombang, debit yang sekarang mengalir telah berkurang serta masih adanya kebocoran, diharapkan debit yang masuk ke BPT 4 sebesar 84 l/s. Dari data debit tersebut, serta jaringan perpipaan yang ada, dibuat pemodelan dengan menggunakan *software* WaterCAD untuk analisis hidrolisnya. Berikut hasil analisisnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Hasil Analisis Debit Optimum

Nomor	Dari	Ke	Elevasi Awal (m)	Elevasi Akhir (m)	Diameter (mm)	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Panjang pipa (m)	Headloss (m)	Sisa tekan (m)
1	MA KALIGIRI	BPT 1	1068	933.00	400.0	80.0	252	2.01	1,600	34.47	98.3
2	BPT 1	BPT 2	933.00	739.00	400.0	80.0	252	2.01	3,252	70.05	123.7
3	BPT 2	BPT 3	739.00	604.00	400.0	80.0	252	2.01	4,780	102.97	31.9
4	BPT 3	BPT 4	604.00	496.00	400.0	80.0	252	2.01	3,254	70.1	37.8
5	BPT 4	BPT 5	496.00	405.00	400.0	80.0	336	2.67	1,989	73	17.9
6	BPT 5	BPT 6	405.00	271.00	400.0	80.0	336	2.67	1,576	57.84	76.0
7	BPT 6	LEBAKSIU	271.00	168	500.0	120.0	336	1.71	9,793	57.2	47.8
8	MA GOMBONG	BPT 4	705	496	400.0	120.0	84	0,67	3,316	4.41	101.1

Sumber: Report Analysis WaterCAD

Dilihat dari ketentuan batas minimum kecepatan air dalam pipa transmisi yang berada pada angka 0,3 - 0,6 m/s (Permen PU no 18 tahun 2007) maka untuk kecepatan alir pada kondisi eksisting pada sistem ini memenuhi syarat dan aman.

Dilihat dari tekanan dalam pipa, pipa steel memiliki maksimum tekanan

100 m dan asbes memiliki maksimum tekanan 80 m, jadi untuk ruas antara mata air Kaligiri menuju BPT 2, mata air Gombang menuju BPT 4, serta ruas dari BPT 5 ke BPT 6 telah melebihi batas kemampuan dari pipa yang bisa mengakibatkan pipa pecah.

a. Perhitungan Potensi Energi

Untuk perhitugan daya yang dapat



dihasilkan, dari hasil analisis di atas ditemukan nilai h efektif pada setiap BPT, rumus untuk menghitung daya sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \cdot \eta$$

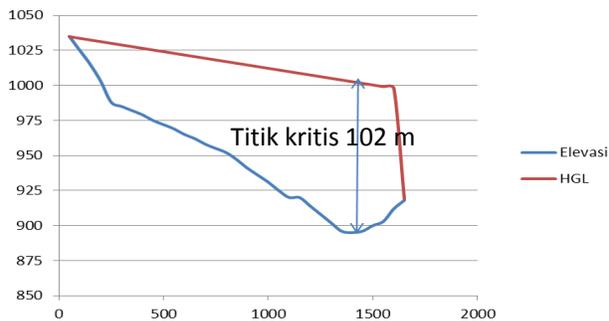
Berikut adalah hasil perhitungan daya pada setiap BPT:

Tabel 7. Perhitungan Daya

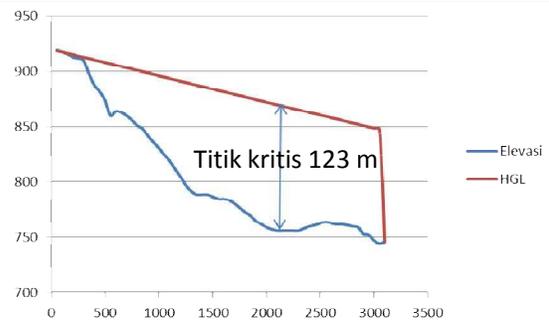
Titik	Debit (l/s)	H efektif (m)	ρ (kg/m ³)	Gaya gravitasi (m/s ²)	Efisiensi turbin	Daya yang dihasilkan (Kwh)
BPT 1	252	98.3	1000	9.8	0.85	206.3
BPT 2	252	123.7	1000	9.8	0.85	259.7
BPT 3	252	31.9	1000	9.8	0.85	67.0
BPT 4	252	37.8	1000	9.8	0.85	79.3
BPT 5	336	17.9	1000	9.8	0.85	50.1
BPT 6	336	76.0	1000	9.8	0.85	212.7
RESERVOIR LEBAKSIU	336	47.8	1000	9.8	0.85	133.8

b. Analisis Titik Kritis

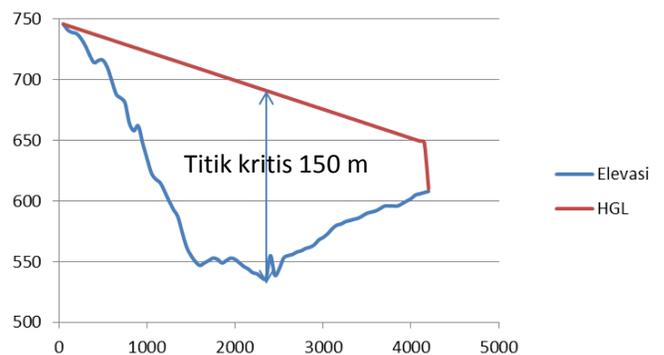
Untuk mengetahui titik kritis pada setiap ruas BPT, dilakukan analisis tentang energi pada setiap ruas BPT, dari grafik dapat dilihat dimana potensi terjadinya *water hammer*.



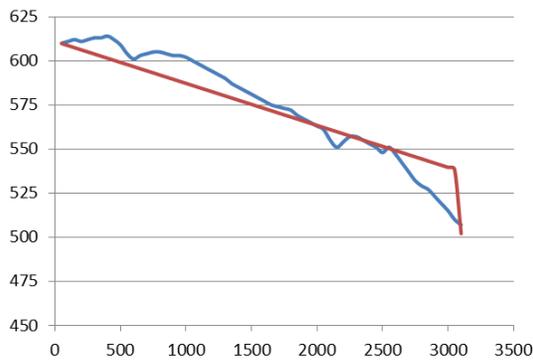
Gambar 3. Profil Pipa Ruas Mata Air – BPT 1



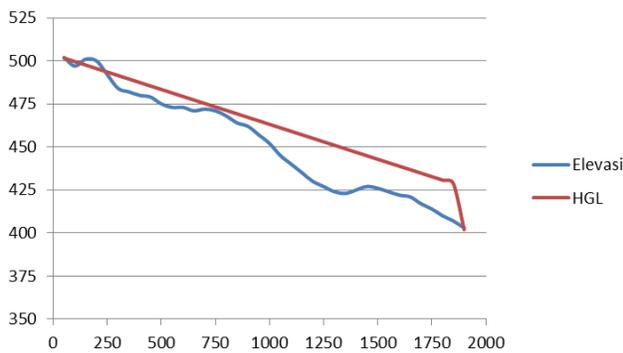
Gambar 4. Profil Pipa Ruas BPT 1 – BPT 2



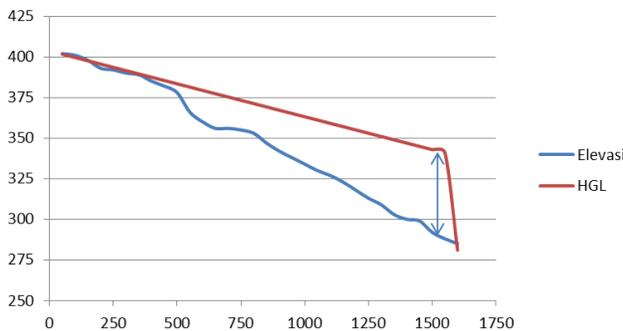
Gambar 5. Profil Pipa Ruas BPT 2 – BPT 3



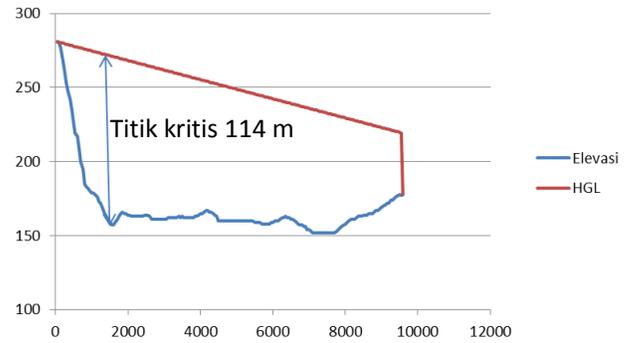
Gambar 6. Profil Pipa Ruas BPT 3 – BPT 4



Gambar 7. Profil Pipa Ruas BPT 4 – BPT 5



Gambar 8. Profil Pipa Ruas BPT 5 – BPT 6



Gambar 9. Profil Pipa Ruas BPT 5 – Reservoir

Dari beberapa profil di atas jalur pada ruas mata air menuju BPT 1, BPT 1 menuju BPT 2 serta BPT 6 menuju reservoir adalah jalur yang paling memungkinkan untuk terjadinya *water hammer* karena tekanan statis air akan lebih dari 120 m, kekuatan pipa steel hanya mampu menahan tekanan sebesar 100 m.

C. Alternatif Pemilihan Lokasi

Menurut pedoman pembangunan PLTMH yang diterbitkan oleh Kementerian ESDM, terdapat beberapa kriteria yang meliputi aspek sosial, aspek ekonomi, dan aspek teknis. Dari ketiga aspek tersebut diambil beberapa kriteria yang mewakili penilaian aspek tersebut. Berikut adalah 4 lokasi dengan kemungkinan paling besar untuk dibangun PLTMH.

Tabel 8. Kriteria Pemilihsn Lokasi

Kriteria	Lokasi Potensi Energi			
	BPT 3 - BPT 4	BPT 4 – BPT 5	BPT 5 – BPT 6	BPT 6 – LEBAKSIU
Beda tinggi antara ujung ruas perpipaan	108 m	91 m	134 m	103 m
Panjang ruas perpipaan	3121 m	1853 m	1575 m	9569 m



Kriteria	Lokasi Potensi Energi			
	BPT 3 - BPT 4	BPT 4 – BPT 5	BPT 5 – BPT 6	BPT 6 – LEBAKSIU
Posisi pipa	Di dalam tanah	Di dalam tanah	Di dalam tanah	Di dalam tanah
Jarak dengan pemukiman	Dekat	Dekat	Dekat	Dekat
Akses menuju lokasi	Mudah	Mudah	Mudah	Mudah
Kondisi sepanjang jalur perpipaan	Aman	Aman	Aman	Aman
Hak kepemilikan tanah / peruntukan lahan BPT	PDAB	PDAB	PDAB	PDAB
Sisa tekan pada BPT (m)	37,8	17,9	76	47,8
Daya yang dihasilkan (Kwh)	79,3	50,1	212,7	133,8

Tabel 9. Skoring Calon Lokasi

Kriteria	Lokasi Potensi Energi			
	BPT 3 - BPT 4	BPT 4 – BPT 5	BPT 5 – BPT 6	BPT 6 – LEBAKSIU
Beda tinggi antara ujung ruas perpipaan	7	8	8	6
Panjang ruas perpipaan	7	8	8	5
Posisi pipa	8	8	8	8
Jarak dengan pemukiman	6	8	8	7
Akses menuju lokasi	6	7	8	8
Kondisi sepanjang jalur perpipaan	7	7	8	7
Hak kepemilikan tanah / peruntukan lahan BPT	9	9	9	9
Sisa tekan pada BPT (m)	3	2	7	6
Daya yang dihasilkan (Kwh)	4	3	9	7
Total	57	60	73	63



D. Perbandingan Perhitungan Manual dan WaterCAD

Perhitungan manual digunakan untuk membandingkan hasil analisis hidrolis yang telah dilakukan sebelumnya

menggunakan *software* WaterCAD. Nantinya kedua perhitungan akan dibandingkan, apakah hasil akhir kedua perhitungan hidrolis sama atau berbeda.

Tabel 10. Perhitungan Manual Debit Variasi

Titik		Elevasi	Elevasi	Beda	Jarak (m)	kekasaran pipa H-W	Diameter (mm)	Debit (l/dt)	Kecepatan (m/dt)	Headloss mayor (m)	Headloss minor (m)	Sisa Tekan (m)	Tinggi Kecepatan (m)	EGL (m)	HGL (m)
Dari	Ke	Awal (m)	Akhir (m)	Tinggi (m)											
Mata Air	BPT 1	1068	933	135	1600	80	400	252	2.01	34.613	0.181	100.2	0.205	1033.205	1033.000
BPT 1	BPT 2	933	739	194	3252	80	400	252	2.01	70.352	0.322	123.3	0.205	862.326	862.121
BPT 2	BPT 3	739	604	135	4780	80	400	252	2.01	103.408	1.961	29.6	0.205	633.631	633.426
BPT 3	BPT 4	604	496	108	3254	80	400	252	2.01	70.395	0.309	37.3	0.205	533.295	533.090
BPT 4	BPT 5	496	405	91	1989	80	400	336	2.68	73.265	0.216	17.5	0.365	422.519	422.155
BPT 5	BPT 6	405	271	134	1576	80	400	336	2.68	58.052	0.078	75.9	0.365	346.870	346.505
BPT 6	RESERVOIR	271	168	103	9793	120	500	336	1.71	57.530	0.229	45.2	0.149	213.241	213.092

Tabel 11. Perbandingan Perhitungan Manual dan WaterCAD

Titik		Kecepatan		Headloss		Sisa Tekan		HGL	
Dari	Ke	Manual	WaterCAD	Manual	WaterCAD	Manual	WaterCAD	Manual	WaterCAD
Mata Air	BPT 1	2.01	2.01	34.79487	34.47	100.2051	98.3	1033	1033.53
BPT 1	BPT 2	2.01	2.01	70.67414	70.05	123.3259	123.7	862.1207	864.95
BPT 2	BPT 3	2.01	2.01	105.3686	102.97	29.63144	31.9	633.4263	638.03
BPT 3	BPT 4	2.01	2.01	70.70452	70.1	37.29548	37.8	533.0903	535.9
BPT 4	BPT 5	2.68	2.68	73.4807	73	17.5193	17.9	422.1545	425
BPT 5	BPT 6	2.68	2.68	58.13008	57.84	75.86992	76	346.5052	349.16
BPT 6	RESERVOIR	1.71	1.71	57.75867	57.2	45.24133	47.8	213.0919	215.8

PENUTUP

Kesimpulan

- Kondisi hidrolis perpipaan sistem transmisi jalur eksisting PDAB Tirta Utama Jateng masih terbilang aman karena telah memenuhi syarat diantaranya kecepatan dalam rentang 0,3 m/s – 3 m/s dan tekanan dalam pipa di bawah kuat tekanan pada pipa.
- Variasi debit total sebesar 336 l/d mempengaruhi kondisi hidrolis pada

sistem tetapi masih aman untuk kecepatan dan kuat tekan pipa serta mempengaruhi besaran potensi energi listrik karena besaran debit dan sisa tekan.

- Jaringan transmisi jalur eksisting memiliki calon lokasi pembangunan PLTMH yang berada pada BPT 6 dengan daya yang dihasilkan sekitar 212,7 KWh.



Saran

- Pengambilan data primer menggunakan UFM dilakukan di awal perpipaan (dekat dengan sumber air) dan di akhir perpipaan (sebelum masuk ke reservoir) agar dapat diketahui kehilangan airnya.
- Lebih memahami penggunaan alat ukur UFM karena cukup kompleks dalam mempersiapkan pengukuran karena banyak faktor yang mempengaruhinya.
- Penggunaan data primer pada aplikasi peta google earth memiliki ketidakakuratan elevasi.
- Untuk profil pipa secara mendetail, sebaiknya dilakukan *tracking* pipa dengan cara berjalan di atas pipa.
- Untuk tahapan pembangunan PLTMH harus dilakukan studi yang lebih mendetail lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, M.Anis et.al.1978. *Water Suplay Engineering Design*. Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan. USA.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik*. (Edisi Revisi). Jakarta : Rineka Cipta
- Asmara, Indri Juwita & Achelia, Elmi, 2009, *Teknik Visualisasi Grafik Berbasis Web di atas Pratform Open Source*. SNASTI(2009). Yogyakarta
- Bass, R. 2009. *Hydroelectric Feasibility Study*. Oregon Institute Of Technology.Oregon City.
- Departemen ESDM. 2009. *Pedoman Studi Potensi (Pra Studi Kelayakan)*. Jakarta.
- Gordon M.Fair,1966 ,*Water and Wastewater Engineering Volume I*, New York:Mc Graw Hill.
- Haimerl, L.A. 1960. *The Cross Flow Turbine*. Jerman Barat
- Kodoatie, Robert J. 2002. *Hidrolika Terapan: Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Yogyakarta: ANDI
- Notosudjono, D. 2002. *Perencanaan PLTMH di Indonesia*. BPPT. Hal 68
- Patty, O.F. 1995. *Tenaga Air*, Erlangga, Jakarta
- Peavy, Howard S et.al. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill. Singapura.
- Penche, C., & Minas, I.d. 1998. *Layman's Guide Book on How to Develop a Small Hydro Site*. Brussel: European Small Hydropower Association.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta
- Prajitno. 2005. *Diktat Kuliah Turbin Air*. MST-UGM, Yogyakarta.
- Ramli Kadir. 2010. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Sungai Marimpa Kecamatan Pinembani*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Palu: Universitas Tadulako.
- Triatmojo, Bambang. 1995. *Hidrolika 1*. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada ,Yogyakarta
- _____. 1996. *Hidrolika 2*. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada ,Yogyakarta