



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

Alan Adiansyah*) Arya Rezagama**) Mochtar Hadiwidodo**)

Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudharto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email : alanadiansyah1@gmail.com

Abstrak

PDAB Tirta Utama Jateng adalah penyedia air bersih bagi kabupaten Brebes, Kota Tegal, dan Kabupaten Tegal. Salah satu jaringan transmisi yang dimiliki adalah Sistem Transmisi Jalur Bregas I yang didalam nya teritegrasi Sistem Transmisi Jalur Bregas II. Jalur Bregas I memiliki sisa tekan yang cukup besar pada setiap bangunan sistem transmisi. Apabila kondisi ini dimanfaatkan berpotensi menghasilkan energi listrik.. Debit pada kondisi eksisting sekarang maksimal sebesar 250,5 l/s . Dari survey lapangan terdapat debit yang belum termanfaatkan menjadi air baku sebesar 335 l/s pada mata air banyumudal (jalur bregas I) dan 385,8 l/s pada mata air suci (bregas II). Namun, tidak semua debit yang tidak termanfaatkan ini terpakai. Dilakukan pemodelan kondisi hidrolik menggunakan watercad v8i dengan variasi debit penambahan 100 l/s, 248 l/s, dan 348 l/s. hasil pemodelan ketiga nya masih memiliki kecepatan air diantara 0,3 – 3 m/s sehingga dipilih penambahan debit 348 l/s. Potensi energi listrik yang dihasilkan dengan debit optimal menjadi 599 l/s serta 3 (tiga) sisa tekan paling besar yaitu 101.08 m, 71.14.m dan 70.47 adalah 504.86 kW, 355.34 kW, dan 351.97 kW.

Kata Kunci: Potensi energi listrik, sisa tekan, debit, kecepatan alir.

Abstract

[Feasibility Study of Water Supply Utilization In Bregas I Water Trasmission System – PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas as Electricity Potential]. PDAB Tirta Utama Jateng is a water supplier for Brebes District, Tegal City, and Tegal District. One of the transmissions of PDAB Tirta Utama Jateng is Jalur Bregas I which is integrated with Jalur Bregas II. Jalur Bregas I has a lot of pressures in the transmission building system. If this condition is being used, it will produce the electrical energy. The excisting maximum flow is 250,5 l/s. From the field survey, there is flow that has not being used as raw water about 335 l/s from Banyumudal's (Jalur Bregas I) water source and about 385,8 l/s from Suci's (Jalur Bregas II) water source. But, not all of the flows is not being used. Because of that reason, it is necessary to make a model about hydraulic condition using watercad v8i with flow variations are 100 l/s, 248 l/s, and 348 l/s. The result of the models are still have velocity between 0,3-3 m/s, so the flow must be added about 348 l/s. The result of the potentials electrical energy with 599 l/s optimum debit and 101,08 m, 71,14 m, and 70,47 optimum pressure are 504,8 kW, 355,34 kW, and 351,97 kW.

Keyword: Potential electrical enery, pressure, flow, velocity.

*) Penulis

**) Dosen Pembimbing

1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan maupun pertumbuhan jumlah penduduk suatu wilayah atau daerah senantiasa diiringi dengan penambahan kebutuhan energi listrik. Ketahanan energi listrik bergantung kepada jumlah sumber daya alam yang tersedia. Sampai saat ini sumber energi pembangkit yang sering ditemukan di Indonesia adalah adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Energi yang dihasilkan pada PLTU berasal dari pembakaran batu bara yang semakin lama ketersediaan batu bara akan berkurang bahkan habis. Oleh karena itu masyarakat memerlukan sumber energi alternatif untuk menjaga ketersediaan energi listrik. Sumber Energi Alternatif Menuju Ketahanan Energi Nasional oleh Lemhanas (Lembaga Ketahanan Nasional) tahun 2006, disebutkan bahwa kebutuhan listrik dunia diproyeksikan akan meningkat dari 14.275 milyar watt di tahun 2002, melonjak menjadi 26.018 milyar watt di tahun 2025, dan sumber energi listrik tersebut sebagian besar diperoleh dari batubara (hampir 40%), diikuti dengan gas yang kecenderungannya semakin meningkat.

Dengan keberadaan sumber daya air yang sangat melimpah di Indonesia, ini bisa dijadikan sebagai solusi alternatif sumber energi listrik. Keberadaan Waduk, sungai, dan irigasi sudah sering dimanfaatkan untuk dijadikan pembangkit listrik Tenaga Air (PLTA). Seperti yang kita ketahui, terdapat banyak Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang memanfaatkan mata air sebagai sumber air Baku. Dengan debit dan head yang cukup tinggi pada sistem transmisinya, sebenarnya hal ini sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), namun dalam skala yang relatif kecil. Dalam Pelaksanaannya untuk menghasilkan energi yang berasal dari sistem perpipaan, banyak aspek yang perlu diperhatikan salah satunya adalah sisa tekan (head). Untuk memperoleh sisa tekan yang optimal agar bisa mendukung listrik yang dihasilkan, hal ini akan sangat berkaitan dengan kondisi hidrolik terutama kehilangan energi (headloss) yang terjadi di dalam pipa. Untuk mendapatkan sisa tekan (head) yang tinggi maka diharuskan memperkecil kehilangan tekanan (headloss). Untuk memperkecil kehilangan tekanan (headloss) bisa dengan cara memperpendek

panjang pipa, memperbesar diameter pipa, dan memperkecil kecepatan aliran dalam pipa. Dengan sistem perpipaan transmisi yang sudah terpasang solusi yang paling memungkinkan adalah dengan cara memperkecil kecepatan aliran dalam pipa. Untuk melakukan hal tersebut maka diperlukan untuk mengatur (memperkecil) debit air dari sumber air baku. Namun dengan mengatur (memperkecil) debit akan menimbulkan resiko dapat mengganggu pasokan air ke daerah pelayanan dan menurunkan potensi energi listrik yang dihasilkan. Maka dari itu diperlukan pengaturan debit yang optimal agar menghasilkan potensi energi listrik dengan kehilangan tekanan (headloss) yang kecil untuk mendapatkan sisa tekan (head) yang tinggi serta yang paling penting tanpa mengganggu pasokan air kepada masyarakat.

Salah satu instansi yang memanfaatkan mata air sebagai sumber air baku adalah PDAB Tirta utama Jateng adalah Unit Bregas yang menyediakan air baku untuk PDAM Brebes, PDAM Tegal, dan PDAM Slawi. PDAB Unit Bregas banyak memanfaatkan mata air untuk dijadikan sumber air baku dengan pengambilan debit yang cukup besar, diantaranya dari Mata Air Serang (861 mdpl) debit 300 l/s, Mata Air Banyumudal (837 mdpl) debit 430 l/s, Mata Air Suci (1.847 mdpl) debit 800 l/s dan masih banyak mata air yg digunakan dalam pengembangannya. Dengan head dan debit yang cukup tinggi pada sistem transmisi PDAB Tirta Utama Jateng, Hal ini dapat sangat berpotensi menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

2. Metode Penelitian

2.1. Alat

- GPS

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



Gambar 1. GPS

- Ultrasonic flow meter (UFM)
Ultrasonic flow meter (UFM) merupakan meter jenis inferensial (mengukur secara tidak langsung) yang menentukan kecepatan alir cairan (liquid flow rate) dalam pipa dengan mengukur waktu transit pulsa suara frekuensi tinggi (high-frequency sound pulses) yang melintasi pipa aliran.



Gambar 2. UFM

- Current Meter
Current meter adalah alat untuk mengukur kecepatan aliran (kecepatan arus). Ada dua tipe current meter yaitu tipe baling-baling (proppeler type) dan tipe cangking (cup type).



Gambar 3. Current Meter

2.2. Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan debit pada ruas pipa menuju Bak Pelepas Tekan menggunakan Ultrasonic flow meter (UFM) adalah sebagai berikut :

1. Tentukan terlebih dahulu ruas pipa yang menuju Bak Pelepas Tekan (BPT) yang akan di ukur.
2. Pasang Ultrasonic flow meter (UFM) pada titik pengambilan debit
3. Operasikan Ultrasonic flow meter (UFM) pilih pengukuran debit
4. Pada ruas pipa ini diambil tiga titik pengambilan debit
5. Catat hasilnya

Teknik pengambilan debit yang tidak termanfaatkan (menjadi sungai) oleh PDAB Tirta Utama Jateng :

1. Ukur lebar sungai

2. Buat lebar sungai menjadi beberapa segmen dan batas nya ditandai menggunakan patok
3. Ukur kedalaman masing-masing patok
4. Ukur kecepatan alir dengan current meter
5. Ulangi langkah diatas sebanyak data yang diinginkan persegmen.

2.3. Teknik Pengolahan Data

Data mentah belum dapat dibaca atau belum memiliki informasi. Peneliti harus melakukan pengolahan data agar mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Pengolahan data dilakukan dengan tujuan untuk menyederhanakan data yang telah terkumpul, menyajikan dalam susunan yang baik, kemudian dianalisa (Siswanto, 2012).

Ada 3 kegiatan yang dilakukan didalam mengolah data (Siswanto, 2012) :

1. Penyuntingan (Editing)

Penyuntingan dilakukan dengan maksud untuk memeriksa semua data yang telah didapat, karena kadang terjadi kesalahan dalam metode penelitian yang dilaksanakan. Misalnya dalam penelitian ini terdapat data yang tidak digunakan atau tidak mendukung analisis data, maka data tersebut tidak dipakai dalam proses selanjutnya.

2. Pengkodean (Coding)

Pengkodean ini dilakukan untuk menyederhanakan semua data-data mentah, juga untuk memudahkan mengolah data melalui software pengolah data statistik. Misalnya dalam penelitian ini ketika tracking jalur transmisi, unit BPT yang dikoordinat diberi tanda "1" ataupun tiap katup yang dikoordinat diberi tanda "2".

3. Tabulasi (Tabulating)

Tabulasi dilakukan dengan menyusun dan menghitung data hasil pengkodean, kemudian dibuat table agar mudah terbaca. Dimana contoh dalam penelitian ini saat pelaksanaan observasi sistem transmisi khususnya pada Bak Pelepas Tekan (BPT) kemudian memastikan semua data telah terisi dengan benar lalu memindahkannya ke dalam Microsoft Excel untuk memudahkan pengolahan data selanjutnya. Bentuk

*) Penulis

**) Dosen Pembimbing



tabulasi dalam tahap pengolahan data ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabulasi Data

No. BPT	Titik koordinat	Elevasi	Panjang Pipa Input BPT	Hak Kepemilikan Tanah	Jarak dengan pemukiman

Sumber : Analisis Penulis, 2015

Setelah dilakukan pengamatan lapangan, maka dilakukanlah tahap alternatif pemilihan lokasi berdasarkan data yang tersaji dalam tabel 1 dengan format tabulasi yang berbeda.

2.4. Teknik Analisis Data

Secara singkat tahapan teknik analisis data meliputi :

- Mensimulasikan jaringan sistem transmisi Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas dengan menggunakan software Watercad baik kondisi eksisting maupun dengan pengaturan debit yang akan direkayasa.
- Melakukan perhitungan manual kondisi hidrolis sistem transmisi Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas dan membandingkannya dengan hasil permodelan software Watercad.
- Membuat tabulasi perhitungan energi listrik yang dihasilkan dari rekayasa variasi debit sistem transmisi Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas sehingga didapat potensi energi listrik optimal.
- Menentukan prioritas lokasi studi pada Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas. Lokasi studi difokuskan pada pemilihan BPT yang berpotensi sebagai salah satu unit PLTMH ditinjau dari kondisi hidrolis dan aspek lainnya.

Berikut adalah aspek dan kriteria penilaiannya :

- Jarak dengan pemukiman
 - Dekat mendapatkan 10 poin
 - Jauh mendapatkan 5 poin
- Potensi Energi Listrik
 - > 500 kW mendapat 10 poin
 - 451 – 500 kW mendapat 9 poin

- 401 – 450 kW mendapat 8 poin
 - 351 – 400 kW mendapat 7 poin
 - 301 – 350 kW mendapat 6 poin
 - 251 – 300 kW mendapat 5 poin
 - 201 – 250 kW mendapat 4 poin
 - 151 – 200 kW mendapat 3 poin
 - 101 – 150 kW mendapat 2 poin
 - < 100 kW mendapat 1 poin
- Kontinuitas air
 - Peluang kontinuitas air kecil mendapatkan 5 poin
 - Peluang kontinuitas air besar mendapatkan 10 poin
 - Tidak menurunkan fungsi sistem keairan
 - Tidak menurunkan fungsi sistem keairan mendapatkan 10 poin
 - Menurunkan fungsi sistem keairan mendapatkan 5 poin
 - Lokasi bukan berada bukan di kawasan cagar alam
 - Bukan berada di kawasan cagar alam mendapatkan 10 poin
 - Berada di kawasan cagar alam mendapatkan 5 poin
 - Hak kepemilikan tanah
 - Milik PDAB mendapatkan 10 poin
 - Milik Masyarakat mendapatkan 5 poin

6. Hasil dan Pembahasan

a. Pemodelan kondisi eksisting dengan software Watercad V8i

Jalur Bregas 1 bersumber pada tiga mata air (Kemadu, Mau, dan Serang) yang semua air nya akan dikumpulkan di Chamber Serang. Pada Chamber Serang terdapat water meter untuk mengukur jumlah air yang akan di alirkan. Kemudian melewati Bak Pelepas Tekan sebelum sampai di Reservoir Yamansari. Gambaran Umum sistem transmisi jalur Bregas 1 terdapat pada tabel

Tabel 2. Kondisi eksisting jalur Bregga I

Titik Awal	Elevasi (m)	Panjang Pipa (m)	Diameter (Inch) dan Jenis Pipa
Mata Air (Chamber Serang)	818.35		
BPT 1a	753.255	750	GIP 16"
BPT 1b	687.87	850 1050	GIP 16" PVC 16"
Chamber sarwan	645.03	1500	PVC 16"
BPT 2a	583.715	1800	PVC 20"

*) Penulis

**) Dosen Pembimbing



Titik Awal	Elevasi (m)	Panjang Pipa (m)	Diameter (Inch) dan Jenis Pipa
BPT 2b	488.8	950	PVC 20"
Chamber kalibakung	444.415	1800	Steel 20"
BPT 3a	367.294	1300	PVC 24 "
BPT 3b	255.39	2350	PVC 24 "
BPT 3c	182.391	1850	"
Reservoir Yamansari	95.91	330	PVC 24 "

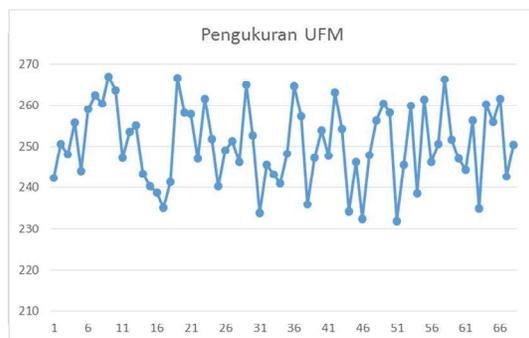
Pengukuran debit eksisting dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu pada Chamber Serang menggunakan water meter dan pada ruas pipa setelah Chamber kalibakung menggunakan *Ultra Sonic Flow Meter (UFM)*

Pengukuran pada Chamber Serang di dapatkan data tersaji pada tabel :

Tabel 3. Data Debit Pada Chamber Serang

Pengukuran Ke	Debit
1	242.54 l/s
2	230.52 l/s
Rata -rata	236.53 l/s

Pengukuran debit dalam pipa setelah Chamber Kalibakung didapatkan hasil tersaji pada gambar :



Gambar 4. Hasil UFM

Rata- rata debit dari 67 kali pengambilan data adalah 250.4957 l/s. Berikut adalah hasil pemodelan hidrolis kondisi eksisting jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng :

Tabel 4. Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting

Titik Awal	Elevasi (m)	Titik akhir	Elevasi (m)	Debt (l/d)	Kecepatan (m/dt)	Sisa Tekan (mH ₂ O)
Mata Air (Chamber Serang)	818.35	BPT 1a	753.25 ₅	236.5 ₃	1.88	59.3
BPT 1a	753.25 ₅	BPT 1b	687.87	236.5 ₃	1.88	48.2
BPT 1b	687.87	Chamber sarwan	645.03	236.5 ₃	1.88	34.2
Chamber sarwan	645.03	BPT 2a	583.71 ₅	236.5 ₃	1.2	58.0
BPT 2a	583.71 ₅	BPT 2b	488.8	236.5 ₃	1.2	92.6
BPT 2b	488.8	Chamber kalibakung	444.41 ₅	236.5 ₃	1.2	39.9
Chamber kalibakung	444.41 ₅	BPT 3a	367.29 ₄	250.5	0.89	75.9
BPT 3a	367.29 ₄	BPT 3b	255.39	250.5	0.89	109.7
BPT 3b	255.39	BPT 3c	182.39 ₁	250.5	0.89	71.2
BPT 3c	182.39 ₁	Reservoir Yamansari	95.91	250.5	0.89	83.4

b. Perhitungan Debit Yang Tidak Termanfaatkan Dan Pemodelan Dengan Variasi Debit Pada Jalur Bregas I Menggunakan Software Watercad V8i

Kapasitas debit mata air pada Jalur Bregas I Tirta Utama Jateng belum termanfaatkan seluruhnya untuk keperluan air bersih. Sebagian besar air yang tidak termanfaatkan dipakai untuk mengairi sawah dan ladang milik penduduk sekitar. Dengan debit yang bertambah akan berbanding lurus dengan jumlah potensi energi listrik yang akan dihasilkan.

3.2.1 Perhitungan Debit Yang Tidak Termanfaatkan Pada Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng

Dilakukan pengambilan data kecepatan aliran sebanyak lima kali dengan jarak satu meter untuk mendapatkan debit yang tidak termanfaatkan dengan hasil :

- V rata-rata segmen I : 0,6 m/s
- V rata-rata segmen II : 0,4 m/s
- V rata-rata segmen III : 0,6 m/s
- V rata- rata total : 0,534 m/s
- Luas Total penampang sungai :

$$= 7737.5 \text{ cm}^2 = 0.77375 \text{ m}^2$$

$$V_a = V_f \times c$$

Dimana :

*) Penulis
 **) Dosen Pembimbing



- Saluran beton, persegi panjang lurus $c = 0,85$
- Sungai luas, tenang, aliran bebas ($> 10 \text{ m}^2$) $c = 0,75$
- Sungai dangkal ($< 0,5 \text{ m}$), aliran bebas ($< 10 \text{ m}^2$) $c = 0,65$
- Sungai dangkal ($< 0,5 \text{ m}$), aliran turbulen $c = 0,45$
- Sungai sangat dangkal ($< 0,2 \text{ m}$) aliran turbulen $c = 0,25$

$$Q_{\text{jalur Bregas 1}} = V_a \times A$$

$$= 0,534 \text{ m/s} \times 0,65 \times 0,77375 \text{ m}^2$$

$$= 0,413 \text{ m}^3/\text{s} = 413 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{jalur Bregas 2}} = 0,0186 \times b \text{ (cm)} \times h^{3/2} \text{ (cm)}$$

$$= 0,0186 \times 140 \text{ cm} \times 28^{3/2} \text{ cm}$$

$$= 385,8 \text{ liter/detik}$$

3.2.2 Pemodelan Dengan Variasi Debit Pada Jalur Bregas I Menggunakan Software Watercad V8i

Debit yang tidak termanfaatkan tidak diambil seluruhnya. Namun direncanakan pada Jalur Bregas I digunakan hanya 100 l/s dan pada Jalur Bregas 2 digunakan hanya 248 l/s.

3.2.2.1 Pemodelan Penambahan Debit 100 l/s Dari Mata Air Pada Jalur Bregas I Menggunakan Software Watercad V8i

Berikut adalah hasil pemodelan tambahan 100 l/s pada Jalur Bregas I yang tidak termanfaatkan menggunakan software *Watercad V8* :

Tabel 5. Hasil Pemodelan Penambahan Debit 100 l/s

Titik Awal	Elevasi (m)	Titik akhir	Elevasi (m)	Debit (l/d)	Kecepatan (m/dt)	Sisa Tekan (mH ₂ O)
Mata Air (Chamber Serang)	818.35	BPT 1a	753.255	337	2.68	54.25
BPT 1a	753.255	BPT 1b	687.87	337	2.68	32.51
BPT 1b	687.87	Chamber sarwan	645.03	337	2.68	26.40
Chamber sarwan	645.03	BPT 2a	583.715	337	1.72	54.98
BPT 2a	583.715	BPT 2b	488.8	337	1.72	90.61
BPT 2b	488.8	Chamber kalibakung	444.415	337	1.72	35.81
Chamber kalibakung	444.415	BPT 3a	367.294	351	1.24	74.90
BPT 3a	367.294	BPT 3b	255.39	351	1.24	107.88
BPT 3b	255.39	BPT 3c	182.391	351	1.24	69.63
BPT 3c	182.391	Reservoir Yamansari	95.91	351	1.24	80.86

Dari hasil pemodelan kondisi eksisting menggunakan *Watercad V8i* yang tertera pada tabel di atas untuk kecepatan air masih masuk dalam batasan kecepatan air dalam pipa yaitu antara 0,3 – 3 m/s. Kecepatan paling rendah yaitu 1,24 m/s sedangkan kecepatan paling

tinggi 2,68 m/s. Namun untuk tekanan dalam pipa, ada tiga ruas pipa yaitu dari BPT 2a menuju BPT 2b, dari BPT 3a menuju BPT 3b, dan BPT 3c ke Reservoir Yamansari yang melebihi batasan tekanan maksimum pada pipa secara teoritis (untuk pipa PVC 60-80 mH₂O). Tekanan yang melebihi batasan maksimum dapat mengakibatkan pipa pecah yang dapat mengganggu kelancaran pasokan air bersih.

3.2.2.2 Pemodelan Penambahan Debit 248 l/s Dari Mata Air Pada Jalur Bregas II Menggunakan Software Watercad V8i

Untuk mengetahui pengaruh penambahan debit 248 l/s dari mata air jalur Bregas II terhadap kondisi hidrolis, dilakukan pemodelan dengan *software Watercad V8i*. Hasil pemodelan kondisi hidrolis nya terdapat pada tabel.

Tabel 6. Hasil Pemodelan Penambahan Debit 248 l/s

Titik Awal	Elevasi (m)	Titik akhir	Elevasi (m)	Debit (l/d)	Kecepatan (m/dt)	Sisa Tekan (mH ₂ O)
Mata Air (Chamber Serang)	818.35	BPT 1a	753.255	237	1.89	59.44
BPT 1a	753.255	BPT 1b	687.87	237	1.89	48.24
BPT 1b	687.87	Chamber sarwan	645.03	237	1.89	34.27
Chamber sarwan	645.03	BPT 2a	583.715	237	1.21	58.01
BPT 2a	583.715	BPT 2b	488.8	237	1.21	92.67
BPT 2b	488.8	Chamber kalibakung	444.415	237	1.21	39.92
Chamber kalibakung	444.415	BPT 3a	367.294	499	1.76	72.86
BPT 3a	367.294	BPT 3b	255.39	499	1.76	104.18
BPT 3b	255.39	BPT 3c	182.391	499	1.76	66.54
BPT 3c	182.391	Reservoir Yamansari	95.91	499	1.76	75.70

Dari hasil pemodelan kondisi eksisting menggunakan *Watercad V8i* yang tertera pada tabel di atas untuk kecepatan air masih masuk dalam batasan kecepatan air dalam pipa yaitu antara 0,3 – 3 m/s. Kecepatan paling rendah yaitu 1,21 m/s sedangkan kecepatan paling tinggi 1,89 m/s. Namun untuk tekanan dalam pipa, ada tiga ruas pipa yaitu dari BPT 2a menuju BPT 2b dan BPT 3a menuju BPT 3b yang melebihi batasan tekanan maksimum pada pipa secara teoritis (untuk pipa PVC 60-80 mH₂O). Tekanan yang melebihi batasan maksimum dapat mengakibatkan pipa pecah yang dapat mengganggu kelancaran pasokan air bersih.

3.2.2.3 Pemodelan Penambahan Penambahan Debit 100 l/s Dari Jalur Bregas I Dan Debit 248 l/s Dari Mata Air Pada Jalur Bregas II Menggunakan Software Watercad V8i

*) Penulis
 **) Dosen Pembimbing



Untuk mengetahui pengaruh penambahan debit 100 l/s dari jalur Bregas I 248 l/s dari mata air jalur Bregas II terhadap kondisi hidrolis, dilakukan pemodelan dengan *software Watercad V8i*. Hasil pemodelan kondisi hidrolis nya terdapat pada tabel

Tabel 7. Hasil Pemodelan Penambahan Debit 248 l/s

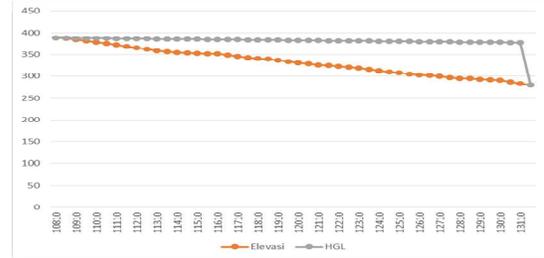
Titik Awal	Elevasi (m)	Titik akhir	Elevasi (m)	Debit (l/d)	Kecepatan (m/dt)	Sisa Tekan (mH ₂ O)
Mata Air (Chamber Serang)	818.35	BPT 1a	753.255	337	2.68	54.25
BPT 1a	753.255	BPT 1b	687.87	337	2.68	32.51
BPT 1b	687.87	Chamber sarwan	645.03	337	2.68	26.40
Chamber sarwan	645.03	BPT 2a	583.715	337	1.72	54.98
BPT 2a	583.715	BPT 2b	488.8	337	1.72	90.61
BPT 2b	488.8	Chamber kalibakung	444.415	337	1.72	35.81
Chamber kalibakung	444.415	BPT 3a	367.294	599	2.12	71.15
BPT 3a	367.294	BPT 3b	255.39	599	2.12	101.08
BPT 3b	255.39	BPT 3c	182.391	599	2.12	63.95
BPT 3c	182.391	Reservoir Yamansari	95.91	599	2.12	71.36

Dari hasil pemodelan kondisi eksisting menggunakan *Watercad V8i* yang tertera pada tabel di atas untuk kecepatan air masih masuk dalam batasan kecepatan air dalam pipa yaitu antara 0,3 – 3 m/s. Kecepatan paling rendah yaitu 1,72 m/s sedangkan kecepatan paling tinggi 2,68 m/s. Namun untuk tekanan dalam pipa, ada tiga ruas pipa yaitu dari BPT 2a menuju BPT 2b dan dari BPT 3a menuju BPT 3b yang melebihi batasan tekanan maksimum pada pipa secara teoritis (untuk pipa PVC 60-80 mH₂O). Tekanan yang melebihi batasan maksimum dapat mengakibatkan pipa pecah yang dapat mengganggu kelancaran pasokan air bersih.

3.2.2.4 Variasi Penambahan Debit Yang Optimal Pada Sistem Transmisi Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng

Dari ketiga variasi penambahan debit, diperoleh penambahan debit 100 l/s dari jalur Bregas I 248 l/s dari mata air jalur Bregas II merupakan penambahan yang paling optimal. Kecepatan alir dalam pipa masih diantara 0,3 – 3 m/s dan memiliki sisa tekan yang paling tinggi.

Berikut adalah contoh grafik perbandingan elevasi dan *Hydraulic Gradient Line* (HGL)



Gambar 5. HGL Ruas 3a menuju 3b

Dari grafik diatas perbedaan antara *Hydraulic Gradient Line* (HGL) dan elevasi yang sangat besar pada ruas menuju BPT 3a menuju BPT 3b berada pada jarak 1310 m dari sumber air yang memiliki nilai 95,17 m Dengan tekan sebesar 95,17 m dan menggunakan pipa PVC, dapat mengakibatkan pipa pecah.

3.3 Perhitungan Manual Kondisi Hidrolis Dengan Variasi Debit dan Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Jalur Bregas 1

Untuk mengecek ketepatan pemodelan akan dibandingkan dengan perhitungan kondisi hidrolis secara manual untuk Jalur Bregas 1. Hasil lengkap perhitungan manual terdapat pada tabel

Tabel 8. Hasil Pemodelan Penambahan Debit 100 l/s dan 248 l/s

Titik Awal	Elevasi (m)	Titik akhir	Elevasi (m)	Kecepatan (m/dt)		Headloss (m)		Sisa Tekan (m)	
				Watercad	Manual	Watercad	Manual	Watercad	Manual
Mata Air (Chamber Serang)	818.35	BPT 1a	753.255	2.68	2.68	10.77	11.13882	54.25	53.96
BPT 1a	753.255	BPT 1b	687.87	2.68	2.68	32.72	33.60566	32.51	31.78
BPT 1b	687.87	Chamber sarwan	645.03	2.68	2.68	16.56	17.00023	26.40	25.84
Chamber sarwan	645.03	BPT 2a	583.715	1.72	1.72	6.39	6.50448	54.98	54.81
BPT 2a	583.715	BPT 2b	488.8	1.72	1.72	4.27	4.30152	90.61	90.61
BPT 2b	488.8	Chamber kalibakung	444.415	1.72	1.72	8.52	8.86637	35.81	35.52
Chamber kalibakung	444.415	BPT 3a	367.294	2.12	2.12	5.94	5.97702	71.15	71.14
BPT 3a	367.294	BPT 3b	255.39	2.12	2.12	10.76	10.82523	101.08	101.08
BPT 3b	255.39	BPT 3c	182.391	2.12	2.12	9	9.51683	63.95	63.48
BPT 3c	182.391	Reservoir Yamansari	95.91	2.12	2.12	15.12	16.01156	71.36	70.47

Sumber : Report Analysis Watercad V8i

Apabila perhitungan manual dengan pemodelan watercad dibandingkan, maka didapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda secara signifikan untuk kecepatan headloss, dan sisa tekan.

3.4. Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Jalur Bregas 1

Energi listrik yang dihasilkan setelah mengoptimalkan debit mata air yang diambil dapat dihitung dengan rumus

$$P_{net} = g \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)}$$

Di mana:

$$P_{net} = \text{Daya yang dihasilkan (kW)}$$

*) Penulis
 **) Dosen Pembimbing



- g = percepatan gravitasi dengan nilai 9,8 m/s²
 Q = debit sungai (m³/detik)
 H = Head (m)
 η = efisiensi Total (0,85-0,95)

Maka untuk potensi energi listrik yang dihasilkan pada setiap Bak Pelepas Tekan dan Setiap bak pengumpul adalah :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Chamber Serang - BPT 1a}} &= 9.81 \times (337 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 53.96 \times 0.85 \\
 &= 151.62 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 1a - BPT 1b}} &= 9.81 \times (337 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 31.78 \times 0.85 \\
 &= 89.3 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 1b - Chamber Sarwan}} &= 9.81 \times (337 \text{ l/s} / 1000) \times \\
 &25.84 \times 0.85 \\
 &= 72.61 \text{ kW} \\
 P_{\text{Chamber Sarwan - BPT 2a}} &= 9.81 \times (337 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 54.81 \times 0.85 \\
 &= 154.02 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 2a - BPT 2b}} &= 9.81 \times (337 \text{ l/s} / 1000) \times \\
 &90.61 \times 0.85 \\
 &= 254.63 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 2b - Chamber Kalibakung}} &= 9.81 \times (337 \text{ l/s} / 1000) \times \\
 &35.52 \times 0.85 \\
 &= 99.81 \text{ kW} \\
 P_{\text{Chamber Kalibakung - BPT 3a}} &= 9.81 \times (599 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 71.14 \times 0.85 \\
 &= 355.34 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 3a - BPT 3b}} &= 9.81 \times (599 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 101.08 \times 0.85 \\
 &= 504.86 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 3b - BPT 3c}} &= 9.81 \times (599 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 63.48 \times 0.85 \\
 &= 317.07 \text{ kW} \\
 P_{\text{BPT 3c - Reservoir Yamansari}} &= 9.81 \times (599 \text{ l/s} / 1000) \\
 &\times 70.47 \times 0.85 \\
 &= 351.97 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan potensi listrik paling besar terdapat pada ruas BPT 3a menuju BPT 3b sebesar 504.86 kW. Dengan debit 599 l/s dan potensi listrik 504.86 kW maka turbin yang digunakan adalah Turbin Pelton.

3.5 Alternatif Pemilihan Lokasi

Dari hasil pemilihan lokasi diperoleh 3 (tiga) lokasi yang di rekomendasikan mejadi lokasi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

1. Dari BPT 3a menuju BPT 3b dengan perolehan 55 poin
2. Dari BPT 3c menuju Reservoir Yamansari dengan perolehan 52 poin

3. Dari Chamber Kalbakung menuju BPT 3a dengan perolehan 52 poin.

7. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi Eksisting Sistem Transmisi Jalur Bregas I PDAB Tirta Utama Jateng Unit Bregas untuk kecepatan alir berkisar antara 0,89 m/s – 1,88 m/s dan untuk tekanan kerja pada pipa berkisar antara 34,2 mka – 109,7 mka. Apabila disesuaikan dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 maka untuk batas kecepatan alir yang diizinkan 0,3 m/s – 3 m/s, maka kecepatan alir kondisi eksisting masih diperbolehkan. Sedangkan batasan tekanan kerja pada pipa maksimal 60 mka – 80 mka, maka tekanan kerja pada pipa kondisi eksisting ada beberapa ruas yang melebihi batasan maksimal tekanan pada pipa.
2. Perubahan debit pada Sistem Transmisi Jalur Bregas I PDA Tirta Utama Jateng Unit Bregas mempengaruhi perubahan kecepatan alir, kehilangan tekanan, dan tekanan pada pipa
3. Perbandingan pemodelan kondisi hidrolik perubahan debit dengan perhitungan manual kondisi hidrolik perubahan debit tidak terdapat perbedaan yang signifikan.
4. Dari hasil scoring pemilihan lokasi pembangunan PLTMH didapatkan tiga pilihan
 - Dari BPT 3a menuju BPT 3b perolehan 55 poin dengan potensi energi listrik 504,86 kW
 - Dari BPT 3c menuju Reservoir Yamansari perolehan 52 poin dengan potensi energi listrik 356,44 kW
 - Dari Chamber Kalbakung menuju BPT 3a perolehan 52 poin dengan potensi energi listrik 355,37 kW

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, M. Anis et.al. 1978. *Water Suplay Engineering Design*. Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan. USA.
- Anggoro, M. Toha. 2007. *Metode Penelitian*. Universitas Terbuka : Jakarta.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu pendekatan praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta

*) Penulis
 **) Dosen Pembimbing



- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan PLTMH*. Jakarta.
- Fuadi, Zulfah. 2013. *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pada Saluran Pipa PDAM Way Sekampung Desa Bumiarum, Kecamatan Pringsewu, Kabupaten Pringsewu (Skripsi SI Tidak Diterbitkan)*. Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Ibrahim, Muhammad dkk. *Analisa Hidrolis pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Waternet dan WaterCAD Versi 8 (Studi Kasus Kampung Digouwo, Kampung Mawa dan Kampung Ikebo, Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai)*. Malang : Program Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Jonathan, Sarwono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta :Graha Ilmu
- Kamala, A. And Kanth Rao, D.L. 1993. *Environmental Engineering, Water Supply, Sanitation Engineering, and Pollution*. New Delhi : Tata McGraw – Hill Publishing Company Ltd.
- Kodoatie, Robert J. 2002. *Hidrolika Terapan: Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Yogyakarta: ANDI.
- Linsey Ray K, 1985. *Teknik Sumber Daya Air Jilid I*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Manual Pembangunan PLTMH*. JICA dan IBEKA. Jakarta.
- Mays, Larry W, 1999. *Water Distribution Systems Handbook*, McGraw-Hill, USA.
- Mulyatiningsih, Endang. 2014. *Metode Penelitian Terapan Bidang Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Mustari, Mohamad. 2012. *Pengantar Metode Penelitian*. Cetakan Kesatu. Yogyakarta: LaksBang PRESSindo.
- Patty, O.F. 1995. *Tenaga Air*, Erlangga, Jakarta
- Pemerintah Indonesia. 2007. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Sekretariat Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Ramli Kadir, 2010. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Sungai Marimpa Kecamatan Pinembani*. Tugas Akhir, Fakultas teknik Universitas tadulako Palu.
- Sihombing, Edis. 2009. *Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai*. Medan: USU
- Siswanto, Victorianus Aries. 2012. *Strategi Dan Langkah-langkah Penelitian*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sulistiyono, dkk. 2013. *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung*. Lampung : Unila
- Triatmojo, Bambang. 1995. *Hidrolika I*. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada ,Jogjakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

*) Penulis

**) Dosen Pembimbing

