



ANALISIS POTENSI SUNGAI TAPUNG UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO

Febryanto¹, Arfi Desrimon²
(1&2) Program Studi Teknik Sipil

Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai
Jl. Tuanku Tambusai No. 23 Bangkinang, Kampar-Riau
Email: febryanto@universitaspahlawan.ac.id
Email: arfi.desrimon@universitaspahlawan.ac.id

Abstrak

Kabupaten Kampar merupakan kabupaten yang sedang berkembang. Pertumbuhan penduduk di Kabupaten kampar tepatnya di daerah Tapung telah menyebabkan kekurangan energi listrik, dengan jumlah penduduk sebanyak 403.894 dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 1,42% pertahun. Untuk itu perlu adanya pembangunan energi listrik terbarukan khususnya di wilayah pedesaan guna meningkatkan taraf hidup masyarakat pedesaan. Energi terbarukan yang dimaksud dalam hal ini adalah PLTMH. Dimana kapasitas daya yang mampu dihasilkan melebihi 100 kw. Metode yang digunakan dalam perhitungan debit menggunakan metode F.J.Mock. dalam perhitungan F.J.Mock dibutuhkan data curah hujan, penguapan, dan daerah tangkapan air. Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan 10 tahun terakhir, serta metode Penman modifikasi untuk menghitung penguapan. Berdasarkan perhitungan F.J.Mock, dengan menggunakan probabilitas 80% diperoleh debit rencana sebesar 1.09 m³/detik. Saluran pembawa berbentuk trapesium dengan dimensi lebar bawah 1.18 meter, lebar atas 2.37 meter dan tinggi 1 meter. Dari hasil perhitungan didapat pipa penstock dengan panjang 65 meter. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa sungai kampar memiliki potensi sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Daya yang dihasilkan sebesar 114 mw dengan tinggi jatuh (*head*) 15 meter.

Kata kunci : mikro hidro, grafik durasi aliran, daya listrik

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air bagi kehidupan yang ada di bumi. Baik manusia, hewan dan tumbuhan, semua makhluk hidup memerlukan air untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Sungai mengalir dari hulu ke hilir bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Di Indonesia terdapat banyak sekali sungai-sungai besar maupun kecil yang terdapat di berbagai daerah. Hal ini merupakan peluang yang bagus untuk pengembangan energi listrik di daerah khususnya daerah yang belum terjangkau energi listrik.

Pembangkit listrik mikro hidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah 100 kW. Banyak daerah pedesaan di Indonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik pada skala yang demikian. Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada di desa-desa tersebut dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya energi atau kesulitan jaringan listrik nasional untuk menjangkaunya.

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Pada sungai tapung terdapat potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang dapat diandalkan, memiliki kontur yang sesuai dan telah dimanfaatkan untuk PLTMH. Namun PLTMH sungai tapung ini mengalami penurunan daya listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, pada PLTMH sungai tapung ini perlu dilakukan analisis dan menghitung kembali daya listrik yang dihasilkan PLTMH sungai tapung ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (kerja) atau melakukan suatu perubahan. Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat dirubah bentuknya. Menurut dari sumber didapatnya, energi terbagi menjadi energi tak terbarukan dan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan adalah pembangkit listrik tenaga mikro hidro, yang di Indonesia dapat dibuat karena banyak sungai dan banyak daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik negara (PLN).

Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Kemanfaatan terbesar sebuah sungai adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan potensial untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air.

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Matahari sebagai sumber energi terbesar di alam semesta memberikan pengaruh paling besar dalam proses siklus hidrologi. Siklus hidrologi berawal dari penguapan air laut, sungai, danau dan sebagainya, namun yang terbesar adalah air laut. Penguapan air laut memungkinkan terjadinya siklus hidrologi yang berlangsung terus menerus. Air berevaporasi, selanjutnya jatuh ke bumi sebagai presipitasi dalam berbagai bentuk seperti hujan, hujan es, salju, gerimis, bahkan kabut sekalipun.

Limpasan Permukaan (*Run Off*)

Limpasan permukaan (*Run Off*) adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan karena penuhnya kapasitas infiltrasi tanah. Limpasan merupakan unsur penting dalam siklus air dan salah satu penyebab erosi. Sebagian air hujan akan meresap ke dalam tanah dan akan berkumpul di danau atau sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Bila curah hujan lebih besar daripada kemampuan tanah untuk menyerap air, maka kelebihan air tersebut akan mengalir di permukaan menuju ke danau atau sungai. Air yang meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) atau yang mengalir di permukaan (*run off*) akan menemukan jalannya untuk kembali ke atmosfer, karena adanya evaporasi dari tanah, danau dan sungai.

Erosi dan Sedimentasi

Erosi dan Sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terdapat di tempat lain (Suripin, 2002). Terjadinya erosi dan sedimentasi menurut Suripin (2002) tergantung dari beberapa faktor yaitu karakteristik hujan, kemiringan lereng, tanaman penutup dan kemampuan tanah untuk menyerap dan melepas air ke dalam lapisan tanah dangkal, dampak dari erosi tanah dapat menyebabkan sedimentasi di sungai sehingga dapat mengurangi daya tampung sungai. Sejumlah bahan erosi yang dapat mengalami secara penuh dari sumbernya hingga mencapai titik kontrol dinamakan hasil sedimen (*sediment yield*). Hasil sedimen tersebut dinyatakan dalam satuan berat (ton) atau satuan volume (m³) dan juga merupakan fungsi luas daerah pengaliran. Dapat juga dikatakan hasil sedimen adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak, 2007).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 100 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator.

Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga air skala mikro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) kedalam bentuk energi mekanik dan energi listrik (Donald, 1994).

Komponen-Komponen PLTMH

Komponen PLTMH secara umum terdiri dari:

- a. Bendung
- b. Saringan (*Sand trap*)
- c. Pintu pengambilan air (*Intake*)
- d. Pipa pesat (*Penstok*)
- e. Katub utama (*main value atau inlet value*)
- f. *Power House*

Pemilihan Lokasi PLTMH

Faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi PLTMH adalah:

- a. Debit air
- b. Menentukan tinggi jatuh air (H)
- c. Kondisi geologis dan keadaan air
- d. Faktor sosial dan ekonomis

Kriteria Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Faktor tinggi jatuhnya air efektif (*Net Head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. (Ismono, 1999)

Hidrometri

Hidrometri secara umum dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari cara-cara pengukuran air. Berdasarkan pengertian tersebut berarti hidrometri mencakup kegiatan pengukuran air permukaan dan air bawah permukaan. Stasiun hidrometri merupakan tempat di sungai yang dijadikan tempat pengukuran debit sungai, maupun unsur-unsur aliran lainnya. Dalam satu sistem DAS stasiun hidrometri ini dijadikan titik control (*control point*) yang membatasi sistem DAS. Pada dasarnya stasiun hidrometri ini dapat ditempatkan di sembarang tempat sepanjang sungai dengan mempertimbangkan kebutuhan data aliran baik sekarang maupun di masa yang akan datang sesuai dengan rencana pengembangan daerah.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan hujan yang berpengaruh pada besarnya debit sungai sekarang. Data hujan harian selanjutnya akan diolah menjadi data curah hujan rencana yang kemudian akan diolah menjadi debit banjir rencana. Data hujan harian didapatkan dari beberapa stasiun di sekitar lokasi rencana bendungan, di mana stasiun tersebut masuk dalam daerah pengaliran sungai.

Daya yang Dibangkitkan

Besarnya daya yang dihasilkan merupakan fungsi dari besarnya debit sungai dan tinggi terjun air. Besarnya debit yang dipakai sebagai debit rencana, bisa merupakan debit minimum dari sungai tersebut sepanjang tahunnya atau diambil antara debit minimum dan maksimum, tergantung fungsi yang direncanakan PLTMH tersebut.

Besarnya daya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \rho \times Q \times g \times H \times \eta$$

Dimana :

ρ = densitas air (kg/m³)

Q = debit air (m³/detik)

h = tinggi terjun air efektif (m)
 η = efisiensi keseluruhan PLTA

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Sungai Tapung, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau

Data Penelitian

Pengumpulan data yang dibutuhkan dalam bentuk data primer maupun data sekunder.

a. Data Primer

Data primer yang dipakai untuk mendukung penelitian ini antara lain:

- 1) Data luas penampang sungai tapung pada titik bangunan PLTMH.
- 2) Data kecepatan aliran pada sungai sebelum bendung, di Sungai Tapung.
- 3) Data beda tinggi dari lokasi bendung menuju rumah kincir.
- 4) Data tinggi muka air pada pipa.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang dipakai untuk mendukung penelitian ini antara lain:

- 1) Peta sungai Air Anak.
- 2) Data debit jam – jaman pada outlet Bendungan Way Besai.
- 3) Data luasan DAS yang berasal dari Sistem Informasi Geografis.
- 4) Data kemiringan lereng.
- 5) Data tata guna lahan.

Alat-Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Patok
2. Tali
3. Meteran
4. *Current meter*
5. *Waterpass*

Metode Penelitian.

Metode penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut : pengumpulan data yang diperlukan selengkap mungkin baik data primer maupun sekunder, Data Primer digunakan untuk menghitung debit terukur sungai dan debit rencana PLTMH sungai Tapung, sedangkan data sekunder digunakan untuk menghitung debit andalan dengan menggunakan metode FDC (*Flow Duration Curve*). Setelah didapat nilai debit andalan sungai dan debit terukur sungai, dilakukan perhitungan debit yang melalui pipa pesat yang digunakan untuk membangkitkan daya listrik. Debit yang melalui pipa pesat dihitung pada kondisi debit pipa rencana dan debit pipa saat terjadi penurunan daya. Debit pipa yang didapat digunakan untuk menghitung daya terbangkit PLTMH Tapung. Hasil daya terbangkit yang didapat dilakukan perbandingan sehingga didapat persentase penurunan daya yang terjadi pada PLTMH Tapung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Hasil penelitian berupa gambar DAS Tapung, data debit jam-jaman kampar, data kemiringan lereng, data tutupan lahan, perhitungan debit andalan Sungai tapung dengan perbandingan debit andalan pada Sungai kampar yang didapat dari pengolahan data debit yang tercatat pada waduk PLTA kampar selama 11 tahun dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2014 dengan menggunakan metode FDC (*Flow*



Duration Curve), perhitungan daya listrik terbangkitkan dari debit rencana pada PLTMH tapung, perhitungan penurunan daya listrik pada PLTMH tapung.

PEMBAHASAN

1. Analisa Data Spasial

a. Daerah Aliran Sungai kampar

Dari hasil pembentukan data spasial dengan menggunakan program ArcGIS, DAS KAampar mempunyai luas daerah aliran sungai 417,28 km².

b. Daerah Aliran Sungai tapung

Dari hasil pembentukan data spasial dengan menggunakan program ArcGIS, dapat diketahui bahwa luas DAS tapung sebesar 5,68 km².

c. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang dilakukan untuk memperkirakan debit andalan yang terjadi pada DAS kampar dan tapung meliputi tahapan sebagai berikut:

1) Perhitungan Debit Andalan Menggunakan Metode FDC (*Flow Duration Curve*)

FDC dibuat berdasarkan data debit yang tercatat pada waduk PLTA kampar selama 11 tahun dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2014. Tabel hasil perhitungan FDC untuk masing-masing tahun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil FDC DAS Way Besai tahun (2004 – 2014)

No	Probabilitas (%)	Debit (m ³ /s)										
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	10%	44,00	44,49	43,06	40,69	31,96	39,07	41,19	35,67	35,88	35,97	36,67
2	20%	35,96	42,03	34,87	35,02	21,12	34,53	40,38	27,25	27,25	27,96	27,48
3	30%	28,90	34,84	26,40	26,70	18,32	26,52	38,25	19,66	19,57	23,44	22,99
4	40%	22,51	27,31	18,96	19,28	13,62	19,50	34,96	18,39	17,55	18,92	18,82
5	50%	17,88	19,74	16,11	17,12	11,68	18,18	27,82	13,76	11,80	15,50	16,14
6	60%	14,43	17,17	12,62	13,23	9,51	14,05	26,12	11,25	10,15	11,16	11,24
7	70%	12,58	13,21	10,64	11,31	8,85	12,36	19,08	9,37	8,74	9,22	9,47
8	80%	11,29	11,26	9,02	9,42	8,18	9,30	16,80	7,80	7,61	7,25	6,93
9	90%	10,15	9,30	7,55	8,09	7,15	7,80	12,75	6,88	6,78	6,13	3,69
10	100%	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00	2,00	4,00	2,00	2,00	2,00

2) Perbandingan Kemiringan Lereng DAS Way Besai dan DAS Tapung

Nilai kemiringan lereng (LS) pada penelitian ini didapat dari hasil peta kemiringan lereng berdasarkan data *Digital Elevation Model* (DEM) DAS kampar dan DAS tapung.

3) Koefisien Aliran Permukaan DAS kampar dan DAS tapung

Nilai koefisien aliran permukaan (C) pada penelitian ini didapat dari hasil peta tata guna lahan DAS kampar dan DAS tapung. Peta tata guna lahan

Tabel 4. Nilai Koefisien aliran permukaan DAS kampar



Tata Guna Lahan	C	A	C x A
Permukiman	0,65	0,10	0,0650
Kawasan Kehutanan	0,001	1,73	0,0017
Pertanian	0,01	0,19	0,0019
Perkebunan	0,2	3,66	0,7320
Jumlah		5,68	0,8006
Koefisien aliran permukaan DAS			0,1410

Tabel 5. Nilai Koefisien aliran permukaan DAS tapung

Tata Guna Lahan	C	A	C x A
Permukiman	0,65	3,61	2,3465
Kawasan Kehutanan	0,001	193,47	0,1935
Pertanian	0,01	6,75	0,0675
Perkebunan	0,2	213,45	42,6900
Jumlah		417,28	45,2975
Koefisien aliran permukaan DAS			0,1086

4) **Perhitungan Debit Rancangan DAS tapung**

Dengan data *Flow Duration Curve* (FDC) DAS kampar dapat dibuat *Flow Duration Curve* (FDC) untuk DAS tapung dengan menggunakan persamaan berikutini:

$$Q_{DAS\ tapung} = \frac{\sum Ls}{100} \times \frac{C_{DAS\ Air\ Anak}}{C_{DAS\ Besai}} \times Q_{DAS\ kampar} \tag{2}$$

Contoh perhitungan nilai debit dari probabilitas 10% pada DAS Air Anak:

$$Q_{10\ \% \ tapung} = \frac{16,3046}{100} \times \frac{0,1086}{0,1410} \times 40,42 = 8,5589\ m^3/s$$

d. Debit terukur Sungai tapung

Dari hasil 2 kali pengukuran langsung di lokasi penelitian pada 20 Desember 2015 dan 9 Mei 2016, didapat nilai kecepatan aliran air dan tinggi muka air sungai dengan menggunakan *current meter*, data hasil pengukuran tersebut dapat dihitung nilai debit sungai dengan *mean area methode*.

Rumus mean area methode:

$$Q = B \times ((h_1 + h_2) / 2) \times ((v_1 + v_2) / 2) \tag{3}$$

Dimana : Q = Debit Aliran Sungai (m³/s)

B = Panjang melintang sungai perpias (meter)

h = Tinggi air dari dasar sampai permukaan perpias (meter)

v = Kecepatan aliran sungai perpias (m/s)

e. Analisis PLTMH tapung

Analisis PLTMH tapung dilakukan dengan menghitung debit yang mengalir pada pipapusat yang digunakan untuk perhitungan daya terbangkit. Debit yang dihitung adalahdebit rencana (debit pipa penuh) dan debit pipa tidak penuh. Debit pipa tidak penuhterjadi karena air yang tertampung pada bendung tertangu oleh sedimen, sehinggatampung air pada bendung menjadi tidak optimal dan air yang dapat dialirkan ke pipapusat melalui intake tidak dapat terpenuhi karena lebih banyak melimpas melalui spilway. Untuk mengetahui besarnya debit yang digunakan untuk membangkitkan daya PLTMH tapung, maka dilakukan perhitungan Debit yang melalui pipa pesat dengan rumus:

$$Q = V \times \pi D^2 / 4 \quad (4)$$

Dimana : Q = Debit aliran melalui pipa

V = Kecepatan aliran air

D = Diameter pipa

Diketahui:

Diameter pipa1 = 21,6 cm = 0,216 m

Diameter pipa2 = 16,5 cm = 0,165 m

Kecepatan aliran dalam pipa didapatkan dari rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Dimana : V = Kecepatan aliran dalam pipa

n = Koefisien Manning

R = Jari-jari Hidrolis

I = Kemiringan saluran

1) Perhitungan Debit Rencana PLTMH Tapung

Untuk mengetahui besarnya debit rencana yang digunakan untuk PLTMH tapung, maka dilakukan perhitungan debit air yang melalui pipa dalam kondisi aliran penuh. Nilai yang didapat untuk debit rencana PLTMH tapung (aliran pipa penuh) adalah sebagai berikut:

$V_{\text{pipa1}} = 6,9990$ m/s

$V_{\text{pipa2}} = 11,9860$ m/s

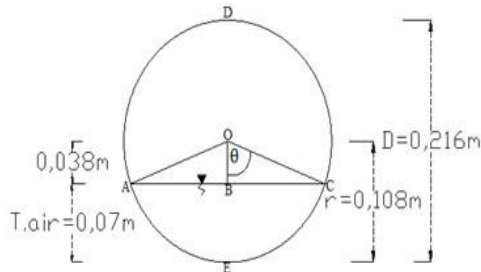
$Q_{\text{pipa}} = 0,2565$ m³ /s

Jadi, debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi pipa penuh (debit rencana PLTMH) adalah 0,2565 m³ /s

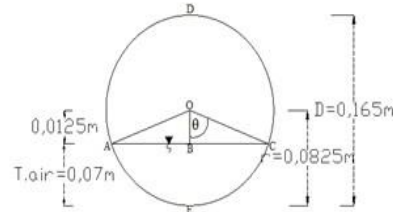
2) Perhitungan Debit Pipa tidak Penuh

Berdasarkan perhitungan debit rencana yang digunakan untuk membangkitkan daya listrik pada PLTMH tapung adalah sebesar 0,2656 m³/s. Debit rencana tersebut akan selalu terpenuhi walaupun debit sungai terjadi pada probabilitas 100%. Namun pada saat ini, debit rencana yang dialirkan pada pipa untuk membangkitkan daya listrik pada PLTMH

tapung tidak terpenuhi. Dengan demikian, dilakukan perhitungan debit pada lairan pipa tidak penuh. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan 2 kali pengukuran langsung dilokasi bersamaan pengukuran debit terukur sungai. Pada pengukuran pertama, didapat nilai debit terukur sungai sebesar 1,1923 m³/s dan air yang dapat dialirkan ke pipa setinggi 7 cm.



Gambar penampang pipa1



Gambar Penampang pipa2

Gambar 10. Penampang Aliran dalam pipa tidak penuh pada pengukuran pertama

Pada pengukuran pertama ini, dilakukan perhitungan dengan rumus Manning.

Nilai yang didapat adalah sebagai berikut:

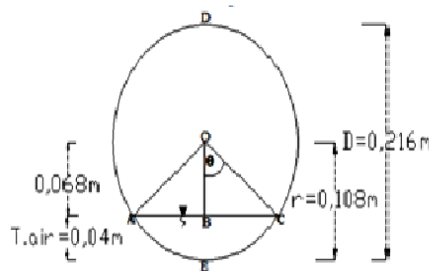
$$V_{\text{pipa1}} = 5,7449 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{pipa2}} = 6,8837 \text{ m/s}$$

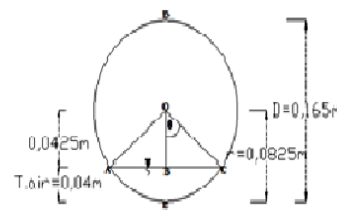
$$Q_{\text{pipa}} = 0,0592 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi ketinggian air 7 cm adalah 0,0592 m³/s.

Pada pengukuran ke dua, didapat nilai debit terukur sungai sebesar 0,5788 m³/s dan air yang dapat dialirkan ke pipa setinggi 4 cm.



Gambar penampang pipa1



Gambar Penampang pipa2

Gambar 10. Penampang Aliran dalam pipa tidak penuh pada pengukuran pertama

Pada pengukuran kedua ini, dilakukan perhitungan dengan cara yang sama dengan perhitungan pengukuran pertama. Nilai yang didapat adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{pipa1}} = 4,1167 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{pipa2}} = 4,7250 \text{ m/s}$$

$Q_{\text{pipa}} = 0,0189 \text{ m}^3/\text{s}$

Jadi, debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi ketinggian air 4 cm adalah 0,0189 m³/s.

f. Perhitungan Daya PLTMH tapung

Untuk mengetahui daya listrik yang dapat dihasilkan PLTMH tapung, maka dilakukan perhitungan daya listrik terbangkit. Daya listrik dihitung dengan kondisi pada debit pipa rencana (aliran pipa penuh), debit aliran dalam kondisi ketinggian air 7 cm dan debit aliran dalam kondisi ketinggian air 4 cm. Perhitungan daya listrik dilakukan dengan rumus:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \quad (6)$$

dimana:

ρ = densitas air (kg/m³)

Q = debit air (m³/detik)

H = tinggi terjun air efektif (m)

η_t = efisiensi turbin

η_g = efisiensi generator

1) Perhitungan Debit Rencana PLTMH Tapung

Diketahui debit rencana (debit aliran pipa penuh) PLTMH Tapung adalah 0,2565 m³/s. Dengan menganggap kehilangan tenaga sekunder diabaikan, tinggi terjun efektif H adalah sama dengan tinggi statis H_s dikurangi kehilangan tenaga akibat gesekan h_f .

$$H = H_s - h_f \quad (7)$$

Kehilangan tenaga h_f diberikan oleh persamaan Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \times \frac{L V^2}{D 2g} = \frac{8 f L Q^2}{g \pi^2 D^5} \quad (8)$$

Maka, dapat dihitung nilai kehilangan energi h_f sebagai berikut:

$$h_f = \frac{8 \times 0,0114 \times 16 \times 0,2565^2}{9,8 \times \pi^2 \times 0,216^5} = 2,1110 \text{ m}$$

Jadi nilai tinggi terjun efektif adalah

$$H = H_s - h_f = 3,5 - 2,1110 = 1,3890 \text{ m}$$

Perhitungan daya listrik PLTMH Taoung debit rencana (aliran pipa penuh), yaitu:

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \\ &= 1 \cdot 9,8 \cdot 0,2565 \cdot 1,3890 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \\ &= 2,3742 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi, besarnya daya yang dibangkitkan PLTMH Tapung pada debit rencana (aliran pipa penuh) adalah 2,3742 kW.

2) Perhitungan Debit Rencana PLTMH Tapung

Diketahui debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi ketinggian air 7 cm adalah 0,0592 m³/s. Pada kondisi ini dilakukan perhitungan yang sama pada kondisi pipapenuh untuk mendapat nilai tinggi jatuh efektif. Dihitung nilai kehilangan energi hf sebagai berikut:

$$hf = \frac{8 \times 0,0124 \times 16 \times 0,0592^2}{9,8 \times \pi^2 \times 0,216^5} = 0,1223 \text{ m}$$

Jadi nilai tinggi terjun efektif adalah

$$H = H_s - hf = 3,5 - 0,1223 = 3,3777 \text{ m}$$

Perhitungan daya listrik PLTMH tapung pada debit rencana (aliran pipa penuh), yaitu:

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \\ &= 1 \cdot 9,8 \cdot 0,0592 \cdot 3,3777 \cdot 0,74 \cdot 0,85 \\ &= 1,2326 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi, besarnya daya yang dibangkitkan PLTMH tapung saat debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi ketinggian air 7 cm adalah 1,2326 kW.

Diketahui debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi ketinggian air 4 cm adalah 0,0189 m³/s. Dihitung nilai kehilangan energi hf sebagai berikut:

$$hf = \frac{8 \times 0,0129 \times 16 \times 0,1892^2}{9,8 \times \pi^2 \times 0,216^5} = 0,0130 \text{ m}$$

Jadi nilai tinggi terjun efektif adalah

$$H = H_s - hf = 3,5 - 0,0130 = 3,4870 \text{ m}$$

Perhitungan daya listrik PLTMH tapung pada debit rencana (aliran pipa penuh), yaitu:

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \\ &= 1 \cdot 9,8 \cdot 0,0189 \cdot 3,4870 \cdot 0 \cdot 0,85 \\ &= 0 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi, besarnya daya yang dibangkitkan PLTMH tapung saat debit yang mengalir pada pipa dalam kondisi ketinggian air 4 cm adalah 0 kW.

Perbandingan nilai daya yang dibangkitkan PLTMH tapung pada kondisi debit aliran pipa penuh, debit aliran pipa dalam kondisi ketinggian air 7 cm dan debit aliran pipa dalam kondisi ketinggian air 4 cm dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Daya Terbangkit PLTMH tapung

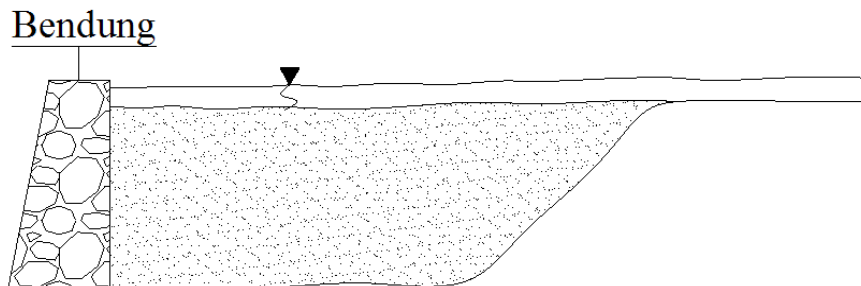
Ketinggian air pada pipa	$t_{\text{air}} = 21,6 \text{ cm}$ (Pipa Penuh)	$t_{\text{air}} = 7 \text{ cm}$	$t_{\text{air}} = 4 \text{ cm}$
Debit Pipa (m^3/s)	0,2565	0,0592	0,0189
Daya Bangkit (kW)	2,3742	1,2326	0
Persentase Daya Terbangkit	100 %	56,12 %	0%

g. Optimalisasi PLTMH tapung

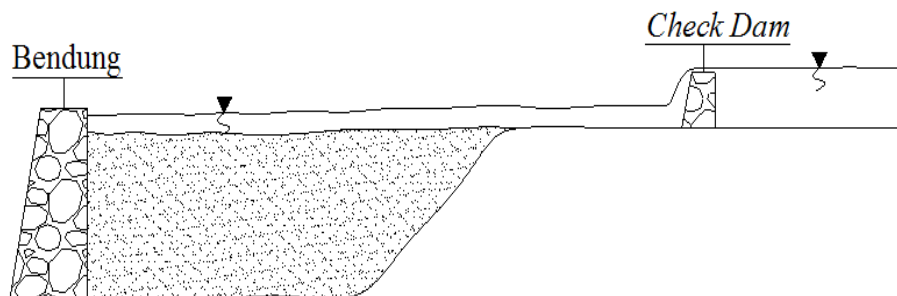
Dengan adanya penurunan daya pada PLTMH tapung yang diakibatkan oleh menumpuknya sedimen pada bendung, maka perlu dilakukan langkah-langkah untuk mengembalikan kondisi bendung dan mencegah bendung agar tidak mudah penuh oleh sedimen kembali. Langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- Membangun *Check Dam* pada sungai sebelum bendung, untuk mengurangi laju sedimentasi yang masuk ke bendung
- Melakukan pengerukan sedimen pada bendung sehingga bendung dapat kembali optimal menampung air dan aliran air untuk pipa tidak lagi terganggu oleh sedimen.
- Melakukan perawatan pada *check dam* pada saat *check dam* penuh dengan sedimen. Berdasarkan penelitian Holong Okryant Togatorop tentang Analisis Sedimentasi di *Check Dam* pada sungai Air Anak, dengan dimensi *check dam* 1 x 5 meter, *check dam* akan penuh kembali dengan sedimen dalam kurun waktu 148 hari. Jadi, sedimen pada *check dam* dapat dilakukan pengerukan kurang lebih dalam kurun waktu 148 hari.

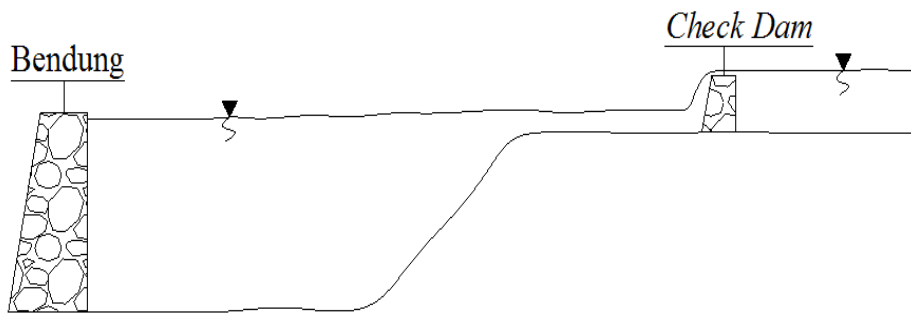
Dilakukannya pembangunan *check dam* pada sungai sebelum bendung untuk mengatasi sedimen yang mengalir ke bendung PLTMH tapung karena pada bendung PLTMH tapung tidak dapat dilengkapi dengan bangunan pembilas untuk menggelontorkan sedimen. Sedimen tidak dapat digelontorkan lewat bendung karena sungai tapung merupakan hulu sungai kampar. Jika sedimen digelontorkan dari bendung PLTMH tapung, maka sedimen akan mengalir hingga sungai kampar dan akan mengganggu kinerja PLTA kampar. Langkah-langkah yang dilakukan dalam optimalisasi PLTMH tapung dapat dilihat pada gambar 11 sampai gambar 15.



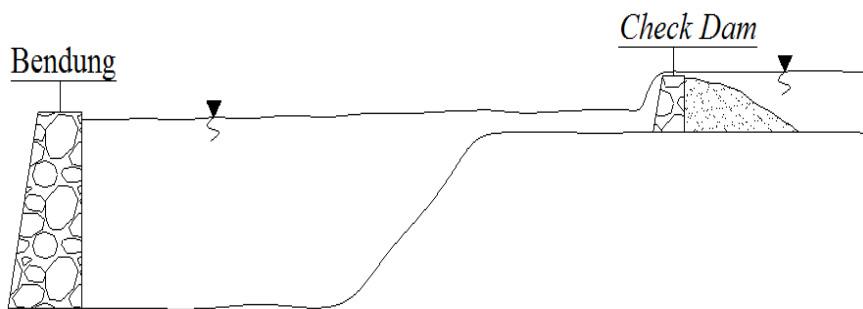
Gambar 11. Sketsa kondisi bendung penuh sedimen



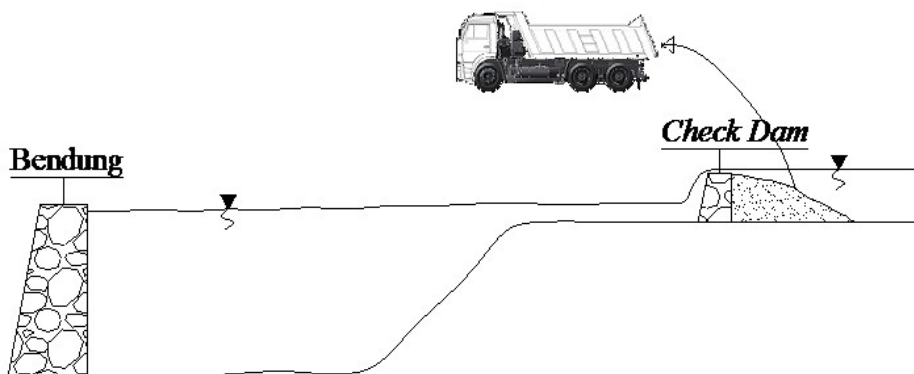
Gambar 12. Sketsa kondisi dibangun *Check Dam*



Gambar 14. Sketsa kondisi setelah pengerukan sedimen pada bendung



Gambar 15. Sketsa kondisi penumpukan sedimen pada Check Dam



Gambar 16. Sketsa kondisi perawatan Check Dam

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Besar debit rencana PLTMH tapung adalah sebesar 0,2565 m³/s dengan daya terbangkit rencana sebesar 2,1962 kW. Yang seharusnya akan selalu terpenuhi hingga debit sungai pada probabilitas 100% yang bernilai 0,4234 m³/s.

2. Hasil perhitungan daya listrik pada PLTMH tapung, didapat penurunan daya terbangkit sebagai berikut:
 - a. Pada debit terukur sungai pada 20 Desember 2015 sebesar 1,1923 m³/s, air yang dapat dialirkan ke pipa berdiameter 21,6 cm adalah setinggi 7 cm menghasilkan debit sebesar 0,0592 m³/s. Daya yang dapat dihasilkan sebesar 1,2326 kW atau sebesar 56,12% dari daya terbangkit rencana.
 - b. Pada debit terukur sungai pada 9 Mei 2016 sebesar 0,5788 m³/s, air yang dapat dialirkan ke pipa berdiameter 21,6 cm adalah setinggi 4 cm menghasilkan debit sebesar 0,0189 m³/s. Daya tidak dapat lagi dihasilkan karena debit tersebut tidak dapat lagi memutar turbin.
3. Menurunnya daya listrik yang dihasilkan PLTMH tapung disebabkan oleh penumpukan sedimen pada bendung, sehingga tampungan air pada bendung menjadi tidak optimal dan air yang dapat dialirkan ke pipa pesat melalui intake tidak dapat terpenuhi karena lebih banyak melimpas melalui spillway.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Fox, Robert W and Alan T.Mc.Donald. 1994. *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition*. SI Version, John Wiley & Sons, Inc. Canada
- Ismono H.A. 1999. *Perencanaan Turbin Air Tipe Cross Flow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Institut Teknologi Nasional Malang*. Skripsi
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta