

# PERENCANAAN JARINGAN TRANSMISI AIR BAKU DARI BAK INTAKE KE BAK PENGOLAHAN PADA WADUK TITAB KABUPATEN BULELENG

## Studi Kasus: Waduk Titab Kabupaten Buleleng

Gede Agus Sudiarta Putra<sup>1</sup>, I Wayan Diasa<sup>2</sup>

e-mail: gdagussudiartap@gmail.com<sup>1</sup>, diasawayan1963@gmail.com<sup>2</sup>

### Abstrak:

Air merupakan kebutuhan yang vital bagi kehidupan manusia. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) sangat penting seiring dengan meningkatnya kebutuhan air di Provinsi Bali, khususnya di Kabupaten Buleleng dan Kabupaten Jembrana. Berkaitan dengan hal ini, perencanaan pengembangan SPAM dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) Waduk Titab dilakukan dengan mengacu pada kapasitas produksi IPA, elevasi lahan, dan jalur pipa transmisi air baku sesuai ketersediaan dan kondisi lahan. Proyeksi kebutuhan air untuk 15 tahun ke depan sesuai target SDGs menunjukkan pelayanan SPAM, yang terdiri dari IPA Waduk Titab di bagian atas dan bawah, dapat mencakup 42 desa di 4 kecamatan di Kabupaten Buleleng, yaitu Kecamatan Gerokgak, Kecamatan Seririt, Kecamatan Busungbiu, dan Kecamatan Banjar, serta 2 desa di Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana. Adapun kriteria konsumsi air adalah 80 l/orang/hari dan persentase kebocoran 5% untuk daerah pedesaan. Potensi sumber air diprediksi mengalami surplus sampai dengan tahun 2033 sebesar rata-rata 12.14 l/dt. Jaringan hidrolis perpipaan transmisi direncanakan memerlukan bak intake berkapasitas 3.150 m<sup>3</sup> dengan pengaliran menggunakan pipa jenis *Galvanis Iron Pipe* (GIP) melalui sistem pompa. Pada jaringan transmisi menuju bak pengolahan IPA atas dengan debit 165 l/dt ditentukan dimensi *inside diameter* (ID) pipa 393,6 mm, panjang pipa 6.440 m, dan *head* pompa sebesar 150 m. Sedangkan, untuk transmisi ke bak pengolahan IPA bawah dengan debit 185 l/dt ditentukan dimensi ID pipa 438,4 mm, panjang pipa 2.070 m, dan *head* pompa sebesar 200 m. Untuk ke depannya, optimalisasi SPAM dapat dilakukan melalui pengembangan jaringan distribusi. Selain itu, perlu adanya evaluasi apabila terdapat perbedaan kriteria perhitungan kebutuhan air.

**Kata kunci:** SPAM Waduk Titab

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang vital bagi kehidupan manusia. Ketersediaan air baik dari segi kuantitas, kualitas maupun kontinuitas sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup manusia. Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air minum dari waktu ke waktu semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, peningkatan derajat kehidupan masyarakat serta perkembangan kota atau kawasan pelayanan ataupun hal-hal yang berhubungan dengan peningkatan kondisi sosial ekonomi masyarakat.

Kondisi prasarana air minum yang masih relatif terbatas telah menjadi permasalahan dalam pembangunan beberapa wilayah di Provinsi Bali, seperti Kabupaten Buleleng dan Kabupaten Jembrana. Saat ini, penyediaan pelayanan air minum di wilayah tersebut terutama wilayah perdesaan masih belum memadai dan belum merata. Selain itu, wilayah Kabupaten Buleleng bagian barat dan Kecamatan Melaya Kabupaten Jembrana merupakan daerah pesisir pantai utara Pulau Bali yang memiliki keterbatasan sumber air baku, untuk penyediaan air minum (Satker PSPAM Provinsi Bali, 2015). Peningkatan pengelolaan sumber daya air sangat diperlukan dalam

mengatasi keterbatasan sumber air bersih. Untuk itu, sebagai upaya pengelolaan dan pemenuhan kebutuhan air bersih yang terus meningkat di wilayah tersebut perlu adanya pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), melalui pengembangan sumber air baku.

Berdasarkan studi detail desain penyediaan SPAM yang meliputi wilayah Kabupaten Buleleng dan Kabupaten Jembrana, pengembangan direncanakan melalui pemanfaatan sumber air baku dari Waduk Titab dengan potensi kapasitas mencapai 350 l/dt (BWS-BP, 2012).

Adapun potensi sambungan langsung (SL) dari pengembangan SPAM Waduk Titab di Kabupaten Buleleng dan Kabupaten Jembrana dapat mencapai 76.000 lebih SR. Selain terdapat potensi pelayanan yang cukup besar, di daerah tersebut juga terdapat potensi perkembangan pariwisata, khususnya dikawasan Pulau Menjangan dan kawasan Pemutaran yang termasuk dalam Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) yang sedang berkembang. Lebih lanjut, potensi air baku dari Waduk Titab juga dapat dimanfaatkan untuk mendukung kawasan disekitar Pelabuhan Gilimanuk di Kabupaten Jembrana (BWS-BP, 2012). Mengacu pada Sasaran Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs), Direktorat Jenderal (Ditjen) Cipta Karya menetapkan target pelayanan air minum sampai dengan tahun 2030 sebesar 100% (Ditjen Cipta Karya, 2016). Oleh karena itu, pengembangan SPAM Waduk

Untuk dapat mencapai target pelayanan SDGs dan jangkauan pelayanan di wilayah potensial melalui pengembangan SPAM Regional Waduk Titab maka posisi Instalasi Pengolahan Air (IPA) akan ditempatkan pada elevasi ketinggian maksimal yang dapat dicapai. Sehingga kedudukan reservoir distribusi memiliki jangkauan pelayanan yang lebih luas dengan pengaliran secara gravitasi. Selain itu, peletakkan dan kapasitas IPA ditetapkan berdasarkan ketersediaan lahan yang telah dibebaskan untuk pembangunan infrastruktur SPAM di daerah tersebut (PU Provinsi Bali, 2017). Dengan demikian, pelayanan IPA Titab atas dapat mencakup desa-desa di Kecamatan Busungbiu, Kecamatan Banjar dan sebagian Kecamatan Seririt di Kabupaten Buleleng. Sementara untuk area pelayanan IPA Titab bawah dapat mencakup sebagian Kecamatan Seririt dan Kecamatan Gerokgak di Kabupaten Buleleng, serta kawasan Gilimanuk di Kabupaten Jembrana (Satker PSPAM Provinsi Bali, 2015).

Perubahan terhadap kapasitas produksi IPA, elevasi lahan, dan jalur pipa transmisi air baku pada SPAM Waduk Titab tersebut tentunya berpengaruh terhadap cakupan pelayanan dan sistem jaringan perpipaan, khususnya sistem transmisi. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan jaringan transmisi air baku SPAM Waduk Titab sesuai dengan perubahan kapasitas sistem dan kondisi lahan tersebut. Hal ini dapat dilakukan melalui perhitungan kebutuhan air pada daerah layanan dan penentuan jaringan hidrolis perpipaan transmisi.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian mengenai perencanaan jaringan transmisi air baku dari intake ke bak pengolahan pada Waduk Titab Kabupaten Buleleng dilakukan dengan menggunakan metoda kuantitatif dan metode deskriptif. Metode deskriptif yaitu metode penelitian untuk membuat deskriptif (uraian) tentang sesuatu hal dilakukan dengan mencari fakta dan diinterpretasikan.

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti : memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

Besarnya kebutuhan air untuk keperluan domestik dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1 Standar Kebutuhan Air untuk Keperluan Domestik

URAIAN	KATEGORIKOTABERDASARKANJUMLAHPEND				
	>1.000.000	500.000s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	Kota	Kota	Kota	KotaKecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1.KonsumsiUnitSambunganRumah(SR)(liter/org/hari)	>150	150- 120	90-120	80- 120	60-80
2.KonsumsiUnitHidran(HU)	20- 40	20- 40	20-40	20-40	20-40
3.Konsumsiunitnondomestik a.NiagaKecil(liter/unit/hari) b.NiagaBesar(liter/unit/hari) c.IndustriBesar(liter/detik/ha) d.Pariwisata(liter/detik/ha)	600–900 1000–5000 0.2–0.8 0.1–0.3	600–900 1000–5000 0.2–0.8 0.1–0.3		600 1500 0.2–0.8 0.1–0.3	
4.KehilanganAir( %)	20- 30	20- 30	20-30	20- 30	20-30
5.FaktorHariMaksimum	1.15–1.25	1.15–1.25	1.15–1.25	1.15–1.25	1.15–1.25
6.FaktorJamPuncak	1.75–2.0 *harimaks	1.75–2.0 *harimaks	1.75–2.0 *harimaks	1.75–2.0 *harimaks	1.75 *harimaks
7.JumlahJiwaPerSR(Jiwa)	5	5	5	5	5
8.JumlahJiwaPerHU(Jiwa)	100	100	100	100- 200	200
9.SisaTekanDipenyediaanDistribusi( Meter)	10	10	10	10	10
10.JamOperasi(jam)	24	24	24	24	24
11.VolumeReservoir( %MaxDayDemand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12.SR :HU	50: 50 s/d 80: 20	50: 50 s/d 80: 20	80: 20	70: 30	70: 30
13.CakupanPelayanan(%)	90	90	90	90	70

Sumber : KriteriaPerencanaanDitjenCiptaKaryaDinasPU (1996)

Lebih lanjut, sesuai dengan petunjuk teknis SPAM yang dikeluarkan oleh Departemen PU, kehilangan air ditentukan sebesar 20% dari kebutuhan air domestik dan non domestik di perkotaan dan 5% di pedesaan (Departemen PU, 2012). Hal ini dimaksudkan agar penyediaan air untuk masyarakat konsumen tidak terganggu bila terjadinya kehilangan air baik yang disebabkan oleh faktor teknis maupun non teknis (Departemen PU, 1998).

Kebutuhan air harian maksimum (Q<sub>hm</sub>), Banyaknya air yang dipakaipada suatu hari pada satu tahun dan berdasarkan pada Q<sub>m</sub>, dapat dilihat pada rumus berikut:

$$Q_{hm} = F_{hm} \times Q_m$$

Dimana F<sub>hm</sub> adalah faktor harian maksimum biasanya berkisar 115% - 120%.

Kebutuhan air jam maksimum (Q<sub>jm</sub>), Banyaknya kebutuhan air terbesar pada saat jam tertentu dalam satu hari

$$Q_{jm} = F_{jm} \times Q_m$$

Dimana faktor jam maksimum (F<sub>jm</sub>) biasanya berkisar 175% - 210%.

Adapun metode proyeksi penduduk yang biasa digunakan ada beberapa macam, antara lain Metode Aritmatik dimana persamaan yang digunakan untuk metode ini adalah :

$$P_n = P_0 + (r.n)$$

Dengan P<sub>n</sub> merupakan jumlah penduduk pada tahun ke-n (jiwa), P<sub>0</sub> adalah jumlah penduduk pada tahun awal (jiwa), r adalah rata-rata pertumbuhan penduduk per tahun (jiwa), dan n merupakan periode waktu proyeksi. Metode Geometri dimana persamaannya adalah :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

Dengan P<sub>n</sub> merupakan jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa), P<sub>0</sub> adalah, r adalah rata-rata pertumbuhan penduduk per tahun (%), dan n merupakan periode waktu proyeksi. Yang terakhir yaitu Metode Least Square dimana persamaan untuk metode ini adalah :

$$P_n = a + (b.n)$$

Dimana P<sub>n</sub> merupakan jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa), n merupakan beda tahun yang dihitung terhadap tahun awal. Untuk nilai a dan b merupakan konstanta, dimana :

$$a = \frac{(\sum P)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum Pt)}{n(\sum t^2) - (\sum t)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum Pt) - (\sum t)(\sum P)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Pemilihan metode yang digunakan untuk proyeksi penduduk ditentukan melalui uji korelasi yang dilakukan pada tiap-tiap metode. Metode dengan nilai uji korelasi paling mendekati 1 dipakai untuk memproyeksikan penduduk.

Pada aliran air dikenal persamaan energi (persamaan Bernoulli) dan persamaan kontinuitas. Aplikasi persamaan Bernoulli untuk kedua titik didalam medan aliran yang menunjukkan bahwa

jumlah elevasi, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan di kedua titik adalah sama. Dengan demikian garis tenaga pada aliran zat cair ideal adalah konstan

$$Z_A \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g}$$

Kehilangan energi mayor disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan dinding pipa. Kehilangan energi oleh gesekan disebabkan karena cairan atau fluida mempunyai kekentalan, dan dinding pipa tidak licin sempurna.

Kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa dibagi dua, yaitu *mayor losses* dan *minor losses*. Penyebab dan persamaan yang digunakan dalam menghitung masing-masing kehilangan energi tersebut, sebagai berikut:

#### 1. Kehilangan Energi Utama (*Mayor Losses*)

Kehilangan energi mayor disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan dinding pipa. Kehilangan energi oleh gesekan disebabkan karena cairan atau fluida mempunyai kekentalan dan dinding pipa tidak licin sempurna. Pada dinding yang mendekati licin sempurna, masih dapat terjadi kehilangan energi walaupun sangat kecil. Jika dinding licin sempurna maka tidak terjadi kehilangan energi (Triatmodjo, 1996).

Terdapat beberapa persamaan empirik yang dapat digunakan dalam menghitung *mayor losses*. Persamaan Darcy Weisbach paling banyak digunakan dalam aliran fluida secara umum. Sementara itu, untuk aliran air dengan viskositas yang relatif tidak banyak berubah maka dapat digunakan persamaan Hazen Williams (Triatmodjo, 1996).

Persamaan Hazen-Williams banyak menggunakan variabel yang sama seperti Darcy Weisbach tetapi tidak menggunakan faktor gesekan (*friction factor*), melainkan menggunakan pipa yang berkapasitas (C). Besarnya faktor C mewakili kehalusan pipa (dengan membawa kapasitas besar) dan kecilnya faktor C menggambarkan kekasaran pipa. Persamaan Hazen-Williams dapat ditulis sebagai berikut (Triatmodjo, 1996):

$$Q = C_u C_{HW} d^{2,63} i^{0,54} \quad (2-16)$$

dengan  $C_u = 0,2785$  maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q = 0,2785 C_{HW} d^{2,63} i^{0,54}$$

#### 2. Kehilangan Energi Sekunder (*Minor Losses*)

Selain kehilangan energi karena gesekan dengan dinding pipa, selama pengalirannya, air kehilangan energi karena harus membelok sehingga terjadi turbulensi. Demikian pula jika air harus melalui penyempitan dan pembesaran secara tiba-tiba. Kehilangan energi juga akan terjadi

jika air harus melalui katup. Seperti diketahui, katup mengganggu aliran sehingga dapat mengurangi atau bahkan menghentikan aliran sama sekali (Sularso dan Tahara, 1996).

Kehilangan ditempat-tempat tersebut disebut sebagai kehilangan energi minor. Walaupun disebut minor, kehilangan di tempat-tempat tersebut mungkin saja jauh lebih besar dibandingkan dengan kehilangan energi akibat gesekan dengan pipa. Kehilangan energi minor ditulis dalam persamaan sebagai berikut (Sularso dan Tahara, 1996):

$$h_f = k \frac{Q^2}{2A^2g} \text{ atau } h_f = k \frac{V^2}{2g}$$

### 3. METODE PENELITIAN

Perencanaan Jaringan Transmisi Air Baku dari Intake ke Bak Pengolahan pada Waduk Titab Kabupaten Buleleng, diawali dengan penentuan ide skripsi. Selanjutnya dilakukan studi literatur, perijinan, pengumpulan data, penyusunan pengolahan data, proyeksi penduduk, proyeksi kebutuhan domestik non domestik untuk menghitung neraca kebutuhan air, perhitungan dimensi pipa, pemilihan pipa, perhitungan kapasitas bangunan Bak *Intake* penyusunan pembahasan, kesimpulan dan saran serta diakhiri dengan penulisan laporan.

Untuk perhitungan dimensi pipa atau sistem hidrolika pipa ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Kecepatan aliran 0,3 – 2,5 m/dt (Triatmodjo, 1993)
2. Kehilangan tekanan pada pipa kehilangan energi utama (*major loses*) disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan dinding pipa ada 2 permodelan yang bisa digunakan yang pertama persamaan Darcy Weisbach dan persamaan Hazen Williams (Triatmodjo, 1996). Untuk kehilangan energi skunder (*Minor Loses*) dikarenakan harus membelok sehingga terjadi turbulensi demikian juga dengan adanya asisoris pipa katup, *valve*, pengecilan dan pembesaran secara tiba-tiba (Sularso dan Tahara, 1996)
3. Pemilihan pompa Dalam hal pemilihan pompa untuk suatu maksud tertentu terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran, head total pompa, jenis aliran yang akan dipompa dan kondisi pemasangannya. Selain itu agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka perlu ditaksir berapa tekanan minimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada instalasinya (Sularso dan Tahara, 1996).

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Proyeksi penduduk

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan menggunakan ketiga metode, diperoleh nilai korelasi yang paling mendekati angka 1 adalah 0.997948. Oleh karena itu, metode yang digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk adalah metode Geometri. Rata-rata persentase

persentase pertumbuhan penduduk per tahun yang digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk di wilayah pelayanan sebesar 0.18%. Satu contoh hasil proyeksi pertumbuhan dapat di tampilkan pada table dibawah.

Tabel 2 Proyeksi Penduduk Kecamatan Gerokgak

Desa/kelurahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk Tahun 2018 (Jiwa)	Proyeksi Penduduk Tahun (Jiwa)			
			2023	2028	2033	
1	Desa Sumber Klampok	39.80	3047	3074	3102	3131
2	Desa Pejajaran	39.60	9763	9852	9942	10032
3	Desa Sumber Kima	30.20	8426	8502	8580	8658
4	Desa Pemuteran	30.33	9089	9172	9256	9340
5	Desa Banyupoh	21.62	4665	4708	4751	4794
6	Desa Penyabangan	19.49	5631	5682	5734	5786
7	Desa Musi	19.48	3248	3277	3307	3337
8	Desa Sanggalangit	19.50	4736	4779	4822	4866
9	Desa Gerokgak	30.20	6535	6595	6655	6716
10	Desa Patas	32.36	9391	9477	9563	9650
11	Desa Pengulon	15.17	3439	3470	3502	3533
12.	Desa Tinga-tinga	14.57	5248	5296	5345	5393
13	Desa Celukanbawang (Pelabuhan Celukanbawang)	4.56	4444	4485	4525	4567
14	Desa Tukad Sumaga	39.69	5429	5479	5529	5579
Jumlah		356.57	83091	83848	84612	85383
Rata- rata		25.47	5935	5989	6044	6099

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

## 2. Neraca Cakupan Pelayanan

Dalam upaya pengembangan sumber daya air hal terpenting yang harus kita ketahui adalah mengetahui kondisi atau status neraca air pada tahun pengembangan yang akan direncanakan. Setelah diketahui kondisi neraca air ini baru kita bisa mengetahui daya dukung potensi terhadap kebutuhan – kebutuhan air yang akan terlayani, sampai tahun keberapa potensi tersebut mampu melayani kebutuhan dan apa yang menjadi upaya ketika potensi tersebut telah mencapai defisit.

Dari hasil perhitungan kebutuhan air domestik dan non domestik pada daerah layanan SPAM Waduk Titab sesuai dengan tabel standar kebutuhan air (Departemen PU, 1998) didapat satu contoh hasil perhitungan pada tabel neraca cakupan pelayanan seperti dibawah ini.

Tabel 3, Neraca Cakupan Pelayanan Kec. Gerokgak

NO.	KETERANGAN	PROYEKSI TERLAYANI			
		2018	2023	2028	2033
1	Jumlah Penduduk (jiwa)	76,527	83,848	84,612	85,383
2	SR Proyeksi (5 jiwa/SR)	15,305	16,770	16,922	17,077
3	Kebutuhan Air Rata-rata Proyeksi (l/dt)	130.46	158.04	158.98	159.58
4	SR Eksisting PDAM & Non PDAM	3,646	3,646	3,646	3,646
5	SR Suplai SPAM Waduk Titab	8,697	8,697	8,697	8,697
6	Kapasitas Produksi Sumber Air Eksisting (l/dt)	73.83	73.83	73.83	73.83
7	Kebutuhan Air (l/dt) (3-6)	56.63	84.21	85.15	85.75
8	Suplay SPAM Waduk Titab (l/dt)	104.37	104.37	104.37	104.37
9	Presentase Suplay SPAM Waduk Titab Terhadap Kebutuhan Air (%)	184.30	123.93	122.57	121.71
10	Neraca Suplai Air Minum (l/dt) (6+8)-(3)	47.74	20.15	19.22	18.62

Sumber: Hasil Perhitungan (2018)

### 3. Dimensi Bak *Intake*

Penentuan dimensi bak penampung (bak *intake*) didasarkan atas kapasitas produksi IPA yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air baku perhari dan didasari dengan ketersediaan lahan sehingga dimensi nantinya mengikuti ketersediaan lahan yang sudah di sediakan, bak *Intake* ini bisa juga disebut dengan bak transfer air baku menuju bak pengolahan, sehingga perhitungan dilakukan dengan mengasumsikan waktu/ lama air baku didalam bak *intake* habis di transmisikan menuju bak pengolah melalui sistem pompa. Perhitungan kapasitas bak *Intake* dan dimensi dapat disajikan sebagai berikut:

Diketahui :

Q rencana = 350 l/dt (0.35 m<sup>3</sup>/dt), T (Waktu/ Lama Air didalam Bak) diasumsikan = 2.5jam ( 9000dt)

Penyelesaian:

Kapasitas Bak *Intake*

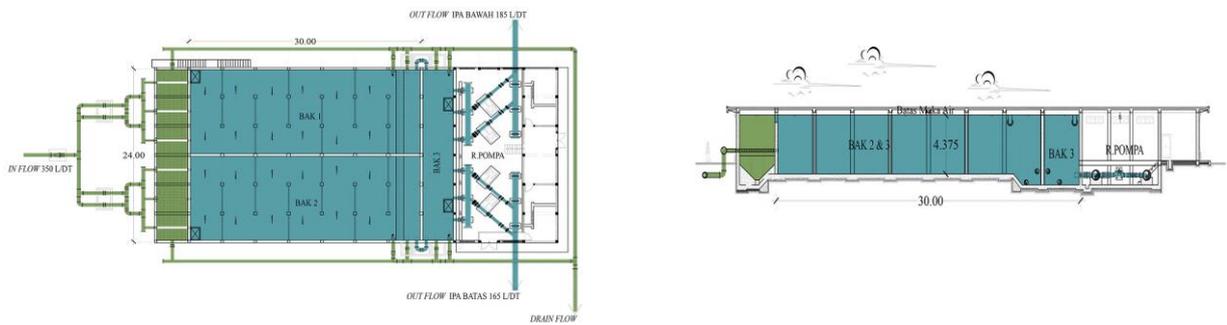
$$V = Q \times dt$$

$$V = 0.35 \text{ m}^3/\text{dt} \times 9000 \text{ dt}$$

$$V = 3150 \text{ m}^3$$

Dimensi Bak *Intake*

$$V = T. L. P = 4.375 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 30 \text{ m} = 3150 \text{ m}^3$$



Gambar 1, Denah Bak dan Potongan Intake Kapasitas 3150 m<sup>3</sup>

Sumber: Perhitungan dan Pengambaran (2018)

4. Analisis Hidrolika

A. Dimensi pipa

Dimensi pipa yang dimaksud adalah pipa dari Bak Intake menuju Bak Pengolah Bawah dan Bak Pengolah Atas, untuk nilai kecepatan aliran yang diijinkan dalam pipa adalah 0,3-2,5 m/dt pada kebutuhan atau debit jam puncak perhitungan dimensi pipa dan hasil perhitungan dapat disajikan pada Tabel.

Perhitungn dimensi pipa transmisi Bak Intake menuju Bak Pengolah Atas

Diketahui :

$$Q=165 \text{ l/dt} = 0.165 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$V= 1.5 \text{ (nilai kecepatan yang diijinkan dalam pipa } 0.3 - 2.5 \text{ m.dt)}$$

Perhitungan :

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \rightarrow D = \left( \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot V} \right)^{0.5} \rightarrow D = \left( \frac{0.165}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.5} \right)^{0.5} \rightarrow D = 0.374 \text{ m}$$

Digunakan diameter pipa yang diproduksi prosuden pipa yaitu diameter 0.3936 m.

Cek kembali kecepatan aliran dalam pipa dengan diameter pipa yang digunakan.

$$V = \left( \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} \right) \rightarrow V = \left( \frac{0.165}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.3936^2} \right) \rightarrow V = 1.357 \text{ m/dt}$$

sesuai kecepatan aliran dalam pipa.

Perhitungn dimensi pipa transmisi Bak Intake menuju Bak Pengolah Bawah

Diketahui :

$$Q=185 \text{ l/dt} = 0.185 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$V= 1.3 \text{ (nilai kecepatan yang diijinkan dalam pipa } 0.3 - 2.5 \text{ m.dt)}$$

Perhitungan :

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \rightarrow D = \left( \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot V} \right)^{0.5} \rightarrow D = \left( \frac{0.185}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 1.3} \right)^{0.5} \rightarrow D = 0.426 \text{ m}$$

Digunakan diameter pipa yang diproduksi prosuden pipa yaitu diameter 0.4384 m

Cek kembali kecepatan aliran dalam pipa dengan diameter pipa yang digunakan.

$$V = \left( \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} \right) \rightarrow V = \left( \frac{0.185}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0.4384^2} \right) \rightarrow V = 1.226 \text{ m/dt}$$

sesuai kecepatan aliran yang diijinkan dalam pipa.

**B. Kehilangan Tekanan Pada Pipa**

Kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa dibagi dua, yaitu *mayor loses* dan *minor loses*. Kehilangan energi mayor disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan dinding pipa sedangkan kehilangan energi minor disebabkan aliran air melalui aksesoris pipa (bend pipa, reduser, katup).

Contoh perhitungan *mayor loses* dan *minor loses*

Diketahui :

Jalur pipa transmisi Bak *Intake* menuju Bak Pengolah Atas panjang total 6440 m.

Debit yang di alirkan (Q) = 165 l/dt = 0.165 m<sup>3</sup>/dt, Diameter Pipa (D) = 0.3936 m, Panjang Sagmen (L) = 50m

Koefisien Hazen Williams, diasumsikan menggunakan pipa Galvanis Iron Pipe (GIP) Baru = 120

Perhitungan Kehilangan *Mayor Loses* :

$$Q = 0,2785 C_{HW} d^{2,63} s^{0,54}$$

Dimana:

$C_{HW}$  = koefisien Hazen-Williams

$$s = \left( \frac{Q}{0,2785 C_{HW} d^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$s$  = kemiringan atau slope garis tenaga ( $s = \frac{h_f}{L}$ )

$$h_f = \left( \frac{Q}{0,2785 C_{HW} d^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \rightarrow h_f = \left( \frac{0.165}{0,2785 \cdot 120 \cdot 0.3936^{2,63}} \right)^{1,85} \times 50 \rightarrow h_f = 0.2524 \text{ m}$$

Perhitungan Kehilangan *Minor Loses* :

Diketahui

Elbow 90° = 3 bh

Nilai k Elbow 90° = 0.4 (Tabel 2.22 Nilai K pada setiap Asisoris Pipa)

$$k = 0.4 \times 3 = 1.2$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} 3.14 \cdot 0.3936^2 = 0.122 \text{ m}^2$$

$$h_f = k \frac{Q^2}{2A^2g} \rightarrow h_f = 1.2 \frac{0.165^2}{2 \cdot 0.122^2 \cdot 9.81} \rightarrow h_f = 0.1056 \text{ m}$$

Jalur pipa transmisi Bak *Intake* menuju Bak Pengolah Bawah panjang total 2070 m.

Debit yang di alirkan (Q) = 185 l/dt = 0.185 m<sup>3</sup>/dt

Diameter Pipa (D) = 0.4384 m

Panjang Sagmen (L) = 50m

Koefisien Hazen Williams, diasumsikan menggunakan pipa Galvanis Iron Pipe (GIP) Baru = 120

Perhitungan Kehilangan *Mayor Loses* :

$$Q = 0,2785 C_{HW} d^{2,63} s^{0,54}$$

Dimana:

$C_{HW}$  = koefisien Hazen-Williams

$$s = \left( \frac{Q}{0,2785 C_{HW} d^{2,63}} \right)^{1,85}$$

$s$  = kemiringan atau slope garis tenaga ( $s = \frac{h_f}{L}$ )

$$h_f = \left( \frac{Q}{0,2785 C_{HW} d^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \rightarrow h_f = \left( \frac{0,185}{0,2785 \cdot 120 \cdot 0,4384^{2,63}} \right)^{1,85} \times 50 \rightarrow h_f = 0,1846 \text{ m}$$

Perhitungan Kehilangan *Minor Loses* :

Diketahui

Elbow 90° = 4 bh

Nilai k Elbow 90° = 0.4 (Tabel 2.22 Nilai K pada setiap Asisoris Pipa)

$$k = 0,4 \times 4 = 1,6$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 0,4384^2 = 0,151 \text{ m}^2$$

$$h_f = k \frac{Q^2}{2A^2g} \rightarrow h_f = 1,2 \frac{0,185^2}{2 \cdot 0,151^2 \cdot 9,81} \rightarrow h_f = 0,1226 \text{ m}$$

### C. Head Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani pompa. Tekanan pompa yang disediakan harus lebih besar daripada tekanan yang diperlukan. Perhitungan Head total pompa dapat ditulis sebagai berikut.

Head Pompa jaringan Pipa Bak Intake menuju Bak Pengolahan Atas

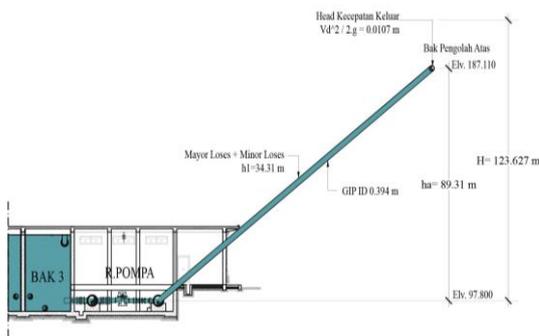
$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{Vd^2}{2g}$$

$$89,31 + \left( \frac{1 \times 10^5 - 1 \times 10^5}{995,7 \times 9,8} \right) + 32,51 + 0,179 + \frac{1,357 \times 0,3936^2}{2 \times 9,8} \rightarrow H = 89,31 + 0 + 34,31 + 0,0107 \rightarrow H = 123,627 \text{ m}$$

Head Pompa jaringan Pipa Bak Intake menuju Bak Pengolahan Bawah

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{Vd^2}{2g}$$

$$167,9 + \left( \frac{1 \times 10^5 - 1 \times 10^5}{995,7 \times 9,8} \right) + 7,64 + 0,99 + \frac{1,226 \times 0,4384^2}{2 \times 9,8} \rightarrow H = 167,9 + 0 + 8,63 + 0,012 \rightarrow H = 176,540 \text{ m}$$



Gambar 2, Head Total Pompa Bak Intake ke Bak Pengolah Atas dan Head Total Pompa Bak Intake ke Bak Pengolah Bawah

Sumber: Perhitungan dan Penggambaran (2018)

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proyeksikan kebutuhan air penduduk 15 tahun kedepan mengacu pada target SDGs pada daerah pelayanan SPAM Waduk Titab di Kabupaten Buleleng mencakup 4 kecamatan, yaitu Kecamatan Gerokgak, Kecamatan Seririt, Kecamatan Busungbiu, dan Kecamatan Banjar, yang meliputi 42 desa. Sedangkan wilayah perencanaan Kabupaten Jembrana mencakup 1 kecamatan yaitu Kecamatan Melaya yang meliputi 2 desa untuk memproyeksikan digunakan metode *geometric*. Prosentase pertumbuhan penduduk pada wilayah perencanaan di setiap tahunnya 0.18%. Jumlah kebutuhan rata-rata air penduduk 15 tahun kedepan mengacu pada kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU(1996) konsumsi air pedesaan adalah 80 l/orang/hari dan prosentase kebocoran pedesaan 5%, sehingga kebutuhan rata-rata air penduduk untuk Kecamatan Gerokgak 159.58 l/dt, Kecamatan Seririt 136.21 l/dt, Kecamatan Busungbiu 45.71 l/dt, Kecamatan Banjar 73.66 l/dt dan Kecamatan Melaya 67.97 l/dt.

Jumlah kebutuhan air tersebut untuk mengetahui seberapa besar potensi yang tersedia sehingga akan diketahui tahun serflus maupun tahun defisit air, dari hasil perhitungan untuk Kecamatan Gerokgak mengalami surflus atau idel kapasitas sampai dengan tahun rencana 2033 yaitu 18.62 l/dt, Kecamatan seririt mengalami surflus atau idel kapasitas sampai dengan tahun rencana 2033 yaitu 19.41 l/dt, Kecamatan Busungbiu mengalami surflus atau idel kapasitas sampai dengan tahun rencana 2033 yaitu 5.31 l/dt, Kecamatan Banjar mengalami surflus atau idel kapasitas sampai dengan tahun rencana 2033 yaitu 15.33 l/dt, Kecamatan Melaya mengalami surflus atau idel kapasitas sampai dengan tahun rencana 2033 yaitu 2.03 l/dt.

2. Jaringan hidrolis pipa transmisi air baku SPAM Waduk Titab:
  - a. Kapasitas Bak Intake 3150 m<sup>3</sup> dengan dimensi panjang 30m, lebar 24m dan tinggi muka air didalam bak intake 4.375m.
  - b. Jaringan Transmisi Bak Intake ke Bak Pengolah Atas debit aliran 165 l/dt dengan dimensi pipa ID 0.3936 m (16"), jenis pipa *Galvanis Iron Pipe* (GIP) dengan panjang 6440 m dan memiliki sisa energi maksimum hasil perhitungan hidrolis 167.515 m.

- c. Jaringan Transmisi Bak *Intake* ke Bak Pengolah Bawah debit aliran 185 l/dt dengan dimensi pipa ID 0.4384 m (18”), jenis pipa *Galvanis Iron Pipe* (GIP) dengan panjang 2070 m dan memiliki sisa energi maksimum hasil perhitungan hidrolis 198.173 m.
- d. Penentuan tambahan Energi atau *Head* Pompa pada jaringan Transmisi Bak *Intake* ke Bak Pengolah Atas debit aliran 165 l/dt , elevasi Bak *Intake* +97.800 elevasi maksimum yang dilalui jaringan transmisi +185.790 hasil perhitungan didapat *Head* 123.044 digunakan pompa Q 165 l/dt dengan Head 150 m.
- e. Penentuan tambahan Energi atau *Head* Pompa pada jaringan Transmisi Bak *Intake* ke Bak Pengolah Bawah debit aliran 185 l/dt , elevasi Bak *Intake* +97.800 elevasi maksimum yang dilalui jaringan transmisi +265.696 hasil perhitungan didapat *Head* 176.615 digunakan pompa Q 185 l/dt dengan Head 200 m.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005. **Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum**. Presiden Republik Indonesia. 7.
- Anonim, 2007. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum: Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum**. Menteri Pekerjaan Umum. 10-11.
- Anonim, 2015. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2015 Tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai**. Menteri Pekerjaan Umum. 14.
- Bappenas, 2017. **Draft: Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Aksi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan**. Kementrian Perencanaan Pembangunan Nasional. 28-33.
- BPS Kabupaten Buleleng, 2016. **Kabupaten Buleleng Dalam Angka 2016**. Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng. 70-105.
- BPS Kabupaten Buleleng, 2017. **Kabupaten Buleleng Dalam Angka 2017**. Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng. 9-19
- BPS Kabupaten Jembrana, 2016. **Kabupaten Jembrana Dalam Angka 2016**. Badan Pusat Statistik Kabupaten Jembrana. 82-206.
- BPS Kabupaten Jembrana, 2017. **Kabupaten Jembrana Dalam Angka 2017**. Badan Pusat Statistik Kabupaten Jembrana. 10-22.
- BWS-BP, 2012. **Studi Detail Desain Pengembangan Sistem Penyediaan Air Baku Waduk Titab di Kabupaten Buleleng**. Balai Wilayah Sungai Bali Penida. 44-68.
- Departemen PU, 1998. **Petunjuk Teknis Perencanaan Rancangan Teknik Penyediaan Air Minum**. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya. 12.

- Departemen PU, 2012. **Petunjuk Teknis Sistem Penyediaan Air Bersih Pedesaan**. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya. 32-33.
- Ditjen Cipta Karya, 2016. **Rencana Strategis Direktorat Jenderal Cipta Karya Tahun 2015-2019**. Direktorat Jenderal Cipta Karya. 70-101.
- Jaya, N. M. P., 2012. **Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum Unit Pelayanan Amlapura, Bali**. *Skripsi*. Jurusan Ilmu dan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Surabaya. 20-21.
- Kementerian PUPR, 2016. **Buku 4: Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat**. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Cipta Karya. 12-15.
- PUProvinsi Bali, 2017. **Surat Keputusan (SK) Pembebasan Lahan Tahun 2017**. Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali. 20-22.
- Satker PSPAM Provinsi Bali, 2015. **Review Rencana Teknis (DED) SPAM Regional Titab**. Satuan Kerja Pengembangan Air Minum dan Sanitasi Provinsi Bali. 14-56.
- Satker PSPAM Provinsi Bali, 2017. **Laporan Akhir: Perencanaan dan Pendampingan Jakstrada Provinsi Bali**. Satuan Kerja Pengembangan Air Minum dan Sanitasi Provinsi Bali. 99-107.
- Sularso dan Tahara, H., 1996. **Pompa dan Kompresor: Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan**. Pradnya Paramita. Jakarta. 18-20.
- Triatmadja, R., 2016. **Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 79-85.
- Triatmodjo, B., 1993. **Hidraulika I**. Badan Penerbit Beta Offset. Yogyakarta. 11-19.
- Triatmodjo, B., 1996. **Hidraulika II**. Badan Penerbit Beta Offset. Yogyakarta. 79-85.