



**EFISIENSI BIAYA PADA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN SYPHON PIPA DAN
BETON PADA SALURAN INTERBASIN RABABAKA KOMPLEKS KABUPATEN
DOMPU**

Oleh

Ida Bagus Gerald Winanta Putra^{1*}, Heri Sulistiyono², Ery Setiawan³

**^{1,2,3}Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram,
Mataram, Indonesia**

Email: 1idabagus@gmail.com

Abstract

Implementation of a project is often found the result is not suitable for the conditions at the time of implementation. To overcome this it is necessary to do design adjustments aimed at adjusting the plan of execution with circumstances when the work is implemented. This design adjustment is based on data retrieval directly from existing field conditions by conducting surveys and field engineering. The result of this field engineering will be the basis of calculations for proposed changes in work added/less, volume switching and adding new work items. Construction of reinforced concrete and pipe Steel Carbon ASTM A 252 Grade 2, two types of construction can be applied on the 1. S RBK siphon, but in terms of ease of implementation as well as the ease of supervision, Steel Carbon ASTM A252 Grade 2 pipe construction is more profitable. Calculation result of work implementation of concrete reinforced Syphon is expensive when compared with the work of Syphon by using Steel Carbon ASTM A 252 Grade 2, with efficiency value of 5.14%.

Keywords: Siphon, Concrete, Carbon Steel Pipe, Efficiency

PENDAHULUAN

Dalam Kabupaten Dompus merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Nusa Tenggara Barat, berada di wilayah sungai Pulau Sumbawa dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 1.083,73 mm/tahun. (Balai Wilayah Sungai NT I) Wilayah kabupaten ini sering di landa banjir dimusim penghujan dan kekurangan air di musim kemarau. Berdasarkan kondisi ini, untuk memenuhi kebutuhan air di Kabupaten Dompus khususnya pada wilayah Kecamatan Woja dan Manggelewa yaitu dengan cara membawa aliran air berlebih di sungai Rababaka menuju Sungai Tanju maka di bangunlah bangunan siphon yang bisa di gunakan untuk mengaliri air dalam kondisi kemiringan yang tinggi dan keterbatasan biaya sehingga di buatlah bangunan siphon untuk mengaliri air yang berlimpah tersebut menuju Sungai Tanju.

Sungai Rababaka adalah salah satu sungai yang cukup potensial untuk pengembangan pertanian beririgasi teknis di wilayah Kabupaten Dompus. Karena keterbatasan lahan disepanjang aliran sungai, maka potensi air yang relatif besar tersebut hanya dimanfaatkan untuk mengairi di Rababaka eksisting seluas 1.689 ha, selebihnya tidak termanfaatkan dan terbuang ke laut. Di sebelah kanan sungai rababaka terdapat Sungai Tanju dan Sungai Mila yang memiliki aliran (inflow) kecil namun areal irigasi relatif luas ($A > 2.250$ ha). Apabila 3 aliran sungai ini dijadikan satu sistem, maka dapat digunakan untuk mengairi lahan kering diketiga sistem sungai tersebut. Pada saat pelaksanaan pekerjaan sering ditemukan hasil perencanaan terkadang tidak sesuai dengan kondisi pada saat pelaksanaan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan desain ulang terhadap penyesuaian desain yang bertujuan untuk



menyesuaikan antara rencana dan pelaksanaan dengan keadaan pada saat pekerjaan dilaksanakan. Penyesuaian desain ini berdasarkan pengambilan data langsung dari kondisi lapangan dengan melakukan survey dan rekayasa lapangan. Hasil rekayasa lapangan ini nantinya akan merupakan dasar perhitungan untuk perubahan pekerjaan tambah/kurang, pengalihan volume dan penambahan item baru pekerjaan. Dengan begitu mengubah desain dari siphon beton ke siphon pipa akan memudahkan pekerjaan di lapangan dari segi pemasangan dan waktu. (Balai Wilayah Sungai NT I).

LANDASAN TEORI

Bahan dan Metode

Beberapa studi terdahulu terkait Pekerjaan konstruksi beton bertulang barrel siphon yang memotong sungai sudah jelas dikerjakan di bawah elevasi dasar sungai. Sementara ketentuan pelaksanaan tidak diperkenankan menghambat aliran sungai, karena sungai tersebut adalah saluran transmisi untuk memasok air baku di berbagai kebutuhan. Dan pada lokasi tersebut sangat rapat dengan pemukiman. Dasar pemikiran untuk menggagas metode kerja dalam melaksanakan pekerjaan ini selalu dimulai dari bawah elevasi dasar sungai. Hal ini dilakukan berulang-ulang untuk menemukan metode kerja yang ideal. Ternyata menemukan kebuntuan. Untuk mengatasi kebuntuan tersebut maka hal pertama yang harus berubah adalah dasar pemikirannya. Sehingga tidak lagi memulai pekerjaan ini dari bawah elevasi dasar sungai. Tetapi dari permukaan air ke elevasi dasar sungai dengan memadukan hukum alam yang dirumuskan Archimedes. Perubahan ini juga merubah material serta penampang konstruksi barrel siphon. Tetapi konsekwensinya perubahan penampang tersebut harus dapat mengalirkan debit rencana $Q_{rencana}=13,50 \text{ m}^3/\text{det}$ serta memastikan metode kerja aman. Debit air yang dapat dialirkan oleh penampang barrel siphon setelah perubahan $Q_{total}=14,7779 \text{ m}^3/\text{det}$.

Pengontrolan metode kerja juga aman. Sehingga peninjauan kembali design awal siphon ke design yang baru layak. Re-design atau peninjauan kembali design awal siphon ke design yang baru adalah suatu tindakan yang realistik. Dimana debit air Saluran Tarum Barat tidak boleh terganggu sama sekali dalam pelaksanaan konstruksi ini. Serta kondisi asli lapangan yang memang tidak dapat direkayasa (Indra Budi dkk, 2017)

Bangunan siphon juga termasuk bangunan pembawa sama seperti bangunan talang, siphon juga bagian aliran bangunan pembawa subkritis. Menurut Kriteria Perencanaan Standar Irigasi KP-04, Bangunan Siphon adalah bangunan yang membawa air melewati bawah saluran lain (biasanya pembuang) atau jalan. Pada siphon air mengalir karena tekanan, perencanaan hidrolis siphon harus mempertimbangkan kecepatan aliran, kehilangan pada peralihan masuk, kehilangan pada peralihan masuk, kehilangan akibat gesekan, kehilangan pada bagian siku siphon serta kehilangan pada peralihan keluar. (Kriteria Perencanaan Standar Irigasi KP-04).

Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika digunakan untuk menentukan dimensi siphon pipa, tebal plat pipa dan untuk merencanakan bak penenang (Headpond) dengan menganalisa berdasarkan hukum kontinuitas dan hukum kekekalan energi.

a) Analisis saluran pembawa digunakan untuk mengetahui debit dan kecepatan aliran dan parameter – parameter lainnya yang diperlukan dalam tinjauan ulang perencanaan siphon pipa. Pada tahap analisa awal yang dilakukan untuk mendapatkan dimensi saluran pembawa yang digunakan untuk merencanakan dimensi pipa. Saluran pembawa adalah saluran yang membawa air dari bendung pengalih menuju bangunan siphon, rumus yang di gunakan untuk menghitung saluran pembawa adalah sebagai berikut (sumber: Hidraulika II, Bambang Triatmodjo):



$$A = (B+mh)h$$

$$P = (B+2h) \sqrt{m^3 + 1}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = V \times A$$

Dengan:

A : Luas Penampang (m²)

P : Keliling Basah (m)

R : Jari-jari Hidrolis (m)

Q : Debit Saluran (m³/dt)

V : Kecepatan Aliran (m/dt)

B : Lebar Dasar Saluran (m)

H : Tinggi Saluran (m)

I: Kemiringan Dasar Saluran

k : Koefisien Kekasaran Penampang

m : Kemiringan Penampang (m^{1/3}/dt)

h : Tinggi Muka Air (m)

b) Dimensi Pipa

Untuk menentukan dimensi siphon, di hitung dengan (Vicky, 2012)

$$H = h + \frac{v^2}{2g}$$

Dengan:

H : Tinggi Saluran (m)

V : Kecepatan Aliran (m/dt)

h : Tinggi Muka Air (m)

g : Gravitasi

Dimensi Pipa yang memadai diperlukan agar pipa dapat tahan terhadap debit air dari feeder . Dalam ASME tersebut, dihalaman 44, tepatnya para 304.1.1 disebutkan (Sumber : ASME, Hal: 44) :

$$T_m: t + c$$

Dengan :

t_m : minimum thicknes, termasuk pula mechanical atau corrosion allowacnce.

C : jumlah dari mechanical allowance, misalnya thread (ulir), kedalaman grove atau coakan.

Dapat pula corrosion atau erroseion allowance.

t : thickness berdasarkan pressure design, yang harus dicari sebelum menentukan t_m. Nilai t ditentukan dengan :

$$t = \left(\frac{P \times D}{2\sigma \times \eta} \right) + \varepsilon$$

dengan:

t : tebal plat (mm)

H : tinggi tekanan

P : tekanan air dalam pipa pesat (kg/cm²)

Σ : tegangan ijin plat

η : efisiensi sambungan las

(0.9 untuk pengelasan dengan inspeksi x-ray dan 0.8 untuk pengelasan biasa)

ε : korosi plat yang diijinkan (1-3 mm)

c) Kriteria desain Bak Penenang (headpond) (soediby, 2003):

1. Volume bak 10-20 kali debit yang masuk untuk menjamin aliran steady di pipa pesat dan mampu meredam tekanan balik pada saat penutupan aliran pipa pesat.

2. Bak penenang direncanakan dengan menetapkan kecepatan vertikal partikel pipa pesat.

3. Pipa pesat ditempatkan 15 cm di atas bak penenang untuk menghindarkan masuknya batu atau benda-benda yang tidak diijinkan terbawa masuk ke turbin karena berpotensi merusak runner turbin.

4. Pipa pesat ditempatkan pada jarak minimum 4 x D (diameter pipa pesat) dari muka air untuk menjamin tidak terjadi turbulensi dan pusaran yang memungkinkan masuknya udara bersama aliran air di dalam pipa pesat.

5. Bak penenang dilengkapi pelimpas yang di rencanakan untuk membuang kelebihan debit pada saat banjir. Bangunan bak penenang dan saluran pembawa direncanakan terjaga ketinggian



permukaan pada saat banjir sampai maksimum 25% dari debit desain.

6. Dimensi bak penenang (headpond)

- Lebar dasar head pond sama dengan 3 x lebar dasar saluran.
- Panjang head pond sama dengan 2 x lebar dasar head pond.
- Perencanaan dimensi Headpond.

2.1 Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas dalam perencanaan siphon pipa perlu dilakukan untuk memeriksa konstruksi tersebut sudah aman dari pengaruh gaya – gaya luar maupun beban yang diakibatkan dari konstruksi itu sendiri. Analisa dilakukan untuk menghindari terjadinya tekanan maksimum akibat water hammer dan tekanan lingkaran akibat tekanan hidrostatik pada konstruksi bangunan siphon pipa.

1. Tekanan maksimum akibat water hammer

Tekanan balik akibat tertahannya aliran air oleh penutupan katup akan berinteraksi dengan tekanan air yang menuju inlet valve sehingga terjadi tekanan tinggi yang dapat merusak penstock (mosonyi, 1991) :

$$P = \left(\frac{\alpha \times V}{2g \times H} \right) < 1$$

$$V = \left(\frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \right)$$

Dengan:

α : kecepatan rambat gelombang tekanan (m/dtk)

H : tekanan hidrostatik (m)

V : kecepatan rata-rata dalam air (m/dtk)

Rumus pendekatan:

$$\alpha = \frac{1000}{\left[50 + k \frac{D}{tp} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

2. Tekanan lingkaran akibat tekanan hidrostatik

$$\sigma = \frac{P \times R}{(tp - \epsilon) \eta} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dengan:

P : Tekanan air dalam pipa pesat (kg/cm²) = 0.1 x Hdyn = 0.1 x (1.2H)

H : Tinggi terjun desain (m) = 95 % x Gross head

R : Luas basah = 0.5 (D + ϵ)

D : diameter dalam pipa (m)

Tp : tebal plat (mm)

ϵ : korosi plat yang diijinkan (1-3 mm)

η : efisiensi sambungan las = 0.85

2.2 Analisa Rencana Anggaran Biaya

Analisa rencana anggaran biaya dilakukan untuk mengetahui perbandingan biaya siphon beton dan siphon pipa.

1. Hasil dan Pembahasan

Lokasi bangunan siphon secara geografis terletak pada koordinat 8°25'53.6"LS dan 118°23'55.1"BT. Sedangkan secara administratif lokasi ini termasuk dalam wilayah Desa Saneo, Kecamatan Woja, Kabupaten Dompu. Desa Saneo berjarak sekitar 5 km dari Ibu Kota Kabupaten Dompu ke arah Barat. Batas – batas wilayah administratif Kecamatan Woja sebagai berikut :

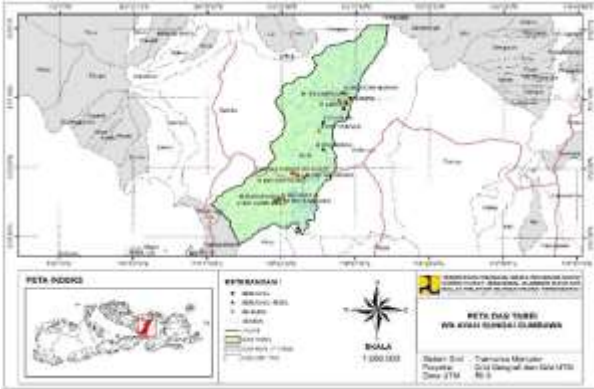
1. Batas Utara: Kecamatan Kilo dan Kabupaten Bima

2. Batas Timur: Kecamatan Dompu dan Teluk Cempi

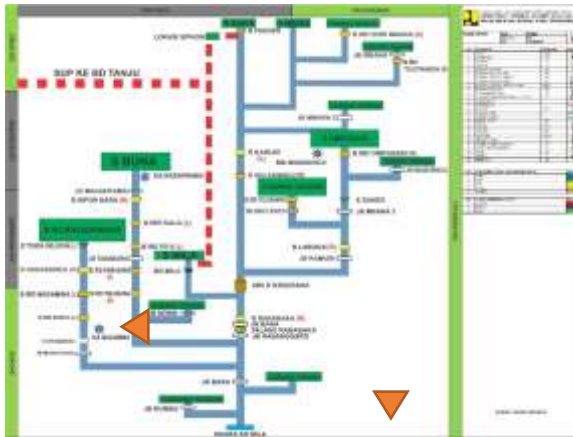
3. Batas Selatan: Teluk Cempi

4. Batas Barat: Kecamatan Manggalewa dan Kabupaten Sumbawa

Adapun gambaran secara umum lokasi Bangunan Siphon dapat dilihat pada gambar berikut ini (Balai Wilayah Sungai 2019):



Gambar 1. DAS Tarei (Lokasi Bangunan Siphon) (Balai Wilayah Sungai NT I, 2019)



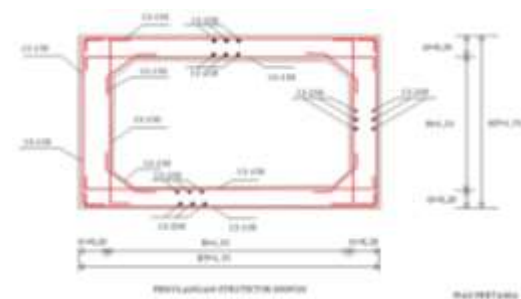
Gambar 2. Skema DAS Tarei (Balai Wilayah Sungai NT I, 2019)

Data Sipon Beton

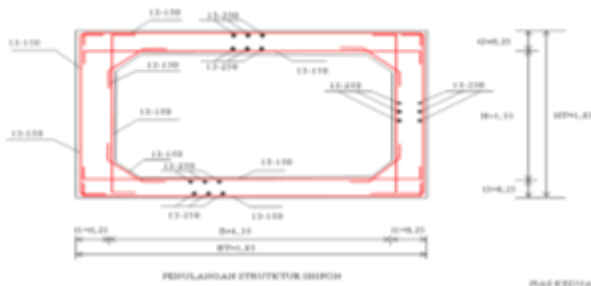
Tabel 1. Data Sipon Beton (Balai Wilayah Sungai NT I, 2019)

SIPON	RBK 1S					
	tebal 0,20 m	tebal m	0,25	tebal 0,30 m	tebal 0,40 m	tebal 0,50 m
H (m)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
B (m)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Hf (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
t1 (m)	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	
t2 (m)	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	
t3 (m)	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	
BT (m)	2.40	1.85	1.95	2.15	2.35	
HT (m)	1.75	1.85	1.95	2.15	2.35	
D (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

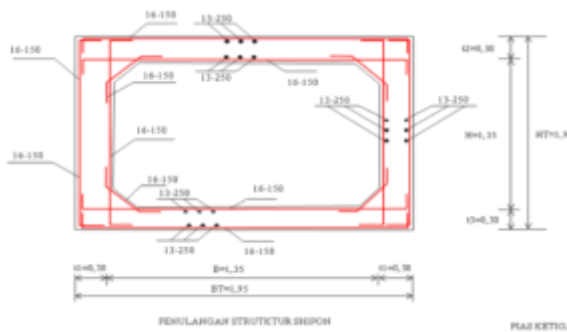
Gwd (kasus 1) (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hr (kasus 1) (m)	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
Hr (kasus 2) (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hp (kasus 2) (m)	7.92	17.97	28.02	38.12	54.22
Hiw (kasus 1) (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
d1 (m)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
d2 (m)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
d3 (m)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Elevasi muka air pada inlet siphon (m)	133.72	133.72	133.72	133.72	133.72
Elevasi muka air sungai (m)	128.00	118.00	108.00	98.00	82.00
Elevasi dasar sungai (m)	127.00	117.00	107.00	97.00	81.00
Elevasi muka air tanah (m)	127.00	117.00	107.00	97.00	81.00
Elevasi lantai bawah sipon (m)	124.45	114.40	104.35	94.25	78.15



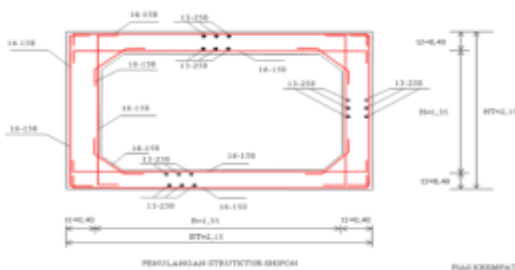
Gambar 3. Penulangan Sipon RBK 1.S (Tebal Dinding = 0,20 m)



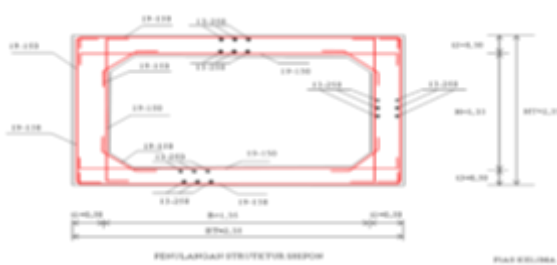
Gambar 4. Penulangan Sipon RBK 1.S (Tebal Dinding = 0,25 m)



Gambar 5. Penulangan Sipon RBK 1.S (Tebal Dinding = 0,30 m)



Gambar 6. Penulangan Sipon RBK 1.S (Tebal Dinding = 0,40 m)



Gambar 7. Penulangan Sipon RBK 1.S (Tebal Dinding = 0,50 m)

Data Sipon Pipa

Tabel 2.
Dimensi Saluran Pembawa

Dimensi Saluran Pembawa						
Q (m ³ /dt)	B (m)	i	m	h (m)	H (m)	V (m/dt)
4,689	2,2	0,00016	0,5	1,35	2,2	0,541

(Sumber: hasil perhitungan)

Tabel 3. Dimensi Sipon Pipa

Dimensi Sipon						
Q (m ³ /dt)	D (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	L (m)	V (m/dt)
4,689	1,20	1,13	3,768	0,299	259,00	2,831

(Sumber: hasil perhitungan)

Nilai **t** ditentukan dengan :

$$t = \left(\frac{P \times D}{2\sigma \times \eta} \right) + \epsilon = 4,59$$

mm ≈ 10 mm (d disesuaikan dengan produksi pabrik)

$$L = 182.61 \times \left\{ \frac{[(D + 0.0147)^4 - D^4]}{\rho} \right\}^{0.333}$$

= 5.46 m diambil L = 6.00 m

Sehingga tumpuan pipa yang digunakan adalah 6 m, berfungsi untuk menahan agar pipa tidak bergeser akibat tekanan air pada dasar sungai.

Perhitungan dimensi *headpond*

- Lebar dasar saluran *headpond*

$$B = 3 \times B_{\text{saluran}} = 6,6 \text{ m}$$

diambil B = 6,6 m

- Panjang saluran *headpond*

$$L = 2 \times B_{\text{head pond}} = 13,2 \text{ m}$$

diambil L = 28.50 m

Perencanaan Pelimpah Headpond

$$Q = C \times L \times H^{3/2}$$

$$L = 3.00 \text{ m}$$

Diambil L = 3.00 m

1. Tekanan maksimum akibat water hammer



$$V = \frac{Q}{A} = \left(\frac{3,20}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1,20^2} \right) = 2.83 \text{ m/dtk}$$

$$P = \left(\frac{\alpha \times V}{2g \times H} \right) < 1 = 0.31 < 1$$

1 (AMAN)

$$P \times D = 4.50 \text{ kg/cm}^2 \times 120 \text{ cm}$$

$$= 540.00 \text{ kg/cm} < 10000 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Karena } P \times D < 10000 \text{ kg/cm}^2,$$

maka digunakan pipa jenis pertama yaitu pipa kecil tanpa sabuk atau beugel.

2. Tekanan lingkaran akibat tekanan hidrostatik

$$\sigma = \frac{P \times R}{(tp - \epsilon)\eta} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$R = 0.5 (1.20 + 0.002) = 0.60 \text{ m} = 60.10 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{4.50 \times 60.10}{(1.0 - 0.2) \times 0.80} =$$

$$422.58 \text{ kg/m}^2 < 1300 \text{ kg/m}^2 \text{}$$

OK

1.1. Analisis Rancangan Anggaran Biaya

Perhitungan biaya pelaksanaan pekerjaan terhadap masing-masing jenis konstruksi diperhitungkan, dengan metode menghitung volume pekerjaan pasangan pipa pesat (penstock) termasuk pengelasan.

Adapun rencana anggaran biaya Siphon Pipa steel carbon ASTM 252 Grade 2 dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4. Analisis Rancangan Anggaran Biaya Siphon Beton Bertulang

Kode	Jenis Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Kuantitas	Panjang Bentang (m)	Jumlah Harga
A.	Siphon dengan Beton (Uk. 2,01 x 2, 01; r = 0,33)					
1	Beton K-175	m ³	1.416.386,00	2,263	1,00	3.204.715
2	Beton K-100	m ³	1.263.864,32	0,201	1,00	254.037
3	Pembesian Besi Ulir	Ton	31.004.580,75	0,305	1,00	9.456.397
4	Bokisting F4 (exposed)	m ²	401.742,09	10,740	1,00	4.999.110
	Total Biaya per m panjang					17.874,259
TOTAL		m			259	Rp.4.629.433.033

Tabel 5. Analisis Rancangan Anggaran Biaya Siphon Pipa Steel Carbon ASTM 252 Grade 2

Kode	Jenis Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan	Kuantitas	Panjang Bentang (m)	Jumlah Harga
A.	Siphon Steel Carbon ASTM Grade 2, Ø1200 mm x 10 mm					
1	Pengalasan Pipa Steel Carbon ASTM A252 Grade 2 Ø 1200 mm x 10 mm termasuk Pengelasan	kg	51.290,00	298,190	1,00	15.294.165
2	Pemasangan Pipa Steel Carbon ASTM A252 Grade 2 Ø 1200 mm x 10 mm	kg	5.572,33	298,190	1,00	1.661.620
	Total Biaya per m panjang					16.955.785
TOTAL		m			259	Rp.4.391.548.315

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pelaksanaan pekerjaan Siphon dengan beton bertulang dan pipa Steel Carbon ASTM Grade 2 adalah sebesar **Rp. 918.474 /m** atau Nilai Efisiensi = $\frac{17.874.259 - 16.955.785}{17.874.259} \times 100\% =$

$$5.14 \%$$

KESIMPULAN

Dengan banjir rancangan 20 tahun sebesar $Q = 4,689 \text{ m}^3/\text{dt}$ di dapatkan dimensi Siphon yang direncanakan menggunakan pipa Steel Carbon ASTM A 252 Grade sebesar 1,20 m, ketebalan 10 cm, panjang total siphon diperoleh yaitu 259 m, Dengan biaya siphon pipa sebesar **Rp4.391.548.315** dan Siphon beton bertulang sebesar **Rp.4.629.433.033** Hasil perhitungan biaya perencanaan bangunan Siphon Pipa Steel Carbon ASTM A 252 Grade lebih murah bila dibandingkan dengan perencanaan Siphon Beton Bertulang dengan nilai efisiensi sebesar 5.14 %

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai – Nusa Tenggara I yang telah memberikan data yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi, Indra, and Welli Juli Putra Gea, 2017, Tinjauan Kembali Disain Siphon Baru
- [2] Cibeet Di Btb 23/Penggantian Barrel Siphon Beton ke Pipa HDPE (Revised Design For New Cibeet Siphon At Btb. 23/Replacement Of The Reinforced Concrete Siphon Barrel Structure To HDPE Pipe) Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri. 12 (2017).
- [3] Balai Wilayah Sungai - Nusa Tenggara I. 2019. Justifikasi Teknis Bangunan Syphon RBK 1.S Tahun 2019/2020. Mataram: Balai Wilayah Sungai - Nusa Tenggara I.
- [4] Direktorat Jenderal Departemen Pekerjaan Umum, 1986, Standar Perencanaan
- [5] Irigasi Kriteria Perencanaan Standar Irigasi KP – 04, Badan Penerbit
- [6] H. Dedeng, 2011, Analisis Unjuk Kerja Jaringan Pipa Siphon, Jurnal Konstruksia vol.3, Program studi teknik elektro, Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
- [7] Kementrian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat, 2016, Permen PUPR No.28/PRT/M/2019, Tentang Pedoman Analisis Harga satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum
- [8] Soediby, 2003, Teknik Bendungan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [9] Triatmojo Bambang, 1993, Hidraulika II, Beta Offset, Yogyakarta.