

Simulasi Hidrolik Perubahan Desain Bangunan Pengambilan Bendungan Jragung Kabupaten Semarang

Ramlan¹⁾, Imam Wahyudi²⁾, Prabowo Setiyawan³⁾

Fakultas Teknik, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Sultan Agung, Semarang, Jl. Kaligawe Raya
No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112;
Email: ramlanr488@gmail.com, mts@unissula.ac.id

Abstrak

Dalam sistem jaringan perpipaan, desain bangunan pengambilan memegang peranan penting dalam menentukan efisiensi aliran dan distribusi air. Desain yang kurang optimal dapat menyebabkan Kehilangan Tekanan yang signifikan, distribusi aliran yang tidak merata, dan potensi kerusakan pada infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan dan menganalisis efek perubahan desain pada bangunan pengambilan Bendungan Jragung, Kabupaten Semarang terhadap kinerja hidrauliknya. Bendungan Jragung merupakan salah satu infrastruktur penting yang mendukung pengelolaan sumber daya air di wilayah tersebut. Dalam penelitian ini, digunakan perangkat lunak simulasi hidraulik *WaterCad* untuk memodelkan aliran air dan perilaku hidraulik di bangunan pengambilan. Pemodelan hidraulik yang didasarkan pada data topografi, hidrologi, dan teknis bangunan pengambilan saat ini. Perubahan desain disimulasikan untuk mengevaluasi perbedaannya dalam hal kapasitas aliran, tekanan, dan stabilitas struktur. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan kinerja desain awal dengan desain akibat perubahan *reservoir*. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan posisi *reservoir* dengan muka air minimum waduk tetap di elevasi +93,00, tekanan *Outlet* untuk pipa Transmisi Air Baku menurun menjadi 1,97 mH₂O, sedangkan tekanan pada saluran lainnya menunjukkan perubahan yang relatif kecil dengan nilai masing-masing 33,48 mH₂O, 11,34 mH₂O, dan 34,05 mH₂O. Hasil ini menunjukkan bahwa tekanan air pada pipa Transmisi Air Baku berada di bawah standar yang dipersyaratkan (0,5-8 atm), Untuk mengatasi kehilangan energi pada saluran transmisi air baku sehingga air dapat mengalir secara gravitasi, dilakukan perubahan diameter pipa dari 900 mm menjadi 1100 mm sepanjang 3.469 meter. Modifikasi ini menghasilkan tekanan *outlet* sebesar 10,20 mH₂O pada kondisi muka air minimum waduk.

Kata kunci: Simulasi Hidraulik, Sistem Jaringan Perpipaan, Efisiensi Aliran, *Head Loss*

Abstract

In a pipe network system, the design of the intake building plays an important role in determining the efficiency of water flow and distribution. Suboptimal designs can cause significant Pressure Losses, uneven flow distribution, and potential damage to infrastructure. This research aims to simulate and analyze the effect of design changes in the Jragung Dam intake building in Semarang Regency on its hydraulic performance. The Jragung Dam is one of the important infrastructures that supports water resource management in the region. In this research, WaterCad hydraulic simulation software was used to model water flow and hydraulic behavior in intake buildings. Hydraulic modeling based on current topographic, hydrological and engineering data of intake structures. Design changes are simulated to evaluate the differences in terms of flow capacity, pressure, and structural stability. The simulation results are then compared with the performance of the initial design with the design due to changes in the reservoir. The results of the research show that there is a change in the position of the reservoir with the minimum water level of the reservoir remaining at an elevation of +93,00, the outlet pressure for the raw water transmission pipe decreases to 1.97 mH₂O, while the pressure in the other channels shows relatively small changes with a value of 33.48 respectively. mH₂O, 11.34 mH₂O, and 34.05 mH₂O. These results indicate that the water pressure in the raw water transmission pipe is below the required standard (0.5-8 atm). To overcome energy losses in the raw water transmission line so that water can flow by gravity, the pipe diameter was changed from 900 mm to 1100 mm along 3,469 m. This modification produces an outlet pressure of 10.20 mH₂O at the reservoir's minimum water level.

Keywords: Hydraulic Simulation, Pipe Network System, Flow Efficiency, Head Loss



Copyright © 2024 The Author(s)

This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Bendungan merupakan Bangunan Air yang dibangun sebagai salah satu solusi dalam berbagai masalah yang berhubungan dengan Sumber Daya Air (Sadono et al., 2017). Bendungan digunakan untuk berbagai tujuan seperti Pengendalian Banjir, Penyediaan Air Irigasi Bagi Pertanian, Pembangkitan Listrik Tenaga Air dan Penyediaan Sumber Air Minum (Silitonga & Hendry, 2018). Bendungan Jragung, Kabupaten Semarang merupakan salah satu infrastruktur vital yang berperan penting dalam pengelolaan sumber daya air untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, suplai air baku, pemeliharaan sungai, dan pembangkit listrik tenaga air (*hydropower*). Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan air, baik untuk pertanian, domestik, maupun industri, optimalisasi kinerja hidraulik dari bangunan pengambilan dan jaringan perpipaan bendungan menjadi sangat krusial.

Dalam sistem jaringan perpipaan, desain bangunan pengambilan memegang peranan penting dalam menentukan efisiensi aliran dan distribusi air. Desain yang kurang optimal dapat menyebabkan Kehilangan Tekanan yang signifikan, distribusi aliran yang tidak merata, dan potensi kerusakan pada infrastruktur. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan simulasi hidraulik untuk mengidentifikasi dan mengatasi berbagai kendala yang ada, serta untuk merancang solusi yang lebih efektif dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi hidraulik terhadap perubahan desain bangunan pengambilan di Bendungan Jragung. Fokus utama dari studi ini adalah untuk menganalisis bagaimana perubahan desain dapat mempengaruhi kecepatan aliran, tekanan, dan kebutuhan aliran (*Demand flow*) dalam berbagai skenario operasi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak hidraulik *WaterCad* yang mampu memodelkan kondisi aktual dan memprediksi kinerja sistem berdasarkan data Topografi, Hidrologi, dan Teknis yang ada.

2. METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan mencakup data hidrolika pemanfaatan bendungan, data Topografi serta data Karakteristik Material Pipa

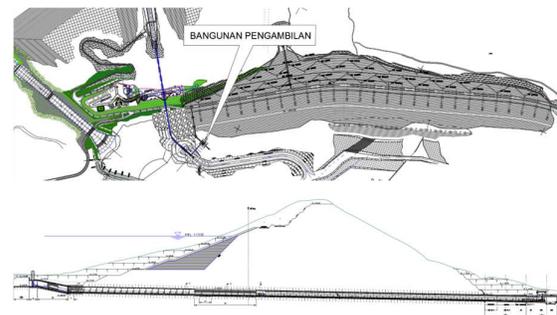
Penstock yang digunakan. Data ini diperoleh dari berbagai sumber termasuk laporan studi kelayakan bendungan, laporan desain awal bangunan pengambilan, dan dokumentasi perubahan desain. Selain itu, peta topografi, peta geologi, peta penggunaan lahan, serta citra satelit atau foto udara digunakan untuk analisis dan visualisasi yang lebih mendetail. Alat yang digunakan meliputi perangkat lunak simulasi hidrolis *WaterCad*, untuk menjalankan simulasi aliran sungai dan pengelolaan air.

Berikut beberapa Data Teknis Bendungan Jragung berdasarkan hasil sertifikasi.

Kapasitas Tampung total	: 90 juta m ³
Kapasitas Tampung mati	: 21 juta m ³
Kapasitas Tampung efektif	: 69 juta m ³
Elevasi Muka Air rendah	: + 93,00 m.dpl
Elevasi Muka Air normal	: + 115,00m.dpl
Elevasi Muka Air banjir PMF	: + 118,65m.dpl

Manfaat

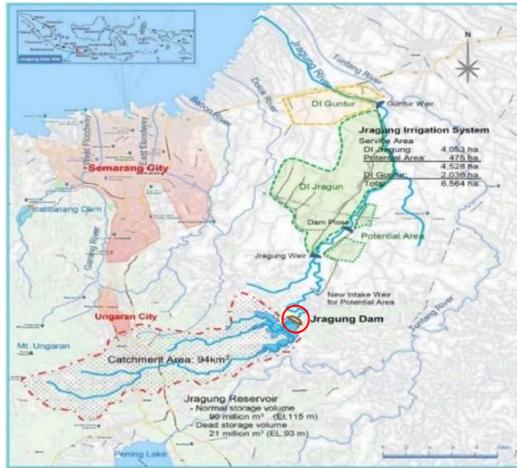
Pembangkit Listrik:	3,30 m ³ /det 1.400 kW
Air Baku	: 1,00 m ³ /det
Irigasi	: 4528+ 475 ha (4,63 m ³ /det)
Pemeliharaan	: 1,08 m ³ /det



Gambar 1. Denah Dan Jalur Pipa Melalui Trowongan

Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi Penelitian berada di Desa Candirejo Kecamatan Pringapus Kabupaten Semarang dan Kecamatan Karangawen Kabupaten Demak Jawa Tengah, pada 1100 21' 57" – 1100 39' 58" BT dan 060 55' 50" - 070 13' 59" LS.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Metode penelitian

Penelitian ini tergolong dalam jenis penelitian Kualitatif, yang bersifat dinamis, artinya selalu terbuka terhadap perubahan, penambahan, dan penggantian selama proses analisisnya. Dalam penelitian ini, simulasi aliran air numerik dibuat menggunakan perangkat lunak *WaterCad Connect Edition*. Model aliran pada penelitian ini menggunakan persamaan *Hansen-Williams*, yang memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan akurat mengenai karakteristik aliran air dalam berbagai kondisi. Pendekatan kualitatif ini memberikan fleksibilitas untuk menyesuaikan model dan metode analisis sesuai dengan temuan dan kebutuhan yang muncul selama proses analisis berlangsung (Paradis et al., 2024).

Besarnya kehilangan energi primer dan sekunder yang terjadi dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut.

Kehilangan Energi Primer.

Kehilangan Energi Akibat Gesekan di dalam dinding saluran pipa dapat dicari menggunakan Persamaan Empiris yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$k = \frac{10,67.L}{C_{hw}^{1,85} . D^{4,87}} \quad \dots (1)$$

$$hf = k.Q^{1,85} \quad \dots (2)$$

Keterangan:

- h_f = Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (m)
- k = Koefisien Karakteristik Pipa
- Q = Debit Aliran pada pipa (m^3/det)
- C_{hw} = Koefisien Kekasaran *Hazen-Williams*
- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)

Kehilangan Energi Sekunder.

$$H_e = K_e = \frac{v^2}{2g} \quad \dots (3)$$

Keterangan:

- H_f = Kehilangan Energi Sekunder
- K_e = Koefisien Bentuk Mulut Pipa
- v = Kecepatan air ($m^2/detik$)
- g = Percepatan gravitasi ($9,81 m^2/detik$)

Sisa Tekanan

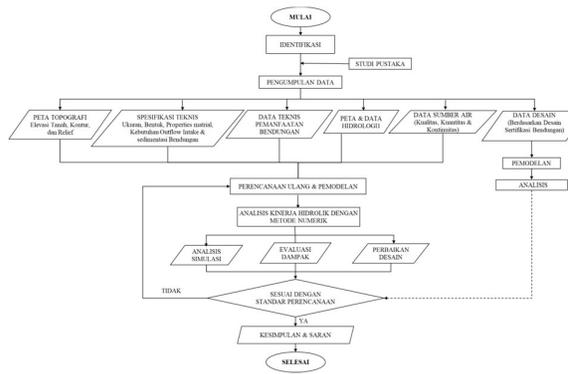
Sisa Tekanan minimum pada setiap titik Jaringan Pipa Induk yang direncanakan adalah sebesar 10 meter kolom air (mH_2O) (Apritama et al., 2020). Hal ini dimaksudkan agar air dapat sampai di Konsumen dengan tekanan yang cukup. Untuk mendapatkan Tekanan Minimum ini dapat dengan cara antara lain dengan menaikkan elevasi *reservoir*, mengatur Nilai Kecepatan Aliran Dalam Pipa serta *Head Loss Total* (Rahmatullah, 2022). Kehilangan Tekanan Air dalam pipa (h_f) terjadi akibat adanya friksi antara fluida dengan fluida serta antara fluida dengan permukaan dalam pipa yang dilaluinya (Mananoma, Tiny, 2017). Kehilangan Tekanan Maksimum yang di Ijinkan 10 m/km Panjang Pipa. Dalam (Hasibuan et al., 2022) besarnya tekanan yang diijinkan 0,5-10 atm, Kecepatan yang diijinkan 0,3-6 m/detik, *Head Loss Gradient* yang diijinkan 0-15 m/km Adapun kriteria Perencanaan Pipa Transmisi dapat di lihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Kriteria Desain Pipa Transmisi

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit Perencanaan	Q max	Kebutuhan air hari Maksimum $Q \text{ max} = F \text{ max} \times Q \text{ rata-rata}$
2	Faktor hari maksimum	F max	1,10-1,50
3	Jenis Saluran	-	pipa atau saluran terbuka*
4	Kecepatan aliran air dalam pipa	V min	0,3-0,6 m/det
	a) Kecepatan minimum	V max	3,0-4,5 m/det
	b) Kecepatan maksimum	V max	6,0 m/det
5	Tekanan air dalam pipa	H min H maks	0,5 - 1 atm
	a) Tekanan minimum		
	b) Tekanan maksimum		
	Pipa PVC		
Pipa DCIP	10 atm		
- Pipa PE 100	12,4 Mpa		
- Pipa PE 80	9,0 Mpa		
6	Kecepatan saluran terbuka	V min V maks	0,6 m/det 1,5 m/det
a) Kecepatan minimum			
b) Kecepatan maksimum			
7	Kemiringan saluran terbuka		(0,5-1) 0/00
8	Tinggi bebas saluran terbuka	Hw	15 cm (minimum)
9	Kemiringan tebing terhadap dasar saluran		4,5° (untuk bentuk trapesium)

(Sumber : Permen PU No 27/PRT/M/2016, 2016)

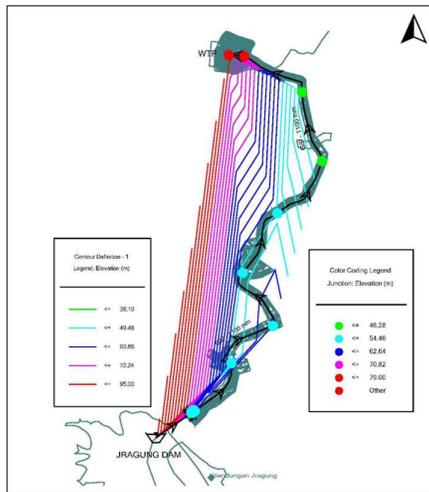
Berikut akan disajikan bagan proses simulasi Sistem Jaringan Distribusi Air dengan Program *WaterCad*.



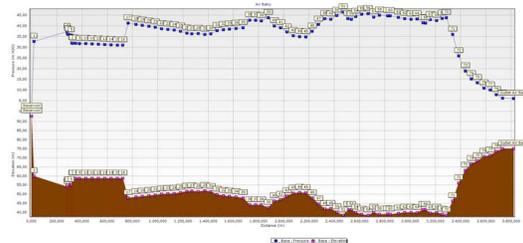
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Desain Awal



Gambar 4. Elevasi Jaringan Pipa Jragung



Gambar 5. Grafik Tekanan Desain Awal

Tabel 1. Output Desain Awal

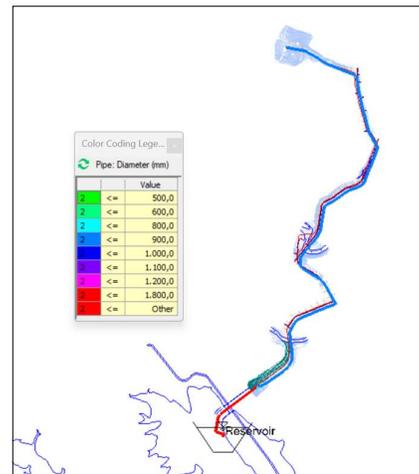
Label	Velocity (m/s)	Pressure (m H2O)	Flow (m ³ /s)
Outlet Air Baku	1,57	6,05	1,00
Outlet Irigasi	5,90	37,39	4,63
Outlet Small Discharge	5,50	12,33	1,08
Outlet Hidropower	11,67	33,9	3,30

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Dari hasil Analisis Aliran untuk Pipa Transmisi pada kondisi Muka Air Minimum +93,00 m diperoleh Kecepatan Aliran 1,57 m/s, Pressure 6,05 mH₂O, untuk Demand Flow 1,00 m³/s, Kebutuhan Irigasi Diameter Pipa Outlet 1000 mm diperoleh Kecepatan Aliran 5,90 m/s, Pressure 37,39 mH₂O, untuk Demand Flow 4,63 m³/s, kebutuhan pemeliharaan sungai diameter pipa Outlet 500 mm diperoleh Kecepatan Aliran 5,50 m/s, Pressure 12,33 mH₂O, untuk Demand Flow 1,08 m³/s, kebutuhan Hidropower menggunakan Diameter Pipa Outlet 600 mm diperoleh Kecepatan Aliran 11,67 m/s, Pressure 33,9 mH₂O, untuk Demand Flow 3,30 m³/s.

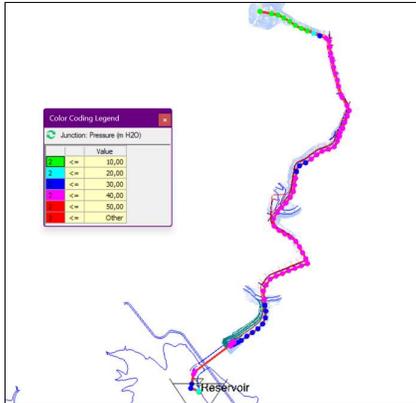
Analisis Perubahan Reservoir

Dengan adanya Perubahan Desain memberikan dampak terhadap Kinerja Hidrolik dalam Sistem Aliran Air akibat Kehilangan Energi Primer maupun Sekunder. Berikut merupakan Gambar Jalur Persebaran pipa berdasarkan diameter yang di gunakan, setelah adanya perubahan posisi *Reservoir*.



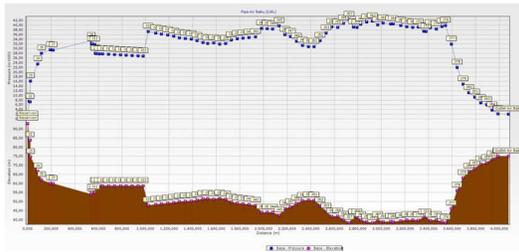
Gambar 6. Perubahan Posisi *Reservoir*

Gambar persebaran pipa setelah adanya perubahan posisi *reservoir*



Gambar 7. Tekanan Yang terjadi sepanjang Jaringan Pipa

Gambar diatas menunjukkan tekanan yang terjadi pada titik terjauh aliran transmisi < 10 mH2O.



Gambar 8. Grafik Tekanan Perubahan Reservoir

Tabel 2. Output Desain Awal

Label	Velocity (m/s)	Pressure (m H2O)	Flow (m ³ /s)
Outlet Air Baku	1,57	1,97	1,00
Outlet Irigasi	5,90	33,48	4,63
Outlet Small discharge	5,50	11,34	1,08
Outlet Hidropower	11,67	34,05	3,30

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Perubahan Posisi *Reservoir* menyebabkan adanya penambahan panjang 342,35 meter pada area *reservoir*, dengan demikian diperoleh hasil pipa transmisi air baku dengan Diameter Pipa 900 mm diperoleh Kecepatan Aliran 1,57 m/s, *Pressure Outlet* 1,97 mH2O, untuk *Demand Flow* 1,00 m³/s, untuk kebutuhan Irigasi untuk Diameter Pipa *Outlet* 1000 mm diperoleh Kecepatan Aliran 5,90 m/s, *Pressure* 33,48 mH2O, untuk *Demand Flow* 4,63 m³/s, untuk kebutuhan Pemeliharaan Sungai Diameter Pipa *Outlet* 500 mm diperoleh Kecepatan Aliran 5,50 m/s, *Pressure* 11,34 mH2O, untuk *Demand Flow* 1,08 m³/s, untuk kebutuhan *Hidropower* menggunakan Diameter Pipa *Outlet* 600 mm diperoleh Kecepatan Aliran 11,67 m/s, *Pressure* 34,05 mH2O, untuk *Demand Flow* 3,30 m³/s.

Faktor penyebab turunnya tekanan pada aliran fluida adalah adanya Faktor Gesekan antara fluida dengan dinding pipa. Dalam analisis menggunakan Program WaterCad ini menggunakan satu *Reservoir* yang menyadap langsung pada Intake Bendungan Jragung. Hasil analisa dengan adanya perubahan posisi *Reservoir* menunjukkan tekanan air untuk pengaliran terjauh (Pipa Transmisi Air Baku) memiliki tekanan yang masih dibawah Standar Tekanan yang di persyaratkan.

Dalam persyaratan Tekanan pada aliran pipa berdasarkan Baku Mutu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor PU No.27/RT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum, dengan Nilai Tekanan Minimum pipa 0,5 - 1 atm dan Tekanan Maksimum Pipa Distribusi sebesar 10 atm.

Analisis Hidrolika dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran didalam pipa. Berikut merupakan analisis kehilangan energi yang terjadi dengan adanya penambahan panjang pipa dan aksesorisnya.

Kehilangan Enargi (*Head Loss*) Primer

Kehilangan Tinggi Tekan pada pipa akibat Gesekan (*Mayor Loss*), Pada studi ini didesain menggunakan perencanaan sesuai dengan data perubahan.

- Debit (*Q*) = 10,01 m³/det
- Panjang Pipa (*L*) = 263,714 m
- Koefisien Kekasaran = 130
- Diameter pipa (*D*) = 1.800 m

Dari data tersebut sehingga diperoleh koefisien kehilangan energi.

$$k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw} \cdot D^{4,87}}$$

$$k = \frac{10,67 \cdot (342,35)}{130^{1,85} \cdot 1,8^{4,87}}$$

$$k = 0,02562$$

Kehilangan energi Primer sebagai berikut.

$$h_f = k \cdot Q^{1,85}$$

$$h_f = 0,02562 \times 10,01^{1,85}$$

$$h_f = 1,817 \text{ m}$$

Kehilangan Energi (*Head Loss*) Sekunder

- Kehilangan energi akibat bentuk mulut piapa k = 0,5

$$h_f = 0,5 \cdot \frac{3,93^2}{2,9,81}$$

$$h_f = 0,395 \text{ m}$$

- Pipa Inlet dengan $k = 0,05$ (*Bell Mounth*)

$$h_f = 0,05 \cdot \frac{3,93^2}{2,9,81}$$

$$h_f = 0,0395 \text{ m}$$

- Pipa Belokan (Belokan 90°) $k = 0,8$

$$h_b = k_b \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_b = 0,8 \cdot \frac{3,93^2}{2,9,81}$$

$$h_b = 0,6316 \text{ m}$$

- Pipa Belokan (Belokan 40°) $k = 0,14$

$$h_b = k_b \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_b = 0,14 \cdot \frac{3,93^2}{2,9,81}$$

$$h_b = 0,1102 \text{ m}$$

- Akibat Katup/*Valve*

$$h_v = n \cdot k_v \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_v = 2,0,290 \cdot \frac{3,93^2}{2,9,81}$$

$$h_f = 0,457 \text{ m}$$

Total Kehilangan Energi Primer dan sekunder dengan penambahan panjang pipa dan Aksesoris berdasarkan Hasil Perhitungan sebagai berikut.

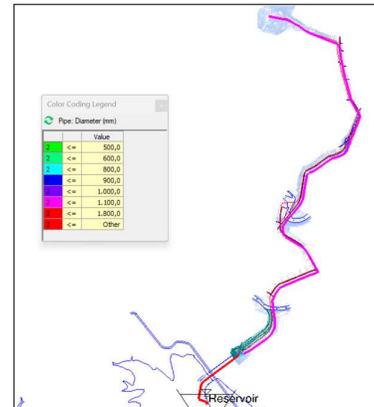
$$h_f = 1,817 + 0,395 + 0,0395 + (2 \times 0,6316) + 0,1102 + 0,457$$

$$h_f = 4,082 \text{ m}$$

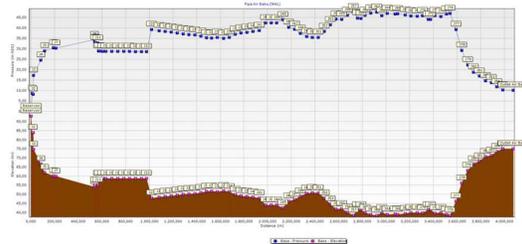
Review Desain Pipa Transmisi Air Baku

Memperbesar Dimensi pipa khususnya pada Saluran Transmisi Air Baku, dapat mengurangi Kehilangan Energi akibat Gesekan Fluida dengan Dinding Saluran. Analisis dilakukan untuk mengetahui Kinerja Sistem Hidrolik

Jragung dengan memperbesar diameter pipa pengaliran untuk Suplai Air Baku, perubahan desain yang dilakukan pada posisi *Outlet* setelah *Gate Valve Control* untuk Air Baku.



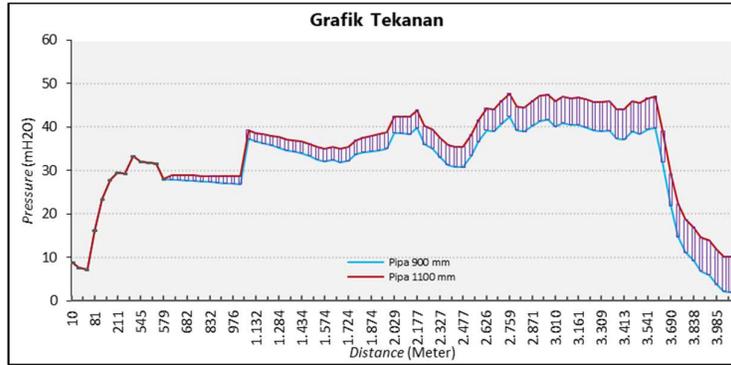
Gambar 9. Perubahan Diameter Pipa Air Baku



Gambar 10. Grafik Tekanan Perubahan Diameter Pipa

Memperbesar Diameter pipa dari 900 mm menjadi 1100 mm Sepanjang 3.469 meter, diperoleh Kecepatan Aliran 1,05 m/s, *Pressure Outlet* 10,20 mH₂O, untuk *Demand Flow* 1,00 m³/s. Hal ini meningkatkan tekanan pada *Outlet* WTP akibat berkurangnya Kehilangan Energi Akibat Gesekan antara Fluida dengan Dinding pipa akibat berkurangnya Kecepatan Aliran, maksimum *Pressure* 70,83 mH₂O terjadi pada elevasi terendah pipa +38,35 m. Berdasarkan hal tersebut, Tujuan dari Studi ini telah dicapai dengan memastikan sistem distribusi dapat terpenuhi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

Selanjutnya dilakukan Perbandingan untuk memvisualisasikan data dalam bentuk Grafik yang dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Tekanan dengan Perubahan Diameter pipa

Perubahan diameter pipa sepanjang 3.469 meter dapat mengurangi Kehilangan Energi akibat gesekan permukaan pipa, besar tekanan yang di

hasilkan pada *Outlet* Pipa Transmisi Air Baku sebesar 10,20 mH₂O. Perubahan Tekanan dari 1,97 mH₂O.

Tabel 3. Rekapitulasi *Head Loss* Pada Pipa Air Baku

Keterangan	Elevasi Reservoir (meter)	Elevasi WTP (meter)	Head (meter)	Sisa Tekanan (mH ₂ O)	Panjang Pipa (meter)	Head Loss (meter)	Gradient Head Loss (m/km)
Desain Awal	115	75	40	28,06	3831,7	11,94	3,12
	93	75	18	6,05	3831,7	11,95	3,12
Perubahan Reservoir	115	75	40	23,98	4074,0	16,02	3,93
	93	75	18	1,97	4074,0	16,03	3,93
Prubahan Diameter Pipa	115	75	40	32,26	4074,0	7,74	1,90
	93	75	18	10,2	4074,0	7,80	1,91

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Desain Awal menunjukkan *Head Loss* dari panjang pipa 3831,7 meter adalah 11,95 meter dengan gradient *Head Loss* sebesar 3,12 m/km. Perubahan posisi *Reservoir* mengakibatkan pipa bertambah menjadi (4074,0 meter) menyebabkan peningkatan *Head Loss* 16,03 meter. Hal ini menyebabkan Sisa Tekanan mengalami penurunan untuk elevasi *reservoir* 93 meter sebesar 1,97 mH₂O) dengan nilai Gradient *Head Loss* 3,93 m/km. Sisa Tekanan pada titik terjauh pipa sebesar 10,20 mH₂O, Kehilangan energi primer dan sekunder yang

terjadi akibat perubahan posisi *Reservoir* sebesar 4,08 m, adapun efisiensi kehilangan energi akibat perubahan dimensi saluran pipa air baku sebesar 8,23 m

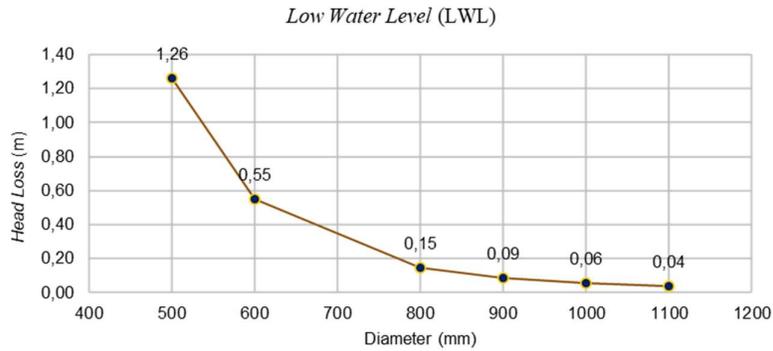
Perbandingan Kehilangan Energi Pada Pipa

Diameter penampang pipa sangat mempengaruhi besarnya Kehilangan Energi, sebagai data pembandingan Analisis Jaringan pipa akibat perubahan diameter pipa di jelaskan pada Tabel berikut.

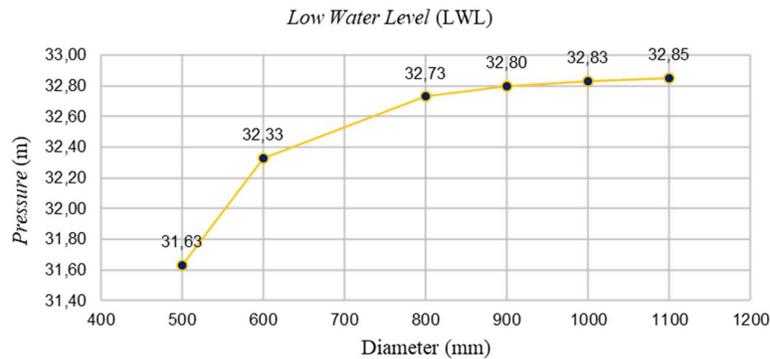
Tabel 4. Pengaruh Diameter Pipa

Diameter (mm)	Flow (m ³ /s)	Velocity (m/s)	Length (m)	Headloss (m)	Pressure (LWL) (m)	Pressure (NWL) (m)
500	1,00	5,14	19,71	1,26	31,63	53,58
600	1,00	3,57	19,71	0,55	32,33	54,29
800	1,00	2,01	19,71	0,15	32,73	54,69
900	1,00	1,59	19,71	0,09	32,80	54,75
1000	1,00	1,29	19,71	0,06	32,83	54,79
1100	1,00	1,06	19,71	0,04	32,85	54,80

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)



Gambar 12. Grafik Pengaruh Diameter terhadap Head loss



Gambar 13. Grafik Pengaruh Diameter Terhadap Pressure

Dari Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin kecil diameter pipa, semakin Tinggi Kecepatannya dan semakin besar Kehilangan Energi yang diperoleh. Jika kecepatannya nol, penurunan tekanannya juga nol. Jika kecepatannya sangat tinggi, penurunan

tekanannya juga sangat tinggi. Tekanan dipahami sebagai gaya yang bekerja pada dinding pipa

Tabel 5. Rekapitulasi Head Loss Pada Pipa Air Baku

Keterangan	Elevasi Reservoir (meter)	Elevasi WTP (meter)	Head (meter)	Sisa Tekanan (mH2O)	Panjang Pipa (meter)	Head Loss (meter)	Gradient Head Loss (m/km)
Desain Awal	115	75	40	28,06	3831,7	11,94	3,12
	93	75	18	6,05	3831,7	11,95	3,12
Perubahan Reservoir	115	75	40	23,98	4074,0	16,02	3,93
	93	75	18	1,97	4074,0	16,03	3,93
Prubahan Diameter Pipa	115	75	40	32,26	4074,0	7,74	1,90
	93	75	18	10,2	4074,0	7,80	1,91

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Sistem Jaringan Perpipaan Jragung pada desain awal dengan muka air minimum waduk Elevasi +93,00, didapatkan kecepatan aliran untuk pipa transmisi air baku, irigasi, pemeliharaan sungai, dan Hydropower masing-masing sebesar 1,57 m/s, 5,90 m/s, 5,50 m/s, dan 11,67 m/s. Tekanan

Outlet yang dihasilkan adalah 6,05 mH2O, 37,39 mH2O, 12,33 mH2O, dan 33,9 mH2O, dengan kebutuhan aliran sebesar 1,00 m³/s, 4,63 m³/s, 1,08 m³/s, dan 3,30 m³/s. Pada analisis dengan perubahan posisi reservoir pada elevasi yang sama, kecepatan aliran tetap sama, namun tekanan Outlet untuk pipa transmisi air baku menurun menjadi 1,97 mH2O, menunjukkan bahwa tekanan untuk pengaliran terjauh berada

di bawah standar yang disyaratkan (0,5 - 1 atm). Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan modifikasi pada sistem perpipaan dengan memperbesar Diameter Pipa dari 900 mm menjadi 1100 mm sepanjang 3.469 meter. Modifikasi ini menghasilkan tekanan *Outlet* sebesar 10,20 mH₂O pada kondisi Muka Air Minimum Waduk, memastikan suplai air baku tetap optimal.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada BBWS Pemali Juana selaku pemilik pekerjaan yang telah mengizinkan melaksanakan penelitian, teman-teman serta berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Apritama, M. R., Suryawan, I. W. K., & Adicita, Y. (2020). Analisis Hidrolis dan Jejak Karbon Jaringan Distribusi Air Bersih di Pulau Kecil Padat Penduduk (Pulau Lengkang Kecil, Kota Batam). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 227–235.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.3807>
- Hasibuan, F. R., Haribowo, R., & Wahyuni, S. (2022). Evaluasi Kualitas Air dan Sistem Hidran Pada Zona Pelayanan Betek Kota Malang Menggunakan Program WaterCAD. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 338.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.02.27>
- Mananoma, Tiny, J. S. (2017). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum Di Kecamatan Banyuates Kabupaten Sampang. *Jurnal Sipil Statik*, 5(1), 985–994.
- Paradis, I., Syamsudin, U., & Rantau, M. I. (2024). Optimalisasi Pelayanan Air Minum Oleh PDAM Tirta Benteng Kota Tangerang. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(April), 491–528.
- Permen PU No 27/PRT/M/2016. (2016). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016. *Научно-Техническое Творчество Аспирантов И Студентов*, 139–141.
- Rahmatullah, D. T. D. (2022). *Perencanaan Jaringan Transmisi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Regional Kamijoro Wilayah Layanan Kawasan Industri Sentolo (KIS)*.
- Sadono, K., Pamungkas, G., Eko Suprpto, R., & Supratama, T. (2017). Analisis Geologi Teknik Pada Kegagalan Bendung Cipamingkis, Bogor, Provinsi Jawa Barat. In *Grha Sabha Pramana* (Vol. 190).
- Silitonga, B., & Hendry, H. (2018). Perencanaan Hidrolis Pintu Pada Bangunan Pengambilan Air (Intake). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 72–77.
<https://doi.org/10.54367/jrkms.v1i2.282>