

Desain Jalur Underground Pipeline Sistem Transfer Air Perkebunan Tebu Dari Pump Room Menuju Reservoir

Andi Ahmad Fahrezi^{1*}, Projek Priyonggo Sumangun², Ni'matut Tamimah³

PT. Adhi Karya, Jakarta, Indonesia¹

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{2, 3}

Email: andifahrezi@student.ppns.ac.id^{1*}; projek.priyonggo@ppns.ac.id²; nimatuttamimah@ppns.ac.id³

Abstract – The production of sugarcane plants will decrease when experiencing moderate stress due to water shortage. The availability of irrigation water is a problem in the tegalan land area. PT Muria Sumba Manis is engaged in sugar factory and integrated sugarcane plantation activities, with the water source located below the sugarcane plantation area and at a considerable distance. Planning will be carried out by estimating the underground pipeline system route along 6.834 KM from the river to the reservoir, with a required flow rate of 350 m³/h. Therefore, a pipeline system design is needed from the river to the reservoir location. The activities involved designing the pipeline system from the pump room to the reservoir, determining the pump head, pump power, and pump specifications to distribute water along the pipeline, starting with manual calculations and then conducting hydraulic analysis using a computer program. By considering the manual calculations and hydraulic analysis, a pipeline system design was obtained along 6.834 KM using FRP PN40 pipes for 2020 m, FRP PN32 pipes for 960 m, HDPE PN20 pipes for 2100 m, and PVC PN10 pipes for 1754 m. Based on the calculation results, a total pump head of 267.339 m was obtained using two pumps in a parallel configuration. The selected pump is the Caprari Electric Submersible type E12S42/7M+MAC12400C with a flow rate capacity of 270 m³/h and a head level of 291 m. The hydraulic analysis yielded satisfactory results, including pressure values and water flow rates that meet the minimum requirement of 350 m³/h, with a headloss difference of 4.75% between manual calculations and the software.

Keyword: flow rate, pipeline design, headloss, pump head, WaterCAD

Nomenclature

Q	Debit (m ³ /s)
A	Luas Penampang (m ²)
V	Kecepatan aliran (m/s)
ρ	Massa jenis fluida (kg/m ³)
d	Diameter pipa (m)
μ	Viskositas dinamis (Kg/m.s)
v	Viskositas kinematis (m ² /s)
f	Koefisien kerugian gesek
L	Panjang pipa (m)
D	Diameter pipa (m)
g	Percepatan gravitasi (m/s ²)
K	nilai coefficient
ha	Head statis total (m)
hl	Berbagai kerugian head pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)
P	Daya pompa, kW
g	Percepatan gravitasi, 9,81 m/s ²
H	Head total pompa, m

1. PENDAHULUAN

Tebu adalah tanaman yang berasal dari daerah tropis basah seperti Hawaii dan Papua Nugini. Tanaman tebu memiliki nilai ekonomi tinggi, karena digunakan sebagai bahan baku utama penghasil gula pasir [1]. Faktor ketersediaan air irigasi merupakan faktor pembatas, adanya ketersediaan air yang cukup produksi tanaman tebu dapat mencapai 123 ton/ha/tahun, tetapi jika tanaman tebu mengalami

stress sedang (4-5 minggu tidak turun hujan) maka produksinya akan turun menjadi 108 ton/ha/ton[1].

PT, Muria Sumba Manis (MSM) adalah satu perusahaan yang bergerak dalam kegiatan pabrik gula dan perkebunan tebu yang berlokasi di Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur. Pada lokasi perkebunan tebu, kondisi topografi dari sumber mata air berada di bawah lokasi perkebunan tebu dengan jarak mata air yang cukup jauh. Perencanaan dilakukan dengan estimasi jalur sistem perpipaan underground. upaya penyediaan air akan dilakukan tepatnya melalui proyek pipa transfer air kebun palakahambi dari sebuah mata air sungai . Sehingga dibutuhkan desain jalur sistem perpipaan dari sungai hingga lokasi reservoir.

Penelitian ini di awali dengan mendesain sistem perpipaan mulai dari pump room menuju reservoir yang nantinya akan digunakan untuk menyuplai air irigasi perkebunan tebu. Setelah itu menentukan head pompa, daya pompa dan spesifikasi pompa untuk mendistribusikan air sepanjang jalur pipa, dimulai dengan perhitungan manual kemudian melakukan analisa hidrolika menggunakan bantuan program komputer WaterCAD. Hasil dari perhitungan software yang nantinya akan dibandingkan dengan perhitungan manual. Diameter pipa, material pipa dan kebutuhan debit yang akan digunakan mengacu pada data dari perusahaan

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur penelitian

Pengerjaan penelitian ini diawali dengan melakukan desain jalur *pipeline* dari *pump room* menuju *reservoir*. Tahapan selanjutnya yaitu melakukan perhitungan headloss yang terjadi sepanjang pipa mulai dari *pump room* hingga *reservoir*. Perhitungan *headloss* dibagi menjadi 2 yaitu *headloss major* dan *headloss minor*. Tahapan selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *head* total pompa, daya pompa dan spesifikasi pompa yang dibutuhkan.

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisa dengan bantuan software Watercad.. hasil Analisa perhitungan manual akan dibandingkan dengan hasil analisa software.

2.2 Klasifikasi aliran

Aliran di dalam pipa diklasifikasikan menjadi 3 jenis dimana ketiganya di bedakan menurut besarnya nilai Reynold, yaitu aliran laminar, aliran turbulen, dan aliran transisi.

2.2.1 Re < 2000 (Aliran laminar)

Merupakan aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. Alirannya relative mempunyai kecepatan rendah dan fluidanya bergerak sejajar dan mempunyai batasan-batasan yang berisi aliran fluida. Partikel fluida bergerak dengan bentuk garis lurus dan sejajar. Aliran laminar memiliki Reynold kurang dari 2000.

2.2.2 Re > 4000 (Aliran turbulen)

Aliran Turbulen Merupakan aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis aliran antar partikel fluidanya saling berpotongan. Aliran turbulen mempunyai bilangan Reynold yang lebih besar dari 4000.

2.2.3 2000 ≤ Re ≤ 4000 (Aliran tranmisi)

Aliran diklasifikasikan menjadi aliran laminar atau turbulen. Parameter bilangan Reynold tergantung situasi aliran spesifik. Misalnya aliran di dalam sebuah pipa dan aliran sepanjang pelat datar dapat laminar atau turbulen, tergantung pada nilai bilangan Reynold yang terlibat. Untuk aliran laminar bilangan Reynold harus kurang dari kira-kira 2100 sedangkan untuk aliran turbulen yaitu lebih besar dari kira-kira 4000 [3]

2.3 Perhitungan Headloss

Headloss Major dapat dihitng dengan persamaan Darcy Weisbah berikut ini :

$$Hl = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \tag{1}$$

Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)	1.7 x 10 ⁻⁵
High Density Polyethylene (HDPE)	5 x 10 ⁻⁶
Polyvinyl Chloride (PVC)	5 x 10 ⁻⁶

Headloss minor dapat terjadi karena adanya sambungan pipa, seperti katup (valve), belokan (elbow), saringan (strainer), percabangan (tee), dan lain-lain. Headloss minor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Hl_{minor} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \tag{2}$$

2.4 Head Kecepatan

Velocity head merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan fluida di suction *reservoir* dengan discharge *reservoir*.

$$H_v = \frac{V^2}{2 \cdot g} \tag{3}$$

2.5 Head Ketinggian

Head yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dari permukaan fluida di suction *reservoir* dengan permukaan fluida di discharge *reservoir* dengan sumbu pompa sebagai acuannya. Ada dua macam instalasi pada pipa suction, yaitu: suction head, suatu instalasi suction dimana permukaan fluida terletak diatas sumbu pompa. Besarnya elevation head adalah $h_a = h_d - h_s$ (4)

2.6 Head Total Pompa

Merupakan penjumlahan dari head statis dengan head dinamis. Head ini menyatakan besarnya kerugian yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen-komponen yang ada. Head total instalasi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$H_{total} = H_a + H_v + \Delta h_p + Hl \tag{5}$$

2.7 Daya Pompa

Daya pompa dihitung dengan mengalikan jumlah N fluida yang mengalir per detik (ρ.g.Q) dengan energi H dalam J/N. Jadi menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H_{tot}}{1000} \tag{6}$$

Tabel 2.1 Nilai kekasaran pipa

Jenis Pipa	e
------------	---

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Fluida dan Properti Pipa

Tabel 3.1 Data Fluida

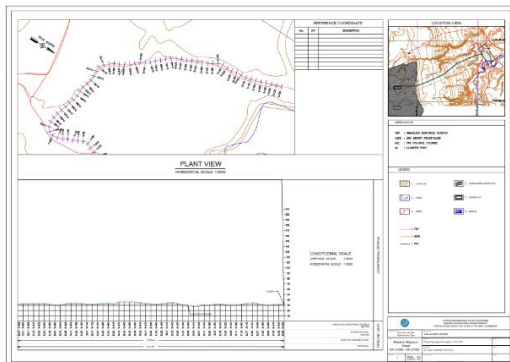
No	Parameter	Notasi	Satuan	Besaran
1.	Fluid density	ρ	Kg/m ³	1000
2.	Fluid viscosity dynamic	μ	Kg/m.s	1.002 x 10 ⁻³

Tabel 3.2 Data Properti Pipa

No.	Material	PN (bar)	DN (mm)	OD (mm)	ID (mm)
1.	Fiberglass Reinforce Plastic (FRP)	40	350	356,8	332
2.	Fiberglass Reinforce Plastic (FRP)	32	350	355,6	335,8
3.	High Density Polyethylene (HDPE)	20	350	355	273,3
4.	Polivinly Chloride (PVC)	10	350	355	292,6

3.2 Desain Pipeline Alligment Sheet

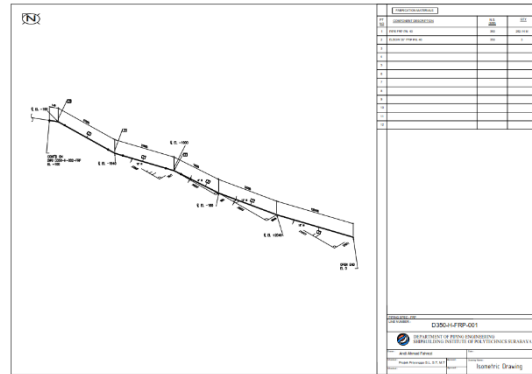
Alignment sheets adalah gambar layout yang menyajikan informasi secara grafis mengenai rute dan lokasi dari pipa dan fasilitas terkait beserta pengetahuan yang ada untuk pipa ketika sedang dirancang.



Gambar 1. Pipeline Alligment Sheet Drawing

3.3 Gambar Isometric

Gambar isometri digunakan untuk mengetahui secara detail mengenai arah dan elevasi dari sistem perpipaan. Selain informasi elevasi, pada gambar tersebut juga diperoleh informasi bill of material dari sistem perpipaan mulai area pompa hingga reservoir.



Gambar 2. Isometric Drawing

3.4 Headloss Major

Dalam perhitungan headloss, panjang pipa mengacu pada gambar isometri, sedangkan debit (Q) mengacu pada penggunaan debit 583 m³/h. Perhitungan *headloss major* menggunakan perhitungan *Darcy Weisbach* sebagai berikut :

Tabel 3.2 Headloss major

Line Number	Hl (m)
PR-D350-H-FRP40-01	0.036519675
01-D350-H-FRP40-01	1.79908276
01-D350-H-FRP40-02	2.014790021
01-D350-H-FRP40-03	0.916202857
01-D350-H-FRP40-04	0.389835753
01-D350-H-FRP40-05	1.035123704
01-D350-H-FRP40-06	1.32613228
01-D350-H-FRP40-07	0.428267751
01-D350-H-FRP40-08	1.42645792
01-D350-H-FRP40-09	2.426082331
01-D350-H-FRP40-10	0.285421451
01-D350-H-FRP40-11	0.78490899
02-D350-H-FRP40-FRP32-01	1.497713385
	2.701268801
03-D350-H-FRP32-HDPE20-01	1.623841719
	3.514579072
04-D350-H-HDPE20-01	19.48723515
05-D350-H-HDPE20-PVC10-01	15.90021603
	8.86840231
06-D350-H-PVC10-01	7.869221736
Total	74.33130369

3.5 Perhitungan Headloss Minor

Dalam melakukan perhitungan headloss minor, hal pertama yang dilakukan yaitu menghitung kecepatan aliran berdasarkan debit yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah melakukan perhitungan kecepatan aliran, maka selanjutnya yaitu menghitung nilai headloss minor menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Hl_{minor} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Sehingga di dapatkan nilai *headloss minor* sebesar 2.009 m.

3.6 Perhitungan Head Pompa

Dalam menentukan head pompa diperlukan penjumlahan dari head statis dengan head dinamis.

3.6.1 Head Ketinggian

Head ketinggian (Head statis) adalah perbedaan tinggi antara permukaan fluida pada sisi tekanan dengan permukaan fluida pada sisi hisap.

$$H_a = 201m - (-1.8 m)$$

$$H_a = 202.8 m$$

3.6.2 Head Kecepatan

Perbedaan antara head kecepatan fluida pada saluran tekan dengan head kecepatan pada saluran isap.

$$H_v = \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{2.765508^2}{2 \times 9.8}$$

$$H_v = 0.1411097 m$$

3.6.3 Head Total

Setelah melakukan perhitungan head statis dan head dinamis maka dapat dilakukan perhitungan head total pompa.

$$H_{total} = H_a + H_v + \Delta h_p + H_l$$

$$H_{total} = 202.8 + 0.1411097 + 0 + 64.398$$

$$H_{total} = 267.339 m$$

3.6.4 Daya Pompa

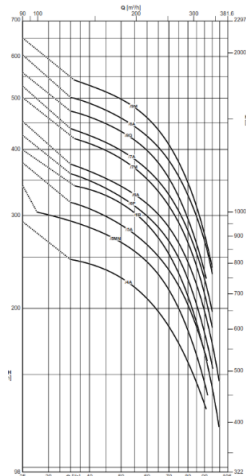
Untuk menentukan daya pompa yang dibutuhkan dalam sistem, maka perhitungan daya pompa dapat dilakukan

$$P = \frac{998 \times 9.81 \times 0.161944 \times 267.339}{1000}$$

$$P = 424 kW$$

3.6.5 Pemilihan Pompa

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan di dapati head pompa yang dibutuhkan sebesar 267.339 m dan kapasitas debit sebesar 583 m³/h. Karena pada selection chart merk Caprari tidak ditemukan pompa dengan debit 583 m³/h, maka disarankan menggunakan 2 pompa yang di pasang paralel untuk memenuhi kebutuhan debit yang di inginkan.



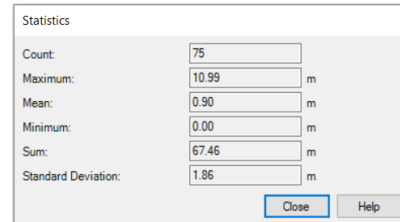
Gambar 3. Selection Chart

Dari pembacaan selection chart dengan data debit dan head yang dibutuhkan pompa yaitu masing-

masing sebesar 270 m³/h dan 291 m maka didapatkan jenis pompa Caprari Model E12S42/7M+MAC12400C.

3.7 Analisa Hasil Simulasi Software

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software, diperoleh data debit sebesar 583 m³/h dan nilai headloss total dari simulasi sebesar 67.46 meter, headloss perhitungan manual sebesar 64.398 meter. Maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan sebesar 3.062 meter atau 4,75% antara nilai headloss dari metode perhitungan manual dan metode simulasi menggunakan software.



Gambar 4. Nilai Headloss Simulasi Software

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan desain sistem perpipaan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa transfer air dari pump room menuju reservoir memiliki panjang 6.834 meter dengan debit 583 m³/jam.. Selain itu, terlampir juga desain pipeline pipeline alignment sheet, dan isometrik.
2. Dalam perhitungan manual, ditemukan bahwa nilai headloss major sebesar 74,331 meter, headloss minor sebesar 2,002 meter, head statis sebesar 202,8 meter, dan head kecepatan sebesar 0,141 meter. Sehingga, total head pompa yang diperlukan adalah 276,274 meter. Dengan debit 583 m³/jam, digunakan dua pompa dengan rangkaian paralel. Pompa yang dipilih adalah Caprari Electric Submersible tipe E12S42/7M+MAC12400C dengan kapasitas debit 270 m³/jam dan tingkat head 291 meter.
3. Melalui analisis hidrolika menggunakan software, diperoleh beberapa variabel seperti nilai headloss, debit, dan tekanan fluida. Debit air yang dibutuhkan telah sesuai dengan kebutuhan debit minimal, yaitu lebih besar dari 350 m³/jam, dengan nilai sebesar 583 m³/jam. Terdapat selisih perhitungan headloss antara manual dan software sebesar 1,53%.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Memet Hakim. (2010). Potensi Sumber Daya Lahan untuk Tanaman Tebu di Indonesia. Jurnal Agricultura, 5–12.

[2] Ahmad Junaidi Abdullah. (2021). Desain Distribusi Air Bersih PDAM Sidoarjo dari Distribution Center Tanggulangan Hingga Perumahan. Politeknik perkapalan Negeri Surabaya.

- [3] American Water Works Association. (2001). Manual of Water Supply Practices M51.
- [4] Aripta Hendra Waskito, & Nurvita Arumsari. (2018). Perencanaan Jalur Pipa HDPE Fire Hydrant System dan Anggaran Biaya Kegiatannya pada Seluruh Area Hydrant Lama Luar Gedung. Proceeding 3 Rd Conference of Piping Engineering and Its Application, 13–16.
- [5] ASTM D2292 - 06. (2010). Standard Practice for obtaining Hydrostatic or Pressure Design Basis for “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe and Fittings.
- [6] AWWA MANUAL 45. (1996). Fiberglass pipe design manual. American Water Works Association.