

Desain Jalur Perpipaan Distribusi Air Olahan Limbah Sisa Proses Cooling Water

Mohamad Hafiz Ryan Rahadi^{1*}, Pekik Mahardhika², Dicki Nizar Zulfika³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*,2}

Email: hfrzyann@gmail.com^{1*}; Email@email.com^{2*}; Email@email.com^{3*};

Abstract – One of the Air Separation Plant (ASP) projects in Batang has reached the final stage of construction. However, there is one pipeline that has not yet been planned or designed—specifically, the wastewater pipeline from the cooling water process. Proper disposal of this wastewater is essential to prevent environmental contamination, especially in nearby residential areas. Therefore, this final project focuses on designing the wastewater piping system in accordance with the ASME B31.3 standard. The system uses 3-inch PVC pipes and includes two main pumps: the first pump transfers the wastewater to a temporary holding pond, and the second pump delivers it to the industrial estate's Wastewater Treatment Plant (WWTP). Headloss calculations resulted in values of 3.7 meters (manual) and 6.4 meters (simulation) for the first pump, and 9 meters (manual) and 9.64 meters (simulation) for the second pump. The selected pump type is EBARA 40-125/1.5, with a required power of 1.5 kW. Additionally, based on the material calculation, the total estimated construction cost of the piping system is approximately Rp 34,435,000.

Keywords: Cooling Water, Headloss Analysis, Wastewater Piping System, PVC.

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

Q	Laju Aliran (m^3/s)
R	Application Rate (gpm/ft)
ID	Inside Diameter (mm)
Re	Reynold Number (tanpa dimensi)
f	friction factor (tanpa dimensi)
L	Panjang (m)
v	Kecepatan Aliran (m/s)
g	Percepatan Gravitasi (m/s^2)
K	Koefisien Fitting (Tanpa Dimensi)
H_f	Headloss Mayor (m)
H_m	Headloss Minor (m)
H_p	Head Tekanan (m)
H_z	Head Static (m)
H_v	Head Kecepatan (m)
H	Head Total (m)
Ph	Daya Hidrolis (Kw)
P	Daya Poros (Kw)

1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan distribusi gas industri mengoperasikan berbagai fasilitas, termasuk Air Separation Unit (ASU) Plant. Plant ini memproduksi gas-gas penting seperti oksigen, nitrogen, dan argon dalam bentuk cair, yang memiliki peran krusial dalam sektor kesehatan,

manufaktur, dan industri lainnya. Proses produksi menggunakan udara sebagai bahan baku utama, yang diolah melalui sistem pemisahan dan pemurnian dengan bantuan berbagai sistem pendukung.

Salah satu sistem pendukung utama adalah Cooling Water, yang berfungsi menjaga performa dan efisiensi kompresor. Namun, sistem ini menghasilkan air limbah yang terindikasi mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Sesuai regulasi lingkungan, limbah tersebut wajib dikelola dengan baik sebelum dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di kawasan industri.

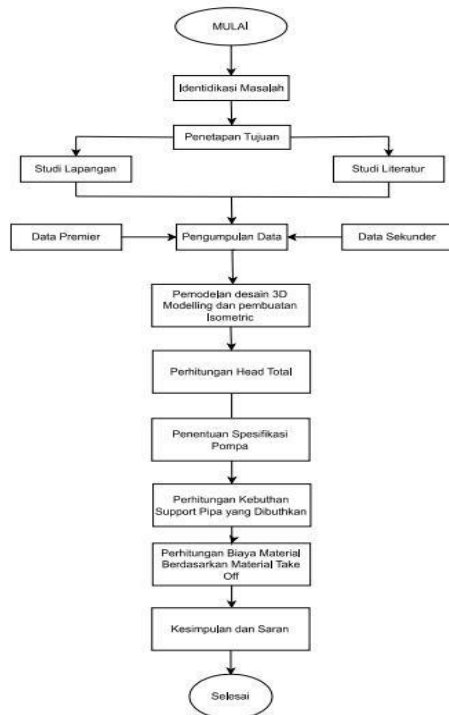
Berdasarkan hasil pengamatan, jalur perpipaan untuk mendistribusikan air limbah B3 ini belum dirancang, sehingga berpotensi menimbulkan gangguan operasional dan risiko lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem perpipaan distribusi limbah B3, menghitung nilai *headloss*, menentukan spesifikasi pompa, kebutuhan support untuk mencegah defleksi dan yang terakhir menganalisa rencana anggaran biaya untuk kebutuhan material yang diperlukan.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Gambar 1 menggambarkan diagram alir proses penelitian dalam perancangan sistem jalur perpipaan distribusi air olahan limbah hasil

proses cooling water. Proses dimulai dari identifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan studi pustaka dan pengumpulan data yang relevan. Tahap berikutnya meliputi pengolahan data berupa perancangan desain dan perhitungan sistem. Penelitian diakhiri dengan penarikan kesimpulan serta penyusunan saran. Seluruh tahapan tersebut dirangkum secara sistematis dalam diagram alir pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Penelitian

2.2 Routing 3D Design & Isometric

Perhitungan diameter berfungsi sebagai referensi utama dalam melakukan desain 3D. Proses perancangan ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak AutoCAD 3D Plant.

2.3 Perhitungan Head Total Sistem

Perhitungan total head dalam sistem dibagi ke dalam beberapa komponen utama. Total head mencakup dua bagian, yaitu head statis dan head dinamis. Head statis mencerminkan pengaruh tekanan dan perbedaan elevasi, sementara head dinamis mencakup kehilangan tekanan atau headloss dan komponen kecepatan aliran velocity head. Rumus perhitungan total head sistem disusun berdasarkan kombinasi dari elemen-elemen tersebut.[1]

$$H_f = f \frac{L v^2}{ID 2g} \quad (4)$$

$$H_{L_{Minor}} = K \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 \quad (6)$$

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \quad (7)$$

$$H_v = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (8)$$

$$H = H_f + H_{L_{Minor}} + \Delta Z + H_p + H_v \quad (9)$$

2.4 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

Pemilihan pompa dilakukan dengan mengacu pada pump selection chart, berdasarkan pencocokan antara nilai debit dan total head dari sistem yang dirancang. Proses perhitungan daya pompa dilakukan secara manual serta menggunakan bantuan perangkat lunak untuk validasi. [2] Daya pompa diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu daya hidrolis dan daya poros. Kedua jenis daya ini dihitung menggunakan persamaan yang telah dijelaskan sebagai berikut:

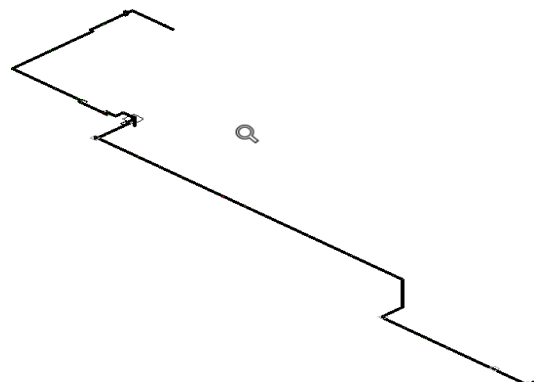
$$Ph = \rho \times g \times Q \times H \quad (10)$$

$$P = \frac{Ph}{\eta_p} \quad (11)$$

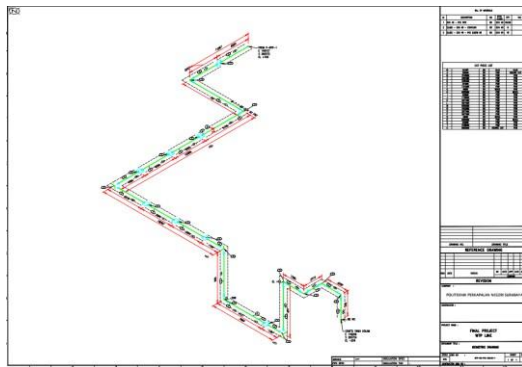
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Routing, 3D Design & Isometric

Proses perancangan jalur perpipaan, meliputi routing, desain 3D, dan gambar isometrik, mengacu pada pedoman dari Pipedrafting & Design. Ketiga tahap ini dilakukan untuk memastikan integrasi sistem perpipaan yang efisien dan sesuai standar dalam proses cooling water. Gambar-gambar pada bagian 2 dan 3, merupakan hasil representasi dari proses routing, pemodelan tiga dimensi, serta visualisasi isometrik sistem yang dirancang.



Gambar 3 3D Modelling



Gambar 4 Isometri

3.5 Perhitungan Headtotal sistem

Perhitungan total head sistem mengacu pada prinsip-prinsip rekayasa perpipaan. Setelah nilai-nilai seperti kehilangan tekanan mayor dan minor, tekanan head, elevasi head, serta kecepatan head diperoleh langkah selanjutnya adalah menghitung headloss mayor[3] dengan menggunakan persamaan berikut:

Tabel 3 Perhitungan Head Sistem

Keterangan	Nilai	satuan
Headloss Mayor	3.21	m
Headloss Minor	0.344	m
Headstatic	0,1	m
Headpressure	0.0102	m
Headvelocity	0	m
Total	3.7 m	m

Nilai Headloss pada pompa WTP-1

Keterangan	Nilai	satuan
Headloss Mayor	7.35	m
Headloss Minor	0.31	m
Headstatic	0.5	m
Headpressure	0.0205	m
Headvelocity	0	m
Total	8.1	m

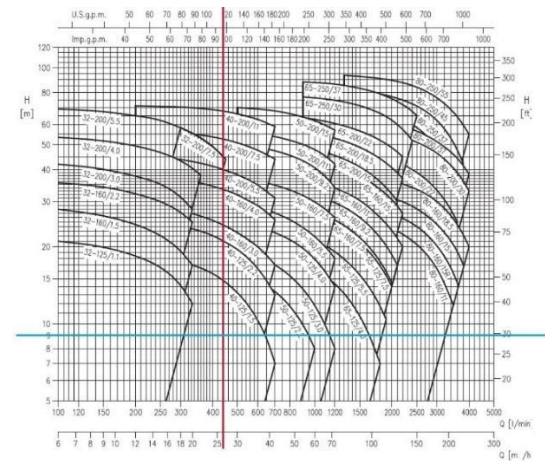
Nilai Headloss pada pompa WTP-2

Berdasarkan hasil perhitungan manual total head system pada pompa WTP-1 adalah 3,6 m dan pada pompa WTP-2 adalah sebesar 8,1 m. pada Analisa software pada WTP-1 adalah 3,2 m dan pada WTP-2 adalah sebesar 8,1 m

3.6 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

3.6.1 Pemilihan Pompa

Pemilihan pompa dilakukan berdasarkan kebutuhan total head sistem serta kapasitas aliran yang diperlukan. Sistem dirancang menggunakan tiga pompa yang[4] beroperasi secara paralel, sehingga beban aliran dibagi secara merata di antara ketiganya. Proses seleksi pompa dilakukan dengan mengacu pada pump selection chart dari merek pompa Standart.



Gambar 5. Pump Selection Chart

Berdasarkan hasil seleksi menggunakan pump selection chart, diperoleh spesifikasi pompa yang sesuai untuk kebutuhan system.

• Spesifikasi Pompa

Jenis Pompa : Centrifugal Pump
Merek Pompa : Standart
Motor Power = 1,5 kw
Discharge Pompa= 3 inch
Pump Efisien = 82,8%
Head = 9,00 m
Pump Designation : 40-125/1.5

3.6.2 Perhitungan Daya Hidrolis Pompa

erhitungan daya pompa dalam penelitian ini mengacu pada referensi Pompa & Kompresor, yang menjelaskan bahwa pompa membutuhkan daya untuk melakukan kerja dalam memindahkan fluida pada elevasi tertentu. Daya yang dibutuhkan ini dikenal sebagai daya hidrolis[5]. Dalam studi ini, perhitungan daya hidrolis dilakukan berdasarkan persamaan yang telah dijelaskan pada bagian 2 sebagai berikut:

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H$$

$$= 996,4 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,0075 \text{ m}^3/\text{s} \times 9 \text{ m}$$

$$= 0,664023$$

Daya hidrolis yang diperlukan untuk mendistribusikan fluida dalam sistem ini adalah sebesar 0,664023 kilowatt.

3.6.3 Perhitungan Daya Poros Pompa

Daya poros merupakan jumlah daya yang harus ditransmisikan dari poros ke pompa, termasuk kerugian daya internal, agar pompa dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan daya hidrolisnya. Pada penelitian ini,[1] perhitungan daya poros mengacu pada persamaan yang telah dijelaskan pada bagian 2, dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{Ph}{\eta_p}$$

$$= \frac{0,664023 \text{ kw}}{82,8 \%}$$

$$= 0,80196 \text{ kw}$$

Dengan daya hidrolis sebesar 0,664023 kilowatt dan efisiensi pompa sebesar 82,8%, maka daya poros yang dibutuhkan untuk menggerakkan satu unit pompa adalah sebesar 0,80196 kilowatt.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jalur perpipaan ini dirancang menggunakan pompa untuk mengalirkan air olahan limbah hasil proses cooling water yang telah difiltrasi. Air dialirkan dari Tangki Filter Multimedia menuju kolam penampung, kemudian diteruskan ke sistem IPAL kawasan industri melalui pipa PVC SCH 40. Analisis headloss pada sistem ini dilakukan secara manual dan melalui simulasi menggunakan Pipe Flow Expert. Pada pompa WTP-1, diperoleh headloss sebesar 3,7 meter secara manual dan 3,2 meter dari simulasi, dengan selisih error sebesar 11,11%. Sedangkan pada WTP-2, nilai headloss manual mencapai 8,1 meter, dan hasil simulasi sebesar 7,5 meter, dengan error 7,41%. Selisih tersebut masih berada dalam batas toleransi yang aman, sehingga sistem perpipaan dinilai layak dan efisien. Pompa yang digunakan dalam sistem ini adalah tipe EBARA 40-125/1.5.

5. PUSTAKA

- [1] H. Liu, *Pipeline Engineering*. 2003. doi: 10.1201/9780203506684.
- [2] Mahmudi, "Pompa dan Kompresor," *Pt Pradina Paramita Jakarta*, vol. 7, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.
- [3] B. R. Munson, T. H. Okiishi, W. W. Huebsch, Rothmayer, and A. P, *Fundamentals of Fluid Mechanics Seventh Edition*. 2013.
- [4] Ijany Amelia Hendratta & Hanny Tangkudung, "Unsrat press 2019," *Buku Ajar Mek. Fluida*, p. 121, 2019.
- [5] E. S. Menon, "Piping calculations manual," p. 666, 2005, [Online]. Available: <http://books.google.com/books?id=JttSAAAAMAAJ&pgis=1>