

Desain Sistem Jalur Distribusi Air Bersih Berbasis Hdpe Dari Production Well 1 Dan 2 Menuju Watertank Di Gate 41a

Dimas Abim Prayogi^{1*}, Mahasin Maulana Ahmad², Dicky Nizar Zulfika³

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

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal,, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: dimasabim66@email.com^{1*}; mahasinmaulana@ppns.ac.id^{2*}; Email@email.com^{3*};

Abstract –This study discusses the design of a fresh water supply system from two production well to a storage tank located at Gate 41A. The system is designed to ensure a continuous and efficient water supply, meeting the daily demand of 7680 liters for worker accommodations. The design process includes flow rate calculations, 3D pipeline routing and isometric drawing using AutoCAD Plant 3D, as well as total head calculations to determine appropriate pump specifications. The total head is obtained by summing major and minor head losses, pressure head, elevation head, and velocity head, resulting in a manual calculation of 57,96 m and a software simulation result of 54,74 m, with a percentage error of 5,08 %. Based on the analysis a centrifugal pump Ebara 50-200/15 with a 66 m head and 91.3% efficiency is selected. This study provides a comprehensive technical and analytical approach to designing an effective fresh water distribution system in an industrial setting.

Keyword: Fresh Water Supplu, Production Well, HDPE, Pump, Pipeline Design.

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

Sistem distribusi air bersih merupakan elemen krusial dalam menunjang kehidupan manusia dan menjadi bagian penting dari infrastruktur di wilayah perkotaan maupun di dunia industri. Sistem ini dirancang untuk menjamin suplai air yang aman, handal, dan berkualitas bagi

Masyarakat. Pengelolaan air bersih yang optimal berperan besar dalam menjaga Kesehatan, kebersihan, serta mendukung aktivitas kehidupan sehari-hari sehingga pembangunan infrastruktur memerlukan sistem distribusi air bersih dirancang secara efektif dan efisien.

Berdasarkan SNI 7509 tahun 2011 tentang tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan sistem penyediaan air minum, distribusi air bersih merupakan suatu sistem perpipaan yang dirancang untuk menyalurkan air dari reservoir distribusi hingga konsumen. Dalam merancang jalur distribusi air bersih dari sumur produksi 1 dan 2 menuju water tank, pekerjaan dibagi dalam beberapa tahapan utama, antara lain desain 3D jalur distribusi air bersih, menyusun gambar isometrik yang akan menghasilkan daftar kebutuhan material, menghitung total head dan daya pompa. Selain itu, perancangan juga mencakup estimasi biaya material dan fitting. Standar acuan yang digunakan dalam perancangan ini mencakup ISO 4427-2007 (sistem perpipaan plastic – pipa dan fitting polietilena untuk suplai air).

Penelitian ini hanya terbatas pada desain jalur distribusi air bersih dari production well 1 dan 2 menuju water tank, material yang digunakan

terdiri dari pipa HDPE untuk jalu utama dan pipa carbon steel di area sumur produksi, fluida yang dialirkan dalam sistem ini hanya berupa air bersih dan perhitungan head untuk menentukan spesifikasi pompa.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Gambar 1 memperlihatkan bagan alir proses penelitian terkait perancangan sistem distribusi air bersih dari production well 1 dan 2 menuju water tank di gate 41A. Proses penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan kajian literatur, pengumpulan data, serta pengolahan data yang mencakup tahapan desain dan perhitungan. Seluruh rangkaian kegiatan tersebut diakhiri dengan penyusunan kesimpulan dan saran, yang kemudian dirangkum dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Penelitian

2.2 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Sebelum menentukan total kebutuhan air bersih, terlebih dahulu perlu dihitung jumlah dan jenis aktivitas yang memerlukan suplai air sesuai dengan standar. Dalam penelitian ini, perhitungan kebutuhan air bersih mengacu pada SNI 03-7065-2005 tentang cara perencanaan sistem plambing. Oleh karena itu, perhitungan kebutuhan air bersih sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 1.

$$Q = N \times q \quad (1)$$

Untuk mengetahui debit pada sistem suplai air bersih, langkah awalnya adalah menentukan ukuran pipa yang digunakan. Sistem ini memakai pipa HDPE dengan diameter 4 inch, luas penampang aliran bisa dituliskan pada persamaan 2 sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2)$$

2.3 Perhitungan Debit Aliran

Sebelum menghitung head pompa dan menentukan kapasitas pompa yang dibutuhkan, terlebih dahulu perlu dihitung nilai debit air pada sistem. Dalam penelitian ini sistem menggunakan pipa HDPE sebagai jalur suplai dari production well menuju watertank. Oleh karena itu perhitungan debit dapat dihitung menggunakan persamaan 3 berikut:

$$Q = A \cdot v \quad (3)$$

2.4 Routing 3D Design & Isometric

Perhitungan diameter digunakan sebagai acuan utama dalam merancang model 3D untuk komponen seperti production well, pipa, dan water tank. Tahapan desain ini dilakukan menggunakan perangkat lunak AutoCAD 3D Plant.

2.5 Perhitungan Head Total Sistem

Perhitungan total head dalam sistem dibagi menjadi beberapa bagian. Total head mencakup head statis dan head dinamis. Head statis meliputi tekanan dan perbedaan elevasi, sedangkan head dinamis mencakup kehilangan tekanan (headloss) serta head akibat kecepatan aliran (velocity head). Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan total head sistem disajikan berikut ini.

$$H_f = f \frac{L \cdot v^2}{10D \cdot 2g} \quad (4)$$

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

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

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

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

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

2.6 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

Pemilihan pompa dilakukan dengan menggunakan *pump selection chart* berdasarkan perbandingan antara nilai debit dan total head

sistem. Perhitungan daya pompa dilakukan secara manual maupun dengan bantuan perangkat lunak. Daya pompa sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu daya hidrolis dan daya poros, yang masing-masing dihitung menggunakan rumus berikut :

$$Ph = \rho \times g \times Q \times H \quad (9)$$

$$P = \frac{Ph}{\eta p} \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih untuk mess pekerja dihitung berdasarkan standar pemakaian air harian per individu, yaitu sebesar 120 liter per penghuni per hari. Dengan jumlah penghuni sebanyak 64 orang, maka total kebutuhan air bersih per hari adalah sebesar 64 x 120 liter, yaitu 7680 liter/hari atau setara dengan 7,68 m³ per hari. Perhitungan ini menjadi dasar dalam menentukan kapasitas sistem distribusi air bersih yang diperlukan.

3.2 Perhitungan Debit Aliran

Dalam menentukan nilai debit pada sistem distribusi air bersih dari *production well* 1 dan 2 menuju *watertank*, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi pipa yang digunakan dalam sistem. Pada perancangan ini digunakan pipa jenis HDPE dengan diameter nominal 4 inch, yang setara dengan 0,1016 m. Luas penampang aliran dihitung menggunakan persamaan geometris untuk pipa silindris, yaitu:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D^2}{4} \\ &= \frac{\pi (0,1016)^2}{4} \\ &= 0,0081 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan data, kecepatan aliran untuk pipa HDPE dalam sistem distribusi air bersih adalah 1,5 m/s. Selanjutnya debit aliran dihitung menggunakan persamaan dasar aliran fluida, yaitu:

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= 0,008 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ m/s} \\ &= 0,01215 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Nilai debit yang diperoleh sebesar 0,01215 m³/s atau setara dengan 12,5 liter/detik. Hasil ini menjadi acuan dalam perencanaan kapasitas sistem perpipaan untuk memastikan kontinuitas suplai air bersih secara optimal menuju *watertank*.

3.3 Penentuan Line Number

Penentuan *line number* pada setiap proyek dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan masing-masing proyek. Dalam penelitian ini, *line number* ditetapkan dengan definisi sebagai berikut:

4"-WF-30-LEM-003-PE

Keterangan :

4" = 4 inch (Diameter pipa)

WF = Fresh water system

30 = Nomor unit/area

LEM = Kode lokasi

003 = Nomor urut pipa

PE = High-Density Polyethylene

(Material Pipa)

Mengacu pada definisi sebelumnya, penamaan *line number* untuk sistem *fresh water supply* dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2 berikut :

Tabel 1 Line Number

3"-WF-30-LEM-001-CS	80	0.026	3	2,61	0,077
3"-WF-30-LEM-002-CS	80	0.026	3	2,61	0,077
4"-WF-30-LEM-003-PE	100	0.020	131,1	1,48	0,102
4"-WF-30-LEM-004-PE	100	0.020	133,7	1,48	0,102
4"-WF-30-LEM-005-PE	100	0.020	348,8	1,48	0,102

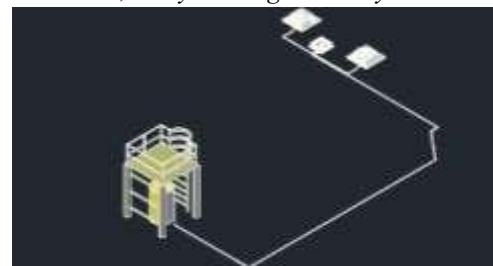
Hasil dari klasifikasi line-number menunjukkan adanya dua line-number yang memiliki perbedaan dalam hal *service line*, diameter, urutan kode, dan tipe kodenya.

3.4 Routing, 3D Design & Isometric

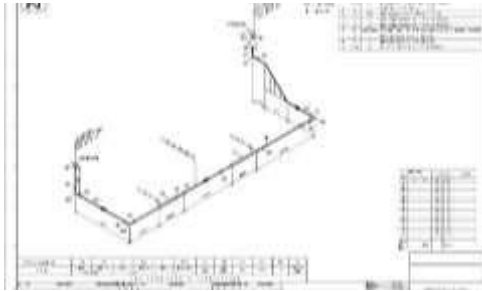
Proses routing, desain 3D, dan gambar isometrik dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip *pipedrafting & design*. Hasil dari tahapan tersebut dalam perancangan sistem distribusi air bersih dapat dilihat pada gambar 2, 3, 4,



Gambar 2, Study Routing Pada Lay out Drawing



Gambar 3 3D Modelling



Gambar 4 Isometri

3.5 Perhitungan Headtotal system

Untuk menjamin kinerja optimal sistem distribusi air, dilakukan perhitungan head total yang mempertimbangkan seluruh komponen kehilangan energi aliran dalam aliran fluida. Head total diperoleh dengan menjumlahkan *headloss mayor*, *headloss minor*, *head tekanan*, *head elevation*, *head kecepatan*. Dan nilai head total sistem dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Tabel 3 Perhitungan Head Sistem

<i>Headloss mayor & minor</i>	27,45 m
<i>Head Tekanan</i>	24,27 m
<i>Head Ketinggian</i>	5,9 m
<i>Head Kecepatan</i>	0,24 m
<i>Head Head Total</i>	57,96 m

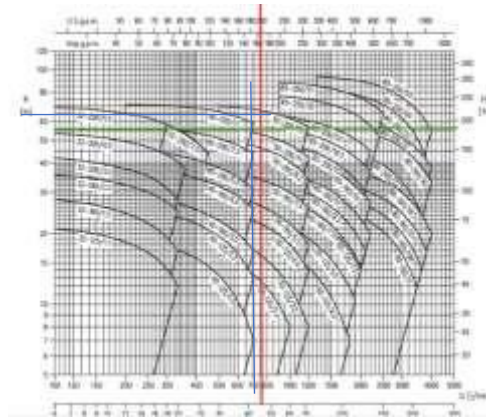
$$\begin{aligned}
 H &= H_f + H_{l_{minor}} + \Delta Z + H_p + H_v \\
 &= 24,89 \text{ m} + 2,56 \text{ m} + 5,9 \text{ m} + 24,27 \text{ m} + \\
 &\quad 0,24 \text{ m} \\
 &= 57,96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, total head sistem secara manual diperoleh sebesar 57,96 m, sedangkan hasil perhitungan menggunakan *software* menunjukan nilai 54,74 m. Dengan demikian, terdapat selisih sekitar 5,08% antara kedua metode perhitungan tersebut.

3.6 Pemilihan & Perhitungan Daya Pompa

3.6.1 Pemilihan Pompa

Pemilihan pompa didasarkan pada total head sistem dan kapasitas total yang dibutuhkan. Pompa dirancang bekerja secara paralel, sehingga kapasitas sistem dibagi secara merata ke dalam dua pompa yang digunakan. Proses pemilihan pompa dilakukan menggunakan pump selection chart dari merek pompa Standart.



Gambar 5. Pump Selection Chart

Berdasarkan pump selection chart didapatkan spesifikasi pompa sebagai berikut :

• Spesifikasi Pompa

Jenis Pompa : Centrifugal Pump

Merek Pompa : Standart

Discharge Flange : DN 65 mm / 3 Inch

Head : 66,0 m

Motor Power : 7,5 kW

Pump Efficiency : 91,3 %

Pump Designation : 50-200/15

3.6.2 Perhitungan Daya Hidrolis Pompa

Perhitungan daya pompa dalam penelitian ini mengacu pada referensi buku pompa dan kompresor. Sebuah pompa membutuhkan daya untuk melakukan tugasnya, yaitu memindahkan sejumlah fluida ke elevasi tertentu. Dalam studi ini, daya hidrolis dihitung menggunakan rumus yang dijelaskan pada bagian 2:

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \times g \times Q \times H \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,01215 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &\quad \times 57,56 \text{ m} \\
 &= 6,907 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, daya hidrolis yang dibutuhkan untuk mendistribusikan fluida mencapai 6,907 kW

3.6.3 Perhitungan Daya Poros Pompa

Daya poros adalah daya yang harus ditransmisikan oleh poros ke pompa ditambah kerugian daya di dalam pompa, sehingga pompa bisa bekerja sesuai dengan daya hidrolis. Daya poros pada penelitian ini dapat ditentukan menggunakan persamaan yang telah disebutkan pada bagian 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{Ph}{\eta_p} \\
 &= \frac{6,907}{91,3\%}
 \end{aligned}$$

$$=7,532 \text{ Kw}$$

Dengan daya hidrolis sebesar 6,907 kilowatt dan efisiensi pompa 91,3%, maka daya poros yang diperlukan untuk mengoperasikan salah satu pompa sekitar 7,532 kilowatt.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Desain sistem distribusi air bersih menggunakan 2 sumber utama yaitu dari *production well* 1 dan *production well* 2, sehingga air dialirkan dari 2 *production well* dijadikan menjadi satu aliran menggunakan *manifold header* menuju pipa utama dengan pipa HDPE PN 16 dengan diameter 4 inch, dan dimasing masing *production well* terdapat pompa yang akan memompa air dari 2 *production well* menuju watertank yang nantinya sebagai tempat penampungan air sementara. Dengan nilai kebutuhan air bersih untuk mesh karyawan sebesar 7680 liter/hari dan debit aliran didapatkan nilai 0,01215 m^3/s untuk perancangan jalur perpipaan *fresh water supply system* menggunakan *software AutoCAD 3D Plant*. .
2. Berdasarkan hasil analisis, *head loss mayor* (H_f) sebesar 24,89 meter dan *head loss minor* ($H_{l \text{ minor}}$) sebesar 2,56 meter, diperoleh dari evaluasi karakteristik hidraulik pipa serta jumlah dan jenis sambungan yang digunakan. *Head tekanan* (H_p) yang dibutuhkan untuk memenuhi tekanan kerja sistem ditentukan sebesar 24,27 meter. Sementara itu, perbedaan elevasi antara titik hisap dan titik pembuangan menghasilkan *head ketinggian* (ΔZ) sebesar 5,9 meter. Terakhir, *head kecepatan* (H_v) yang berasal dari komponen energi kinetik fluida dihitung sebesar 0,24 meter. Perhitungan *head* untuk menentukan spesifikasi pompa dilakukan baik secara manual maupun menggunakan *software*. Nilai *head* yang diperoleh melalui perhitungan manual adalah 57,95 m, sedangkan dari simulasi menggunakan *software* menunjukan nilai 54,74 m dan

dari hasil tersebut dibutuhkan daya pompa sebesar 6,9 kW. Sehingga dapat dilakukan pemilihan spesifikasi pompa menggunakan pompa Ebara 50-200/15 dengan kapasitas head 66 m, efisiensi 91,3% motor power 50 Kw.

5. PUSTAKA

- [1] ISO 4427. (2007). : Plastics Piping Systems – Polyethylene (PE) Pipes and Fittings For Water Supply .
- [2] Anjas Septiono, P. (2024). Perancangan Sistem Perpipaan Air Bersih Gedung [D4]. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [3] Bramastra Banuboro, E. (2018). Desain Jalur Pipeline Freshwater dari Pumproom Menuju Jetty [D4]. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [4] Currie, I. G.. (2003). Fundamental Mechanics of Fluid.
- [5] SNI 7509 (2011) : Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum.
- [6] Hablinur Alkindi, H. S. (2023). Analisa headloss pada circulating fluida air dalam dua jenis pompa. Universitas Ibn Khaldun