

# ANALISIS KINERJA SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI ANJUNGAN LEPAS PANTAI PT. X

Harwan Ahyadi <sup>(1)</sup>, Djoko Suprijatmono <sup>(2)</sup>, Isa Alcholili <sup>(2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia  
E-mail : Harwan.ahyadi@gmail.com

## ABSTRAK

Sistem plambing merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam bangunan gedung. Sistem plambing penyedia air bersih juga air kotor. Pada penelitian ini meliputi sistem penyediaan air bersih, instalasi air bersih, kebutuhan air bersih setelah terjadi penambahan penghuni atau pemakai. Data penelitian gedung dengan 4 lantai (3 lantai berpenghuni, 1 lantai terbuka), tinggi setiap lantai 3 m, luas area 50 x 50 m<sup>2</sup>, luas bangunan 30 x 30 m<sup>2</sup> (tipikal) kapasitas gedung 35 orang. Dari data diatas diperoleh pilihan pompa dengan model 65x50 FSS2HA, head 60 m dengan kapasitas daya motor pompa 15 HP, kapasitas debit air 0.5m<sup>3</sup>/min, jumlah pemakai air bersih 35 orang, Dari hasil perhitungan diperoleh total *Head* sebesar 20.239 m, jumlah debit air yang dibutuhkan 0,0003 m<sup>3</sup>/s, Daya pompa yang terhitung 10 kW sedang daya terpasang 7.5 kW, diameter pipa 2" dengan asesories *gate valve, tee, Elbow 90°*.

**Kata kunci:** plambing, pompa, pressure tank

## ABSTRACT

*The plumbing system is an inseparable part of the building. The plumbing system provides clean water as well as dirty water. This research includes a clean water supply system, clean water installation, clean water needs after the addition of occupants or users. Research data is a building with 4 floors (3 inhabited floors, 1 open floor), height of each floor is 3 m, area is 50 x 50 m<sup>2</sup>, building area is 30 x 30 m<sup>2</sup> (typical) with a building capacity of 35 people. From the data above, the choice of pumps with the model 65x50 FSS2HA, head 60 m with a pump motor power capacity of 15 HP, water discharge capacity 0.5m<sup>3</sup>/min, number of clean water users 35 people, From the calculation results obtained a total head of 20,239 m, total water discharge the required 0.0003 m<sup>3</sup>/s, the calculated pump power is 10 kW while the installed power is 7.5 kW, the pipe diameter is 2" with gate valve accessories, tees, 90° elbows.*

*Keyword:* plumbing, pump, pressure tank

## 1. PENDAHULUAN

Plumbing dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan, pemeliharaan, dan perbaikan alat plumbing dan pipa serta peralatannya di dalam atau luar gedung dengan sistem

*drainase saniter, drainase air hujan, ven, air minum yang dihubungkan dengan sistem kota. Plumbing mempunyai sasaran dasar berupa sanitasi atau menciptakan kesehatan masyarakat, kenyamanan pengguna, seperti untuk memberikan rasa nyaman dan aman dalam beraktifitas.*

Penelitian menganalisa proses penyediaan air bersih serta instalasi pipa distribusi air bersih yang terdapat di anjungan lepas pantai, dalam hal ini anjungan lepas pantai masih menggunakan desain pemipaan distribusi air bersih tahun 1983 yang diperuntukkan bagi 20 penghuni, dan akan dilakukan penambahan penghuni sebanyak 15 orang dalam rangka mempercepat perbaikan area utilitas. Tujuan penelitian memberikan masukan kepada pihak PT.X untuk memberikan pelayanan bagi para penghuni atau pengguna gedung / instalasi.

Penelitian ini pada sistem jaringan distribusi air bersih yang mengalir melalui pipa dan bersumber dari *Fresh Water Tank*, yang kemudian di dorong menggunakan pompa transfer yang di distribusikan ke fasilitas umum dari lantai dasar sampai ke lantai 3 seperti toilet dan sarana serta prasarana lainnya sesuai fungsi dan kegunaannya melalui pipa.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

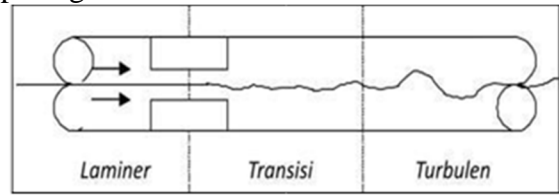
**2.1. Definisi Air Bersih.**

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum.

**2.2. Aliran Fluida**

*Fluida* dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang terus menerus berubah bentuk apabila mengalami tegangan geser. Ditinjau dari jenis aliran, *fluida* dapat diklasifikasikan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran *fluida* dikatakan laminar jika lapisan *fluida* bergerak dengan kecepatan yang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, atau dapat dikatakan bahwa aliran laminar di tandai dengan tidak adanya ketidak beraturan atau fluktuasi di dalam aliran *fluida*. Sedangkan aliran dikatakan turbulen, jika gerakan *fluida* tidak lagi tenang dan tunak (berlapis atau laminar)

melainkan menjadi bergolak dan bergejolak (bergolak atau turbulen). Seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema Aliran Dalam Pipa

**2.3. Kecepatan dan Kapasitas Fluida.**

Besarnya kecepatan akan mempengaruhi besarnya *fluida* yang mengalir dalam suatu pipa. Jumlah dari aliran *fluida* mungkin dinyatakan sebagai *volume*, berat dengan masa *fluida* dengan masing – masing laju aliran ditunjukkan sebagai laju aliran *volume* ( $m^3/s$ ), laju aliran berat ( $N/s$ ) dan laju aliran *massa* ( $Kg/s$ ). Kapasitas aliran ( $Q$ ) untuk *fluida* yang inkompresibel yaitu:

$$Q = A \cdot v \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

$Q$  = Laju Aliran Volume ( $m^3/s$ )

$A$  = Luas Penampang Aliran ( $m^2$ )

$v$  = Kecepatan Aliran *Fluida* ( $m/s$ )

**2.4. Bilangan Reynolds**

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran itu dinamakan laminar, transisi atau turbulen. Dan dapat dihitung besarnya bilangan Reynold dengan menggunakan:

$$Re = \rho \cdot D \cdot \frac{v}{\mu} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

$Re$  = Bilangan Reynold

$\mu$  = Viskositas dinamis ( $N.s/m^2$ )

$\rho$  = Massa jenis ( $Kg/m^3$ )

$v$  = Kecepatan aliran ( $m/s$ )

$D$  = Diameter ( $m$ )

**2.5. Persamaan Bernoulli**

Hukum kekelan energi menyatakan energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan namun dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk yang lain. Energi yang ditunjukkan dari persamaan energi total diatas, atau dikenali sebagai head pada suatu titik dalam aliran steady adalah sama dengan

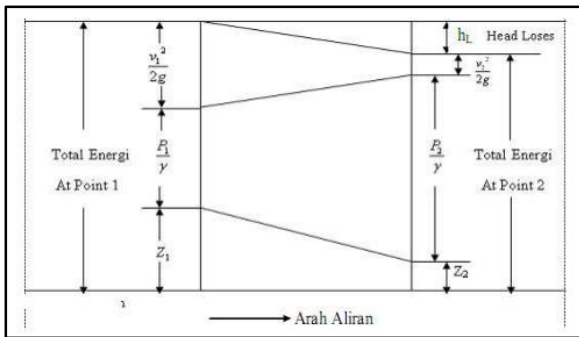
total energi pada titik lain sepanjang aliran fluida tersebut. Hal ini berlaku selama tidak ada energy yang ditambahkan ke fluida atau yang diambil dari fluida.

Konsep ini dinyatakan kedalam bentuk persamaan, yang disebut persamaan *Bernoulli* yaitu:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

- $p_1$  dan  $p_2$  = Tekanan pada titik 1 dan 2
- $v_1$  dan  $v_2$  = Kecepatan aliran pada titik 1 dan 2
- $z_1$  dan  $z_2$  = Perbedaan ketinggian antara titik 1 dan titik 2
- $\gamma$  = Berat jenis fluida ( $N/m^3$ )
- $g$  = Gaya gravitasi ( $9.8 m/s$ )



Gambar 2.2 Ilustrsi persamaan *Bernoulli*.

**2.6. Kerugian Head (Head Losses).**

Aliran didalam suatu saluran selalu disertai dengan friksi, aliran terlalu cepat akan menimbulkan pressure drop yang tinggi sedangkan aliran yang terlalu lambat pressure dropnya akan rendah akan tetapi tidak efisien.

**2.6.1. Kerugian Head Mayor.**

Aliran *fluida* yang melalui pipa akan mengalami kerugian head, hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara *fluida* dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran *fluida* (kerugian kecil). Kerugian head akibat gesekan dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari rumus berikut, yaitu:

**Persamaan Darcy – Weisbach,**

Menurut Ram Gupta S, 1989. Persamaan Darcy-Weisbach (1845) adalah formula umum yang banyak diaplikasikan dialiran pipa. Aliran fluida yang mengalir melalui

pipa akan selalu mengalami kerugian head. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa. Persamaan Darcy-Weisbach adalah sebagai berikut:

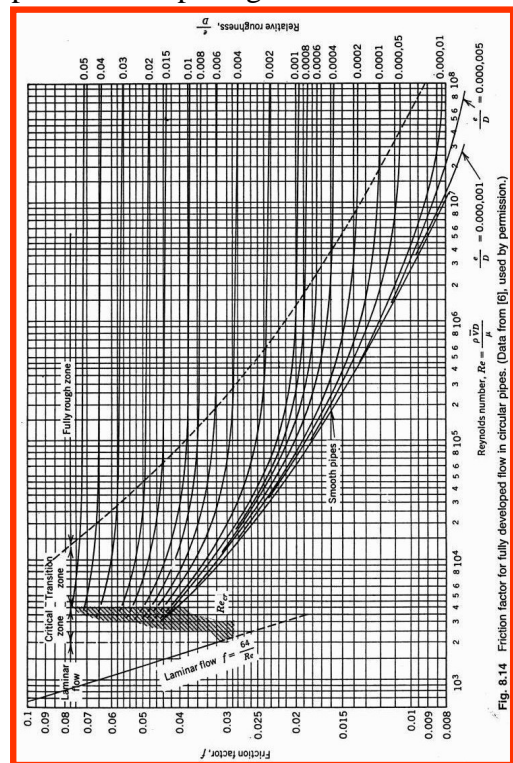
$$h_{f,L} = f \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- $h_{f,L}$  = Kerugian head karena gesekan pada pipa lurus ( $m$ )
- $f$  = Koefisien gesekan
- $d$  = Diameter dalam pipa ( $m$ )
- $L$  = Panjang pipa ( $m$ )
- $v$  = Kecepatan aliran ( $m/s$ )
- $g$  = Gaya gravitasi ( $9.8 m/s^2$ )

dimana faktor gesekan ( $f$ ) dapat dicari dengan menggunakan diagram moody.

Seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 *Diagram Moody*.

Tabel 2.1 Nilai kekerasan dinding untuk berbagai pipa komersil.

Material	Condition	ε		Uncertainty, %
		ft	mm	
Steel	Sheet metal, new	0.00016	0.05	± 60
	Stainless, new	0.00000	0.002	± 50
	Commercial, new	0.00015	0.046	± 30
	Riveted	0.01	3.0	± 70
	Rusted	0.007	2.0	± 50
	Iron	Cast, new	0.00085	0.26
Wrought, new		0.00015	0.046	± 20
Galvanized, new		0.0005	0.15	± 40
	Asphalted cast	0.0004	0.12	± 50

Menurut Hagen-Poiseuille untuk aliran Laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2000 ( $Re < 2000$ ), factor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

- $f$  = Factor Gesekan
- $Re$  = Bilangan Reynold

**Persamaan Hazen – William**

Menurut Ram Gupta, 1989. Rumus ini pada umumnya dipakai untuk menghitung kerugian dalam pipa yang relative sangat panjang seperti jalur pipa penyalur air minum.

untuk umum persamaan Hazen – Williams yaitu:

$$hf = \frac{10.666 \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d^{4.85}} \cdot L \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

- $hf$  = Kerugian gesekan dalam pipa ( $m$ )
- $Q$  = Laju aliran dalam pipa ( $m^3/detik$ )
- $L$  = Panjang pipa ( $m$ )
- $C$  = Koefisien kekasaran pipa Hazen – Williams (lihat table 2.2)
- $d$  = Diameter dalam pipa ( $m$ )

**2.6.2. Kerugian Head Minor.**

Selain kerugian yang disebabkan oleh gesekan, pada suatu jalur pipa juga terjadi kerugian karena kelengkapan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya yang disebut dengan kerugian kecil (*minor losses*).

Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa dirumuskan sebagai berikut:

$$h_M = \sum n \cdot K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

- $h_M$  = Head minor losses
- $\sum n$  = Jumlah kelengkapan pipa
- $K$  = Koefisien kerugian (dari lampiran koefisien minor losses peralatan pipa)
- $v$  = Kecepatan aliran fluida dalam pipa ( $m/detik$ )
- $g$  = Gaya gravitasi ( $9.8 m/s$ )

Persamaan (2.7), untuk pipa yang panjang ( $L/D > 1000$ ), minor losses dapat diabaikan tanpa kesalahan yang cukup

berarti tetapi menjadi penting pada pipa yang pendek.

Tabel 2.2 Kehilangan tinggi tekanan pada katup, alat penyesuaian dan pipa yang digunakan.

Fitting Type	Equivalent Lengths, <sup>a</sup> (L <sub>e</sub> /D)
<b>Valves (fully open)</b>	
Gate Valve	8
Globe Valve	340
Angle Valve	150
Ball Valve	3
Lift check valve: Globe lift	600
Angel lift	55
Foot valve with strainer: Poppet disk	420
Hinged disk	75
<b>Standard Elbow: 90°</b>	<b>30</b>
<b>45°</b>	<b>16</b>
Return Bend, Close pattern	50
Standard tee: flow through run	20
flow through branch	60

<sup>a</sup> Based on  $h_{lm} = f (L_e/D) (V^2/2)$

Tabel 2.3 Pemakaian air rata-rata per orang setiap hari.

No.	Jenis Gedung	Pemakaian air rata rata per hari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata rata sehari (jam)	Perbandinga n luas lantai efektiftotal (%)	Keterangan
1	Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
2	Rumah biasa	160-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
3	Apartemen	200-250	8-10	45-50	Mewah: 250 liter Menengah: 180 ltr Sendiri: 120 ltr
4	Asrama	120	8	45-48	Sendiri
5	Rumah sakit	1000	8-10	50-55	(setiap tempat tidur pasien) Pasien luar: 500 ltr Staff/pegawai: 120 ltr Kelg.pasien: 160 ltr
6	SD	40	5	58	Guru: 100 liter
7	SLTP	50	6	58	Guru: 100 liter
8	SLTA dan lebih tinggi	80	6	-	Guru/Dosen: 100 liter
9	Rumah-toko	100-200	8	-	Penghuninya: 160 ltr
10	Gedung kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai

**2.7. Peralatan dan Perlengkapan (Equipment) Untuk Penyediaan Air Bersih**

**2.7.1. Feed Pump.**

Berperan sebagai pompa awal untuk mensuplai air laut ke *Seawater Reverse Osmosis*, yang akan diolah menjadi air bersih (*fresh water*) di dalam system *Seawater Reverse Osmosis*.

### 2.7.2. *Seawater Reverse Osmosis.*

Untuk mendapatkan air tawar dari air laut bisa dilakukan dengan cara osmosis terbalik, suatu proses penyaringan air laut dengan menggunakan tekanan dialirkan melalui suatu membran saring. Sistem ini disebut SWRO (*Seawater Reverse Osmosis*) dan banyak digunakan pada kapal laut atau instalasi air bersih di anjungan lepas pantai dengan bahan baku air laut.

*Seawater Reverse Osmosis* (Osmosis terbalik) atau SWRO adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya.

### 2.7.3. *Proses Osmosis.*

*Osmosis* adalah proses alami. Ketika dua cairan konsentrasi yang berbeda dipisahkan oleh sebuah membran semipermeabel, cairan memiliki kecenderungan untuk bergerak dari konsentrasi yang lebih rendah ke konsentrasi yang lebih tinggi untuk keseimbangan potensial kimia.

Secara formal, *reverse osmosis* adalah proses memaksa pelarut dari daerah konsentrasi zat terlarut tinggi melalui membran semipermeabel ke daerah konsentrasi zat terlarut rendah dengan menerapkan tekanan melebihi tekanan osmotik.

### 2.7.4. *Tanki Air Bersih (Potable Fresh Water Storage Tank)*

*Equipment* ini umumnya disebut dengan istilah tangki air bersih, karena berada di *cellar deck* pada anjungan lepas pantai. Fungsinya untuk bak penampungan air bersih. Air yang ditampung di *fresh water tank* yaitu dari penyaringan menggunakan *Seawater Reverse Osmosis* yang kontinyu didistribusikan dalam kurun waktu 24 jam.

### 2.7.5. *Fresh Water Booster Pump.*

Untuk mengalirkan air tawar (*fresh water*) dari tanki air tawar (*fresh water tank*) ke seluruh area bangunan dipergunakan *Fresh Water Booster Pump*. Pompa ini menggunakan type *centrifugal pump*. Pompa *centrifugal* adalah suatu mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida menggunakan gaya *centrifugal* (Sularso, 2004), pompa *centrifugal* terdiri dari sebuah impeller yang berputar di dalam sebuah rumah pompa (*Casing*).

### 2.7.6. *Tanki Tekan (Potabel Fresh Water Pressure tank).*

Tangki Tekan, merupakan tangki yang bisa menyimpan air bertekanan untuk sementara. Tangki ini di lengkapi dengan *membrane/diaphragm* untuk type kecil yang akan memisahkan air dan udara.

### 2.7.7. *Prinsip kerja tanki tekan (Pressure Tank)*

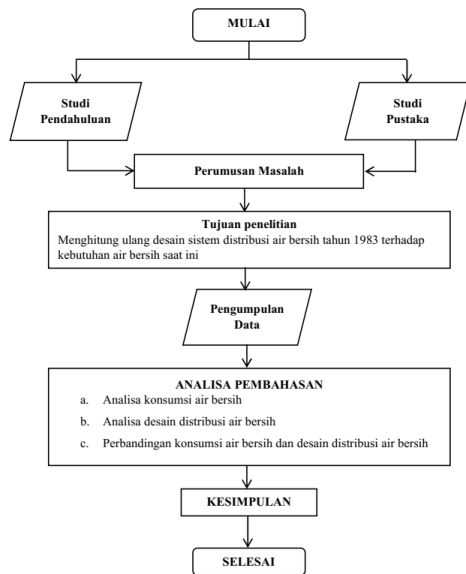
*Pressure tank* pada prinsipnya berguna untuk menstabilkan tekanan air pada kran2. Di dalam *pressure tank* biasanya terdapat membran yang berfungsi untuk menjaga daya tahan *Pressure Switch* karena pada saat air terpakai sedikit, pompa tidak perlu bekerja dan *Pressure Switch* tidak perlu bekerja sehingga menjaga daya tahan *pressure switch*.

Pada prinsipnya semua pompa air yang digunakan untuk menyalurkan ke kran2 membutuhkan *pressure tank*. Tanki tekan yang terpasang memiliki kapasitas 2000 liter dengan tekanan operasi di 25 – 45 psi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram alir.

Tahapan penyusunan penulisan dilakukan dengan tahap seperti terlihat pada gambar diagram alir 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

### 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan selama satu bulan dengan lokasi di anjungan lepas pantai, tempat penelitian tersaji pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Anjungan lepas pantai.

### 3.3. Data Gedung Living Quarters Anjungan lepas pantai.

Data data ini merupakan data bangunan *Living Quarters* anjungan lepas pantai, yang dapat dilihat dibawah ini:

- Jumlah tingkat : 4 lantai (3 lantai berpenghuni, 1 lantai terbuka)
- Tinggi setiap lantai : 3 meter
- Luas area : 50 x 50 m<sup>2</sup>
- Luas Bangunan : 30 x 30 m<sup>2</sup> x 4 lantai
- Kapasitas gedung : 35 orang (saat ini) penambahan dari sebelumnya 20 orang

Dimana sumber air bersih yang kontinyu didapat dari penyaringan menggunakan *Water Maker*, ditampung di dalam *Fresh Water Tank* (tangki air bersih) yang disalurkan ke *pressure tank* kemudian untuk dipergunakan disalurkan ke toilet yang ada dari lantai 1 sampai 3. untuk bangunan *Living Quarters* Anjungan X dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Bangunan *Living Quarters* Anjungan Lepas Pantai PT.X.

### 3.4. Data pompa yang terpasang.

Data pompa :

Model	Head (m)	(Hp) Pompa	(Hp) Motor	Kapasitas (m <sup>3</sup> /min)	Hz
65x50 FSS2HA	60	10	15	0.5	60

Titik operasi pompa yang terpasang, diukur dengan *pressure gauge* dan *flowmeter* yang terpasang pada sistem pipa, adalah sebagai berikut :

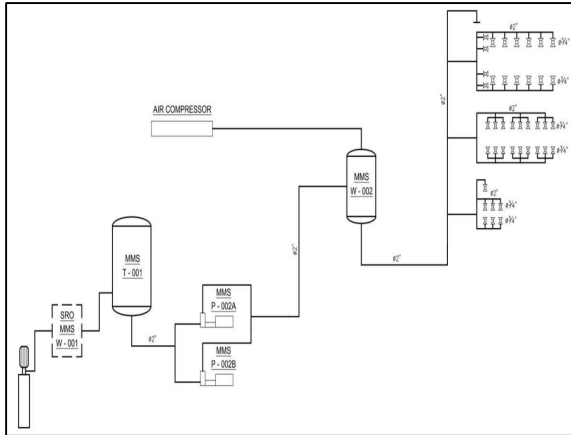
Model	P (bar)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /min)	Tag No
65x50 FSS2HA	5,68	0.5	MMS P 002 A/B

Pompa yang terpasang ada 2 unit, dengan 1 pompa beroperasi dan 1 pompa sebagai cadangan, sehingga apabila ada *trouble* di pompa A, pompa B bisa dioperasikan. Kedua pompa tersebut memiliki spesifikasi yang sama.

### 3.5. Instalasi Plambing Penyediaan Air Bersih.

Instalasi plambing ini adalah rangkaian pipa-pipa dalam sistem plambing penyediaan air bersih. Pompa centrifugal

ini berada pada *cellar deck*, dimana fungsi dari pompa tersebut adalah untuk mengalirkan air dari tanki penampungan air bersih (*Fresh Water Tank*) ke *pressure tank* dan seluruh area bangunan. *Design Pipeline* untuk *Fresh Water* dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut :



Gambar 3.4 *Design Pipeline* untuk *Fresh Water*.

### 3.6. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Perkiraan Jumlah Penghuni.

Kebutuhan pemakaian air bersih pada gedung anjungan lepas pantai yang dimana pemakaian pada gedung kantor sebesar 250 liter/hari perorang dengan jumlah 35 orang.

Maka akan didapat pemakaian air bersih rata-rata per hari ( $Q = m^3/detik$ )

$$Qd \text{ awal} = 20 \text{ jumlah orang} \times 250 \text{ liter pemakaian rata - rata per orang} \times 1.25 \text{ (safety factor)} = 6250 \text{ liter/hari}$$

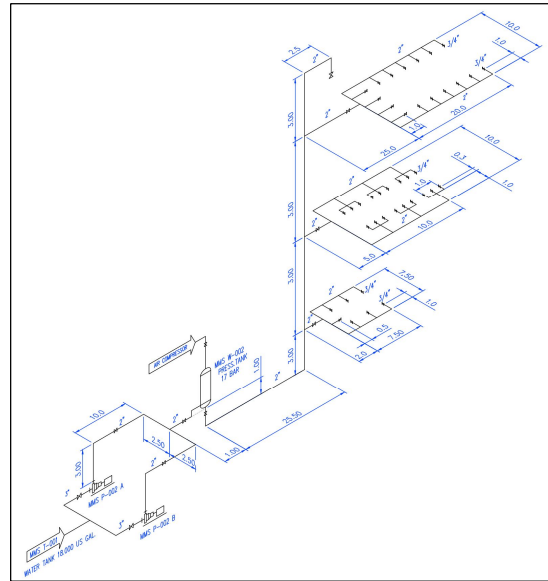
$$Qd = 35 \text{ jumlah orang} \times 250 \text{ liter pemakaian rata - rata per orang} \times 1.25 \text{ (safety factor)} = 10937.5 \text{ liter/hari}$$

$$Qh = 10937.5 \text{ liter/hari} : 10 \text{ jam} = 1093.75 \text{ liter/jam} = 1,09375 \text{ m}^3/h = 0,0003 \text{ m}^3/s$$

(10 jam adalah puncak pemakaian mulai dari jam 7 pagi sampai jam 5 sore )

### 3.7. Perhitungan Pompa di sistem.

Gambar 3.5 adalah gambar isometri seluruh sistem air bersih yang akan dihitung.



Gambar 3.5 Isometri seluruh sistem air bersih.

Diketahui dari data diatas :

- Gate Valve* 2" : 9 buah
- Tee* 2" : 4 buah
- Elbow* 90° 2" : 10 buah
- Gate Valve* 3/4" : 35 buah
- Tee* 3/4" : 10 buah
- Elbow* 90° 3/4" : 17 buah
- Panjang pipa diameter 2" : 200 m = 656.16 feet
- Panjang pipa diameter 3/4" : 40 m = 131.23 feet
- Total Panjang Pipa : 240 m = 787.40 feet
- ID pipa 2" : 0.1616 ft = 50.8 mm = 0,0508 m
- ID pipa 3/4" : 0.0625 ft = 19.05 mm = 0.01905 m
- Static suction lift* : (4 lantai x 3 m) + 2 m = 14 m
- 14 m atau Datum (Z) (jarak lantai 1 ke centerline pompa)

#### 3.7.1. Perhitungan Laju Aliran Massa pada Pipa

Pada sub bab ini yang dihitung adalah laju aliran massa dari instalasi. Suhu untuk air

pada instalasi pada tanggal penelitian adalah 20° C. Sehingga Laju aliran massa fluida adalah :

$$\begin{aligned} m_i &= \rho \cdot Q \\ &= 998.2 \text{ kg/m}^3 \times 1.09375 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 1091.78 \text{ kg/h} = 0.303 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

**3.7.2. Perhitungan Pressure Drop.**

Pada sistem instalasi telah diketahui bahwa bahan pipa yang digunakan adalah pipa jenis *galvanized* yang memiliki nilai *roughness* ( $\epsilon$ ) = 0,15 mm = 1,5 x 10<sup>-4</sup> m. Untuk perhitungan *pressure drop* dibagi menjadi beberapa titik. Setiap titik mewakili setiap lantai yang membutuhkan sistem air bertekanan.

Tabel 3.1 Nilai *roughness* ( $\epsilon$ ) material.

Material	Condition	$\epsilon$		Uncertainty, %
		ft	mm	
Steel	Sheet metal, new	0.00016	0.05	± 60
	Stainless, new	0.000007	0.002	± 50
	Commercial, new	0.00015	0.046	± 30
	Riveted	0.01	3.0	± 70
	Rusted	0.007	2.0	± 50
	Cast, new	0.00085	0.26	± 50
Iron	Wrought, new	0.00015	0.046	± 20
	Galvanized, new	0.0005	0.15	± 40

**3.7.3. Perhitungan Relative Roughness.**

◆ Pipa 2”

$$\epsilon / D = 0.15 / 50.8 = 0.0029$$

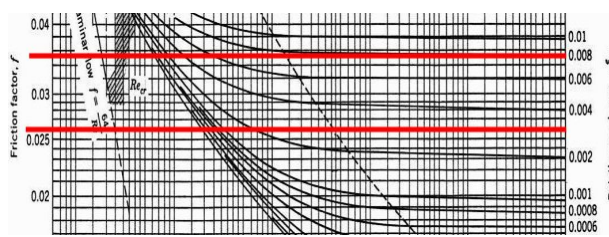
Grafik *Moody Diagram*, diasumsikan *friction factor* adalah sebesar 0,026.

◆ Pipa 3/4”

$$\epsilon / D = 0.15 / 19.05 = 0.0078$$

Grafik *Moody Diagram*, diasumsikan *friction factor* adalah sebesar 0,035.

Gambar 3.6 dibawah adalah potongan grafik *Moody Diagram* :



Gambar 3.6 Grafik *Moody Diagram*.

**3.7.4. Perhitungan Pressure Drop di pipa 2”.**

Perhitungan pertama adalah mencari kecepatan aliran, bilangan *reynold*, dan *friction factor* grafik *Moody Diagram*.

a. Kecepatan aliran :

$$Q = 0.0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2$$

$$V = 4 \cdot 0.0003 / 3.14 \cdot (0.0508)^2$$

$$V = 0.148 \text{ m/s}$$

b. Bilangan *reynold* aliran air didalam pipa : (temp. 20° C,  $\mu = 1.002 \times 10^{-6}$ )

$$Re = D \cdot \frac{V}{\mu}$$

$$Re = 0.0508 \cdot 0.148 / 1.002 \times 10^{-6}$$

$$Re = 8566.866$$

Sehingga aliran turbulen.

c. Diasumsikan *friction factor* grafik *Moody Diagram* adalah sebesar 0,026.

d. *Pressure Drop Mayor* dapat dihitung sebagai berikut :

$$h_{Ma2''} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{Ma2''} = 0.026 \times \frac{200}{0.0508} \times \frac{0.148^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_{Ma2''} = 0.115 \text{ m}$$

e. *Pressure Drop Minor* untuk instalasi dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui aksesoris pada pipa 2” :

*Gate Valve* 2” : 9 buah  $L/D = 8 \times 9 = 72$

*Tee* 2” : 4 buah  $L/D = 20 \times 4 = 80$

*Elbow* 90° 2” : 10 buah  $L/D = 30 \times 10 = 300$

**Total L/D : 452**

$$h_{Min2''} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{Min2''} = 0.026 \times 452 \times \frac{0.148^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_{Min2''} = 0.013 \text{ m}$$

f. *Pressure Drop* total untuk instalasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$h_{tot2''} = h_{Ma2''} + h_{Min2''}$$

$$h_{tot2''} = 0.115 \text{ m} + 0.013 \text{ m} = 0.128 \text{ m}$$



**3.7.5. Perhitungan Pressure Drop di pipa 3/4”.**

Perhitungan pertama adalah mencari kecepatan aliran, bilangan reynold, dan friction factor grafik *Moody Diagram*.

- a. Kecepatan aliran :
 
$$Q = 0.0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2$$

$$V = 4 \cdot 0.0003 / 3.14 \cdot (0.01905)^2$$

$$V = 1.053 \text{ m/s}$$
- b. Bilangan *reynold* aliran air didalam pipa: (temp. 20° C,  $\mu = 1.002 \times 10^{-6}$ )
 
$$Re = D \cdot \frac{V}{\mu}$$

$$Re = 0.01905 \cdot 1.053 / 1.002 \times 10^{-6}$$

$$Re = 20019.610$$

Sehingga aliran turbulen.
- c. Diasumsikan *friction factor* grafik *Moody Diagram* adalah sebesar 0,035.
- d. *Pressure Drop Mayor* dapat dihitung sebagai berikut :
 
$$h_{Ma3/4"} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{Ma3/4"} = 0.035 \times \frac{40}{0.01905} \times \frac{1.053^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_{Ma2"} = 4.153 \text{ m}$$
- e. *Pressure Drop Minor* untuk instalasi dapat dihitung sebagai berikut :
 

Diketahui aksesoris pada pipa 3/4” :

*Gate Valve* 3/4” : 35 buah  $L/D = 8 \times 35 = 280$

*Tee* 3/4” : 10 buah  $L/D = 20 \times 10 = 200$

*Elbow* 90° 3/4” : 17 buah  $L/D = 30 \times 17 = 510$

Total  $L/D$  : 990

$$h_{Min3/4"} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{Min3/4"} = 0.035 \times 990 \times \frac{1.053^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_{Min3/4"} = 1.958 \text{ m}$$
- f. *Pressure Drop total* untuk instalasi dapat dihitung sebagai berikut :
 
$$h_{tot3/4"} = h_{Ma3/4"} + h_{Min3/4"}$$

$$h_{tot3/4"} = 4.153 \text{ m} + 1.958 \text{ m} = 6.111 \text{ m}$$

$$m = 0.6 \text{ bar}$$

Nilai *Pressure Drop* untuk pipa 3/4” > dari pipa 2” dikarenakan semakin besar diameter pipa yang dialiri fluida dengan *Q* yang sama ,

maka semakin kecil *Pressure Drop* nya, dikarenakan semakin kecil pipa maka semakin besar *V*.

**3.7.6. Perhitungan Total Pressure Drop di pipa 2 & 3/4”.**

$$h_{L_{tot}} = h_{tot2"} + h_{tot3/4"}$$

$$h_{L_{tot}} = 0.128 \text{ m} + 6.111 \text{ m} = 6.239 \text{ m}$$

**3.7.7. Perhitungan total Head.**

$$h_{tot} = \text{Static suction lift} + h_{L_{tot}} = 14 + 6.239 = 20.239 \text{ m}$$

**3.7.8. Perhitungan nilai  $Q_{in}$  dan  $Q_{out}$  pada sistem.**

Dikarenakan  $Q_{in}$  dan  $Q_{out}$ , maka nilai *Q* yang masuk mulai dari discharge flange pompa sama dengan *Q* nilai yang keluar dari valve 3/4”, yaitu  $Q = 0.0003 \text{ m}^3/\text{s}$  namun untuk *Q* setiap pipa berbeda.

**3.7.9. Perhitungan daya yang dibutuhkan.**

Efisiensi yang di didapatkan dari pompa yang sudah ter pasang adalah 60%, Seperti terlihat pada gambar 3.8

Sehingga, diketahui :

$Q$  : 1,09375 m<sup>3</sup>/h

$h_{tot}$  : 20.239 m

$Sg$  (air) : 1

$\eta$  : 60%

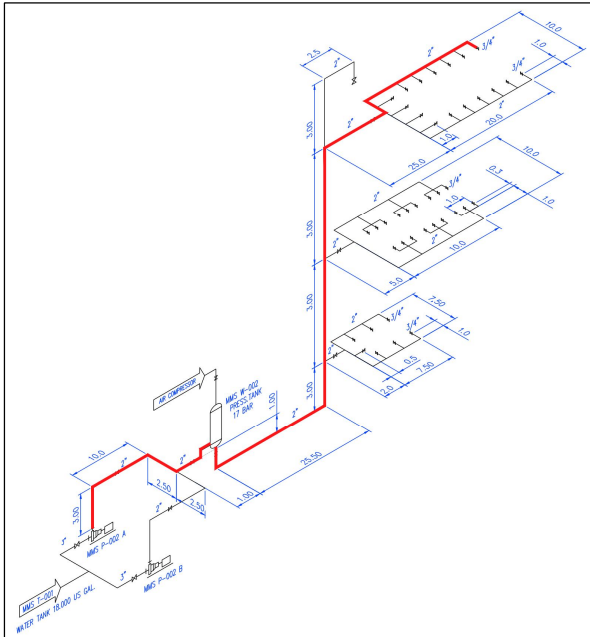
$$\text{Daya (kW)} = \frac{Q \times H \times sg}{367 \times \eta}$$

$$\text{Daya (kW)} = \frac{1,09375 \times 20.239 \times 1}{367 \times 60\%}$$

$$\text{Daya} = 0.100 \text{ kW} = 100 \text{ watt}$$

**3.7.10. Perhitungan pompa ke titik terjauh (garis merah).**

Gambar 3.7 adalah gambar isometri kebutuhan pompa titik terjauh sistem air bersih.



Gambar 3.7 Isometri kebutuhan pompa titik terjauh (garis merah).

### 3.7.11. Perhitungan *Pressure Drop* di pipa 2"

a. Diketahui :

$$\begin{aligned} V &= 0.148 \text{ m/s} \\ Q &= 0.0003 \text{ m}^3/\text{s} \\ f &= 0,026 \\ L &= 100 \text{ m} \\ \rho &= 998.2 \text{ kg/m}^3 \\ ID &= 0.0508 \text{ m} \end{aligned}$$

b. *Pressure Drop Mayor*

$$\begin{aligned} P_{Ma2''} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho \\ P_{Ma2''} &= 0.026 \times \frac{100}{0.0508} \times \frac{0.148^2}{2} \times 998.2 \\ h_{Ma2''} &= 490 \text{ Pa} = 0,0049 \text{ bar} = 0.0499 \text{ m} \end{aligned}$$

c. *Pressure Drop Minor*

$$\begin{aligned} \text{Gate Valve 2''} &: 9 \text{ buah } L/D = 8 \times 4 = 32 \\ \text{Tee 2''} &: 4 \text{ buah } L/D = 20 \times 1 = 20 \\ \text{Elbow 90}^\circ \text{ 2''} &: 10 \text{ buah } L/D = 30 \times 7 = 210 \\ \text{Total L/D} &: 262 \end{aligned}$$

$$P_{Min2''} = 0.026 \times 262 \times \frac{0.148^2}{2} \times 998.2$$

$$\begin{aligned} h_{Ma2''} &= 74 \text{ Pa} = 0,00074 \text{ bar} \\ &= 0,0075 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.7.12. Perhitungan *Pressure Drop* di pipa 3/4"

a. Diketahui :

$$\begin{aligned} V &= 1.053 \text{ m/s} \\ Q &= 0.0003 \text{ m}^3/\text{s} \\ f &= 0,035 \\ L &= 1 \text{ m} \\ \rho &= 998.2 \text{ kg/m}^3 \\ ID &= 0.01905 \text{ m} \end{aligned}$$

b. *Pressure Drop Mayor*

$$\begin{aligned} P_{Ma3/4''} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho \\ P_{Ma3/4''} &= 0.035 \times \frac{1}{0.01905} \times \frac{1.053^2}{2} \times 998.2 \\ P_{Ma3/4''} &= 1016 \text{ pa} = 0,01016 \text{ bar} = 0,1036 \text{ m} \end{aligned}$$

c. *Pressure Drop Minor*

$$\begin{aligned} \text{Gate Valve 3/4''} &: 1 \text{ buah } L/D = 8 \times 1 = 8 \\ \text{Tee 3/4''} &: 1 \text{ buah } L/D = 20 \times 1 = 20 \\ \text{Elbow 90}^\circ \text{ 3/4''} &: 3 \text{ buah } L/D = 30 \times 3 = 90 \\ \text{Total L/D} &: 990 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{Min3/4''} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho \\ P_{Min3/4''} &= 0.035 \times 118 \times \frac{1.053^2}{2} \times 998.2 \\ P_{Min3/4''} &= 2285.5 \text{ pa} = 0,023 \text{ bar} = 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.7.13. Total *Pressure Drop* di pipa 2" dan 3/4" di titik terjauh.

$$P_{tot} = 0,0049 \text{ bar} + 0,00074 \text{ bar} + 0,01016 \text{ bar} + 0,023 \text{ bar} = 0,038 \text{ bar}$$

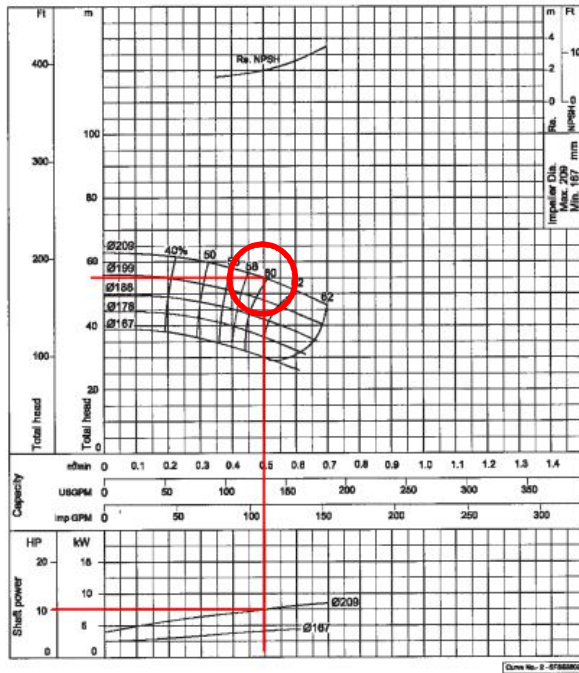
Catatan :

$$\begin{aligned} 1 \text{ pa} &= 0,00010 \text{ m} \\ 1 \text{ bar} &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

**Hubungan tekanan dan head pompa:**  
**Head = tekanan x 10 / Sg**

### 3.7.14. Kurva pompa yang terpasang.

Gambar 3.8 merupakan kurva pompa yang saat ini terpasang dilapangan, nilai efisiensi adalah 60% , lihat pada lingkaran merah.

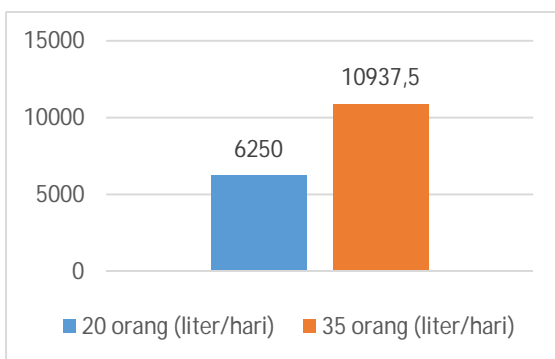


Gambar 3.8 Kurva pompa saat ini terpasang.

#### 4. ANALISA

##### 4.1. Perbandingan kebutuhan air bersih untuk 20 dan 35 orang.

Dari hasil perhitungan kebutuhan air pada saat awal dan setelah penambahan penghuni dilihat pada grafik 4.1



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan kebutuhan air bersih untuk 20 dan 35 orang.

##### 4.2. Hasil pengecekan performance pompa yang terpasang.

Tabel 4.2 berikut adalah hasil pengecekan performance pompa yang terpasang.

Tabel 4. 1 Hasil pengecekan performance pompa yang terpasang.

Model	P (bar)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /min)	Tag No
65x50 FSS2HA	5,68	0.5	MMS P 002 A/B

Performance pompa dilakukan sesuai dengan prosedur, sensor *automatic* pompa di 4 dan 2 bar di *by pass* sementara.

##### 4.2.1. Pembahasan kapasitas *water tank*.

*Water tank* saat ini yang terpasang memiliki kapasitas 71,900 liter, dan kebutuhan air bersih adalah 10,937.5 liter/hari.

##### 4.2.2. Daya yang dibutuhkan.

Sesuai dengan penghitungan bahwa didapatkan daya yang dibutuhkan hanya 100 watt atau 0.1 kW, sedangkan pompa yang saat ini terpasang adalah dengan daya 10 Hp atau 7.5 kW, nilai tersebut didapatkan dari data manufaktur pompa dengan *safety factor* 2.5 X *head*.

Berdasarkan head yang diperlukan adalah 20.239 m maka dibutuhkan pompa 2.5 X *head* didapatkan *head* 50.597,5 m, untuk pompa yang paling mendekati data tersebut adalah pompa 65x50 FSS2HA dengan *head* 40 - 60 m. nilai debit dari pompa tersebut adalah 0.2 - 0.7 m<sup>3</sup>/min.

##### 4.2.3. Pembahasan hasil perhitungan pompa.

*Pressure* yang dihasilkan pompa adalah 5.68 bar sedangkan total *head sistem* adalah 1,98 bar. Untuk total *head sistem* titik terjauh 1.72 bar.

Perihal hasil daya yang di butuhkan untuk sistem sebesar 0.1 kW atau setara dengan 0,13 HP. Aktualnya menggunakan pompa dengan daya sebesar 10 HP.

Kapasitas yang dibutuhkan adalah 0.018 m<sup>3</sup>/min, kapasitas pompa yang terpasang adalah 0.5 m<sup>3</sup>/min.

#### 4.2.4. Pembahasan hasil perhitungan *pressure tank*.

Setelah dilakukan perhitungan, maka hasil tekanan yang didapat sebesar 1.98 bar. Aktualnya menggunakan kapasitas tekanan 17 Bar. *Pressure tank* ini di *setting* menggunakan sensor yang sudah di integrasikan antara pompa dengan *pressure tank*, dengan setting pressure maks. 4 bar dan *pressure* terkecil 2 bar, hal ini bertujuan apabila *pressure sistem* lebih rendah dari 2 bar maka pompa akan beroperasi, dan apabila di *pressure sistem* sudah seniali 4 bar maka pompa akan berhenti.

Sesuai dari hasil analisa perhitungan didapatkan pompa masih mampu digunakan untuk sistem tersebut, meskipun ada penambahan jumlah pengguna sebanyak 15 orang.

#### 5.SIMPULAN

Dari analisa diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air bersih:  $Q_h = 10937.5$  liter/hari : 10 jam = 1093.75 liter/jam =  $1,09375 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$ , terjadi peningkatan kebutuhan air bersih seniali 4687,5 liter/hari.
2. Kapasitas pada *water tank* sebesar 71,900 lt masih mencukupi walaupun ada penambahan pemakai,
3. Mesin pompa dengan debit, *head* dan daya masih memenuhi
4. *Pressure tank* yang terpasang masih memenuhi dengan sensor *automatic* harus di *setting* di maks. 4 bar, dan min. 2 bar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Crane CO. 1982. ” *Flow of Fluids Through: Valves, Fittings, and Pipe*”.*Technical Paper* No.410M. New York.
2. Soufyan Moh. Noerbambang & Takeo Morimura. 2005.“Perancangan Dan Pemeliharaan Sistem Plambing”. Jakarta: Pradnya Paramita
3. White, Frank M. *Fluid Mechanics Fifth Edition*. University of Rhode Island.
4. S, Ram Gupta. 1989 “*Hydrology & Hydraulic Engineering Systems*”. Pearson.New Jersey.
5. J.M.K. Dake, Endang P.Tachyan, Y.P. Pangaribuan. 1985. “Hidrolika Teknik” Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
6. Nabil, Muh. 2012. Definisi Fluida dan jenis-jenis Aliran Fluida, <https://muhnabil.wordpress.com/2012/06/26/definisi-fluida-dan-jenis-jenis-aliran-fluida/> (diakses pada 12 Januari 2021, pukul 17.27)
7. Wikibooks, [https://id.wikibooks.org/wiki/Rumus-Rumus Fisika Lengkap/Energi](https://id.wikibooks.org/wiki/Rumus-Rumus_Fisika_Lengkap/Energi) . (diakses pada 12 januari 2021, pukul 19.17)
8. WikiHow, <https://id.wikihow.com/Menghitung-Energi-Kinetik>. (diakses pada 12 januari 2021, pukul 17.57)
9. Wikipedia, [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Hazen-Williams\\_equation](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Hazen-Williams_equation), (diakses pada tanggal 12 january 2021, pukul 09.27)
10. Libratma group, <https://libratama.com/cara-menentukan-head-total-pompa/> (diakses pada 12 januari 2021, pukul 21.27)