

# ANALISA EFISIENSI KINERJA POMPA BOOSTER ROOFTANK BANK BUMN SURABAYA

Oleh:

Diyas Robikh Arafat

Ali Akbar

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

2024



# BAB 1 PENDAHULUAN

# Latar Belakang

Air merupakan unsur terpenting bagi kelangsungan makhluk hidup di muka bumi. Sebab tanpa air kehidupan di muka bumi ini tidak akan ada. Semua makhluk hidup memerlukan air untuk bisa tumbuh dan berkembang secara wajar. Dengan meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya kebutuhan air bersih. Teknologi mesin pompa air mengalami perkembangan yang sangat dinamis, di awal sejarah munculnya mesin pompa air pertama kali ditemukan seorang ilmuwan bernama Al-Jazari pada abad ke -12 di Mesopotamia. Dalam perjalanannya mesin pompa menjalani metamorfosa penyempurnaan dari masa ke masa dengan spesifikasi yang lebih baik.

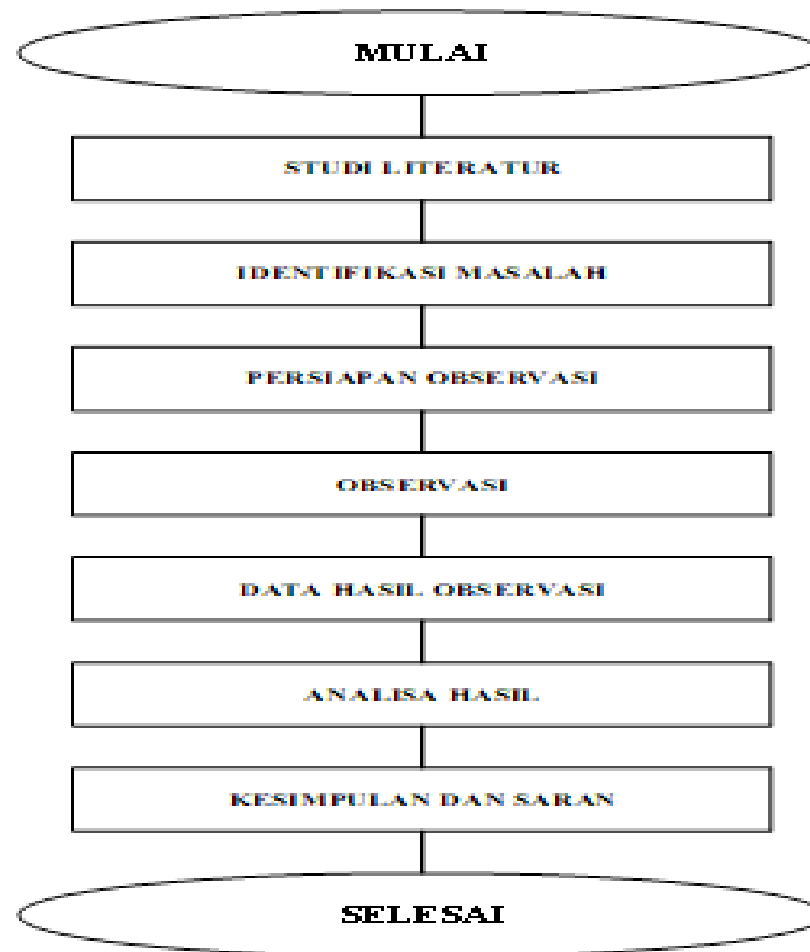
Memasuki musim kemarau kinerja pompa sangat sering beroperasi untuk menyuplai kebutuhan air taman yang di tampung oleh *rooftank*. Penganalisa melakukan Analisa dilapangan untuk menghitung *head loss* dan daya pompa dan mengetahui apakah sudah sesuai spesifikasi yang seharusnya untuk menyuplay *rooftank* taman yang berada pada ketinggian 28 MDPL (Meter Diatas Permukaan Laut).

## Tujuan

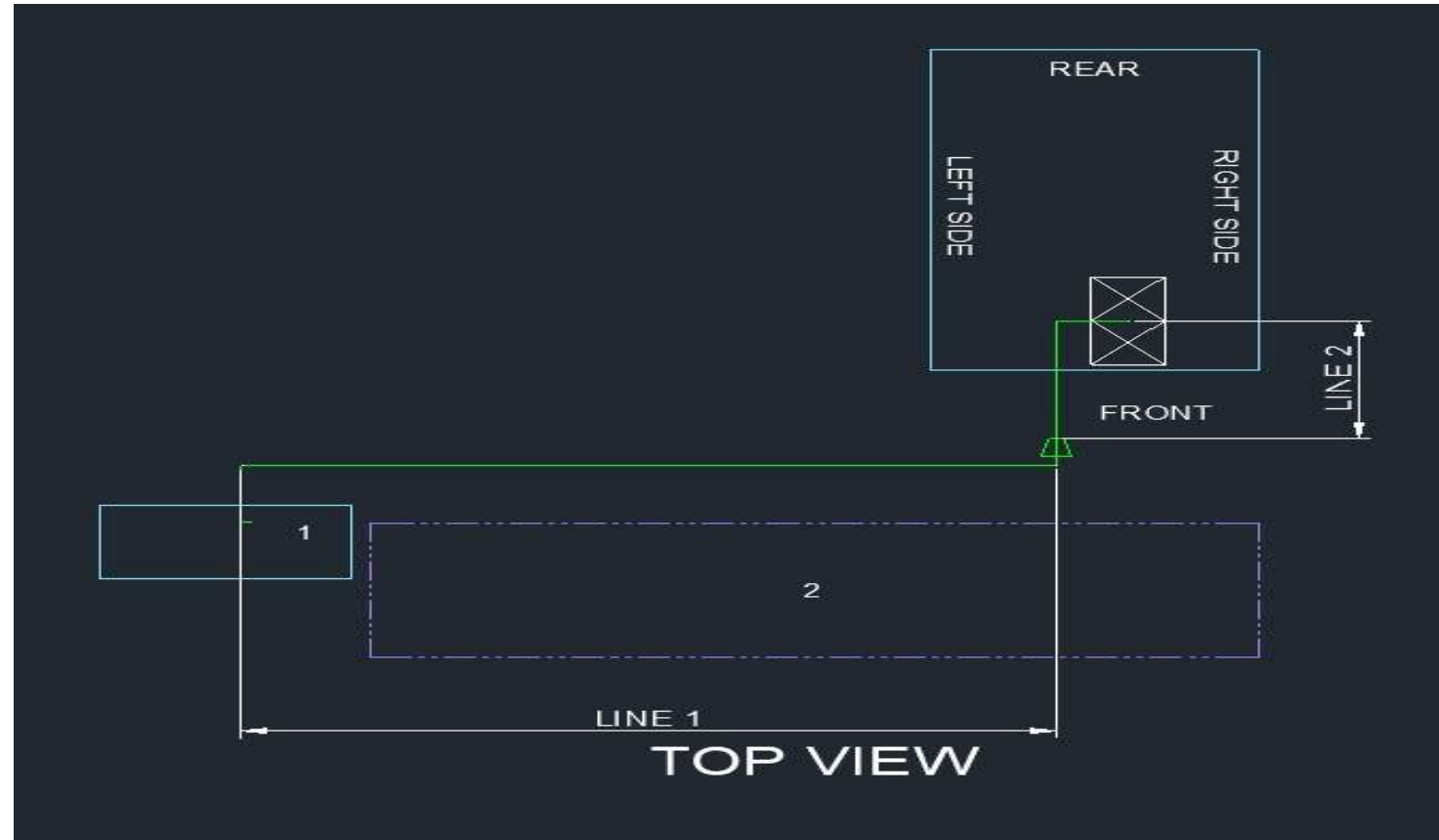
Berdasarkan alasan-alasan diatas maka sangat diperlukan adanya penelitian tentang suatu efisiensi yang dibutuhkan oleh pompa booster guna menghitung tekanan dan waktu yang diperlukan untuk mendorong air agar mencapai titik atas yang memounyai ketinggian 28MDPL.

# BAB 2 METODOLOGI

# Alur Penelitian



# Gambar instalasi line pipa PPR menuju *rooftank*





# BAB 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

# Data Instalasi Line Pipa Dari Pompa Menuju Rooftank

Nama barang	Ukuran	Panjang Dan Jumlah Item
Roof tank	5000 liter	
Intallasi Pompa Horizontal Line 1		
Pipa ppr	2 in	80 Meter
Reducer	2 x 1½in	1 Item
Knee/Elbow 90 ° Long Radius	2 in	6 Item
Installasi Pompa Vertikal Line 2		
Pipa ppr	1 ½ in	46,5 Meter
Knee	1 ½ In	5 Item

# Tabel Koefisien Kerugian Aksesoris Pipa ppr

N o	Jenis Fitting	Koefisien Kerugian (K)	Sumber Pustaka
1	Elbow 90°	0.9 - 1.5	"Hydraulic Design of Water Supply Pipelines" oleh A. C. Mays
2	Reducer 2 x 1,5	1.5 - 2.0	"Hydraulic Design of Water Supply Pipelines" oleh A. C. Mays
3	Gate Valve	10.0 - 20.0	"Fluid Mechanics" oleh Frank M. White

nilai  $\epsilon$  (nilai kekasaran atau hambatan pada suatu aliran)

Bahan ^	Nilai $\epsilon$ (mm) ^
Beton, kasar	0,25
Beton, baru halus	0,025
Tabung yang ditarik	0,0025
Kaca	0,002
Besi cor	0,15
Plastik (PVC, ABS)	0,002
Baja, dilapisi mortar	0.1
Baja, berkarat	0.5
Baja, struktural atau ditempa	0,025
Baja, dilas dan tanpa sambungan	0,060

# Perhitungan Kecepatan Pompa

Setelah mendapatkan spesifikasi pompa maka dilakukan perhitungan kecepatan pompa dari satuan  $m^3/jam$  dirubah kedalam satuan  $cm^3/detik$ . Dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$1 \text{ Liter} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ Minute} = 60 \text{ seconds}$$

Maka

$$\begin{aligned} 320 \frac{L}{Min} &= 320 \times 1000 \text{ cm}^3/\text{minute} \\ &= \frac{320 \times 1000 \text{ cm}^3}{60} \frac{1}{s} \\ &= 5.333 \text{ cm}^3/s \end{aligned}$$

Jadi, hasil kecepatan pompa adalah sebesar  $= 5.333 \text{ cm}^3/detik$ .

# Perhitungan factor gesekan

Setelah mendapatkan kecepatan pompa, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai  $f$  menggunakan Persamaan **Colebrook-White**

Perhitungan pada pipa 2 in :

Langkah pertama yaitu merubah diameter dari satuan inci, kedalam satuan cm. Dengan perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

$$1 \text{ inci} = 2,54 \text{ cm.}$$

Perhitungan untuk mengubah 2 inci kedalam satuan centimeter (cm) :

$$2 \text{ in} \times 2,54 \text{ cm/in} = 5,08 \text{ cm}$$

Jadi, diameter pipa ukuran 2in adalah sebesar = 5,08 cm

Langkah kedua yaitu mencari nilai  $Re$  (*Reynold Numbers*) dengan menggunakan rumus *Colebrook-White* :

Diketahui :

$$\rho = 0,000001 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$v = 5.333 \text{ (cm/s)}$$

$$D = 5,08 \text{ (cm)}$$

$$\mu = 0,01 \text{ (Pa}\cdot\text{s atau g/(cm}\cdot\text{s))}$$

Maka :

$$Re = \frac{0,000001 \cdot 5.333 \cdot 5,08}{0,01}$$

$$Re = 2,709164 \text{ cm}$$

Jadi, nilai  $Re$  (*Reynold Numbers*) sebesar 2,709164 cm

Setelah diketahui nilai  $Re$ , dilakukan perhitungan untuk mencari nilai faktor gesekan  $f$  dengan menggunakan rumus *Colebrook-White* :

Diketahui :

$$\sqrt{f} = 0,03$$

$$\epsilon = 0,02 \text{ (cm)}$$

$$D = 5,08 \text{ (cm)}$$

Maka :

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} \left( \frac{0,02/5,08}{3,7} + \frac{2.51}{2,709164 \sqrt{0,02}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} (0,00106405618 + 6,57081610405)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,02}} = -2 \log_{10} (6,57188016023)$$

$$= 6,254 \text{ cm}$$

Jadi nilai faktor gesekan  $f$  untuk pipa 2 in sebesar 6,254 cm.

# Perhitungan Headloss Mayor dan Headloss Minor

Setelah mendapatkan nilai faktor gesekan  $f$  pada sistem perpipaan pipa ppr. Dimana setiap ukuran pada diameter 2in dan 1,5in mendapatkan nilai yang berbeda-beda. Selanjutnya nilai-nilai pada setiap nilai gesekan  $f$ , diameter tiap pipa dalam satuan cm, panjang pipa ( $L$ ), kecepatan fluida ( $V$ ), nilai  $K$  aksesoris/*fitting* pipa, nilai gravitasi dan dilakukan perhitungan headloss mayor dan minor pada tiap-tiap line yang sudah di bagi dengan rumus sebagai berikut

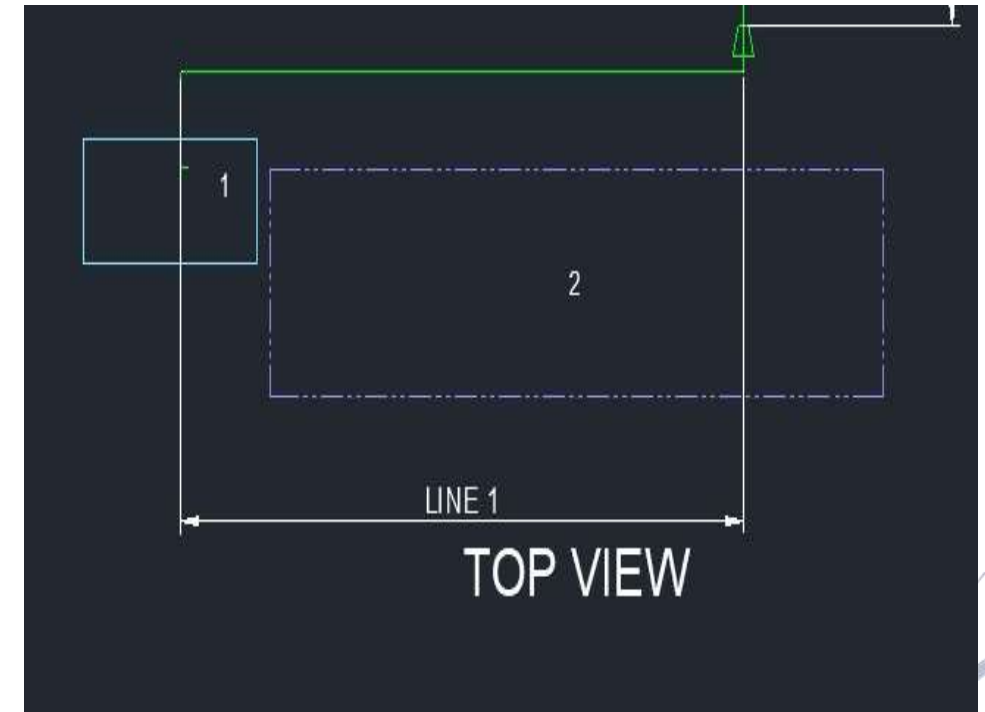
$$HLmj = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$HLmi = K \frac{v^2}{2g}$$



# Contoh perhitungan headloss mayor dan minor line 1

Perhitungan headloss mayor dan headloss minor dihitung dengan menggunakan excel, untuk memudahkan perhitungan, karena pembagian setiap line memiliki berbagai macam dan jumlah aksesoris/*fitting* pipa. Perhitungan ini menggunakan rumus *Darcy-Weisbach*. Perhitungan headloss mayor dan headloss minor dilakukan dari instalasi pipa/*line* dari *line* 1 sampai *line* 2, kemudian hasil total setiap line di jumlahkan untuk menentukan *head loss* total dari keseluruhan instalasi pipa air bersih. Sebagai contoh perhitungan headloss mayor dan headloss minor dilakukan pada instalasi pipa line 1, pada satu pipa ukuran 2 in, reducer 2 x 1,5 in, knee 2 in dan gate valve 2.



# Perhitungan headloss mayor dan headloss minor instalasi pipa line 1

Perhitungan headloss mayor pada pipa 2 in:

Diketahui :

$$f = 6,254$$

$$L = 8.000 \text{ (cm)}$$

$$D = 5,08 \text{ (cm)}$$

$$V = 5.333 \text{ (cm/s)}$$

$$g = 9.81 \text{ (cm/s)}$$

$$hm = 6,254 \frac{8000}{5,08} \frac{5.333^2}{2.981}$$

$$hm = 6,254 \times 1.574,80314961 \times 14.495,8659531$$

$$hm = 142.767.158,537 \text{ cm}$$

Perhitungan headloss mayor pada pipa 1/2 in :

Diketahui :

$$f = 5,186$$

$$L = 4.650 \text{ cm}$$

$$D = 3,81 \text{ cm}$$

$$V = 5.333 \text{ cm/s}$$

$$g = 981 \text{ cm/s}$$

Maka :

$$hm = 5,186 \frac{4.650}{3,81} \frac{5.333^2}{2.981}$$

$$hm = 5,186 \times 1.220,47244 \times 9.540,7209$$

$$hm = -91.748,37 \text{ cm}$$

Perhitungan headloss minor pada reducer 2 x 1,5 in :

Dimana :

$$K = 1,7$$

$$V = 5.333 \text{ (cm/s)}$$

$$g = 981 \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

Maka :

$$hmn = 1,7 \frac{5333^2}{2.981}$$

$$hmn = 1,7 \times 14.495,8659531$$

$$hmn = 24.642,9721203 \text{ cm}$$

Perhitungan headloss minor pada knee 2 in :

Dimana :

$$K = 5,2$$

$$V = 5.333 \text{ (cm/s)}$$

$$g = 981 \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

Maka :

$$hmn = 5,2 \frac{5333^2}{2.981}$$

$$hmn = 5,2 \times 14.495,8659531$$

$$hmn = 75.378,5029561 \text{ cm}$$

Perhitungan headloss minor pada knee 1,5 in:

Dimana :

$$K = 4,6$$

$$V = 5.333 \text{ (cm/s)}$$

$$g = 981 \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

Maka :

$$hmn = 4,6 \frac{5.333^2}{2.981}$$

$$hmn = 4,6x$$

$$hmn = 66.680,98 \text{ cm}$$

Perhitungan headloss minor pada gate valve 2 in :

Dimana :

$$K = 76,2$$

$$V = 5.333 \text{ (cm/s)}$$

$$g = 981 \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

Maka :

$$hmn = 15 \frac{5333^2}{2.981}$$

$$hmn = 15x14.495,8659531$$

$$hmn = 217 \text{ cm}$$

# Tabel perhitungan headloss line 1

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA												
NO	NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s²)	Hf	Hif	HASIL
1	Ins. Pipa Line 1	pipa 2 in		5,08	6,254		8000	5333	981	142.767.158,537		142.767.158,537
		reducer 2 x 1,5	1			1,7		5333	981		24.642,9721203	24.642,9721203
		knee 2 in	6			5,2		5333	981		75.378,5029561	452.271,017737
		gate valve 2 in	1			15		5333	981		217.437,99	217.437,99
HEADLOSS TOTAL												143.461.510,517

# Tabel perhitungan headloss line 2

## PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA

NO	NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	$\frac{g}{(cm/s^2)}$	H <sub>f</sub>	H <sub>if</sub>	HASIL
2	Ins. Pipa Line 2	pipa 1,5 in		3, 81	5.186		4650	5333	981	-91.743837		-91.743837
		knee 1,5 in	5			4,6		5333	981		66.680,68	333.403,4
HEADLOSS TOTAL												-92077240
HEADLOSS TOTAL												51.384.270,517

# Nilai headloss total

- Perhitungan headloss dari intallasi line 1 sampai installasi line 2 dapat di hitung untuk mengetahui headloss total dari keseluruhan installasi, dengan dilakukan penjumlahan dari nilai headloss total tiap line,

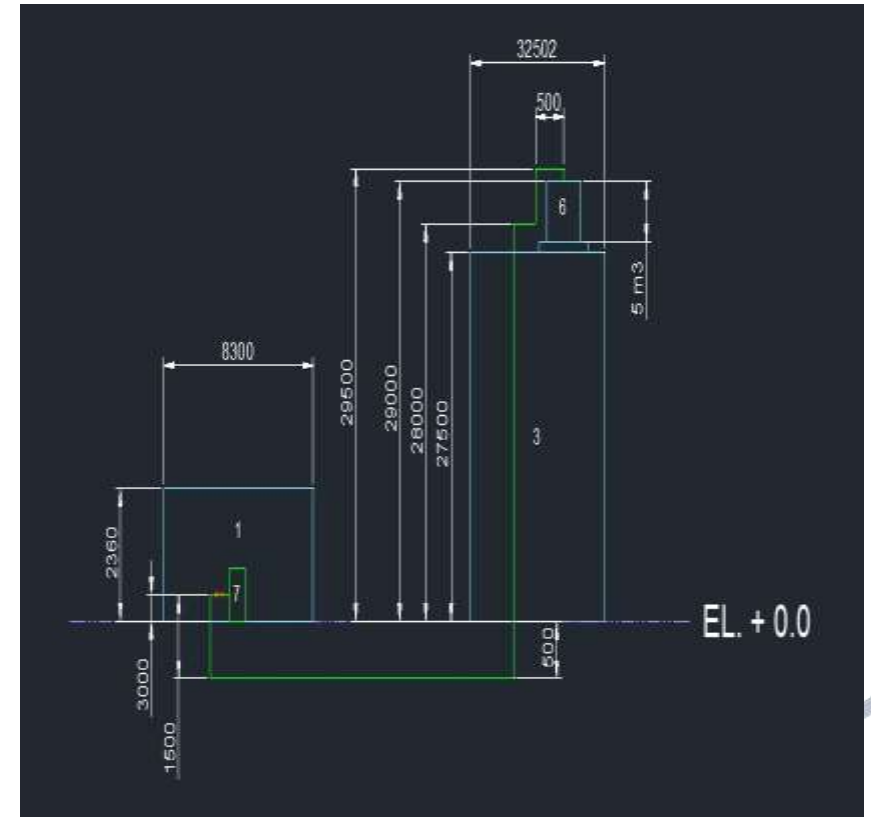
Maka :

$$\begin{aligned} H_t &= \text{Line 1} + \text{Line 2} \\ &= 143.461.510,517 + (-92.077,240 \text{ cm}) \\ &= 51.384.270,517 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, headloss total dari keseluruhan installasi pipa dan aksesoris pipa PPR gedung bank BUMN di Surabaya ini sebesar 51.384.270,517 cm, jika di rubah kedalam satuan meter sebesar 514.842,70517m.

# Pengaruh Spesifikasi Pompa Terhadap ketinggian Rooftank

Pompa dengan spesifikasi CDX/I 120/20 IE3 dapat mensuplay air sebesar 160 l/min, jika kedua pompa tersebut beroperasi secara bersamaan, maka di kali 2 pompa menjadi sebesar 320 l/min, sistem pompa air bersih pada gedung bank BUMN di Surabaya ini saling membackup kinerja pompa jika tekanan atau suplay air kurang. Head maksimum pompa dengan tipe CDX/I 120/20 IE3 sebesar 40.5 jika ketiga pompa hidup bersamaan. Konsumsi daya energi ketika pompa beroperasi sebesar 1.5 kW, jika ketika pompa hidup secara bersamaan maka daya energi yang di pakai untuk mengoperasikan pompa sebesar 4.5 kW. Pompa ini memiliki sistem distribusi air bersih dengan gaya centrifugal yang di hasilkan dari putaran impeller yang dapat dilihat pada Gambar





# Hasil Analisa Pompa Booster Untuk Suplay Rooftank

- **Hasil Analisa Headloss**

Telah dilakukan perhitungan headloss dari keseluruhan instalasi pipa suplay air rooftnk di gedung bank BUMN di Surabaya ini, nilai headloss pompa jika digunakan untuk pompa distribusi suplay air rooftank taman untuk keperluan penyiraman taman sebesar 151.505,8 cm, jika di rubah kedalam satuan meter sebesar 1.515,06 m. Sedangkan spesifikasi rangkaian paralel pompa ini memiliki head pompa sebesar  $H/H_{max}: 121.5$  m, kemudian dikurangi dengan nilai hasil perhitungan headloss, nilai headloss menjadi sebesar 1.025,56m. Jadi, dengan headloss yang telah dihitung adalah hasil ketika 2 pompa sedang beroperasi untuk mensuplay air rooftank taman da sduah dikurangi dengan gaya dorong di ketinggian 28 m.

- **Hasil Analisa Pompa Terhadap volume Dan Ketinggian Rooftank**

Telah dilakukan analisa pada spesifikasi pompa, kinerja pompa dioperasikan dengan sistem otomatis menggunakan sistem kalibrasi kontaktor yang dihubungkan dengan radar PLC (*Water Level Control*) pada level 30%, 50% dan 80%. Jadi, sistem pompa suplay air roftank untuk gedung bank BUMN di surabaya ini, jika level air kurang dari 30% maka pompa 1 akan hidup unuk mensuplay air akibat pemakaian untuk penyiraman air taman, dan jika pompa 1 tidak bisa membackup kebutuhan air hingga 80%, maka pompa 2 akan beroperasi untuk membantu pompa 1 mensuplay air. Sistem pompa ini beroperasi ketika radar WLC kurang dari 30% yang artinya, pompa ini akan beroperasi ketika 3 radar WLC tidak terendam air. Hal ini yang menyebabkan sistem pompa tidak maksimal, dikarenakan kebutuhan air dan kebutuhan daya pompa untuk mendorong air di ketinggian  $\pm 28$  m sangat kurang, karena kebutuhan air untuk mensuplay taman area gedung bank BUMN di Surabaya ini sangat banyak ketika musim kemarau, yang menyebabkan pompa ini sering beroperasi lebih dari 8 jam menurut keterangan petugas teknisi yang bertugas di gedung bank BUMN di Surabaya ini. Sistem pengisian rooftank sebesar  $5 \text{ m}^3$  ini membutuhkan waktu 260 menit atau 4 jam 3 menit.

# BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN

# Kesimpulan

- Berdasarkan hasil perhitungan headloss, analisa spesifikasi pompa, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah dilakukan perhitungan headloss dari keseluruhan installasi pipa sistem pompa booster transfer rooftank taman di gedung bank BUMN di Surabaya ini, nilai headloss pompa jika kedua pompa running untuk distribusi utama dalam mengisi rooftank sebesar 151.505,8 cm, jika di rubah kedalam satuan meter sebesar 1.515,06 m. Jadi, pompa ini kurang efektif atau kurang daya untuk mengisi rooftank pada ketinggian  $\pm 28$ m.
2. Telah dilakukan analisa pada spesifikasi pompa, yang menunjukkan bahwa sistem pompa ini tidak maksimal, dikarenakan kebutuhan air dan kebutuhan daya pompa untuk mendorong air di ketinggian  $\pm 28$  m sangat kurang, karena kebutuhan air untuk mensuplay taman area gedung bank BUMN di Surabaya ini sangat banyak ketika musim kemarau, yang menyebabkan pompa ini sering beroperasi lebih dari 8 jam menurut keterangan petugas teknisi yang bertugas di gedung bank BUMN di Surabaya.

# Saran

- Pada penelitian ini masih terdapat hal-hal yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan lagi, agar penelitian ini lebih baik kedepannya. Saran dari penulis, rancangan ruang pompa kedepannya bagi kontraktor atau perencana bangunan agar sistem di sesuaikan dengan kebutuhan yang ada, dan kalau bisa spesifikasinya melebihi kebutuhan yang ada , karena untuk meminimalisir waktu kinerja pompa yang berlebih, sehingga dapat lebih efisien dalam proses maintenace, kinerja pompa yang berlebih dapat menyebabkan kavitasi pada impeller pompa dan ausnya seal pada pompa.

