

ARTIKEL-SKRIPSI-AFFAN.doc

by Julia Mitchell

Submission date: 19-Apr-2025 01:58AM (UTC-0500)

Submission ID: 2412377433

File name: ARTIKEL-SKRIPSI-AFFAN.doc (1.68M)

Word count: 4818

Character count: 28622



ANALISA PEMILIHAN POMPA CR VERTICAL MULTISTAGE SEBAGAI POMPA PENJAGA TEKANAN HYDRANT AREA GEDUNG LUASAN 55.000M²

Mohamad Affan Rahmadin¹⁾, Ali Akbar^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

^{*}Email Penulis Korespondensi: aliakbar@umsida.ac.id

Abstract. The hydrant system is one of the essential components in building fire protection systems. To maintain stable pressure within the hydrant pipe network and ensure readiness during emergencies, a jockey pump or pressure maintenance pump is required to operate automatically. This study aims to analyze the feasibility of selecting a CR vertical multistage pump as the pressure maintenance pump for a hydrant system in a building with a total area of 55,000 m². The analysis is conducted by evaluating pump capacity, working pressure, energy efficiency, and compliance with applicable fire safety standards. The results show that the CR vertical multistage pump meets the technical and operational requirements for a pressure maintenance pump, with advantages in efficiency, compact design, and reliability in maintaining stable system pressure. The selection of this pump is considered appropriate to support a reliable fire protection system for large-scale buildings.

Keywords - hydrant pump, jockey pump, CR vertical multistage, pressure, fire protection

Abstrak. Sistem hydrant merupakan salah satu komponen penting dalam sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung. Untuk menjaga tekanan pada jaringan pipa hydrant tetap stabil dan siap digunakan saat keadaan darurat, diperlukan pompa jockey atau pompa penjaga tekanan yang bekerja secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kelayakan pemilihan pompa CR vertical multistage sebagai pompa penjaga tekanan pada sistem hydrant di gedung dengan luasan 55.000 m². Analisa dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas pompa, tekanan kerja, efisiensi energi, serta kesesuaian terhadap standar peraturan kebakaran yang berlaku. Hasil analisa menunjukkan bahwa pompa CR vertical multistage memenuhi kriteria teknis dan operasional sebagai pompa penjaga tekanan, dengan keunggulan pada efisiensi, footprint yang minimal, serta keandalan dalam menjaga tekanan sistem tetap stabil. Pemilihan pompa ini dinilai tepat untuk menunjang sistem proteksi kebakaran yang handal pada bangunan skala besar.

Kata Kunci - pompa hydrant, pompa jockey, CR vertical multistage, tekanan, proteksi kebakaran

I. PENDAHULUAN

Sebagai sistem keamanan gedung yang penting, gedung milik Bank BUMN di Surabaya ini memiliki fasilitas keselamatan dan proteksi gedung terhadap kebakaran. Ini umumnya digunakan pada gedung apartemen atau gedung perkantoran lain yang berkapasitas ringan dan berat yang memenuhi standar SNI. Alat pemadam kebakaran ringan seperti APAR dan alat pemadam kebakaran yang berat seperti sistem pemadam yang menggunakan air hydrant untuk memadamkan api yang lebih besar. Sistem pemadam kebakaran tetap menggunakan media air bertekanan tinggi untuk memadamkan api yang mengalir melalui pipa dan selang. Setiap gedung memiliki tempat hydrant yang menyalurkan air dari instalasi hydrant ke selang pemadam untuk memadamkan api. Ada tiga jenis pompa hydrant: pompa diesel, pompa elektrik, dan pompa jockey. Sesuai dengan peraturan pemerintah pekerjaan umum nomor 26/PRT/M/2008 tentang persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung dan lingkungan, keselamatan masyarakat di dalam bangunan dan lingkungan harus diprioritaskan, terutama dalam menghadapi bahaya kebakaran. Tujuannya adalah untuk menjamin bahwa orang dapat bekerja dengan aman, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan kualitas hidup.[1]

Sistem pemadam kebakaran sangat penting dalam gedung modern untuk melindungi keamanan dan aset. Penggunaan pompa jockey sebagai salah satu sistem pemadam kebakaran adalah yang penting untuk menjaga tekanan air di pipa hydrant tetap pada tekanan yang ditetapkan oleh standar kebakaran. Dalam penelitian ini, standar yang berlaku di Indonesia digunakan, dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), untuk mengetahui apakah sistem yang digunakan sudah memenuhi persyaratan standar nasional yang berlaku secara nasional dalam hal keselamatan, keamanan, kesehatan, dan keuntungan ekonomi. Standar NFPA Amerika digunakan, karena pada dasarnya SNI.[2] Untuk memastikan sistem pemadam kebakaran beroperasi secara optimal, penggunaan peralatan yang handal dan efisien, seperti pompa jockey vertikal multistage centrifugal tipe CR.[3]

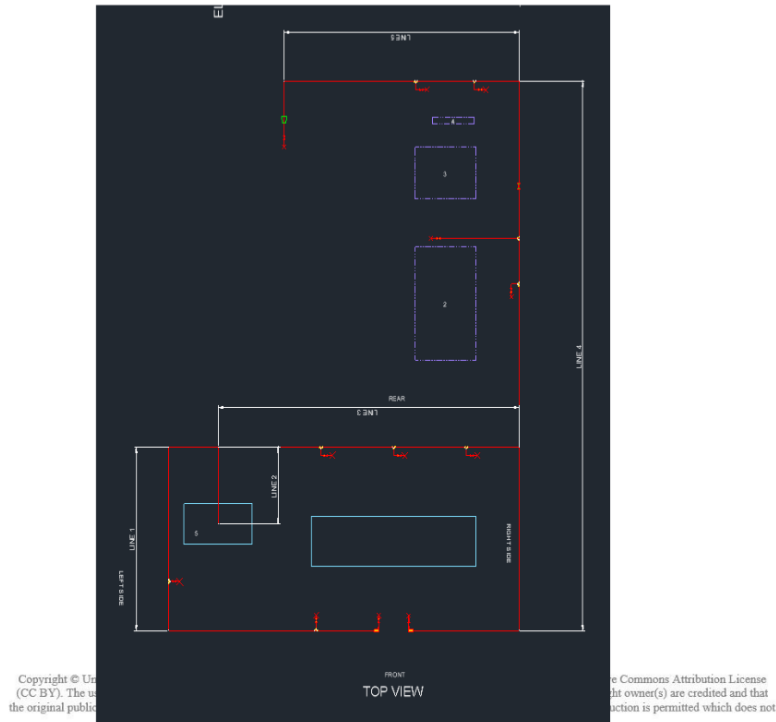
Penulis akan membahas masalah di atas sebagai dasar untuk memilih jenis pompa dan bagaimana pompa Jockey tipe CR Vertical Multistage Centrifugal digunakan untuk sistem pemadam kebakaran di gedung bank BUMN di Surabaya. Penulis akan menekankan keunggulan teknis pompa, aplikasinya yang relevan, dan manfaatnya

untuk kehandalan dan kesiapan sistem pemadam kebakaran. Para pembaca diharapkan akan lebih memahami peran penting pompa jockey dalam melindungi keamanan dan integritas gedung setelah memahami dengan lebih baik teknologi ini. Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah ini adalah bagaimana analisa pemilihan pompa CR vertical multistage centrifugal pump sebagai pompa jockey penjaga tekanan air didalam pipa hydrant penunjang proteksi kebakaran gedung bank BUMN di Surabaya.

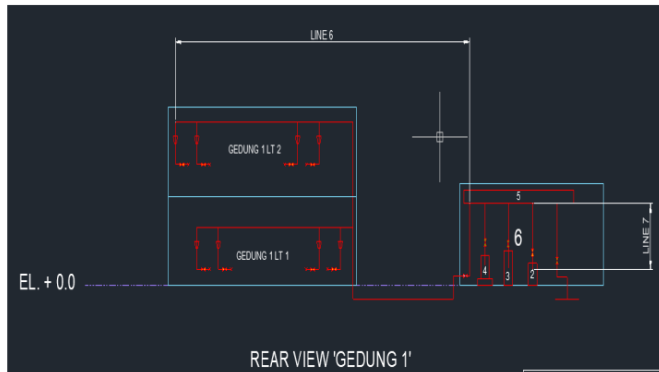
II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode observasi, peneliti kemudian melakukan observasi di lapangan untuk melihat gambar rancang perpipaan, mengukur panjang pipa dan aksesorisnya, seperti *elbow* dan *knee*, *reducer*, *strainer*, *tee*, dan *valve* kontrol. Setelah mengukur panjang instalasi pompa, peneliti melihat data spesifikasi pompa di ruang pompa di gedung bank BUMN dengan area luasan 55,000 m² di Surabaya tempat penelitian ini dilakukan.

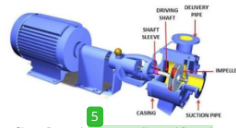
Gambar Instalasi Pipa di bawah ini adalah data yang diperoleh dilapangan sesuai gambar di lapangan Gedung Bank BUMN di Surabaya. Berikut gambar *Instalasi Line Pipa Hydrant* yang di tunjukan pada Gambar 1 dan Gambar 2



Gambar 1 Instalasi Line Pipa Hydrant Indoor



Gambar 2 Instalasi Line Pipa Hydrant Indoor



Gambar 1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal, salah satu jenis pompa yang paling umum digunakan di industri, bekerja dengan prinsip putaran *impeller* sebagai elemen pemindah fluida yang digerakkan oleh suatu penggerak mula. Karena dorongan sudu-sudu, zat cair di dalam *impeller* berputar, menimbulkan gaya sentrifugal, yang mendorong cairan keluar dari tengah *impeller* dan melalui saluran di antara sudu-sudu dengan kecepatan tinggi. Ketika *impeller* berputar, gaya sentrifugal mendorong cairan keluar dari pusat rotasi *impeller*, menciptakan tekanan yang memaksa cairan keluar.[9]



Gambar 2 Pompa Jockey

Fungsi pompa jockey adalah untuk menjaga tekanan air atau fluida di pipa hydrant selama proses pemadaman dengan sprinkel. Tekanan yang dibutuhkan dalam kondisi hydrant tidak digunakan atau dalam keadaan *standby* adalah antara 6 dan 9 bar. Jika tekanan air atau fluida di pipa hilang karena kebocoran instalasi atau sprinkel yang pecah karena kebakaran, jockey akan menyala untuk memenuhi kebutuhan air atau tekanan. Operasi pompa jockey dapat diatur oleh panel kontrol, *pressure tank*, dan *pressure switch*. Jika tekanan turun dari 6 bar, pompa jockey akan beroperasi sampai tekanan kembali di 9 bar. Jika tekanan turun 4 bar, pompa elektrik akan menyala karena pompa jockey tidak dapat memenuhi kebutuhan air bertekanan tingginya.

Peraturan internasional atau standar NFPA 20 (*National Fire Protection Association*)[10] mengatur batas-batas kontrol untuk pompa jockey dan pompa lainnya. Seperti yang ditunjukkan di atas, pompa jockey memiliki batas tekanan 6-9 bar, pompa listrik 4-0 bar, dan pompa diesel 3-10 bar. Semua pompa hydrant berhubungan satu sama

lain, dan cara kerjanya adalah sebagai berikut: ketika ada kebocoran atau proses pemadaman dalam skala kecil, seperti pemadaman dengan sprinkle, kaca sprinkle pecah karena panas dari api, sprinkle mengeluarkan air untuk memadamkan api di sekitar titik *sprinkle*. Pompa jockey membutuhkan tiga titik air atau tekanan sprinkle, dan ketika kebutuhan air berkurang, pompa jockey dapat menggunakan lebih banyak air. Saat ada pemadaman listrik karena kebakaran, pompa elektrik dan pompa jockey tidak berfungsi. Sebaliknya, pompa *diesel* akan menyala untuk menyuplai air hydrant yang digunakan untuk memadamkan api. Kinerja pompa diesel juga diatur oleh panel kontrol, *pressure tank*, dan *pressure switch*.



Gambar 3 Pompa Jockey Tipe CR Vertical Multistage Centrifugal

Pompa ini terdiri dari beberapa tahap atau tingkat *impeller*, yang berarti bahwa beberapa *impeller* (pembangkit tekanan) dirangkai secara vertikal seperti di Gambar 3. Setiap tahap atau tingkat bertanggung jawab untuk meningkatkan tekanan cairan secara bertahap, menghasilkan hasil akhir tekanan yang tinggi. Kode CR sendiri dikeluarkan oleh pabrikan Grundfos tempat pompa dibuat.[11] Data Spesifikasi di bawah ini adalah data yang diperoleh dilapangan sesuai name plate yang ada pada pompa CR Vertical Multistage Centrifugal Pump. Berikut spesifikasi yang di tunjukan pada Gambar 4



Gambar 4 Spesifikasi pompa Jockey tipe CR Vertical Multistage Pump

Pompa CR bekerja dengan prinsip dasar sentrifugal, di mana energi kinetik yang dihasilkan oleh *impeller* diteruskan ke cairan yang dipompa. Ketika cairan masuk ke dalam *impeller*, energi kinetik diberikan kepada cairan, menyebabkan cairan bergerak dengan kecepatan tinggi. Setelah cairan mencapai ujung *impeller*, energi ini diteruskan ke cairan dalam bentuk energi tekanan yang lebih tinggi. Pada pompa multistage, cairan akan melalui beberapa tahap *impeller* untuk mencapai tekanan yang diinginkan.[12]



Gambar 5 Spesifikasi Struktur Impeller Pompa Jockey Tipe CR Vertical Multistage Centrifugal

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the work is properly cited. No use, distribution or reproduction is allowed which does not comply with these terms.

Disetiap struktur *impeller* pompa jockey tipe vertical, pompa ini memiliki beberapa tahapan *impeller* yang terpasang secara seri, di mana setiap tahap meningkatkan tekanan cairan yang dipompa. Semakin banyak tahapan, semakin tinggi tekanan yang dapat dihasilkan. Setiap *impeller* bertugas untuk meningkatkan tekanan cairan secara bertahap. Pompa multistage seperti ini mampu menghasilkan tekanan tinggi, yang diperlukan dalam sistem pemadam kebakaran atau aplikasi yang memerlukan tekanan tinggi.[13]

Data *Instalasi* Pipa di bawah ini adalah data yang diperoleh dilapang sesuai gambar dan perhitungan di lapangan Gedung Bank BUMN di Surabaya. Berikut table *Instalasi Line* Pipa yang di tunjukan pada **Tabel 1**

Tabel 1 Data *Instalasi Line* Pipa Seluruh Gedung

Nama	Ukuran	Panjang Dan Jumlah Item
<i>Knee/Elbow 90 ° Long Radius</i>	6 In	14 ¹² Item
<i>Knee/Elbow 90 ° Long Radius</i>	4 In	16 Item
<i>Knee/Elbow 90 ° Long Radius</i>	3 In	4 Item
<i>Knee/Elbow 90 ° Long Radius</i>	1.5 In	11 Item
<i>Knee/elbow Reducer</i>	6x4 In	2 Item
<i>Tee Reducer</i>	6x4 In	9 Item
<i>Tee Reducer</i>	3x1.5 In	8 Item
<i>Tee Reducer</i>	1.5x10 In	1 Item
<i>Tee Reducer</i>	10x3 In	1 Item
<i>Tee</i>	6 In	3 Item
Pipa	⁸ 6 In	66.420,2 cm
Pipa	4 In	4.200 cm
Pipa	³ 3 In	32.601 cm
Pipa <i>Vertikal</i>	⁸ 3 In	800,5 cm
Pipa	1.5 In	14.500 cm
Pipa <i>Header</i>	10 In	700 cm
¹³ <i>Gate Valve</i>	6 In	3 ¹⁴ Item
<i>Gate Valve</i>	4 In	12 Item
<i>Gate Valve</i>	3 In	1 Item
<i>Gate Valve</i>	1.5 In	1 Item
<i>Reducer</i>	6x4 In	1 Item
<i>Reducer</i>	3x1.5 In	1 Item

20

Head loss (kehilangan tekanan) adalah istilah yang digunakan dalam teknik fluida untuk menggambarkan penurunan energi atau tekanan dari sebuah fluida yang mengalir melalui suatu sistem, seperti pipa, saluran, atau perangkat lainnya. Head loss terjadi karena adanya gesekan antara fluida dengan dinding sistem, perubahan kecepatan aliran, dan efek dari perubahan ketinggian dalam sistem [14].

$$H_t = H_m + H_{mn}$$

Dimana :

H_t = Head Loss Total

H_m = Head Loss Mayor

H_{mn} = Head Loss Minor

Head loss mayor (major head loss) merujuk pada penurunan energi atau tekanan yang signifikan dalam sistem perpipaan atau saluran akibat dari gesekan fluida dengan dinding pipa.

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

Dimana :

H_{mj} = Head loss karena gesekan (m)

f = Faktor gesekan

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

Rumus Kecepatan fluida (V) :

$$m = p \cdot v \cdot A$$

Dimana :

m = laju aliran berat fluida (kg/s)

p = berat jenis fluida (kg/m³)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

A = luas penampang (m²)

Head loss minor (minor head loss) mengacu pada penurunan energi atau tekanan yang terjadi karena komponen tambahan dalam sistem perpipaan atau saluran, selain dari gesekan fluida dengan dinding pipa. Ini sering kali disebut juga sebagai "kehilangan tekanan tambahan" atau "kehilangan tekanan sekunder".

$$h_{mn} = K \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

H_{mn} = Head loss minor (cm)

K = Koefisien gesek

v = kecepatan aliran fluida (cm/s)

g = gravitasi (cm/s²)

Nilai K dapat dilihat pada **Tabel 2** [15]

Tabel 2 Koefisien Kerugian Aksesoris Pipa Besi

No	Jenis Fitting	Koefisien Kerugian (K)	Sumber Pustaka
1	Elbow 90° Long Radius	0.75	Perry's Chemical Engineers' Handbook
2	Tee (Cabang)	1.5	Mott's Flow in Pipes and Channels
3	Gate Valve (Full Open)	0.16	Perry's Chemical Engineers' Handbook
4	Elbow Reducer 6 in ke 4 in	0.8	Perry's Chemical Engineers' Handbook
5	Tee Reducer 6 in ke 4 in	1.5	Perry's Chemical Engineers' Handbook
6	Reducer 6 in ke 4 in	1.0	Perry's Chemical Engineers' Handbook
7	Reducer 3 in ke 1.5 in	1.5	Perry's Chemical Engineers' Handbook
8	Tee Reducer 3 in ke 1.5 in	2.0	Perry's Chemical Engineers' Handbook
9	Tee Reducer 1.5 in ke 10 in	1.8	Mott's Flow in Pipes and Channels
10	Tee Reducer 10 in ke 3 in	2.0	Mott's Flow in Pipes and Channels
11	Tee Reducer 10 in ke 6 in	1.9	Mott's Flow in Pipes and Channels

Rumus *Colebrook-White* (Umum untuk Aliran Turbulen). Faktor gesekan dalam pipa (f) adalah nilai yang digunakan untuk menghitung kerugian tekanan akibat gesekan antara fluida dan permukaan pipa. Faktor gesekan ini sangat bergantung pada jenis aliran (laminar atau turbulen), kekasaran permukaan pipa, dan diameter pipa. Berikut adalah beberapa rumus yang sering digunakan untuk menghitung faktor gesekan dalam pipa.

Persamaan *Colebrook-White* adalah rumus empiris yang digunakan untuk menghitung faktor gesekan dalam pipa dengan aliran turbulen, baik untuk aliran laminar atau turbulen. Persamaan ini berbentuk implisit, artinya faktor gesekan f muncul di kedua sisi persamaan, dan membutuhkan metode iterasi untuk menemukan solusi.[16] Rumus *Colebrook-White* adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Di mana:

$\sqrt{f}$ = Faktor gesekan

ϵ = Kekasaran permukaan pipa (cm)

D = Diameter pipa (cm)

Re = Bilangan Reynolds (Reynolds number), dihitung dengan rumus:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Di mana:

ρ = Massa jenis fluida (kg/cm³)

v = Kecepatan aliran fluida (cm/s)

D = Diameter pipa (cm)

μ = Viskositas dinamis fluida (Pa·s atau g/(cm·s))

Tanda *superscript* berupa nomor yang diikuti tanda tutup kurung, misalnya ¹⁾, diberikan di belakang nama penulis (lihat contoh). Jika semua penulis berasal dari satu afiliasi, tanda ini tidak perlu diberikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Headloss

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, perhitungan *headloss* dilakukan supaya mengetahui seberapa besar *headloss* yang dihasilkan. Pemilihan pompa dengan tipe CR *Vertical Multistage Centrifugal Pump* ini tidak serta merta hanya memilih saja, namun ada banyak faktor yang menjadikan dasar pompa tipe CR *Vertical Multistage Centrifugal Pump* ini dipilih sebagai pompa sistem penjaga tekanan di gedung bank BUMN di Surabaya. *Headloos* menjadi salah satu alasan utama untuk pemilihan pompa dengan tipe CR *Vertical Multistage Centrifugal Pump*. [17]

Tahapan pertama sebelum melakukan perhitungan *headloss* adalah melakukan observasi di lapangan, untuk mencari tahu spesifikasi dan data instalasi yang ada. Tahapan kedua setelah mendapatkan data adalah mencari rumus untuk melakukan perhitungan *headloss* ini, dan setelah mendapatkan data spesifikasi instalasi perpipaan

pada **Tabel 3**, dan gambar pembagian instalasi perpipaan untuk dilakukan perhitungan pada tiap line yang ada pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

Tabel 3 Nilai Koefisien *Manning* Pipa (nilai kekasaran atau hambatan pada suatu aliran).

Bahan	Nilai ϵ (mm)
Beton, kasar	0,25
Beton, baru halus	0,025
Tabung yang ditarik	0,0025
Kaca	0,002
Besi cor	0,015
Plastic (pvc)	0,002
Baja, dilapisi mortar	0,1
Baja, berkarat	0,5
Baja, structural atau ditempa	0,025

➤ Perhitungan Kecepatan Pompa

Kemudian setelah mendapatkan data spesifikasi pompa pada **Gambar 4**, selanjutnya menentukan nilai ϵ (nilai kekasaran atau hambatan pada suatu aliran) yang ditunjukkan pada **Tabel 3**. Setelah itu dilakukan perhitungan kecepatan pompa dari satuan m^3/jam dirubah kedalam satuan $cm^3/detik$. Dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

- Konversi meter kubik (m^3), ke centimeter kubik (cm^3) :

$$1 m^3 = (100 cm)^3 = 1.000.000 cm^3$$

$$Jadi 1m^3 = 1.000.000 cm^3$$

- Konversi jam ke detik :

$$\begin{aligned} 1 jam &= 60 menit \\ &= 60 \times 60 detik \\ &= 3600 detik \end{aligned}$$

- Konversi $3 m^3/jam$ ke $cm^3/detik$:

$$\begin{aligned} 3 m^3/jam &= 3 \times 1.000.000 cm^3/jam \\ &= 3.000.000 cm^3/jam \end{aligned}$$

- Kemudian, dibagi dengan jumlah detik dalam 1 jam :

$$\begin{aligned} 3.000.000 cm^3/jam : 3600 detik/jam \\ = 833 cm^3/detik \end{aligned}$$

Jadi, hasil kecepatan pompa adalah sebesar = 833 $cm^3/detik$.

➤ Perhitungan Faktor Gesekan Pipa

Setelah mendapatkan kecepatan pompa, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai f pada sistem perpipaan pipa besi, ini dilakukan untuk mencari nilai faktor gesekan pada pipa, dengan pipa diameter 10 in, 6 in, 4 in, 3 in dan 1,5 in.

1. Contoh perhitungan pada pipa 10 in :

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

Diketahui :

$$1 inci = 2,54 cm.$$

Perhitungan untuk mengubah 10 inci kedalam satuan *centimeter* (cm) :

$$10 in \times 2,54 cm/in = 25,4 cm$$

Jadi, diameter pipa ukuran 10in adalah sebesar = 25,4 cm

Langkah kedua yaitu mencari nilai *Reynold Numbers* dengan menggunakan rumus *Colebrook-White* (CC-BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Diketahui :

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

$$v = 833 (cm/s)$$

$$D = 25,4 (cm)$$

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

Maka :

$$Re = \frac{0,000001.833.25,4}{0,01}$$

$$Re = 2,11582 \text{ cm}$$

Jadi, nilai Re (*Reynold Numbers*) sebesar 2,11582 cm

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

Diketahui :

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

$$\varepsilon = 0,015 \text{ (cm)}$$

$$D = 25,4 \text{ (cm)}$$

Maka :

$$\frac{1}{\sqrt{0,03}} = -2 \log_{10} \left(\frac{0,015/25,4}{3,7} + \frac{2,51}{2,11582 \sqrt{0,03}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,03}} = -2 \log_{10} (0,00015961 + 6,85723290272)$$

$$\frac{1}{\sqrt{0,03}} = -2 \log_{10} (6,85739251272)$$

$$= 4,101 \text{ cm}$$

Jadi nilai faktor gesekan f untuk pipa 10 in sebesar 4,101 cm.

Perhitungan untuk mencari nilai f dari tiap diameter pipa menggunakan rumus yang sama seperti pada contoh perhitungan pipa ukuran 10 in di atas

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa *Line 1*

Tabel 4 Perhitungan *Headloss* line 1

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA.									
NAM A.	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL
Ins. Pipa Line 1	23 pipa 6 in		15,2	3,64		800,2	833	981	819.220,5
	knee 6 in	3	15,2		0,7		833	981	1.382,6
	tee 6 in	1	15,2		1,5		833	981	
	gate valve 6 in	1	15,2		0,1		833	981	
			4		6				
HEADLOSS TOTAL									820.603

$$\begin{aligned}
 HL &= \left(f \frac{L_1}{D_1} \right) \frac{v^2}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3) \frac{v^2}{2g} \\
 &= \left(3,64 \frac{800,2}{15,24} \right) \frac{833^2}{2 \cdot 981} + (2,25 + 1,5 + 0,16) \frac{833^2}{2 \cdot 981} \\
 &= (2.316,8) 353,6 + (3,91) 353,6 \\
 &= 819.220,5 + 1.382,6 \\
 &= 820.603 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa *Line 2*

Tabel 5 Perhitungan *Headloss* line 2

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA								
NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)
Line 2	pipa 6 in	1	15,24	3,64	0,8	9700	833	981
	pipa 4 in		10,16	3,304		600	833	981
	knee reducer 6 x 4 in						833	981
	knee 4 in	3	10,16		0,75		833	981
	knee 6 in	2	15,24		0,75		833	981
	tee reducer 6 x 4 in	3			1,5		833	981
	gate valve 4 in	3	10,16		0,16		833	981
	HEADLOSS TOTAL							897.219,4

$$\begin{aligned}
 HL &= \left(f \frac{L_1}{D_1} + f \frac{L_2}{D_2} \right) \frac{v^2}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5) \frac{v^2}{2g} \\
 &= \left(3,64 \frac{9700}{15,24} + 3,304 \frac{600}{10,16} \right) \frac{833^2}{2 \cdot 981} + (0,8 + 2,25 + 1,5 + 4,5 + 0,48) \frac{833^2}{2 \cdot 981} \\
 &= (2.316,8 + 195,118) 353,6 + (9,53) 353,6 \\
 &= 888.214,2 + 9.055,2 \\
 &= 897.219,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa *Line 3*

Tabel 6 Perhitungan *Headloss* line 3

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA								
NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)
Line 3	pipa 6 in	6	15,24	3,64	0,75	15220	833	981
	pipa 4 in		10,16	3,304		600	833	981
	knee 4 in		10,16				833	981
	knee 6 in	5	15,24		0,75		833	981
	tee reducer 6 x 4 in	3			1,5		833	981
	tee 6 in	1	15,24		1,5		833	981
	gate valve 4 in	3	10,16		0,16		833	981
	HEADLOSS TOTAL							1.359.608,5

$$\begin{aligned}
 HL &= \left(f \frac{L_1}{D_1} + f \frac{L_2}{D_2} \right) \frac{v^2}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5) \frac{v^2}{2g} \\
 &= \left(3,64 \frac{15220}{15,24} + 3,304 \frac{600}{10,16} \right) \frac{833^2}{2 \cdot 981} + (4,5 + 3,75 + 4,5 + 1,5 + 0,48) \frac{833^2}{2 \cdot 981} \\
 &= (3.635,2 + 195,118) 353,6 + (14,73) 353,6 \\
 &= 1.354.400 + 5.208,5 \\
 &= 1.359.608,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Copyright © Universitas Indonesia. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use of this article in other forms is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa Line 4

Tabel 7 Perhitungan *Headloss* line 4

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA								7	
NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL
Line 4	pipa 6 in		15,24	3,64		27700	833	981	2.557,9
	pipa 4 in		10,16	3,304		1900	833	981	
	knee reducer 6 x 4 in	1			0,8		833	981	
	knee 4 in	2	10,16		0,75		833	981	2.100,4
	knee 6 in	2	15,24		0,75		833	981	
	tee reducer 6 x 4 in	1			1,5		833	981	
	gate valve 6 in	1	15,24		0,16		833	981	
	gate valve 4 in	3	10,16		0,16		833	981	
HEADLOSS TOTAL									4.658,3
$HL = \left(f \frac{L_1}{D_1} + f \frac{L_2}{D_2} \right) \frac{v^3}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6) \frac{v^3}{2g}$ $= \left(3,64 \frac{27700}{15,24} + 3,304 \frac{1900}{10,16} \right) \frac{833^3}{2,981} + (0,8 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 0,16 + 0,48) \frac{833^3}{2,981}$ $= (6.616,010 + 617,87) 353,6 + (5,94) 353,6$ $= 2.557,9 + 2.100,4$ $= 4.658,3 \text{ cm}$									

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa Line 5

Tabel 8 Perhitungan *Headloss* line 5

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA									
NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL
	pipa 6 in		15,24	3,64		12000	833	981	1.139.954
	pipa 4 in		10,16	3,304		1100	833	981	
	reducer 6 x 4 in	1			1		833	981	
Line 5	knee 4 in	5	10,16		0,75		833	981	3.175,3
	knee 6 in	1	15,24		0,75		833	981	
	tee reducer 6 x 4 in	2			1,5		833	981	
	gate valve 4 in	3	10,16		0,16		833	981	
HEADLOSS TOTAL									1.143.129,3
$HL = \left(f \frac{L_1}{D_1} + f \frac{L_2}{D_2} \right) \frac{v^3}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5) \frac{v^3}{2g}$ $= \left(3,64 \frac{12000}{15,24} + 3,304 \frac{1100}{10,16} \right) \frac{833^3}{2,981} + (1 + 3,75 + 0,75 + 3 + 0,48) \frac{833^3}{2,981}$ $= (2.866,14 + 357,71) 353,6 + (8,98) 353,6$ $= 1.139.954 + 3.175,3$ $= 1.143.129,3 \text{ cm}$									

Copyright © 2023, by Sidiyoh Sidiyoh. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited, the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Copyright © 2021, by Aditya Sidiarjo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa Line 6

Tabel 9 Perhitungan *Headloss* line 6

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA									
NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL
Line 6	pipa 3 in		7,62	5,0543		32600,7	833	981	8.867.863,6
	pipa 3 in Vertikal		7,62	5,0543		800,5	833	-981	
	pipa 1,5 in reducer 3 x 1,5 in	10	3,81	4,456	1,5	2500	833	981	15.593,76
	knee 3 in	4	7,62		0,75		833	981	
	knee 1,5 in	10	3,81		0,75		833	981	
	tee reducer 3 x 1,5 in	8			2		833	981	
	gate valve 3 in	10	7,62		0,16		833	981	
	HEADLOSS TOTAL								8.883.457,4

$$HL = \left(f \frac{L_1}{D_1} + f \frac{L_2}{D_2} + f \frac{L_3}{D_3} \right) \frac{v^3}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5) \frac{v^3}{2g}$$
$$= \left(5,0543 \frac{32600,7}{7,62} + 5,0543 \frac{800,5}{7,62} + 4,456 \frac{2500}{3,81} \right) \frac{833^3}{2 \cdot 981} + (15 + 4 + 7,5 + 16 + 1,6) \frac{833^3}{2 \cdot 981}$$
$$= (21.624,04 + 530,96 + 2.923,8) 353,6 + (44,1) 353,6$$
$$= 8.867.863,6 + 15.593,76$$
$$= 8.883.457,4 \text{ cm}$$

- Perhitungan *headloss* pada instalasi pipa Line 7

Tabel 10 Perhitungan *Headloss* line 7

PERHITUNGAN HEADLOSS PIPA									
NAMA	ITEM	JUMLAH	D (cm)	f	k	L (cm)	V (cm/s)	g (cm/s ²)	HASIL
Line 7	pipa 10 in		25,4	4,101		700	833	981	5.094.123,9
	pipa 6 in		15,24	3,64		1000	833	981	
	pipa 1,5 in tee reducer 10 x 1,5 in	1	3,81	4,456	1,8	12000	833	981	
	gate valve 1,5 in	1	3,81		0,16		833	981	3.189,4
	knee 1,5 in	1	3,81		0,75		833	981	
	knee 6 in	1	15,24		0,75		833	981	
	tee 6 in	1	15,24		1,5		833	981	
	gate valve 6 in	1	15,24		0,16		833	981	
	tee reducer 10 x 6 in	1			1,9		833	981	
	tee reducer 10 x 3 in	1					833	981	
HEADLOSS TOTAL									5.097.313,3

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY) 4.0 International, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY) 4.0 International, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY) 4.0 International, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited.

1. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

$$HL = \left(f \frac{L_1}{D_1} + f \frac{L_2}{D_2} + f \frac{L_3}{D_3} \right) \frac{v^3}{2g} + (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8) \frac{v^3}{2g}$$

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). Distribution and reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the source are credited and that the copyright notice for this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

$$\begin{aligned}
&= \left(4,101 \frac{700}{25,4} + 3,64 \frac{1000}{15,24} + 4,456 \frac{12000}{3,81} \right) \frac{822^2}{2,091} + \\
&\quad (1,8 + 0,16 + 0,75 + 0,75 + 1,5 + 0,16 + 1,9 + 2) \frac{822^2}{2,091} \\
&= (113,019 + 238,84 + 14.034,6) 353,6 + (9,02) 353,6 \\
&= 5.094.123,9 + 3.189,4 \\
&= 5.097.313,3 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Perhitungan *headloss* dari *intallasi* line 1 sampai *installasi* line 7 dapat di hitung untuk mengetahui *headloss* total dari keseluruhan *installasi*, dengan dilakukan penjumlahan dari nilai *headloss* total tiap line,

Maka :

$$\begin{aligned}
Ht &= \text{Line 1} + \text{Line 2} + \text{Line 3} + \text{Line 4} + \text{Line 5} + \text{Line 6} + \text{Line 7} \\
&= 820.603 \text{ cm} + 897.219,4 \text{ cm} + 1.359.608,5 \text{ cm} + 4.658,3 \text{ cm} + 1.143.129,3 \text{ cm} \\
&\quad + 8.883.457,4 \text{ cm} + 5.097.313,3 \text{ cm} \\
&= 18.205.989 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Jadi, *headloss* total dari keseluruhan *installasi* pipa dan aksesoris pipa hydrant gedung bank BUMN di Surabaya ini sebesar 18.205.989cm, jika di rubah kedalam satuan meter sebesar 182.059,89 m.

➤ PENGARUH SPESIFIKASI POMPA

Menurut standar yang berlaku di Indonesia digunakan, dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), dan standar NFPA (*National Fire Protection Association*) Amerika digunakan, bahwa pompa jockey sebagai penjaga tekanan dalam pipa hydrant harus mampu memberikan suplai tekanan sebesar 6 bar – 8 bar.[18]

Spesifikasi pompa tipe CR *Vertical Multistage Centrifugal* juga menjadi salah satu faktor pemilihan pompa dengan tipe ini. Pompa Jockey tipe *Vertical Multistage Centrifugal* ini mempunyai spesifikasi dengan daya 3.0 kW yang dapat dilihat pada **Gambar 4** bisa menyuplai tekanan dalam pipa sebesar hingga 25 bar, Pompa CR *Vertical Multistage Centrifugal* adalah jenis pompa sentrifugal yang dirancang untuk mengalirkan cairan dengan tekanan yang tinggi, dan biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan tekanan tinggi dalam aliran vertikal. Pompa ini memiliki beberapa tahap *impeller* sebanyak 31 keping, dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 5** yang disusun secara vertikal di dalam casing untuk meningkatkan tekanan cairan secara bertahap saat mengalir melalui pompa. Desain vertikal ini memungkinkan pompa untuk menghemat ruang dan cocok untuk aplikasi yang memerlukan pemasangan pada ruang terbatas. [19].

B. ANALISA HASIL PENGUJIAN

➤ ANALISA HASIL PERHITUNGAN HEAD LOSS

Telah dilakukan perhitungan *headloss* dari keseluruhan *installasi* pipa hydrant di gedung bank BUMN di Surabaya ini, nilai *headloss* pompa jika digunakan untuk pompa distribusi utama dalam meadamkan api sebesar 19.674.651cm, jika di rubah kedalam satuan meter sebesar 196.246,51 m. Sedangkan spesifikasi pompa tipe CR *Vertical Multistage* ini memiliki head pompa sebesar H/Hmax:153/207 m, kemudian dikurangi dengan nilai hasil perhitungan *headloss* 207 m – 196.246,51 nilai *headloss* menjadi sebesar 196.039,51 m. Jadi, dari fungsi utama pompa sebagai penjaga tekanan air didalam pipa hydrant gedung bank BUMN di Surabaya *headloss* bukan sebagai acuan utama dalam pemilihan pompa tipe CR *Vertical Multistage Centrifugal*.

Jika dibandingkan dengan penelitian Jayanto, R. D., Firdaus, R., & Akbar, A. (2021) “PERENCANAAN MANUFAKTUR INSTALASI POMPA SENTRIFUGAL LABORATORIUM TEKNIK MESIN DENGAN KOMBINASI RANGKAIAN SERI DAN PARALEL” [20]. Untuk segi performa yang dihasilkan dari masing-masing instalasi diperoleh pada bukaan penuh dimana untuk rangkaian seri nilai head diperoleh sebesar 37,6 m dengan kapasitas aliran 3,25 l/s sedangkan untuk nilai head pada pompa parallel diperoleh sebesar 27,7 m dengan kapasitas aliran 3,75 l/s dan pompa ini beroperasi pada putaran 2900 rpm. Sehingga dapat dilihat dari hasil *head* maupun kapasitas aliran yang diperoleh nilai menunjukan performa pompa *Headloss* yang dihasilkan dari pompa ini sangat besar, karena memiliki *installasi* yang sangat panjang ukuran pipa yang besar dan memiliki banyak aksesoris.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

➤ HASIL ANALISA PENGARUH UKURAN RUANG POMPA

Telah dilakukan analisa desain *layout* ruang pompa, ruang pompa pada gedung bank BUMN di Surabaya ini memiliki dimensi ukuran ruang pompa sebesar 8300cm x 8385cm dengan tinggi 2360cm. Artinya, ini menjadi alasan atau dasar pendukung pemilihan pompa tipe CR *Vertical Multistage Centrifugal*, karena desain yang minimalis, pompa tipe ini bisa dipasang pada ruang pompa gedung bank BUMN di Surabaya, yang memiliki

ukuran kurang cukup luas. Ditambah ada banyak utilitas lain di dalam ruang pompa tersebut, jadi tidak menyulitkan petugas teknis untuk melakukan perawatan dan pengecekan utilitas pada ruang pompa di gedung bank BUMN di Surabaya ini.

➤ HASIL ANALISA SPESIFIKASI POMPA

Telah dilakukan analisa pada spesifikasi pompa, pompa ini mempunyai spesifikasi untuk menyuplai tekanan hingga 25 bar, dimana : 1 Bar = 100.000 pascal (Pa) atau bisa disebut juga sebesar 100.000 N/m² (Newton Meter Persegi), dan jika dirubah ke satuan meter, maka 1 bar sebesar 10 m. Jika pompa jockey tipe ini mampu menyuplai hingga 25 bar, maka pompa dengan tipe *CR Vertical Multistage Centrifugal* ini dapat menyuplai hingga 2.500.000 pascal (Pa) atau sebesar 2.500.000 N/m² dan jika di rubah dalam satuan meter, maka 25 bar sebesar 250 m. Hal ini yang menunjukkan bahwa pompa tipe *CR Vertical Multistage Centrifugal* ini mampu menyuplai tekanan sebesar 25 bar, artinya pompa ini sangat mencukupi kebutuhan tekanan yang dibutuhkan didalam sistem proteksi kebakaran gedung, yang sebesar 6-10 bar sesuai dengan peraturan NFPA (*National Fire Protection Association*). Pompa ini juga mampu untuk menyuplai air pada ketinggian 250 meter dengan catatan perhitungan *headloss* pada pipa yang sesuai.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil analisa pada pemilihan pompa tipe *CR Vertical Multistage Centrifugal* ini, dengan spesifikasi motor sebesar 3 kW, head pompa sebesar 207 m, dan dapat menyuplai tekanan sebesar 25 bar, memiliki *headloss* yang sangat besar jika pompa ini di gunakan untuk pompa utama suplai kebutuhan air hydrant jika dilakukan pemadaman kebakaran. Dari sisi lain pompa ini dengan fungsi utamanya pompa ini sangat mampu dengan spesifikasi 31 keping impeller yang dapat menyuplai tekanan sebesar 25 bar, dari kebutuhan utamanya sebagai penjaga tekanan di dalam pipa hydrant sebesar 6-10 bar. Hasil dari analisa dimensi ukuran ruang pompa di gedung Bank BUMN di Surabaya ini sangat cocok, yang memiliki ruangan kurang cukup luas, ditambah di dalam ruang pompa tersebut banyak utilitas *engineering* yang sangat banyak, sehingga tidak memungkinkan untuk memilih pompa jockey dengan tipe *horizontal*.

B. 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 ukuran ruang pompa diperhitungkan dimensi ruangnya, karena ukuran ruang pompa yang kurang luas juga kurang efisien dari segi maintenance alat utilitas yang memiliki dimensi besar, membuat petugas teknis tidak bisa leluasa untuk melakukan pengecekan maupun perbaikan pada utilitas di ruang pompa, dari segi keselamatan untuk petugas teknis jika ada kejadian yang tidak diinginkan bisa berakibat fatal karena kurangnya space untuk melakukan evakuasi diri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada kedua orangtua yang sudah mensuport sampai di titik ini, kepada team building gedung yang telah memberikan penulis kesempatan untuk melakukan penelitian ini hingga selesai, dosen pembimbing yang selalu memberikan motivasi dan masukan, teman-teman yang selalu membantu hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] Umum, P. M. P. (2008). Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum*, 26.
- [2] Sartono, R. P. H. (2016). *Evaluasi Kinerja Pompa Pemadam Kebakaran Pada Gedung Bertingkat Berdasarkan Standar Peraturan SNII 03-6570-2001 dan NFPA 20 (Study Kasus di Gedung Dewi Sartika Universitas Negeri Jakarta)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).
- [3] Ferguson, L. H., & Janicak, C. A. (2005). *Fundamentals of fire protection for the safety professional*. ch does not comply with these terms.
- [4] Qadry, A., Pratama, A. B., Saragi, J. H., Sinaga, F. T., & Boangmanalu, E. P. D. (2023). Evaluasi Sistem Proteksi Hidrant sebagai Pengendalian Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Perkantoran dengan Luas Bangunan 35.190 m². *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 4(1), 59-64.

- [5] Al Haramain, M., Effendi, R., & Irianto, F. (2017). Perancangan Sistem Pemadam Kebakaran pada Perkantoran dan Pabrik Label Makanan PT XYZ dengan Luas Bangunan 1125 m². *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 129-150.
- [6] Chamdareno, P. G., Budiayanto, B., & Budi, G. S. (2018). Studi Penggunaan Sistem Otomasi Terintegrasi Gedung (Building Automation System) Pada Apartemen. *eLEKTUM*, 15(2).
- [7] Riyanto, F., & A'rasy Fahrudin, E. T. B. (2022). Pengaruh Variasi Bentuk Impeller Terhadap Debit dan Tekanan Air pada Prototipe Pompa. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur)*, 7(1).
- [8] D. Ermadi dan Darmanto, "Perancangan Alat Praktikum Pengujian Headloss Aliran Fluida Tak Termampatkan," *J. Ilm. Cendekia Eksakta*, vol. 2, no. 2, h161-7, 2017.
- [9] Hariady, S. (2014). Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C WTU Sungai Gerong PT. Pertamina RU 3 Plaju. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 2(1).
- [10] Pennel, G. (2013). Fire protection pumps: updates to NFPA 20. *Consulting Specifying Engineer*, 50(5), 28-35.
- [11] Pugliese, F., Fontana, N., Marini, G., & Giugni, M. (2021). Experimental assessment of the impact of number of stages on vertical axis multi-stage centrifugal PATs. *Renewable Energy*, 178, 891-903.
- [12] K. Subramanya, (2010). Fluid Mechanics and Fluid Power Engineering.
- [13] Grundfos. (2020). *Grundfos CR, CRI, CRN Vertical Multistage Pumps*.
- [14] Tahara, Haruo dan Sularso. 2000. Pompa dan Kompresor, Pradya Paramita. Jakarta SNI (03-1735-2000).
- [15] Gott, R. L., Noor, F. M., & Aziz, A. A. (2006). Applied fluid mechanics.
- [16] Colebrook, C. F. (1939). "Turbulent flow in pipes with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws." *Journal of the Institution of Civil Engineers*, 11(4), 133-156.
- [17] IHSAN, M. (2018). *PERANCANGAN POMPA SENTRIFUGAL MULTI STAGE DENGAN KAPASITAS 100 M³/JAM DAN HEAD TOTAL 300 METER* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [18] Pennel, G. (2013). Fire protection pumps: updates to NFPA 20. *Consulting Specifying Engineer*, 50(5), 28-35.
- [19] Grundfos. (2020). *Grundfos CR, CRI, CRN Vertical Multistage Pumps*.
- [20] Jayanto, R. D., Firdaus, R., & Akbar, A. (2021). *The Manufacturing Planning of Installation Series-Parallel Combination Centrifugal Pump Testing Equipment* Perencanaan Manufaktur Instalasi Pompa Sentrifugal Laboratorium Teknik Mesin Dengan Kombinasi Rangkaian Seri dan Paralel. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur)*, 6(1).

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	pels.umsida.ac.id Internet Source	3%
2	Submitted to Goldsmiths' College Student Paper	1%
3	Submitted to Columbia Southern University Student Paper	1%
4	ijswr.ut.ac.ir Internet Source	1%
5	repository.stipjakarta.ac.id Internet Source	1%
6	Submitted to Lambung Mangkurat University Student Paper	<1%
7	kupdf.net Internet Source	<1%
8	dokumen.pub Internet Source	<1%
9	hariyantogasali89.blogspot.com Internet Source	<1%
10	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
11	archive.umsida.ac.id Internet Source	<1%
12	Submitted to University of Kent at Canterbury Student Paper	<1%
13	fr.scribd.com Internet Source	<1%

14	www.cablejoints.co.uk Internet Source	<1 %
15	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
16	ejournal.undip.ac.id Internet Source	<1 %
17	123dok.com Internet Source	<1 %
18	core.ac.uk Internet Source	<1 %
19	www.inspeksi.co.id Internet Source	<1 %
20	www.scribd.com Internet Source	<1 %
21	Putri Noor Qadhariyah Fitriyanti. "EVALUASI SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN PADA BANGUNAN GEDUNG HOTEL BERTINGKAT", JITSi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 2020 Publication	<1 %
22	adoc.pub Internet Source	<1 %
23	doku.pub Internet Source	<1 %
24	e-journal.ivet.ac.id Internet Source	<1 %
25	jurnal.untad.ac.id Internet Source	<1 %
26	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
27	www.univerciencia.org Internet Source	<1 %

28

bestananda.blogspot.com

Internet Source

<1 %

29

Mohamad Affan Rahmadin, Iswanto Iswanto.
"Use of the CLARKE JU6H-NL30 Diesel Pump
in Building Fire Suppression Systems",
Procedia of Engineering and Life Science,
2024

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off