

EVALUASI *FIRE PUMP* DI UNIT LABORATORIUM K3 POLITEKNIK ENERGI DAN MINERAL AKAMIGAS BERDASARKAN NFPA 20

Susilo Handoko¹, Regan Rahadian P¹, Khamdi Ngabdirrozak¹, Totok Widiyanto^{1*}

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Blora, 58315

*E-mail: totokwidiyanto67@gmail.com

ABSTRAK

Pompa merupakan komponen penting dalam sistem distribusi fluida, terutama pada instalasi *fire pump* yang berfungsi menyediakan debit dan tekanan yang cukup untuk pemadaman api tahap awal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja *fire pump* tipe sentrifugal yang tidak memiliki *instrument flow meter* di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas. Berdasarkan data pompa terpasang, pompa memiliki *head desain* sebesar 135 m atau setara dengan tekanan 191 psi. Saat ini, pompa hanya beroperasi dengan tekanan maksimum 80 psi karena timbulnya getaran berlebihan. Berdasarkan kondisi tersebut dilakukan untuk menentukan *head* dan gaya hidrolik aktual dengan pendekatan persamaan kontinuitas, bernoulli, energi, dan afinitas pompa dengan standar acuan NFPA 20. Hasil perhitungan untuk menentukan *head* dan gaya hidrolik actual pompa sebesar 56,5 m, sedangkan *head* minimum menurut NFPA 20 adalah 65% dari *head desain* yaitu sebesar 87,75 m. Selain itu gaya hidrolik turun dari 25708 N menjadi 437 N. Penurunan ini menunjukkan bahwa performa pompa mengalami degradasi 58% dari kondisi desain, maka tidak sesuai dengan standar NFPA 20. Getaran berlebih dan penurunan kinerja mengindikasikan adanya kemungkinan *misalignment* antara poros pompa dan motor penggerak. Oleh karena itu, sistem *fire pump* di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas perlu dilakukan *alignment* ulang untuk mengembalikan kinerjanya sesuai spesifikasi rancangan.

Kata kunci: *fire pump*, pompa sentrifugal, evaluasi kinerja, NFPA 20, *misalignment*

1. PENDAHULUAN

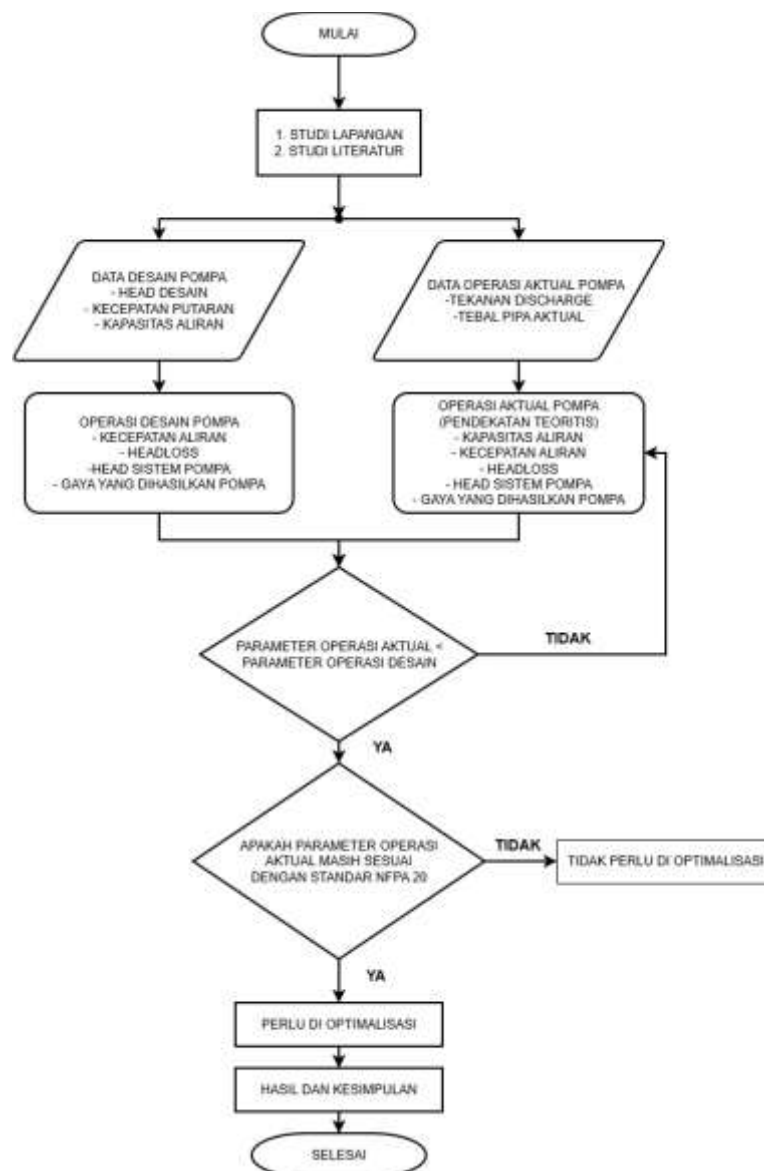
Pompa merupakan salah satu peralatan vital dalam distribusi fluida [1], *Fire pump* berperan untuk menyediakan debit dan tekanan yang cukup untuk memadamkan api pada tahap awal kebakaran [2]. Oleh karena itu kinerja pompa harus tetap optimal untuk menjamin efektivitas sistem proteksi kebakaran [3]. Pada Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, instalasi *fire pump* menggunakan pompa jenis sentrifugal yang berfungsi sebagai alat praktek pemadaman api dalam mata kuliah kesehatan dan keselamatan kerja. Penggunaan pompa sentrifugal pada Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas mendukung kegiatan pembelajaran mahasiswa dengan memberikan pemahaman teknik secara langsung terkait sistem operasi dan perawatan pompa pada sistem pemadaman kebakaran [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan analisis kinerja *fire pump* dengan mengacu pada standar NFPA 20 tentang instalasi pompa pemadam kebakaran [5]. Studi-studi tersebut menekankan pentingnya pengukuran debit dan tekanan secara simultan untuk menilai kerja aktual pompa secara akurat [6]. Namun, pada sistem *fire pump* di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, pengukurannya hanya dapat dilakukan pada sisi *discharge pressure* karena tidak tersedia *flow meter*. Kondisi ini menjadi gap penelitian, yaitu bagaimana menilai performa pompa tanpa data debit aktual dengan menggunakan pendekatan teoritis. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, analisis dilakukan dengan pendekatan teori fluida yang meliputi persamaan energi, persamaan kontinuitas, dan persamaan afinitas, dan menggunakan acuan standar NFPA 20. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur dan menganalisis kinerja *fire pump* di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas berdasar-

kan tekanan kerja aktual, membandingkannya dengan kondisi desain, serta mengevaluasi faktor penyebab penurunan performa pompa guna memberikan rekomendasi optimalisasi sistem.

2. METODE

Secara umum metode penelitian ada di Gambar 1. Penelitian ini menggunakan metode pengujian lapangan dan studi literatur untuk meng-evaluasi kinerja sistem pompa kebakaran (*fire pump*) di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas. Studi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi operasi aktual sistem pompa, serta studi literatur dilakukan dengan mengacu pada standar teknis NFPA 20 (*Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*) yang relevan dengan evaluasi kinerja pompa sentrifugal [5]. Pengumpulan data dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu data operasi desain dan data operasi aktual. Data operasi desain diperoleh dari *nameplate* pompa dan tabel pipa, meliputi kapasitas aliran, *head* nominal pompa, kecepatan putaran, dan dimensi pipa. Data operasi aktual diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan yang mencakup tekanan pada sisi discharge pompa serta ketebalan aktual pipa menggunakan *ultrasonic thickness test* [7].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Karena di lokasi penelitian tidak tersedia alat ukur laju aliran (*flow meter*), maka perhitungan laju aliran fluida dilakukan secara teoritis dengan menggunakan persamaan afinitas yang didasarkan pada data tekanan aktual dan diameter pipa aktual. Kecepatan aliran fluida ditentukan melalui pendekatan persamaan kontinuitas, sedangkan kehilangan energi (*headloss*) dalam sistem dihitung dengan menggunakan Darcy-Weisbach dengan memperhitungkan panjang pipa, kekasaran permukaan relatif, serta faktor gesek aliran [8]. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan tersebut, dilakukan analisis terhadap parameter utama seperti tekanan, head total, kapasitas aliran, kecepatan fluida untuk menentukan kesesuaian kinerja pompa dengan kondisi desain. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan nilai aktual dengan standar NFPA 20, yang mensyaratkan *head* operasi aktual tidak kurang dari 65% *total rated head* [5]. Tahap akhir penelitian berupa penyusunan hasil dan kesimpulan yang merangkum hasil kesesuaian antara kinerja aktual dengan spesifikasi desain, identifikasi penyebab penurunan performa, serta pemberian rekomendasi teknis berupa tindakan optimalisasi pompa [9].

3. PEMBAHASAN

A. Data Desain Sistem Pompa

Data Penelitian berikut ini diambil pada di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Desain Fire Pump

No	Data Desain Fire Pump		
1	Head	H	135 m
2	Tekanan Desain	p	191,1 Psi
2	Kecepatan Putaran	N	2950 rpm
3	Laju Aliran	Q	0,0475 m ³ /s
4	Driver	P	110 kW
5	Waktu Instalasi		2015
6.	Type		CPC 100 – 32G

B. Data Properti Fluida Kerja

Properti fluida dalam penelitian ini disebutkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Properti Fluida Kerja (Air)

No	Data Properti Fluida Kerja (Air)		
1	Suhu	T	29°C
2	Densitas	ρ	996 kg/m ³
3	Viskositas Dinamis	μ	0,0008145 Pa.s

C. Data Piping System Desain

Data desain mengenai pipa akan disebutkan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Data Pipa Desain

No	Pipa Suction
1	NPS 8" SCH 40

2	<i>Outside Diameter</i>	8,625 Inch	0,2190 m
3	<i>Inside Diameter</i>	7,981 Inch	0,2027 m
4	<i>Thickness</i>	0,322 Inch	0,0081 m
5	Luas Penampang	0,032275 m²	
No	Pipa Discharge		
1	NPS 6” SCH 40		
2	<i>Outside Diameter</i>	6,625 Inch	0,168275 m
3	<i>Inside Diameter</i>	6,065 Inch	0,154051 m
4	<i>Thickness</i>	0,280 Inch	0,007112 m
5	Luas Penampang	0.018638 m²	

D. Data Operasi Pompa Desain

Data Operasi pompa *fire pump* dicari menggunakan pendekatan teoritis. Pada tiap bagian sistem pipa. Perhitungan untuk mencari kecepatan aliran operasi desain pompa menggunakan persamaan kontinuitas[10]. Hasil perhitungan data operasi pompa desain disebutkan pada Tabel 4.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Tabel 3. Data Operasi Desain

No	Data Desain Fire Pump		
1	Tekanan Kerja Desain	p1	1317708 Pa
			1317,7 kPa
			191,1 Psi
2	Kecepatan Aliran <i>Suction</i>	v1	1,505 m/s
3	Kecepatan Aliran <i>Discharge</i>	v2	2,548 m/s

E. Menghitung *Headloss* Desain

Dalam perhitungan headloss ini jumlah *fitting* dan jenis pipa maka akan sangat berpengaruh pada nilai rugi-rugi karena sistem perpipaanya[11].

1. Mencari *Reynold Number*

Bilangan Reynold digunakan sebagai parameter untuk menentukan jenis aliran fluida, apakah bersifat laminar, transisi, atau turbulen[10]. dalam mencari reynold number operasi desain menggunakan data operasi desain, hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2)$$

$$Laminar \rightarrow Re < 2300 \quad (3)$$

$$Transisi \rightarrow 2300 \leq Re \leq 4000 \quad (4)$$

$$Turbulen \rightarrow Re > 4000 \quad (5)$$

Tabel 4. Jenis Aliran Pada Pipa

No	Reynold Number Pada Pipa		
1	Pipa Suction	364821	Turbulen
2	Pipa Discharge	480073	Turbulen

2. Perhitungan *Friction Factor*

Karena Aliran yang terjadi pada pipa adalah turbulen, untuk mencari *friction factor* menggunakan persamaan colebrook[10]. Hasil perhitungan *friction factor* disajikan pada Tabel 6.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (6)$$

Tabel 5. Perhitungan *Friction Factor*

No	<i>Friction Factor</i>		
1	Kekasaran Permukaan Pipa	ε	0,045 mm
2	<i>Friction Factor</i>	f	0,016

3. Perhitungan *Mayor Losses*

Mayor Losses adalah kehilangan energi pada aliran fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan antara fluida dan dinding pipa sepanjang pipa yang dilewati[10]. Hasil perhitungan *mayor losses* terdapat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Tabel 6. Perhitungan *Mayor Losses* Pipa Suction

No	Perhitungan <i>Mayor Losses</i> NPS 8" SCH 40		
1	Panjang Pipa <i>Suction</i>	L1	6,3650 m
2	Diameter Pipa <i>Suction</i>	D1	0,1540 m
3	<i>Mayor Losses</i>	hf1	0,2226 m

Tabel 7. Perhitungan *Mayor Losses* Pipa Discharge

No	Perhitungan <i>Mayor Losses</i> NPS 6" SCH 40		
1	Panjang Pipa <i>Suction</i>	L2	4,3150 m
2	Diameter Pipa <i>Suction</i>	D2	0,2027 m
3	<i>Mayor Losses</i>	hf2	0,0378 m

4. Perhitungan *Minor Losses*



Gambar 2. PFD Fire Pump

Minor losses adalah peristiwa Dimana fluida kehilangan energi akibat gangguan aliran pada bagian bagian dari sistem perpipaan, seperti perubahan arah aliran, kecepatan, atau luas penampang aliran[10]. Procces flow diagram dari piping system di Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas disajikan pada Gambar 2. Hasil perhitungan *minor losses* terdapat pada Tabel 9.

$$hm = \sum K \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Tabel 8. Perhitungan Minor Losses

No	Data Fitting Bagian Suction		
	Jenis Fitting	Jumlah	Loss Coefficient (K)
1	Globe Valve Fully Open	1	0,15
2	Foot Valve Fully Open	1	1,5
3	Elbow 90° Long	1	0,3
4	Strainer	1	2
5	Total Loss Coefficient		3,95
6	Minor Losses Suction		0,4365 m
No	Data Fitting Bagian Discharge		
	Jenis Fitting	Jumlah	Loss Coefficient (K)
1	Globe Valve Fully Open	1	10
2	Check Valve	1	2
3	Elbow 90° Long	3	0,9
4	Tee	4	4
5	Total Loss Coefficient		16,9
6	Minor Losses Suction		5,59 m

5. Perhitungan Headloss

Headloss adalah peristiwa kehilangan energi fluida yang terjadi saat fluida mengalir melalui sistem perpipaan akibat gesekan dan gangguan aliran[10].

$$hl = hf + \sum hm \quad (9)$$

$$hl = 0,2226 \text{ m} + 0,0378 \text{ m} + 0,4365 \text{ m} + 5,59 \text{ m}$$

$$hl = 6,29 \text{ m}$$

F. Perhitungan Head Sistem Desain Pompa

Head sistem pompa merupakan total energi per satuan berat fluida yang harus diatasi pompa agar fluida bisa mengalir dari titik hisap ke titik tekan. Dalam perhitungan head sistem menggunakan hukum Bernoulli dan persamaan energi[10]. Hasil perhitungan head sistem desain pompa disajikan pada Tabel 10.

$$Hp = \left(\frac{p}{\rho g} \right) + (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + hl \quad (10)$$

Untuk mencari gaya yang dihasilkan oleh pompa maka menggunakan persamaan tekanan hidrostatik (11), dan menggunakan persamaan gaya hidrostatik total (12). Hasil perhitungan dari gaya yang dihasilkan pompa terdapat pada Tabel 10.

$$p = \rho gH \quad (11)$$

$$F = \rho gHA \quad (12)$$

Tabel 9. Perhitungan Head Sistem Desain Pompa

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tekanan Discharge	p	1317708 Pa
2	Elevasi Suction	Z1	0,6 m
3	Elevasi Discharge	Z2	0,39 m
4	Head Sistem Desain	Hp	141,3 m
5	Gaya yang dihasilkan Pompa	F	25708 N

G. Data Operasi Aktual Pompa

Data Operasi Pompa yang digunakan dari *pressure gauge* yang terletak di bagian discharge sistem pompa. Dengan tekanan discharge yang dihasilkan operasi actual sistem pompa juga mengalami getaran yang berlebih ketika beroperasi. Untuk mencari head pompa maka digunakan persamaan bernoulli untuk mencari head pompa ketika dalam keadaan operasi[10]. Hasil perhitungan head operasi aktual pompa terdapat pada Tabel 11.

$$H = \frac{p}{\rho g} \quad (13)$$

Tabel 10. Data Operasi Pompa

No	Data Operasi Pompa		
1	Tekanan Operasi	p2	80 Psi
			551580,56 Pa
2	Head Operasi	H2	56,5 m

1. Mencari Kapasitas Aliran Menggunakan Hukum Afinitas Pompa

Karena keterbatasan sistem perpipaan di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, maka untuk mendapatkan parameter operasi pompa menggunakan pendekatan menggunakan hukum afinitas pompa[10]. Hasil perhitungan parameter operasi aktual pompa disajikan pada Tabel 12.

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad (14)$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (15)$$

Tabel 11. Parameter Operasi Aktual Pompa

No	Parameter Operasi Pompa		
1	Head Desain Pompa	H1	135 m
2	Head Operasi Aktual Pompa	H2	56,5 m
3	Putaran Poros Desain Pompa	N1	2950 rpm
4	Putaran Operasi Aktual Pompa	N2	1908 rpm
5	Kapasitas Desain Pompa	Q1	0,0475 m ³ /s
6	Kapasitas Operasi Pompa	Q2	0,0307 m ³ /s

2. Mencari Kecepatan Aliran Pada Operasi Aktual Pompa

Karena kapasitas aliran sudah ditemukan menggunakan pendekatan melalui persamaan hukum afinitas pompa, maka kecepatan aliran pada operasi aktual pompa bisa dicari menggunakan rumus (1). Hasil perhitungan kecepatan aliran operasi aktual pompa disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Kecepatan Aliran Pada Operasi Aktual Pompa

No	Parameter Operasi Pompa		
1	Kecepatan Aliran <i>Suction</i>	v1	0,924 m/s
2	Kecepatan Aliran <i>Discharge</i>	v2	1,632 m/s

H. Data Piping System Aktual

Hasil pengukuran secara aktual menggunakan *ultrasonic thickness test* terdapat pada Tabel 14.

Tabel 14. Data Ketebalan Pipa Aktual

No	Pipa Suction		
1	NPS 8” SCH 40		
2	Outside Diameter	8,647 Inch	0,2196 m
3	Inside Diameter	8,097 Inch	0,2056 m
4	Thickness	0,2746 Inch	0,0069 m
5	Luas Penampang	0,033225 m²	
No	Pipa Discharge		
1	NPS 6” SCH 40		
2	Outside Diameter	6,641 Inch	0,1667 m
3	Inside Diameter	6,095 Inch	0,1548 m
4	Thickness	0,272 Inch	0,0069 m
5	Luas Penampang	0,01883 m²	

I. Perhitungan Headloss Operasi Aktual Pompa

Perhitungan Headloss Operasi Aktual pompa sama seperti perhitungan headloss operasi desain pompa[10], hasil perhitungan *headloss* operasi aktual pompa terdapat pada tabel 15.

Tabel 15. Headloss Operasi Aktual Pompa

No	Data Headloss Operasi Aktual Pompa		
1	Reynold Number Pipa Suction	Re	232634 (Turbulen)
2	Reynold Number Pipa Discharge		309022 (Turbulen)
3	Mayor Losses Suction	hf1	0,015 m
4	Mayor Loses Discharge	hf2	0,094 m
5	Minor Loses Suction	hm1	0,172 m
6	Mayor Loses Discharge	hm2	2,160 m
7	Headloss	hl	2,442 m

J. Perhitungan Head Sistem Operasi Aktual Pompa

Dalam perhitungan head sistem menggunakan cara yang sama dengan perhitungan head sistem desain pompa yang menggunakan rumus persamaan energi (10). Hasil perhitungan tersaji pada Tabel 16.

Tabel 16. Head Sistem Operasi Aktual Pompa

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tekanan Discharge	p	551580,56 Pa
2	Elevasi Suction	Z1	0,6 m
3	Elevasi Discharge	Z2	0,39 m
4	Head Sistem Desain	Hp	2,38 m
5	Gaya yang dihasilkan Pompa	F	437 N

K. Validasi Terhadap NFPA 20

NFPA 20 menetapkan kriteria performa minimum fire pump adalah 65% dari head desain pompa yaitu 87,75 m sedangkan head operasi aktual pompa hanya 56,5 m. Dengan ini performa hidrolik pompa turun drastis 58% dari nilai desain. Kondisi ini tidak memenuhi kriteria performa minimum NFPA 20, sehingga pompa tidak layak secara standar proteksi kebakaran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan evaluasi uji kinerja *fire pump* berjenis pompa sentrifugal maka dapat disimpulkan bahwa kelengkapan peralatan pengukuran dan instrumentasi pada sistem *fire pump* di Unit Laboratorium K3 Politeknik Energi dan Mineral Akamigas masih belum memadai, hal ini disebabkan oleh tidak tersedianya *flow meter* di sistem perpipaan dan *pressure gauge* di bagian *suction*. Hasil pengujian menunjukkan pompa hanya mampu menghasilkan tekanan maksimum 80 psi, sehingga terjadi penurunan head menjadi 56,5 m. Berdasarkan standar NFPA 20, head minimum yang diizinkan Adalah 65% dari head desain yaitu 87,75 m, sehingga pompa tidak memenuhi kriteria performa standar. Getaran berlebih yang terjadi saat operasi mengindikasikan adanya kemungkinan *misalignment* antara poros pompa dan motor penggerak, maka diperlukan tindakan perbaikan berupa *alignment* ulang antara poros pompa dan motor, serta pemeriksaan impeller dan bearing untuk memastikan performa Kembali sesuai spesifikasi rancangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sularso, "Pompa dan Kompresor," *Pt Pradina Paramita Jakarta*, vol. 7, no. 9, pp. 1689–1699, 2006.
- [2] Z. Peng, Y. Duan, and K. He, "An Optimal Design of a Fire Pump with Protection Function," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2254, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2254/1/012043.
- [3] A. K. Vivian Fajrian, KGS. M. Ismail, "ANALISIS PERHITUNGAN SISTEM PERPIPAAN HYDRANT PILLAR DAN SPRINKLER PADA LANTAI I GEDUNG SIMULATOR SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA Viyan," no. 1, pp. 10–16, 2018.
- [4] A. Abrar, A. S. M. M. Kamal, and A. K. F. Fahim, "Fire risk vulnerability and safety assessment of Farmgate area using fire risk index, Dhaka City and optimization of fire hydrant placement," *Prog. Disaster Sci.*, vol. 24, no. November 2024, p. 100384, 2024, doi: 10.1016/j.pdisas.2024.100384.
- [5] NFPA, "NFPA 20 Standard for the installation of Stationary Pump for Fire Protection," pp. 1–219, 2025, [Online]. Available: www.nfpa.org
- [6] A. J. Vialin *et al.*, "Proses Maintenance Dan Evaluasi Kinerja Pompa 56-P-101 D Di Unit Utilities Pt. Xyz," *Perwira J. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 35–38, 2024, doi: 10.54199/pjse.v4i1.289.
- [7] A. Dimas Dwi Wibowo, A. Arief Saputra, P. Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, J. Teknik Mesin, and P. Negeri Jakarta, "Analisis Laju Korosi dan Remaining Life Assessment Sistem Perpipaan dengan Metode Fitness for Service pada PT XYZ," pp. 389–396, 2024, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [8] A. Supendi and M. Fitri, "Pemilihan Spesifikasi Komponen Alat Uji Prestasi Pompa Menggunakan Metode Analisis Persamaan Bernoulli Jurnal Teknik Mesin : Vol . 11 , No . 1 , Februari 2022 ISSN 2549-2888," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 42–51, 2022.
- [9] R. Salavichay, "Optimalisasi Kinerja Bosch Pump Pada Main Engiene Di MT. Kurau," *J. Tek. Pelayaran*, 2023.
- [10] Y. A. Cengel and J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics Fundamentals and applications*, vol. 1, no. 1. 2006.
- [11] M. Annan and E. A. Gooda, "Effect of minor losses during steady flow in transmission pipelines – Case study ‘water transmission system upgrade in Northern Saudi Arabia,’” *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 4299–4305, 2018, doi: 10.1016/j.aej.2018.12.002.

Daftar Simbol

H	= Head Pompa
N	= Kecepatan Putaran
Q	= Laju Aliiran (debit)
P	= Daya

T	= Temperatur (Suhu)
ρ	= Massa Jenis
μ	= Viskositas Dinamis
p	= Tekanan
A	= Luas Penampang
v	= Kecepatan Aliran
Re	= Reynold Number
ε	= Kekasaran Permukaan Pipa
f	= <i>friction factor</i>
L	= Panjang
D	= Diameter
hf	= <i>mayor losses</i>
hm	= <i>minor losses</i>
hl	= <i>headloss</i>
g	= gravitasi
z	= elevasi
Hp	= <i>Head system</i>
F	= Gaya