



Al Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/index>
p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Evaluasi Kinerja Dan Kelayakan Operasional Pompa Hydrant Diesel – Electric Berdasarkan NFPA 20 Dan SNI 03-1745-2000

Nur Ahamdi ^{a*}, Moh. Syaiful Anwar^b, Feby Salma Ayu^c

^{a,b,c} Asal Instansi: Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya.

^a nung.ahmadi@gmail.com ^b msa.syaiful1@gmail.com ^c febysalmaayusafitri@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 7 Februari 2026

Diterima dalam bentuk revisi: 11

April 2026

Diteima/publis: 23 April 2026

Abstrak

Keandalan sistem proteksi kebakaran sangat bergantung pada kinerja pompa hydrant dalam menyediakan suplai air bertekanan saat kondisi darurat. Pompa diesel dan elektrik berfungsi sebagai unit utama dan cadangan yang harus beroperasi sesuai standar guna menjaga efektivitas pemadaman kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja serta kelayakan operasional pompa hydrant diesel–electric di PT PLN Nusantara Power Kantor Pusat Surabaya berdasarkan NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengujian lapangan (*flow test*) untuk mengukur tekanan dan debit pompa. Data dianalisis dengan menghitung Total Dynamic Head (TDH), menyusun kurva karakteristik head–debit, serta melakukan *comparative compliance analysis* terhadap standar yang berlaku. Analisis risiko juga dilakukan untuk menilai potensi dampak operasional apabila terjadi penurunan performa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pompa menghasilkan debit rata-rata 2.865 L/menit, tekanan nominal 8,9 bar, dan TDH sekitar 73 meter, seluruhnya berada di atas batas minimum standar. Kurva head–debit mengindikasikan bahwa pompa beroperasi di sekitar *Best Efficiency Point* (BEP), sehingga efisiensi hidraulik masih optimal. Namun, margin keselamatan yang moderat menunjukkan perlunya pemeliharaan preventif dan pengujian berkala. Dengan demikian, pompa hydrant diesel–electric dinyatakan layak operasional dan mampu mendukung sistem proteksi kebakaran. Penelitian ini berkontribusi melalui model evaluasi performa pompa berbasis analisis teknis dan standar untuk meningkatkan keandalan sistem hydrant.

Kata Kunci

flow test;

pompa hydrant;

Total Dynamic Head

Abstract

The reliability of a fire protection system is highly dependent on the performance of hydrant pumps in providing a pressurized water supply during emergencies. Diesel and electric pumps serve as primary and backup units that must operate in accordance with standards to ensure effective fire extinguishing. This study aims to evaluate the performance and operational feasibility of diesel-electric hydrant pumps at PT PLN Nusantara Power's Surabaya Head Office, in accordance with NFPA 20 and SNI 03-1745-2000. The research employs a quantitative approach, using field tests (flow tests) to measure pump pressure and discharge. Data are analyzed by calculating the Total Dynamic Head (TDH), constructing a head-discharge characteristic curve, and conducting a comparative compliance analysis against applicable standards. A risk analysis is also conducted to assess potential operational impacts if performance declines. The results show that the pump produces an average discharge of 2,865 L/min, a nominal pressure of 8.9 bar, and a TDH of approximately 73 m, all exceeding the minimum standard limits. The head-discharge curve indicates that the pump is operating near its Best Efficiency Point (BEP), thus maintaining optimal hydraulic efficiency. However, the moderate safety margin indicates the need for preventive maintenance and periodic testing. Thus, the diesel-electric hydrant pump is deemed operationally feasible and capable of supporting the fire protection system. This research contributes to improving the reliability of hydrant systems by developing a pump performance evaluation model grounded in technical analysis and standards.



PENDAHULUAN

Keandalan sistem proteksi kebakaran sangat dipengaruhi oleh performa pompa hydrant sebagai penyedia utama suplai air bertekanan dalam jaringan distribusi. Meskipun berbagai standar seperti NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000 telah mengatur persyaratan teknis terkait kapasitas, tekanan operasional, serta pengujian pompa kebakaran, implementasi di lapangan menunjukkan bahwa keberadaan sistem tidak selalu diikuti dengan verifikasi performa yang memadai. Ketidaksesuaian antara standar dan kondisi aktual berpotensi menyebabkan kegagalan sistem saat kondisi darurat, sehingga evaluasi berbasis data menjadi langkah penting dalam memastikan kesiapan operasional.

Sebagian besar penelitian sebelumnya (AS et al., 2025; Hidayat et al., 2021) masih berfokus pada tahap perancangan hidraulik atau aspek manajemen keselamatan tanpa mengevaluasi performa aktual pompa melalui pengujian lapangan yang terintegrasi dengan analisis berbasis standar. Keterbatasan tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) berupa minimnya kajian empiris yang mengombinasikan pengukuran tekanan dan debit, analisis Total Dynamic Head (TDH), serta penilaian kelayakan operasional dalam satu kerangka evaluasi yang komprehensif, khususnya pada fasilitas berskala besar.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan kelayakan operasional pompa hydrant diesel–electric dengan mengacu pada NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000 melalui pengujian tekanan dan debit (*flow test*), analisis karakteristik hidraulik, serta perbandingan terhadap parameter teknis yang dipersyaratkan. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi menurunkan performa serta merumuskan rekomendasi teknis guna meningkatkan keandalan sistem proteksi kebakaran.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pendekatan evaluatif-diagnostik berbasis pengujian lapangan yang mengintegrasikan standar nasional dan internasional secara simultan untuk menilai kesiapan operasional pompa hydrant. Pendekatan ini tidak hanya memberikan gambaran mengenai tingkat kesesuaian sistem terhadap standar, tetapi juga mendukung penerapan strategi pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem dalam jangka panjang.

Sistem Proteksi Kebakaran dan Peran Hydrant

Sistem proteksi kebakaran merupakan elemen fundamental dalam menjamin keselamatan bangunan dari risiko kebakaran. Sistem ini terdiri atas proteksi pasif yang berfungsi menghambat penyebaran api melalui desain struktural, serta proteksi aktif yang

berperan dalam mendeteksi dan memadamkan kebakaran secara langsung. Integrasi kedua sistem tersebut menjadi faktor kunci dalam mengurangi dampak kebakaran pada bangunan modern.

Salah satu komponen utama proteksi aktif adalah sistem hydrant, yang dirancang untuk menyediakan suplai air bertekanan guna mendukung operasi pemadaman oleh petugas internal maupun pemadam kebakaran. Efektivitas sistem hydrant sangat bergantung pada kemampuan pompa kebakaran dalam mempertahankan tekanan dan debit agar air dapat menjangkau titik terjauh pada jaringan distribusi. Tanpa tekanan yang memadai, keberadaan jaringan hydrant tidak akan memberikan manfaat operasional yang signifikan. Standar nasional SNI 03-1745-2000 serta standar internasional seperti NFPA 14 dan NFPA 20 menetapkan persyaratan teknis terkait kebutuhan tekanan, kapasitas aliran, instalasi pompa, serta prosedur pengujian. Kepatuhan terhadap standar tersebut menjadi indikator utama kelayakan operasional sistem proteksi kebakaran.

Komponen dan Keandalan Sistem Hydrant

Sistem hydrant terdiri atas reservoir sebagai sumber air, pompa kebakaran sebagai penguat tekanan, jaringan perpipaan (*standpipe*), serta hydrant box dan pillar sebagai titik pemakaian. Keandalan sistem tidak hanya ditentukan oleh keberadaan komponen, tetapi juga oleh integrasi fungsionalnya dalam kondisi darurat. Pompa utama berfungsi menyediakan tekanan sesuai kebutuhan pemadaman, pompa jockey menjaga tekanan statis agar sistem selalu siap, sedangkan pompa diesel bertindak sebagai cadangan ketika sumber listrik terganggu. Literatur terbaru menunjukkan bahwa pre-pressurization oleh jockey pump dapat mempercepat pencapaian tekanan operasi sekaligus mengurangi beban kerja pompa utama, sehingga memperpanjang umur peralatan. Namun, berbagai studi juga mengungkapkan bahwa banyak bangunan memiliki instalasi hydrant tetapi tidak memenuhi kinerja operasional akibat lemahnya prosedur Inspection, Testing, and Maintenance (ITM). Ketidakkonsistenan pengujian berkala sering menyebabkan penurunan tekanan, kebocoran jaringan, serta degradasi performa pompa yang tidak terdeteksi hingga terjadi kondisi darurat.

Prinsip Kerja dan Karakteristik Pompa Hydrant

Pompa hydrant umumnya menggunakan pompa sentrifugal yang mengubah energi mekanik menjadi energi tekanan melalui putaran impeller. Kinerja pompa dipengaruhi oleh parameter hidraulik seperti tekanan, debit, dan Total Dynamic Head (TDH), yang mencerminkan total energi yang dibutuhkan untuk mengatasi perbedaan elevasi serta kehilangan energi akibat gesekan dalam pipa. Kurva karakteristik head–debit digunakan untuk menentukan titik operasi pompa

terhadap *Best Efficiency Point* (BEP), yaitu kondisi ketika pompa bekerja dengan efisiensi maksimum dan tingkat keausan minimal. Operasi pompa yang menjauhi BEP dapat meningkatkan kehilangan hidraulik, memperbesar konsumsi energi, serta mempercepat kerusakan mekanis. Oleh karena itu, pengujian performa menjadi langkah penting dalam memastikan pompa beroperasi sesuai spesifikasi desain.

Standar Kelayakan Operasional Pompa Kebakaran

NFPA 20 menetapkan persyaratan terkait pemilihan, instalasi, dan pengujian pompa kebakaran untuk memastikan kesiapan operasional. Pompa harus mampu mencapai kapasitas nominal, mempertahankan tekanan pada kondisi beban puncak, serta menunjukkan respons otomatis ketika terjadi penurunan tekanan. Sementara itu, SNI 03-1745-2000 menekankan pentingnya perencanaan hidraulik, pemenuhan tekanan minimum pada titik terjauh, serta ketersediaan pasokan air yang berkelanjutan. Selain instalasi yang sesuai standar, keandalan sistem juga bergantung pada penerapan program pemeliharaan terjadwal. NFPA 25 merekomendasikan inspeksi rutin, uji tanpa beban, serta *annual flow test* untuk memverifikasi kesesuaian kurva performa pompa terhadap spesifikasi pabrikan. Evaluasi berbasis data ini memungkinkan deteksi dini terhadap penurunan efisiensi dan potensi kegagalan sistem.

Kesenjangan Penelitian

Meskipun kajian mengenai sistem proteksi kebakaran telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek perancangan hidraulik atau manajemen keselamatan tanpa mengevaluasi performa aktual pompa melalui pengujian lapangan. Padahal, verifikasi teknis terhadap tekanan, debit, dan TDH sangat penting dalam menilai kelayakan operasional sistem hydrant. Oleh karena itu, diperlukan penelitian empiris yang mengintegrasikan *flow test*, analisis karakteristik pompa, serta evaluasi berbasis standar untuk memperoleh gambaran nyata mengenai tingkat keandalan sistem proteksi kebakaran pada fasilitas berskala besar.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan empiris dengan metode comparative compliance analysis, yaitu evaluasi kinerja pompa hydrant melalui perbandingan hasil pengujian lapangan terhadap standar NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000. Pendekatan ini bertujuan untuk menilai tingkat kesesuaian performa aktual pompa terhadap persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran serta menentukan kelayakan operasionalnya. Analisis difokuskan pada parameter hidraulik utama, yaitu tekanan, debit aliran, dan Total Dynamic Head (TDH), serta karakteristik kurva head-debit. Dengan

pendekatan ini, penelitian tidak hanya mendeskripsikan hasil pengukuran, tetapi juga memverifikasi apakah pompa masih beroperasi dalam batas performa yang dipersyaratkan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada instalasi sistem hydrant di PT PLN Nusantara Power Kantor Pusat Surabaya. Lokasi ini dipilih karena memiliki sistem proteksi kebakaran aktif dengan konfigurasi pompa diesel-electric yang beroperasi sebagai unit utama dan cadangan, sehingga relevan untuk evaluasi keandalan operasional. Pengumpulan data dilakukan pada periode September–Desember 2025, mencakup tahap observasi awal, pengujian lapangan, analisis data, dan interpretasi hasil.

Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung serta pengujian kinerja pompa menggunakan metode *flow test* dan *pressure test* untuk mengukur debit dan tekanan aktual. Data sekunder meliputi spesifikasi teknis pompa, kurva performa pabrikan, serta dokumen standar NFPA dan SNI sebagai acuan evaluasi.

Teknik pengumpulan data meliputi:

- Studi literatur untuk memperoleh landasan teoritis dan parameter standar.
- Observasi lapangan guna menilai kondisi fisik pompa dan instalasi.
- Pengujian kinerja untuk mendapatkan data hidraulik aktual pada berbagai kondisi operasi.
- Dokumentasi dan wawancara sebagai data pendukung terkait riwayat pemeliharaan dan operasional sistem.

Variabel Penelitian

Variabel independen dalam penelitian ini adalah kinerja pompa hydrant yang diukur melalui debit, tekanan, dan kecepatan putaran pompa. Variabel dependen adalah kelayakan operasional, yang ditentukan berdasarkan tingkat kesesuaian terhadap standar NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif melalui beberapa tahapan. Data debit dihitung berdasarkan rasio volume terhadap waktu pengisian, sedangkan tekanan dikonversi ke dalam satuan head untuk mendukung perhitungan hidraulik. Selanjutnya, Total Dynamic Head (TDH) dihitung dengan mempertimbangkan tekanan discharge, tekanan suction, serta kehilangan energi akibat gesekan pipa. Hasil pengujian kemudian digunakan untuk menyusun kurva karakteristik head-debit dan dibandingkan dengan kurva pabrikan guna mengidentifikasi posisi operasi pompa terhadap *Best Efficiency Point* (BEP).

Tahap berikutnya adalah comparative compliance analysis, yaitu membandingkan seluruh parameter kinerja dengan standar yang berlaku untuk menentukan status kelayakan pompa. Selain itu, dilakukan evaluasi kondisi fisik pompa serta analisis risiko untuk mengidentifikasi potensi dampak operasional apabila terjadi penurunan performa. Berdasarkan seluruh hasil analisis, disusun rekomendasi teknis sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem hydrant.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kinerja Pompa Hydrant

Pengujian menunjukkan bahwa tekanan maksimum terjadi pada kondisi churn sebesar 10,3 bar, kemudian menurun secara progresif seiring peningkatan debit. Pola ini konsisten dengan karakteristik pompa sentrifugal, di mana peningkatan laju aliran menyebabkan sebagian energi fluida beralih dari tekanan menjadi energi kinetik (Lesmana et al., 2026).

Tabel 4.1 Hubungan Tekanan terhadap Debit Pompa

Kondisi Operasi	Debit (L/menit)	Tekanan (bar)	Head (m)
Churn	0	10,3	105,06
50%	1.434	9,5	96,90
100%	2.865	8,9	90,78
150%	4.266	7,3	74,46

Pada kapasitas nominal, tekanan sebesar 8,9 bar melampaui batas minimum hydrant (≥ 7 bar) sebagaimana direkomendasikan dalam sistem proteksi kebakaran gedung (NFPA, 2022). Bahkan pada 150% kapasitas, tekanan masih berada di atas 65% tekanan nominal, yang merupakan indikator penting dalam acceptance test pompa kebakaran (NFPA, 2022). Temuan ini menegaskan bahwa pompa masih memiliki *pressure reserve*, sehingga mampu mempertahankan performa saat terjadi lonjakan kebutuhan air. Namun demikian, selisih tekanan yang tidak terlalu besar menunjukkan bahwa margin keselamatan bersifat moderat, sehingga degradasi kecil berpotensi memengaruhi keandalan distribusi.

Kapasitas Debit dan Stabilitas Aliran

Hasil flow test menghasilkan debit rata-rata 2.865 L/menit, melampaui kapasitas desain tipikal sistem hydrant gedung menengah yaitu sekitar 2.500 L/menit.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Debit Pompa Hydrant

No	Volume Air (L)	Waktu Pengisian (detik)	Debit (L/s)	Debit (L/menit)
1	120.000	2.520	47,62	2.857
2	120.000	2.495	48,10	2.886
3	120.000	2.530	47,43	2.846
4	120.000	2.505	47,90	2.874
5	120.000	2.515	47,71	2.863
Rata-rata	120.000	2.513	47,75	2.865

Variasi debit yang rendah menunjukkan kestabilan hidraulik dan mengindikasikan bahwa sistem perpipaan tidak mengalami hambatan signifikan seperti fouling

atau kebocoran. Stabilitas ini merupakan indikator penting dari reliability sistem distribusi fluida (Rahmadhani et al., 2025). Debit yang melampaui standar juga memperlihatkan adanya *operational safety margin*, yang krusial dalam skenario kebakaran dengan pertumbuhan api cepat (Rajab, 2024).

Total Dynamic Head sebagai Indikator Energi Sistem

Perhitungan menghasilkan TDH rata-rata sebesar 73,39 m, yang menunjukkan kemampuan pompa dalam mengatasi kombinasi head statis dan kerugian gesek.

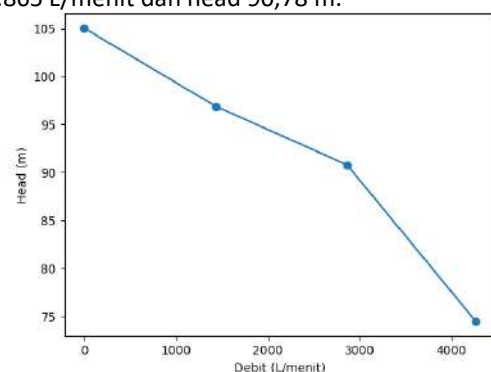
Tabel 4.3 Perhitungan Total Dynamic Head (TDH) Pompa Hydrant

No	Tekanan Discharge (bar)	Head Discharge (m)	Tekanan Suction (bar)	Head Suction (m)	Head Loss (m)	TDH (m)
1	8,9	90,78	1,2	12,24	5,5	73,04
2	9,0	91,80	1,2	12,24	5,7	73,86
3	8,8	89,76	1,1	11,22	5,6	72,94
4	8,9	90,78	1,2	12,24	5,4	73,14
5	8,9	90,78	1,1	11,22	5,6	73,96
Σ	8,9	90,78	1,16	11,83	5,56	73,39

Nilai ini berada di atas kebutuhan umum bangunan bertingkat menengah, sehingga menandakan kecukupan energi hidraulik untuk menjaga tekanan residu pada outlet. TDH yang stabil juga menunjukkan bahwa sistem bekerja dekat dengan kondisi desain, yang menurut teori pompa berkorelasi dengan efisiensi tinggi dan keausan mekanis yang lebih rendah (Ali et al., 2025; Yamin et al., 2025).

Kurva Head–Debit dan Posisi Best Efficiency Point (BEP)

Kurva performa menunjukkan tren menurun yang normal, dengan titik operasi aktual berada pada debit ± 2.865 L/menit dan head 90,78 m.



Gambar 1. Kurva Karakteristik Head–Debit Pompa Hydrant

Posisi ini mengindikasikan operasi berada di sekitar *Best Efficiency Point* (BEP) kondisi di mana pompa bekerja dengan efisiensi maksimum serta beban radial minimum (Azizah, 2025; Nityas & Agustin, 2024). Operasi dekat BEP memberikan beberapa implikasi teknis penting: menurunkan risiko kavitasi, mengurangi getaran, memperpanjang umur bearing dan seal, meningkatkan efisiensi energi. Sebaliknya, operasi yang

menjauh dari BEP dapat mempercepat degradasi performa. Oleh karena itu, posisi titik kerja saat ini merupakan indikator positif terhadap keberlanjutan operasional sistem.

Evaluasi Kepatuhan terhadap NFPA dan SNI

Tabel 4.4 Comparative Compliance Analysis

Parameter	Hasil	Standar	Status
Debit	2.865 L/menit	≥ 2.500	✓
Tekanan	8,9 bar	≥ 7 bar	✓
TDH	73,39 m	≥ 60 m	✓

Seluruh parameter melampaui ambang minimum, sehingga pompa dapat dikategorikan *operationally compliant* terhadap NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000. Namun, dalam perspektif rekayasa keandalan, pemenuhan standar minimum belum tentu mencerminkan robustness sistem. Margin yang terbatas menunjukkan bahwa tanpa strategi pemeliharaan preventif, sistem berpotensi mengalami performa suboptimal dalam jangka panjang.

Implikasi Keandalan Sistem

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem hydrant berada dalam kondisi *reliable but not overdesigned* mampu memenuhi kebutuhan operasional, tetapi belum memiliki faktor keamanan yang sangat besar. Kondisi ini menuntut pendekatan: *preventive maintenance*, *performance testing* berkala dan monitoring kurva pompa. Sebagaimana ditekankan dalam standar inspeksi sistem proteksi kebakaran, degradasi performa sering terjadi secara gradual dan baru terdeteksi saat sistem gagal beroperasi (NFPA, 2020) (Mia, 2025). Dengan demikian, keandalan pompa tidak hanya ditentukan oleh performa saat ini, tetapi oleh konsistensi pengelolaan teknis sepanjang siklus hidup peralatan.

Evaluasi Kesesuaian terhadap Standar NFPA dan SNI

Hasil comparative compliance analysis menunjukkan bahwa seluruh parameter utama telah memenuhi standar. Debit aktual melampaui kapasitas minimum, tekanan residu berada di atas ambang operasional, dan TDH menunjukkan kemampuan pompa dalam mengatasi kehilangan energi akibat gesekan dan elevasi. NFPA 20 menekankan bahwa pompa kebakaran harus mampu menyediakan tekanan dan aliran yang andal selama kondisi darurat (*National Fire Protection Association*, 2020). Temuan penelitian ini mengindikasikan bahwa sistem telah memenuhi persyaratan tersebut. Selain itu, konfigurasi instalasi yang mencakup controller otomatis dan pompa diesel turut memperkuat keandalan sistem melalui mekanisme cadangan daya. Namun demikian, margin keselamatan yang relatif moderat menunjukkan bahwa sistem masih rentan terhadap penurunan performa apabila terjadi degradasi mekanis atau peningkatan head loss dalam jaringan. Oleh karena itu, pemeliharaan preventif

menjadi faktor penting dalam mempertahankan kesiapan operasional.

Analisis Keandalan Operasional

Secara keseluruhan, pompa hydrant dapat dikategorikan memiliki tingkat keandalan yang baik. Stabilitas hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa masih beroperasi dalam kondisi hidraulik optimal dan belum mengalami indikasi penurunan performa yang signifikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Wiherdiansyah & Aribowo, 2024) yang menyatakan bahwa pemeliharaan preventif berperan penting dalam menjaga keandalan sistem hydrant. Selain itu, kedekatan titik operasi terhadap BEP memperkecil risiko getaran dan keausan komponen, yang merupakan faktor umum penyebab kegagalan pompa (Barafi & Fahrudin, 2024). Meski demikian, tekanan operasional yang tidak terlalu jauh dari batas minimum mengindikasikan perlunya strategi pemeliharaan berbasis kondisi agar degradasi performa dapat dideteksi lebih dini.

Faktor Potensial Penurunan Performa

Beberapa faktor yang berpotensi memengaruhi kinerja pompa di masa mendatang meliputi keausan komponen internal, peningkatan kekasaran pipa akibat korosi, serta pola pemeliharaan yang kurang optimal. Kehilangan energi dalam sistem perpipaan dapat meningkatkan beban kerja pompa dan menurunkan efisiensi hidraulik (Hartadi et al., 2025; Setiawan et al., 2025). Selain itu, gangguan pada sistem kontrol berisiko menyebabkan keterlambatan aktivasi pompa saat tekanan turun. Kondisi tersebut dapat memperlambat respons awal terhadap kebakaran dan menurunkan efektivitas pemadaman.

Analisis Risiko Operasional

Meskipun sistem dinyatakan layak, analisis risiko menunjukkan tingkat risiko operasional berada pada kategori sedang. Risiko utama meliputi potensi penurunan tekanan, kegagalan start pompa, serta degradasi mekanis yang dapat menghambat distribusi air saat kondisi darurat. Kegagalan pompa hydrant dapat meningkatkan kemungkinan penyebaran api, memperbesar kerusakan aset, dan mengancam keselamatan penghuni gedung. Oleh karena itu, keandalan pompa tidak hanya berkaitan dengan pemenuhan standar teknis, tetapi juga dengan kemampuan sistem dalam meminimalkan dampak kebakaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, pompa hydrant di PT PLN Nusantara Power Kantor Pusat menunjukkan kinerja hidraulik yang baik dengan debit rata-rata 2.865 L/menit, tekanan 8,9 bar, dan Total Dynamic Head (TDH) sebesar 73,39 m. Seluruh

parameter tersebut berada di atas batas minimum yang dipersyaratkan dalam NFPA 20 dan SNI 03-1745-2000, sehingga pompa dapat dikategorikan layak operasional dan mampu mendukung keandalan sistem proteksi kebakaran gedung. Karakteristik kurva head debit menunjukkan bahwa pompa beroperasi di sekitar Best Efficiency Point (BEP), yang mengindikasikan efisiensi energi yang baik serta risiko gangguan mekanis yang relatif rendah. Meskipun demikian, margin keselamatan yang tergolong moderat menuntut penerapan pemeliharaan preventif dan pengujian performa secara berkala guna mencegah penurunan kinerja di masa mendatang. Secara keseluruhan, sistem hydrant memiliki tingkat keandalan operasional yang memadai, namun keberlanjutan performanya sangat bergantung pada konsistensi pengelolaan teknis, monitoring kondisi pompa, dan strategi perawatan berbasis keandalan.

REFERENSI

- Ali, M., Prihatmoko, D., & Faidlon, A. (2025). Review Sistem Kontrol Pompa Sentrifugal Ebara 6 Inch Di PT. NPS-PLTU TJB Jepara Unit 1 dan 2. *Majamecha*, 7(1), 206–218.
- AS, H. T., Yolarita, E., Saputra, D. A., Ruysdi, M. I., Maksum, A., Jordan, A., Putra, R. F., & Fathurrahman, M. (2025). PERANCANGAN HYDRAULIC RAM PUMP (HYDRAM PUMP) UNTUK SISTEM DISTRIBUSI AIR IRIGASI RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS IOT DI SUMATERA BARAT. *SENADA (Seminar Nasional Manajemen, Desain Dan Aplikasi Bisnis Teknologi)*, 8, 270–282.
- Azizah, N. A. (2025). *Analisis Maintenance menggunakan Metode Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) dan Realibility Centered Maintenance (RCM)(Studi Kasus: PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk)*. Universitas Islam Indonesia.
- Barafi, K. A., & Fahrudin, A. (2024). Vibration Diagnostics for Predicting Pump Failures: Diagnostik Getaran untuk Memprediksi Kegagalan Pompa. *Procedia of Engineering and Life Science*, 5, 637–643.
- Hartadi, B., Irfansyah, M., & Kunci, K. (2025). *Al Jazari Rancang Bangun Pompa Hidraulik Ram (Hidram)*. 10, 15–18.
- Hidayat, W., Biksono, D., & Zulpian, D. (2021). Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Multistage Berkapasitas 118, 5 KW pada PLTP Berdasarkan Standar ISO 9906. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 5(2), 101–113.
- Lesmana, D. D., IBAD, M. N., & SAKTI, A. M. (2026). A Pengujian Vibrasi Pada Pompa Sentrifugal Sebagai Langkah Preventif Untuk Menjaga Stabilitas Kinerja Pompa. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(01).
- Mia, M. M. (2025). A SYSTEMATIC REVIEW ON THE IMPACT OF NFPA-COMPLIANT FIRE PROTECTION SYSTEMS ON US INFRASTRUCTURE RESILIENCE. *International Journal of Business and Economics Insights*, 5(3), 324–352.
- Nityas, H. M., & Agustin, A. (2024). *Pra-rancangan Pabrik Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG) dari Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit dengan Kapasitas 2, 30 Mwel*. Universitas Islam Indonesia.
- Rahmadhani, E. A., Habir, H., & Mochtar, B. (2025). ANALISA KEANDALAN PROTEKSI KEBAKARAN DAN LEDAKAN ANJUNGAN LEPAS PANTAI MAHAKAM YANG TERINTEGRASI DENGAN EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM. *Media Bina Ilmiah*, 19(11), 6179–6194.
- Rajab, R. D. (2024). *Evaluasi Sistem Manajemen Tanggap Darurat Bencana dan Kebakaran Pada Gedung FTI UII Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Setiawan, A., Soolany, C., & Azzizzah, F. A. (2025). ANALISIS PENGARUH PANJANG PIPA INLET TERHADAP KINERJA DAN EFISIENSI POMPA HYDRAM BERBAHAN GALVANIS UNTUK APLIKASI IRIGASI. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 5(2), 115–124.
- Wiherdiansyah, F., & Aribowo, D. (2024). Analisis Pemeliharaan Preventif Gardu Kubikal untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Listrik di PT. Haleyora Powerindo. *Jurnal Surya Teknik*, 11(2), 511–516.
- Yamin, M., Irawan, R., Mahandari, C. P., Ariandi, R. D., Firmansyah, R., Alfasha, M. Z., & Suharto, S. (2025). PRESTASI POMPA SENTRIFUGAL TIPE OVERHUNG UNTUK APLIKASI INDUSTRI DENGAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN CFD. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 11(1), 64–72.