

OPTIMASI KINERJA POMPA UNTUK PENGISIAN 4 TANGKI 1000 KL DENGAN FLOWRATE 70 KL/JAM

Septian Chandra Dwi Mulya¹⁾, Gusma Hamdana Putra^{1*)}, Heroe Poernomo¹⁾

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia. 1,2,3

E-mail: hamdana.putra@ppns.ac.id

Abstract

Fuel tank filling operations require efficient and reliable pumping systems, especially when handling large volumes in industrial or aviation fuel storage facilities. This study analyzes and optimizes the pumping process for filling four storage tanks, each with a capacity of 1,000 kiloliters (kl), using centrifugal pumps with a flowrate of 70 kl/h. Four operational scenarios were evaluated: the use of 1, 2, 3, and 4 pumps running simultaneously. Simulation results show that filling a single tank with one pump takes approximately 14.29 hours, resulting in a total time of 57.14 hours for all four tanks. The use of two or three pumps in parallel reduces total time by nearly 50%, while operating four pumps concurrently reduces the total filling time to just 14.29 hours. This paper concludes that parallel pumping configurations significantly improve time efficiency and operational flexibility, especially when supported by proper manifold design and flow control systems

Keywords: Pump Optimization, Fuel Transfer, Flowrate 70 kl/h, Tank Filling, Parallel Pump Operation, Industrial Fuel Storage

PENDAHULUAN

Sistem pengisian dan penyimpanan bahan bakar merupakan komponen vital dalam berbagai sektor industri, seperti penerbangan, perkapalan, dan pembangkit tenaga. Keandalan sistem ini sangat ditentukan oleh efisiensi proses pemindahan fluida dari sumber utama ke tangki penyimpanan. Dalam hal ini, pompa menjadi elemen utama yang berfungsi sebagai penggerak aliran fluida. Menurut standar API 610, pompa sentrifugal sangat direkomendasikan untuk aplikasi transfer bahan bakar karena memiliki efisiensi tinggi, keandalan operasional, serta kapasitas aliran yang stabil dalam jangka panjang [1]. Merujuk pada prinsip dasar mekanika fluida yang dijelaskan oleh Cengel dan Cimbala, waktu pengisian suatu tangki dapat dihitung melalui hubungan antara volume tangki dan debit aliran pompa, yaitu $t = \frac{V}{Q}$, yang mengasumsikan aliran tunak dan fluida inkompresibel [2]. Dalam perancangan sistem perpipaan bahan bakar, menurut SNI 6628:2021, perlu dipertimbangkan kerugian tekanan (head loss), kestabilan tekanan, dan keberadaan sistem venting untuk mencegah tekanan balik serta overfill [4]. Oleh karena itu, pengaturan distribusi aliran menjadi sangat penting terutama ketika digunakan lebih dari satu pompa secara paralel. Lebih lanjut, berdasarkan hasil kajian dari Puslitbang

Teknologi Energi dan Migas, efisiensi sistem dapat ditingkatkan dengan menerapkan teknologi Variable Frequency Drive (VFD) yang memungkinkan pengaturan kecepatan kerja pompa secara dinamis sesuai kondisi aktual [5]. Selain itu, menurut Modul Operasional DPPU dari Pertamina, penggunaan sistem kontrol otomatis berbasis SCADA menjadi standar wajib dalam fasilitas pengisian bahan bakar untuk memastikan keamanan dan akurasi selama proses transfer berlangsung [7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi teknis dan permodelan sederhana untuk mengevaluasi performa sistem pengisian bahan bakar menggunakan empat unit pompa dengan kapasitas aliran masing-masing sebesar 70 kiloliter per jam. Objek studi adalah sistem pengisian empat buah tangki penyimpanan, masing-masing berkapasitas 1.000 kiloliter. Fokus utama adalah menilai efektivitas waktu pengisian, efisiensi distribusi aliran, dan potensi peningkatan kinerja sistem jika seluruh pompa dijalankan secara bersamaan.

Metode penelitian mencakup tahapan pengumpulan data teknis sistem, perhitungan kapasitas aliran kumulatif, serta simulasi waktu pengisian berdasarkan konfigurasi paralel. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengisi seluruh tangki secara bersamaan, serta membandingkannya dengan skenario lain yang menggunakan lebih sedikit pompa. Evaluasi teknis juga mempertimbangkan aspek kestabilan tekanan, kebutuhan daya pompa, dan kesesuaian desain manifold serta jalur distribusi. Hasil dari metode ini digunakan untuk memberikan rekomendasi teknis yang dapat diimplementasikan di sistem nyata, baik pada fasilitas pengisian bahan bakar industri maupun sektor aviasi.

2.1 Data Sistem

- Jumlah Tangki: 4 unit
- Kapasitas Tangki: 1.000 kl per tangki
- Flowrate Pompa: 70 kl/h
- Jenis Pompa: Centrifugal horizontal, motor listrik 75 kW
- Media: Avtur / Solar (kepadatan: $\sim 800 \text{ kg/m}^3$)
- Konfigurasi Pengisian: Paralel dan Seri

2.2 Metode Perhitungan

Waktu pengisian dihitung dengan:

$$\text{Waktu pengisian} = \frac{V}{n \times Q}$$

Keterangan :

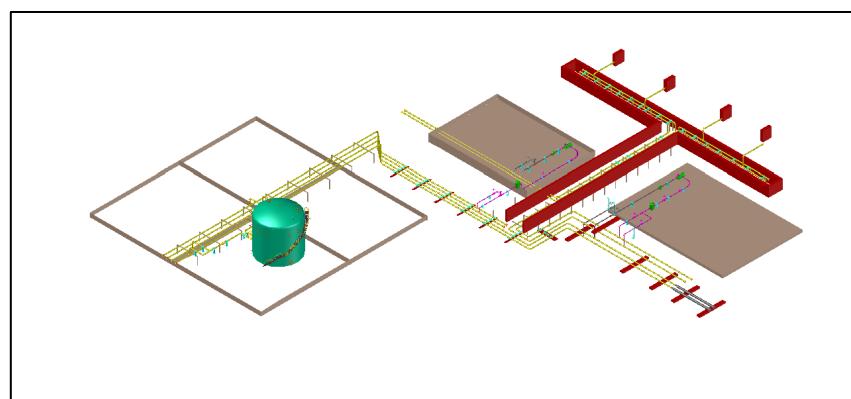
- V = volume tangki yang akan diisi (kl)
- Q = flowrate per pompa (kl/jam)
- n = jumlah pompa yang bekerja secara paralel

Evaluasi dilakukan terhadap tiga skenario:

- **Skenario A:** 1 aktif
- **Skenario B:** 2 pompa aktif untuk mengisi masing – masing 2 tangki
- **Skenario C:** 3 aktif bekerja bersamaan untuk mengisi tangki
- **Skenario D:** 4 pompa aktif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis empat skenario penggunaan pompa dalam proses pengisian bahan bakar ke dalam empat tangki berkapasitas 1.000 kiloliter (kl) masing-masing. Setiap skenario menggunakan jumlah pompa yang berbeda, yaitu 1 hingga 4 unit, dengan kapasitas tetap 70 kl per jam. Parameter utama yang dianalisis adalah waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengisian seluruh tangki. Desain dari Analisa tersebut adalah seperti berikut, seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Desain DPPU

3.1 Skenario 1 Pompa

Pada skenario ini, satu pompa digunakan untuk mengisi tangki secara berurutan (seri). Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi satu tangki adalah

$$\begin{aligned}\text{Waktu pengisian} &= \frac{1000}{1 \times 70} \\ &= 14,29 \text{ jam / tangki} \\ &= 14,29 \times 4 \\ &= 57,29 \text{ jam}\end{aligned}$$

Karena seluruh tangki diisi satu per satu, maka total waktu pengisian menjadi $4 \times 14,29 = 57,14$ jam. Ini merupakan skenario dengan waktu terlama dan efisiensi terendah.

3.2 Skenario 2 Pompa

Dengan dua pompa yang bekerja secara paralel, proses pengisian dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, dua tangki diisi bersamaan, dan setelah selesai, dua tangki berikutnya diisi. Karena masing-masing pompa tetap mengisi satu tangki dengan waktu 14,29 jam, maka total waktu pengisian seluruh tangki adalah 28,57 jam, atau setengah dari skenario satu pompa.

$$\begin{aligned}\text{Waktu pengisian} &= \frac{1000}{2 \times 70} \\ &= 7,14 \text{ jam / tangki} \\ &= 7,14 \times 4 \\ &= 28,57 \text{ jam}\end{aligned}$$

3.3 Skenario 3 Pompa

Pada skenario ini, tiga pompa digunakan untuk mengisi tiga tangki pertama secara bersamaan. Setelah salah satu pompa selesai, pompa tersebut digunakan untuk mengisi tangki keempat. Artinya, pengisian tangki pertama hingga ketiga selesai dalam waktu 14,29 jam, dan tangki keempat membutuhkan tambahan 14,29 jam. Namun karena proses ini tumpang-tindih, total waktu tetap menjadi 28,57 jam. Keuntungannya adalah tiga tangki bisa segera tersedia lebih cepat, meskipun waktu total tetap sama dengan skenario dua pompa.

$$\text{Waktu pengisian} = \frac{1000}{3 \times 70}$$

$$\begin{aligned} &= 4,76 \text{ jam / tangki} \\ &= 4,76 \times 3 \\ &= 14,28 + 14,28 \\ &= 28,57 \text{ Jam} \end{aligned}$$

3.4 Skenario 4 Pompa

Ini merupakan skenario paling efisien, di mana keempat pompa mengisi empat tangki secara bersamaan. Dengan kapasitas aliran masing-masing 70 kl/h, setiap tangki terisi penuh dalam waktu 14,29 jam. Karena semuanya bekerja paralel, total waktu pengisian seluruh sistem juga hanya 14,29 jam. Skenario ini sangat direkomendasikan apabila waktu menjadi faktor kritis dalam operasional.

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengisian} &= \frac{1000}{4 \times 70} \\ &= 3,57 \text{ jam / tangki} \\ &= 3,57 \times 4 \\ &= 14,29 \text{ Jam} \end{aligned}$$

3.5 Perbandingan Waktu Pengisian

Table 3.1 perbandingan waktu pengisian

Jumlah Pompa	Flowrate Total (kl/h)	Tangki Terisi Sekaligus	Waktu Total (jam)	Efisiensi Waktu (%)
1 pompa	70	1	57,14	100% (baseline)
2 pompa	140	2	28,58	50%
3 pompa	210	3 + 1 susulan	28,58	50% (tangki awal lebih cepat)
4 pompa	280	4	14,29	25% dari baseline

3.6 Pembahasan Teknis

Dari hasil tersebut, terlihat bahwa penambahan jumlah pompa memberikan dampak signifikan terhadap waktu pengisian. Namun, peningkatan jumlah pompa harus diimbangi dengan perencanaan distribusi aliran, sistem kontrol tekanan, dan pemipaan yang memadai. Sistem manifold harus dirancang untuk membagi aliran secara merata dan mencegah tekanan berlebih. Selain itu, penggunaan Variable Frequency Drive

(VFD) direkomendasikan untuk mengontrol kecepatan pompa saat level tangki mendekati penuh, guna menghindari lonjakan tekanan dan overfill.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap empat skenario penggunaan pompa dalam pengisian empat tangki berkapasitas masing-masing 1.000 kiloliter, dapat disimpulkan bahwa jumlah pompa yang digunakan memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu total pengisian dan efisiensi operasional sistem. Penggunaan satu pompa menghasilkan waktu pengisian paling lama, yaitu sekitar 57,14 jam, sedangkan penggunaan empat pompa secara paralel dapat menurunkan waktu pengisian menjadi hanya 14,29 jam, atau sekitar 75% lebih efisien.

Skenario tiga pompa memberikan keunggulan dalam pengisian awal tiga tangki yang lebih cepat, meskipun waktu total setara dengan dua pompa. Oleh karena itu, strategi penggunaan pompa secara paralel sangat direkomendasikan untuk sistem pengisian bahan bakar skala besar, terutama jika kecepatan dan ketersediaan tangki menjadi prioritas operasional. Untuk mendukung implementasi sistem multi-pompa, perlu diperhatikan aspek teknis seperti desain manifold, kontrol tekanan, dan integrasi sistem otomasi seperti VFD dan SCADA.

DAFTAR PUSTAKA

- API Standard 610. (2010). *Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries*. American Petroleum Institute.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill.
- SNI 6628:2021. *Sistem Penyaluran Bahan Bakar dan Instalasi Tangki*. BSN.
- Puslitbang Teknologi Energi dan Migas. (2022). *Laporan Studi Efisiensi Sistem Pompa pada Terminal Bahan Bakar*. Kementerian ESDM.
- Pertamina Training Center. (2023). *Modul Operasional Depo Pengisian Pesawat Udara (DPPU)*. PT Pertamina.