



Contents list available at Sinta

A R M A T U R

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Pengaruh variasi Tekanan dan level air tangki *Hydrophore* terhadap laju aliran massa pada sistem distribusi air tawar****Susanto^{1*}, Gunawan Budi Santoso², Yulius Oscar³, Wahyu Ari Putranto⁴, Widar Bayu Wantoro⁵**^{1*,2,3,4} Jurusan Teknik, Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Jalan PTP Ngobo, Desa Wringinputih, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, 50552⁵ Jurusan Nautika, Politeknik Maritim Negeri Indonesia, Jalan PTP Ngobo, Desa Wringinputih, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, 50552**A R T I C L E
I N F O**

Keywords:
Centrifugal pump
Hydrophore system
Multi-storey building
Piping system
Water distribution

A B S T R A C T

The paper is The performance of water distribution in buildings is strongly influenced by the relative position of the reservoir and the outlet pipe. This represents an important technology transfer for enhancing building services engineering. This study examines the performance of a hydrophore system under variations in pipe height, water level, and tank pressure. Experiments were conducted using pipe heights of 1, 2, and 3 meters; water levels of $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, and $\frac{3}{4}$ of the tank capacity; and tank pressures of 1, 2, and 3 bar. Pressure adjustments were made by adding or releasing compressed air. System performance was evaluated by measuring the mass flow rate through one, two, and three outlet pipes operated individually and simultaneously. The highest mass flow rate for a single outlet pipe was achieved at a $\frac{1}{2}$ water level and 3 bar pressure, yielding 67.87 kg/min through outlet pipe 2. For two outlet pipes, the maximum values were obtained at a $\frac{1}{4}$ water level and 3 bar, producing 72.75 and 73.25 kg/min. With all three outlets open, the highest flow rate reached 79.69 kg/min at a $\frac{1}{2}$ water level and 3 bar. The hydrophore system, originally applied in shipbuilding for fresh water distribution, is here implemented in building engineering as a transfer of maritime technology to multi-storey construction. Overall, water level, tank pressure, pipe height, and the number of open outlets significantly affect distribution performance.

*Corresponding author: susanto@polimarin.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i1.10786>

Received 11 December 2025; Received in revised form 15 December 2025; Accepted 12 January 2026

Available online 1 March 2026

Pendahuluan

Distribusi air bersih pada bangunan gedung merupakan salah satu hal pokok yang harus masuk prioritas pada saat perencanaan. Pembuatan sistem distribusi air bersih merupakan bagian dari sistem *plumbing* yang mencakup pengelolaan air di dalam suatu bangunan, mengatur pemasangan pipa, tangki dan peralatan lainnya [1]. Air bersih yang didistribusikan dalam bangunan gedung dapat bersumber dari sumur, perusahaan air minum, maupun artesis yang dikelola oleh kelompok masyarakat. Pada bangunan gedung dengan konstruksi hanya satu lantai proses distribusi air tidak begitu menjadi persoalan jika hanya menggunakan pompa air yang berkapasitas kecil. Konstruksi bangunan gedung bertingkat memerlukan sistem distribusi dengan pompa berdaya lebih besar serta harus menyediakan tangki penampung atau tandon yang berada di atas bangunan. Penggunaan pompa sentrifugal untuk menaikkan air pada bangunan gedung bertingkat memiliki kelemahan keterbatasan *Head (H)* yang dipengaruhi oleh banyak faktor [2]. Keterbatasan *Head (H)* yang terjadi berdampak pada berkurangnya debit air yang mengalir pada ketinggian yang lebih tinggi. Penggunaan pompa sentrifugal untuk aplikasi sistem distribusi air memerlukan, perancangan, pemilihan kapasitas daya yang sesuai dengan kebutuhan.

Kapasitas aliran (*flowrate*) pompa sentrifugal yang kecil biasa diatasi dengan pemasangan pompa lebih dari satu yang diinstal secara seri maupun paralel. Instalasi pompa secara seri atau paralel disesuaikan dengan rancangan kebutuhan air pada sistem bangunan yang dibuat [3]. Kehilangan air pada sistem distribusi karena kebocoran dapat merugikan seperti, kehilangan daya, efisiensi menurun, hingga kerugian ekonomi. Strategi manajemen pada sistem distribusi air perlu dilakukan untuk mengurangi kebocoran dan berbagai macam kerugian lainnya [4]. Kerugian *Head (H)* pada sistem perpipaan juga dapat terjadi dalam kategori minor maupun mayor. Kerugian minor dipengaruhi oleh aksesoris sistem perpipaan

sedangkan kerugian mayor dikarenakan gesekan antara fluida dengan dinding pipa yang menyebabkan penurunan kecepatan aliran [5]. Agar air yang didistribusikan dapat mencapai titik atau ketinggian tertentu dengan jumlah debit dan tekanan yang stabil perlu diperhitungkan dengan tepat total kerugian dalam estimasi *head loss total*. Kerugian total yang dimaksud sangat dipengaruhi oleh tekanan, kecepatan fluida, *head statis*, dan *head loss minor* [6].

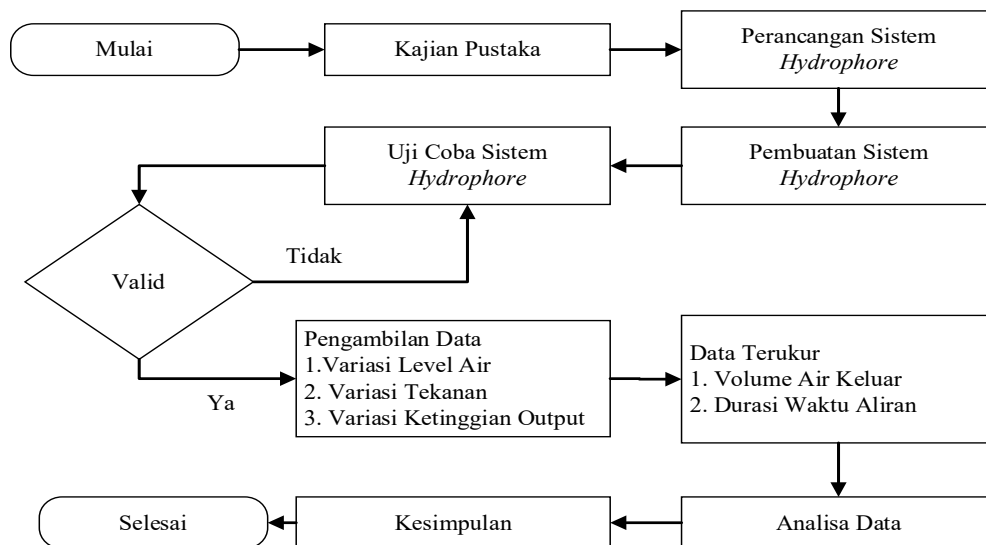
Perancangan sistem distribusi air pada gedung termasuk dalam pekerjaan yang tergabung dalam Mekanikal Elektrikal Plumbing (MEP). Pekerjaan tersebut meliputi sistem mekanik, kelistrikan, dan juga penanganan air limbah dan air bersih. Khusus untuk distribusi air bersih pada sistem plumbing perlu memperhatikan kebutuhan air rata-rata dan puncak setiap harinya [7]. Studi pada sistem penyediaan air bersih menggunakan dengan tandon di atas gedung ditemukan perbedaan kecepatan aliran air di pipa atas dan pipa bawah. Aliran air pada pipa yang berada di bawah memiliki kecepatan 1,8 m/s dan pipa di atas 2,4 m/s, sehingga mempengaruhi efisiensi sistem [8]. Kondisi seperti ini perlu dilakukan perencanaan penggunaan pipa yang berbeda ukuran pada setiap ketinggian. Pada penggunaan sistem tandon di atas bangunan debit air sangat dipengaruhi oleh kedekatan tandon dan posisi pipa keluar yang digunakan untuk mengalirkan. Modifikasi terhadap sistem distribusi air tawar perlu dibuat dengan menerapkan sistem tangki yang dikombinasikan dengan tekanan udara. Penggunaan sistem tersebut banyak digunakan pada konstruksi bangunan kapal yang lebih dikenal dengan nama sistem *hydrophore*.

Berdasarkan fenomena dan permasalahan yang telah diuraikan, maka perlu dilakukan penelitian dengan membuat prototipe dari sistem *hydrophore* yang diadopsi dari permesinan bantu yang ada dikapal. Sistem *hydrophore* yang ada di atas kapal merupakan sistem permesinan bantu yang cukup handal untuk distribusi air tawar dari lantai dasar kamar mesin hingga titik tertinggi di anjungan kapal [9]. Prototipe yang dibuat nanti dapat digunakan untuk diterapkan pada sistem

distribusi air tawar bangunan yang memiliki ketinggian. Penerapan sistem dari kapal pada rekayasa distribusi air pada bangunan didarat merupakan alih teknologi yang sangat bagi perkembangan konstruksi gedung dan pendidikan. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kinerja dari sistem *hydrophore* dengan beberapa variasi tekanan dan level air yang ada pada tangki tekan sistem *hydrophore*. Melalui variasi dan tekanan air yang ada pada tangki tekanan dapat dipelajari kinerja sistem yang meliputi debit aliran, laju aliran massa dari air keluar pada setiap ketinggian yang berbeda. Hubungan antara level air, tekanan, dan kinerja air keluar dapat dijadikan pedoman dalam merancang sistem distribusi air tawar berbasis *hydrophore*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen melalui pekerjaan rancang bangun. Pada eksperimen secara rancang bangun diawali dengan merancang sebuah produk, menguji coba produk sehingga dapat dilakukan eksperimen untuk melakukan variasi parameter [10]. Dasar perancangan produk diawali dengan melakukan kajian pustaka, mengambil intisari, melakukan perancangan sistem *hydrophore*, membuat sistem, hingga dapat diuji coba dengan alur sesuai diagram alir pada **Gambar 1** di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada **Gambar 1** memberikan penjelasan bahwa seluruh tahapan terencana dari penelitian yang dilakukan. Pada tahap uji coba harus dapat mengambil kesimpulan bahwa alat yang dibuat, dan uji coba valid untuk digunakan untuk pengambilan data. Pada proses pengambilan data terdapat beberapa variasi yang bersifat tetap dan berubah. Variasi tetap yang buat adalah ketinggian pipa keluar yang akan diukur yang terdiri dari 3 titik. Variasi input parameter yang berubah adalah level air, dan tekanan tangki *hydrophore*. Pengambilan data yang diukur pada sisi keluar pipa adalah volume air keluar per satuan waktu. Level air, ketinggian tangki, dan tekanan

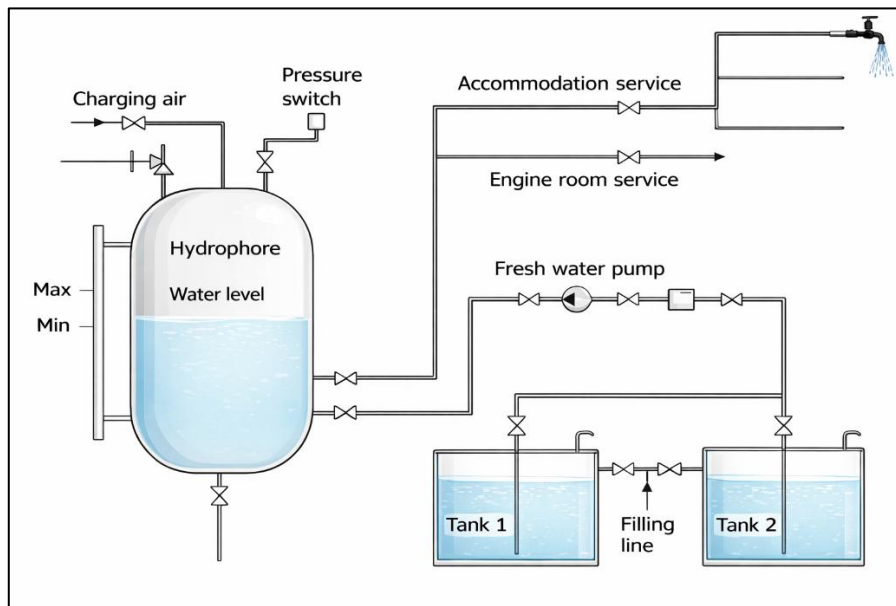
merupakan parameter yang saling mempengaruhi debit aliran [11]. Hasil pengukuran volume air yang keluar setiap satuan waktu selanjutnya dianalisa untuk mengetahui kinerja *hydrophore* pada setiap ketinggian dari pipa keluar terukur.

2.1 Alat Dan Bahan

Eksperimen dan rancang bangun sistem *hydrophore* menggunakan alat yang dikembangkan dan dibuat untuk membuat sistem *plumbing*. Peralatan yang diperlukan mengembangkan sistem meliputi pompa air tawar, pipa PVC, keran air, tangki tekan, dan aksesoris lain yang relevan dan dibutuhkan. Pipa PVC yang digunakan memiliki ukuran

½ yang dikombinasikan dengan stop kran plastik ½ inchi. Sistem *hydrophore* yang dikembangkan pada studi rancang bangun

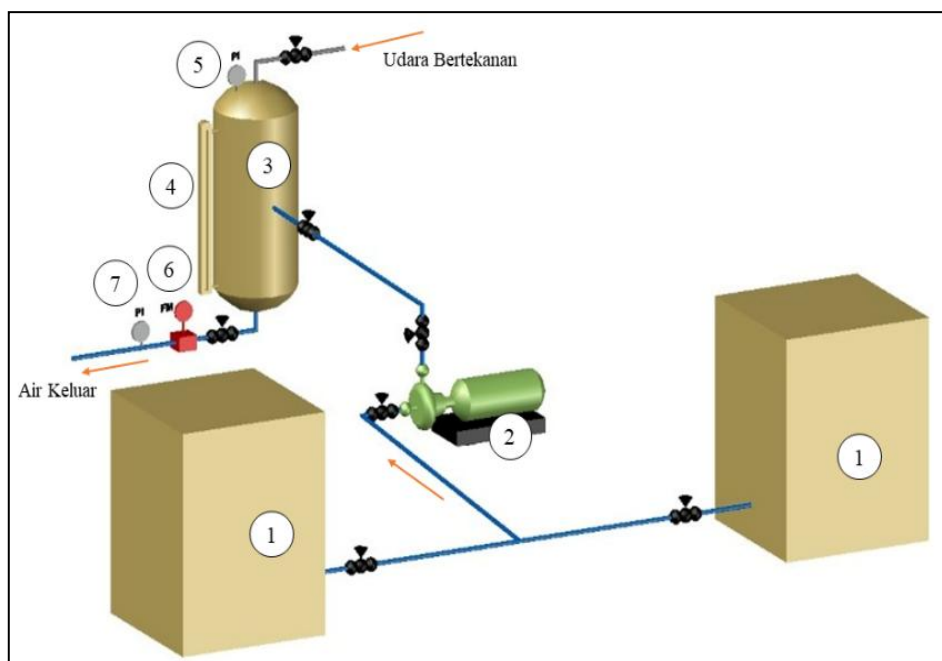
merujuk pada sistem yang ada di atas kapal yang ditunjukkan pada **Gambar 2** di bawah ini.



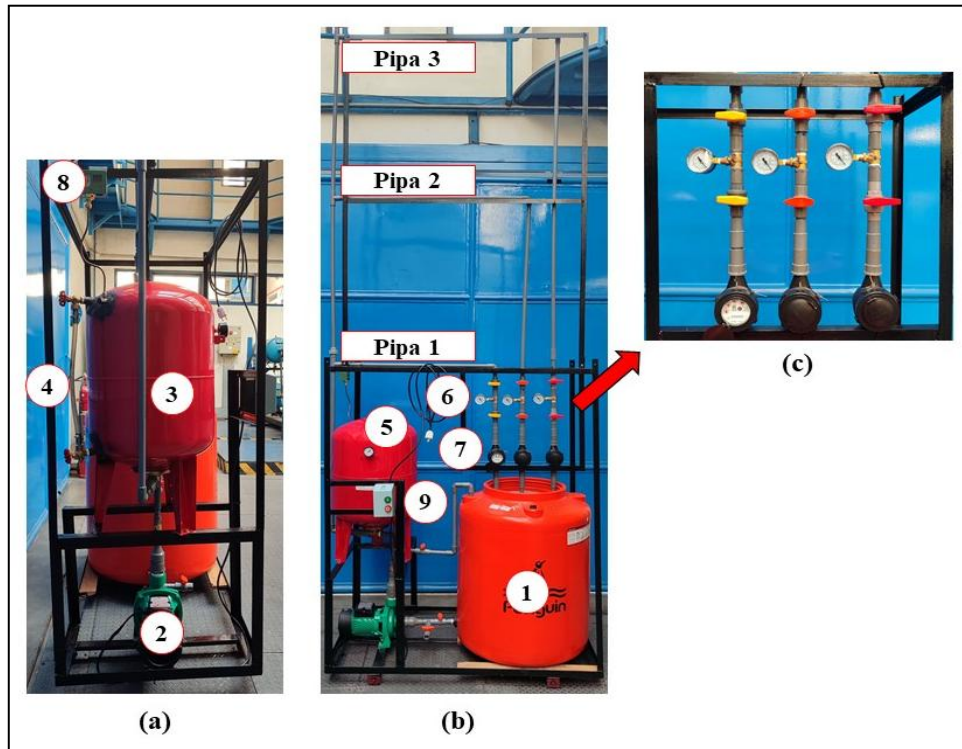
Gambar 2. Sistem *Hydrophore* [12]

Pada **Gambar 2** di atas merupakan diagram gambar distribusi air tawar dikapal dengan menggunakan sistem *hydrophore*. Air tawar dari tangki yang letaknya dibagian bawah kapal dinaikkan hingga akomodasi dan anjungan kapal menggunakan sistem tangki tekan. Pada sistem tangki tekan air didorong menggunakan udara bertekanan yang dimasukkan dari bagian atas tangki. Jumlah air yang ada didalam tangki harus

mencukupi agar air yang didorong ke sistem dapat sampai ke akomodasi tertinggi di anjungan kapal. Tekanan udara yang ada didalam tangki juga harus mencukupi agar mampu mendorong air dan melampaui hambatan dan kerugian dalam pipa aliran. Berdasarkan sistem yang biasa ada dikapal, desain sistem *hydrophore* pada **Gambar 3** dan hasil rancang bangun pada **Gambar 4** di bawah ini.



Gambar 3. Desain Sistem *Hydrophore*



Gambar 4. Hasil Rancang Bangun Sistem *Hydrophore* [13] (a) Tampak samping; (b) Tampak depan; (c) Alat ukur parameter output

Sistem *hydrophore* yang dirancang dan dibuat pada **Gambar 4** merupakan sistem yang dibuat untuk skala laboratorium, namun juga dapat diaplikasikan pada bangunan dengan *plug and play*. Pada sistem yang dibuat untuk kepentingan uji coba dilaboratorium dilengkapi dengan alat ukur dan penataan yang mudah untuk merubah variasi parameter. Komponen yang terdapat pada sistem sesuai dengan **Gambar 4** adalah sebagai berikut.

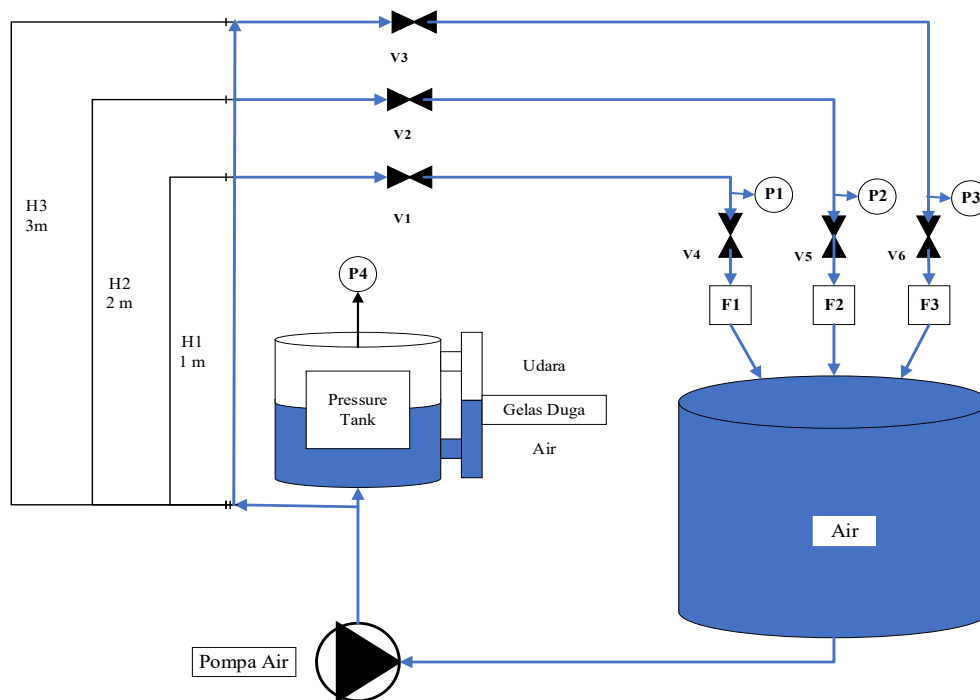
1. Tangki penampung air berfungsi menampung air tawar yang dibutuhkan sistem dengan volume 300 liter.
2. Pompa air 1,5 kW berfungsi untuk menghisap air dari tangki penampung dan mendorong menuju sisi bawah *pressure tank*.
3. *Pressure tank* 100 liter merupakan bejana tertutup yang berfungsi menaikkan tekanan air dengan udara bertekanan yang dimasukkan dari sisi atas tangki.
4. Kaca penduga berfungsi untuk melihat komposisi antara ketinggian air dan udara yang ada dalam *pressure tank*.

5. Manometer *pressure tank* berfungsi untuk mengetahui tekanan dalam tangki.
6. Manometer pipa keluar berfungsi untuk melihat tekanan air pada masing-masing pipa keluar dari berbagai ketinggian.
7. *Flowmeter* berfungsi untuk mengetahui jumlah volume air yang melewati pipa keluar dari berbagai ketinggian.
8. *Pressure switch* berfungsi sebagai saklar kontrol otomatis pompa yang bekerja berdasarkan tekanan pada *pressure tank*. *Pressure switch* yang digunakan dengan jenis *low pressure power on*, dan *high pressure power off*.
9. *Panel switch* berfungsi sebagai pusat kontrol sumber listrik untuk pengendali sistem secara manual maupun otomatis terhubung *pressure switch*.

2.2 Metode Analisa Data

Parameter input dan parameter output diukur berdasarkan hasil rancang bangun pada **Gambar 4**. Hasil rancang bangun tersebut selanjutnya dikonversikan dalam sketsa untuk mempermudah perubahan variasi dengan

menampilkan penataan parameter yang diukur pada **Gambar 5** di bawah ini.



Gambar 5. Penataan Setting Parameter

Berdasarkan **Gambar 5** terdapat 3 pipa air keluar yang berbeda diukur dari datum tangki tekan. Pada penelitian yang dilakukan ini, bahwa perbedaan ketinggian merupakan variabel tetap yang artinya bahwa air keluar akan dialirkan melalui 3

pipa tersebut. Perubahan level air dan tekanan dalam tangki tekan merupakan variabel berubah. Secara terinci variabel tetap dan variable berubah disajikan pada **Tabel 1** di bawah ini.

Tabel 1. Variasi Parameter Pengambilan Data

Input parameter	Ketinggian Pipa (m)	Level air dalam tangki			Tekanan tangki tekan (bar)		
		1/4	1/2	3/4	1	2	3
1	1	*	*	*	*	*	*
2	2	*	*	*	*	*	*
3	3	*	*	*	*	*	*
Output parameter	Tekanan keluar dari masing-masing pipa keluar diukur menggunakan manometer (P1, P2, dan P3)						
	Jumlah air yang mengalir melalui masing-masing pipa keluar dihitung menggunakan flowmeter (F1, F2, dan F3)						

Berdasarkan **Tabel 1** terlihat bahwa pada ketinggian pipa 1, 2, dan 3 meter divariasikan dengan level air $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ yang kombinasikan dengan tekanan tangki 1, 2, dan 3 bar. Perubahan tekanan tangki dilakukan dengan menambah atau mengurangi udara dalam tangki. Perubahan variasi input tersebut untuk mengetahui nilai parameter *output*. Data yang didapatkan dari

hasil variasi parameter selanjutnya akan dianalisa secara ilmiah. Analisa dilakukan menggunakan persamaan yang berlaku pada mekanika fluida. Perubahan parameter input yang divariasikan dipelajari secara ilmiah agar diketahui pengaruhnya terhadap parameter output yang diukur. Parameter output diukur menggunakan *flowmeter* dan tekanan keluar untuk mengetahui volume air

dan laju aliran massa sehingga dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3 [14].

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \dots \dots \dots (2)$$

$$m = \rho \cdot V \dots \dots \dots (3)$$

Dimana; (Q) debit aliran (m³/s), (V) jumlah volume air yang terukur (m³), (t) waktu yang dibutuhkan untuk mengukur volume air mengalir (detik), (m) massa dari air terukur (Kg), (\dot{m}) laju aliran massa (Kg/detik atau Kg/Menit), dan (ρ) massa jenis air (Kg/m³).

Kehilangan tekanan akibat gesekan pada aliran air dalam sistem *hydrophore* dapat dihitung dengan persamaan *Darcy-Weisbach* pada persamaan berikut.

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana ; (hf) adalah kehilangan head (m), (f) faktor gesek Darcy, (L) panjang pipa (m), (D) diameter dalam (m), (V) kecepatan fluida (m/s), dan (g) percepatan gravitasi dengan nilai 9,81 m/s².

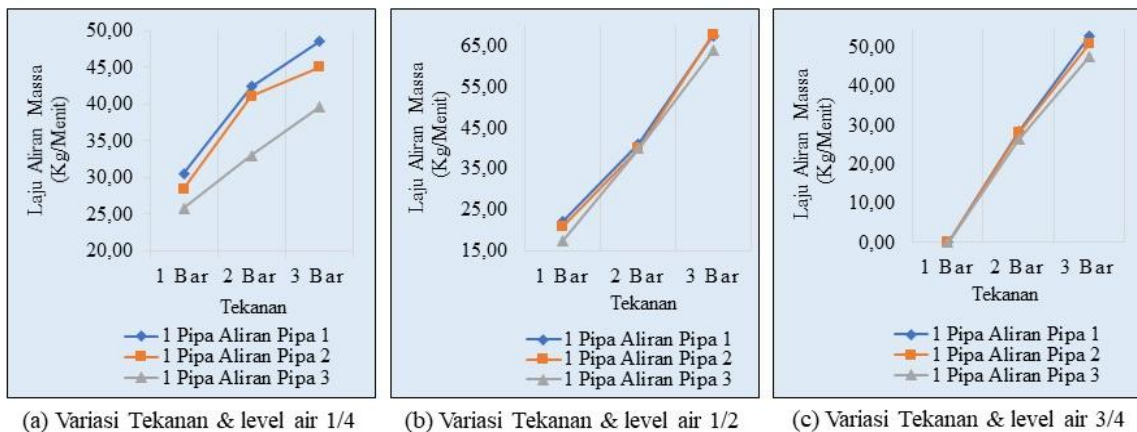
Hasil dan Pembahasan

Analisis dilakukan untuk mengetahui hubungan antara parameter input dan parameter

terukur dari alat ukur yang diperoleh selama pengambilan data. Hubungan yang dipelajari pada penelitian yang dilakukan adalah pengaruh level air, tekanan, jumlah aliran pipa terhadap kinerja *hydrophore* sistem. Kinerja *hydrophore* sistem dianalisa berdasarkan tekanan air keluar, kapasitas air keluar, dan debit aliran pada masing-masing pipa. Analisa perhitungan dilakukan dengan mengabaikan kerugian-kerugian yang terjadi pada aliran air. Kerugian dan hambatan diabaikan dengan pertimbangan pipa PVC memiliki permukaan yang halus dan koefisien gesek yang kecil [15]. Data yang didapat dari penelitian sebelum dianalisa, dihitung menggunakan persamaan (1-3). Berdasarkan uraian masalah, hipotesis yang telah dikemukakan, dan data yang diperoleh, maka analisis dan pembahasan yang akan diuraikan sebagai berikut.

3.1 Pembahasan Pengaruh Variasi Tekanan dan Level Air Tangki *Hydrophore* Terhadap laju Aliran Massa Air Keluar Melalui 1 Pipa

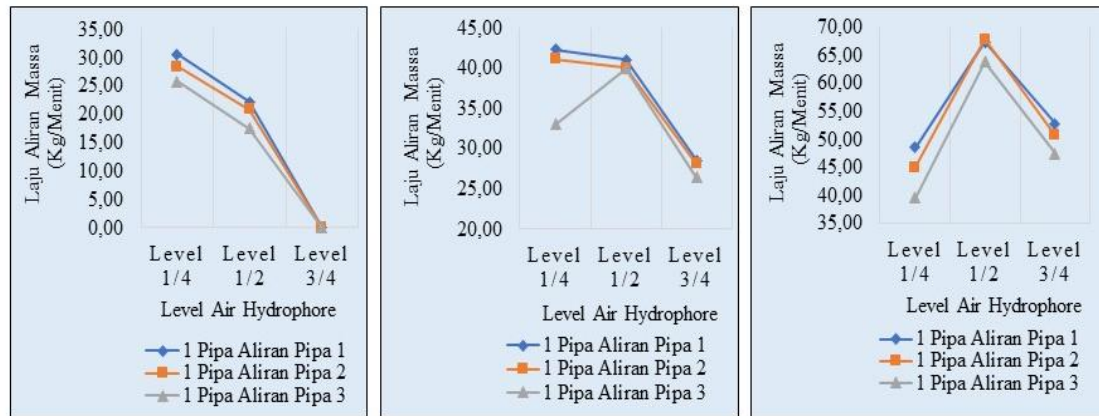
Tekanan dan level air sebagai *input* parameter yang mempengaruhi kinerja *hydrophore* dipelajari pengaruhnya saat dialirkan melalui 1 pipa keluar. Aliran melalui 1 pipa keluar dilakukan dengan melakukan variasi hanya mengalirkan air dan mengukur secara bergantian melalui pipa 1, 2, dan 3. Hasil pengukuran pada pipa keluar melalui 1 aliran pipa dengan variasi Tekanan dan level air disajikan pada **Gambar 6 dan 7**.



Gambar 6. Grafik Laju Aliran Massa Variasi Tekanan dan Level Air 1 Pipa Keluar

Berdasarkan **Gambar 6** dapat dilihat perbandingan nilai laju aliran massa air keluar dari pipa 1, 2, dan 3 saat air hanya dialirkan melalui 1 pipa. Pada ketinggian level air $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ diberikan variasi tekanan 1, 2, dan 3 bar. Penambahan Tekanan tangki *hydrophore* berdampak

pada peningkatan laju aliran massa. Laju aliran massa tertinggi ditunjukkan oleh kombinasi level air $\frac{1}{2}$ dengan tekanan 3 bar dengan nilai lebih dari 65 kg/menit. Hal ini menegaskan bahwa jumlah pipa distribusi aktif sangat mempengaruhi kinerja sistem *hydrophore*.



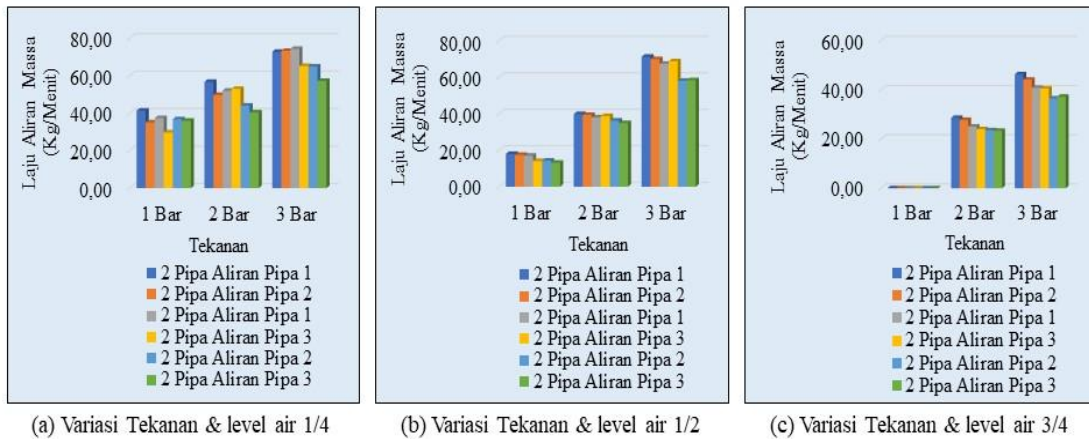
(a) Variasi level air & Tekanan 1 Bar (b) Variasi level air & Tekanan 2 Bar (c) Variasi level air & Tekanan 3 Bar

Gambar 7. Grafik Laju Aliran Massa Variasi Level Air dan Tekanan 1 Pipa Keluar

Pada **Gambar 7** menampilkan data perbandingan setiap level air yang ada dalam tangki pada beberapa variasi tekanan yang berbeda dengan 1 pipa keluar. Pada tekanan tangki 1 bar terlihat laju aliran massa yang lebih tinggi pada level air $\frac{1}{4}$ jika dibandingkan pada level $\frac{1}{2}$, bahkan pada level $\frac{3}{4}$ air tidak dapat mengalir. Pada tekanan 2 bar level air $\frac{1}{4}$ pipa 3 nilai laju aliran massa lebih rendah dibandingkan pipa 1 dan pipa 2. Pada tekanan 3 bar terlihat bahwa laju aliran massa air keluar terbaik terjadi pada level air $\frac{1}{2}$. Interaksi antara level air dan tekanan menjadi lebih dominan dan menghasilkan respon yang lebih sensitif serta fluktuatif.

3.2 Pengaruh Variasi Tekanan dan Level Air Tangki *Hydrophore* Terhadap laju Aliran Massa Air Keluar Melalui 2 Pipa

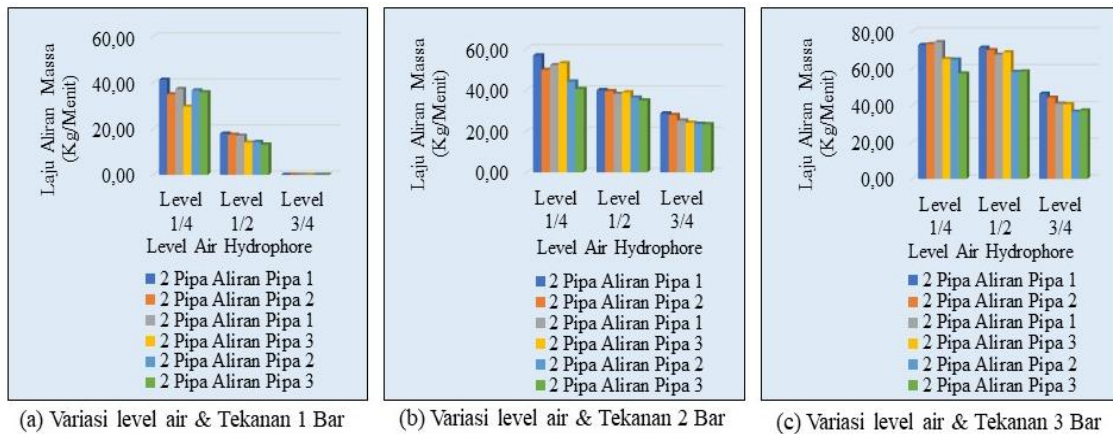
Kemampuan dan kinerja sistem *hydrophore* juga diperlu dipelajari jika terdapat pengguna lebih dari 1 yang menggunakan air dalam waktu bersamaan. Kinerja tersebut diuji dengan membuat aliran air mengalir bersamaan menggunakan 2 pipa. Aliran tersebut dibuat dengan menggunakan kombinasi perbedaan ketinggian pipa. Hasil pengukuran laju aliran massa dengan 2 pipa secara bersama dengan variasi tekanan dan level air disajikan pada **Gambar 8 dan 9**.



Gambar 8. Grafik Laju Aliran Massa Variasi Tekanan dan Level Air 2 Pipa Keluar

Pada **Gambar 8** dapat dilihat bahwa tekanan 3 bar memberikan dampak laju aliran massa terbaik pada setiap variasi level air dalam tangki. Pada tekanan 1 bar dengan kombinasi level air $\frac{1}{4}$ memiliki nilai laju aliran massa lebih baik jika dibandingkan dengan level $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$. Pada level air $\frac{3}{4}$ tidak terjadi aliran air saat tekanan tangki

hanya 1 bar, karena tekanan tidak mampu mendorong air lebih banyak. Laju aliran massa terbaik terjadi melalui pipa 1 dan 2 dengan tekanan 3 bar mencapai 74 kg/menit. Tekanan tangki tidak terfokus pada satu pipa saja, membuat respon terhadap variasi level air dan tekanan lebih seimbang.



Gambar 9. Grafik Laju Aliran Massa Variasi Level Air dan Tekanan 2 Pipa Keluar

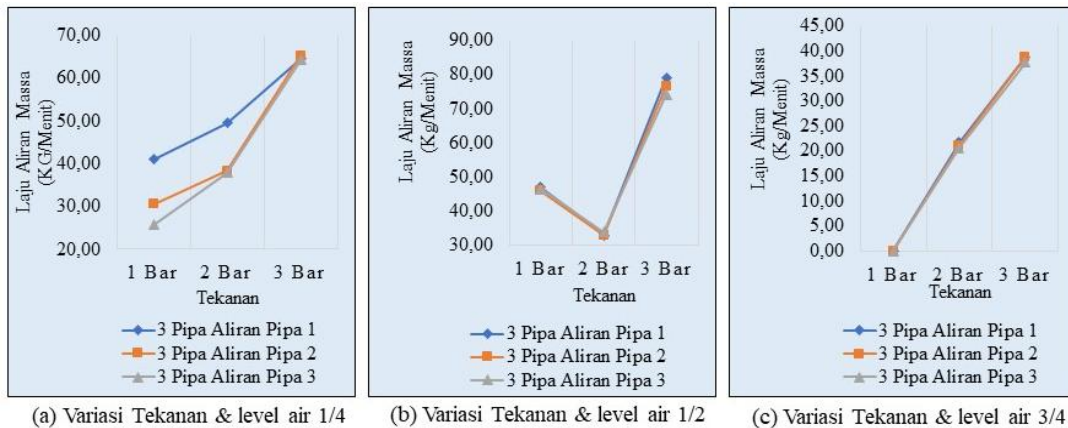
Perbandingan nilai laju aliran massa dari setiap variasi level air pada 3 Tekanan yang berbeda dapat dilihat pada **Gambar 9**. Penambahan level air berdampak pada turunnya laju aliran massa keluar dari pipa. Penambahan tekanan mampu meningkatkan laju aliran massa air keluar pipa. Laju aliran massa terendah terjadi pada level $\frac{3}{4}$ dengan nilai 0,00 Kg/Menit karena sama sekali tidak terjadi aliran. Laju aliran massa tertinggi pada kisaran nilai 74 kg/enit terjadi pada level air $\frac{3}{4}$ dengan kombinasi Tekanan 3 bar. Debit terbagi ke dua jalur

sehingga tekanan efektif berkurang, membuat level air tinggi tidak selalu menghasilkan aliran lebih besar

3.3 Pengaruh Variasi Tekanan dan Level Air Tangki *Hydrophore* Terhadap laju Aliran Massa Air Keluar Melalui 3 Pipa Distribusi

Kinerja pada beban penggunaan air secara maksimal dipelajari dengan menambah jumlah aliran pipa yang dibuka. Hasil pengukuran dan perhitungan laju

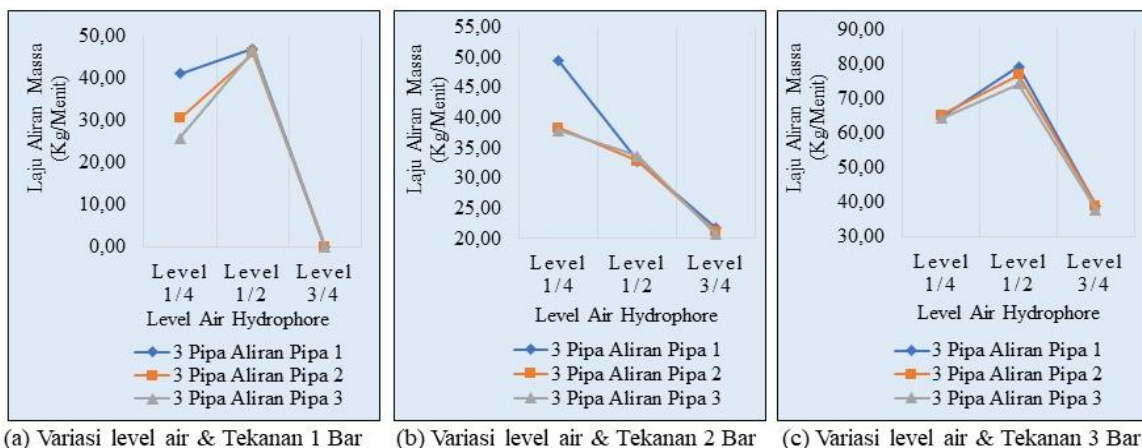
aliran massa dengan 3 aliran pipa bersama disajikan pada **Gambar 10 dan 11**.



Gambar 10. Grafik Laju Aliran Massa Variasi Tekanan dan Level Air 3 Pipa Keluar

Laju aliran massa air 3 aliran pipa yang diperbandingkan pada setiap tekanan dalam tangki dengan perbedaan ketinggian level air disajikan pada **Gambar 10**. Pada level air $\frac{1}{4}$ penambahan tekanan mampu meningkatkan laju aliran massa air. Pada Tekanan 3 Bar nilai laju aliran massa dapat mencapai 65 kg/menit. Pada level air $\frac{1}{2}$ dengan Tekanan 1, 2, dan 3 bar nilai laju aliran massa masing-masing 48, 30, dan 79 kg/menit. Fenomena menarik terjadi penurunan nilai laju aliran massa pada level

$\frac{1}{2}$ dari Tekanan 1 ke 2 dan meningkat lagi pada tekanan 3 bar. Pada level $\frac{3}{4}$ peningkatan nilai laju aliran massa terjadi hanya mencapai 36 Kg/menit pada tekanan 3 bar. Tekanan tangki terbagi ke tiga jalur sehingga pada level air tertentu terjadi penurunan signifikan, namun pada kombinasi level $\frac{1}{2}$ dan tekanan 3 bar justru muncul lonjakan hingga 79 kg/menit, menandakan adanya titik optimum distribusi banyak pipa.



Gambar 11. Grafik Laju Aliran Massa Variasi Level Air dan Tekanan 3 Pipa Keluar

Setiap laju aliran massa air yang keluar melalui 3 pipa dengan level air yang berbeda dilihat kinerjanya pada setiap perubahan Tekanan disajikan pada **Gambar 11**. Tangki *hydrophore* dengan level air $\frac{1}{2}$ memiliki kinerja lebih baik jika dibandingkan dengan level $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$. Pada

Tekanan 1 dan 3 Bar level air $\frac{1}{2}$ besarnya nilai laju aliran massa masing-masing 48 dan 79 kg/menit. Tekanan 1 bar level air $\frac{1}{4}$ sama sekali tidak terdapat aliran air. Fenomena tersebut menunjukkan adanya titik optimum interaksi antara volume air

dan tekanan tangki ketika debit terbagi ke tiga jalur distribusi.

3.4 Analisis Pengaruh Gesekan Dalam Pipa Aliran

Pipa PVC ½" memiliki diameter setara 0,0158 m, dengan kekasaran $\epsilon=1.5 \times 10^{-6}$ m. Laju aliran berdasarkan hasil pengujian sebesar 67,87 sampai 79,69 kg/menit, diperoleh kecepatan aliran 5,8 sampai 6,8 m s⁻¹ dengan nilai bilangan *Reynolds* $9,1 \times 10^4$ hingga $1,1 \times 10^5$ dengan karakteristik aliran turbulen. Hasil perhitungan menunjukkan kehilangan tekanan akibat gesekan sebesar 0,20 sampai 0,79 bar untuk panjang pipa dari 1 sampai 3 m. Besarnya kehilangan ini mencapai 7 sampai 26 % dari tekanan tangki 1 sampai 3 bar, sehingga pengaruh gesekan tidak dapat diabaikan terutama pada tekanan operasi rendah atau pipa berdiameter kecil. Oleh karena itu, dalam perancangan sistem distribusi air *hydrophore* disarankan mempertimbangkan diameter pipa yang lebih besar atau mengurangi panjang lintasan untuk meminimalkan kehilangan tekanan.

Sebuah studi numerik menggunakan *Ansys Fluent* mensimulasikan aliran turbulen melalui pipa bukaan bundar dibandingkan dengan irisan non-bundar. Hasil menunjukkan kehilangan tekanan di pipa bundar mencapai pada kisaran 20% lebih besar [16]. Hal ini dapat dijadikan rujukan bahwa geometri saluran sangat mempengaruhi kerugian gesekan. Studi numerik CFD digunakan mempelajari peningkatan kekasaran permukaan pipa (*roughness height*). Secara langsung kekasaran menaikkan *pressure-drop* pada rentang kecepatan dan konsentrasi partikel tertentu [17]. Implikasi penting bila pipa distribusi di sistem *hydrophore* mengalami degradasi atau *fouling*. Hasil studi secara eksperimen tersebut sangat memungkinkan dilakukan validasi secara numerik berbasis *computational fluid dynamic*.

Kesimpulan

Berdasarkan uraian pembahasan, dan fenomena yang ditemukan selama penelitian tentang *hydrophore* sistem yang divariasikan pada input parameter level air dalam tangki dan tekanan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada kondisi level air dalam tangki ¼ sistem mampu mengalirkan air melalui pipa keluar 1, 2, dan 3 pada setiap variasi Tekanan yang diberikan.
2. Pada kondisi level air dalam tangki ¾ dengan variasi Tekanan 1 bar tidak mampu mengalirkan air ke sistem pipa keluar
3. Penambahan level air mampu meningkatkan nilai laju aliran massa dari air yang mengalir yang harus diimbangi dengan penambahan Tekanan yang diberikan.
4. Variasi level air, Tekanan dalam tangki *hydrophore* dan jumlah pipa aliran sangat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan

Ucapan terimakasih

Ucapan Terima Kasih ditujukan kepada Direktur Politeknik Maritim Negeri Indonesia yang telah memberikan izin dan dukungan pendanaan melalui hibah penelitian Dosen Kompetitif dana DIPA Tahun Anggaran 2025. Apresiasi setinggi-tingginya kami berikan pada tim teknis yang telah membantu pelaksanaan penelitian dari penyusunan proposal hingga selesai tersusunnya laporan dan artikel ilmiah.

Referensi

- [1] Rivaldi, M. (2022). Analisa perhitungan sistem plumbing penyediaan air bersih pada gedung bertingkat 3. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.52447/jktm.v8i1.6462>
- [2] Hu, K., Yang, K., & Zhang, Z. (2023). Study on performance characteristics and influencing factors of four-outlet centrifugal pump. *Academic Journal of Science and Technology*, 8(1), 227–231. <https://doi.org/10.54097/ajst.v8i1.14318>
- [3] Saputra, H. (2020). Rancang bangun

- peralatan uji karakteristik pompa sentrifugal susunan seri dan paralel untuk pembelajaran sistem pompa dan perpipaan. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan*, 2(1), 36–41. <https://doi.org/10.30871/jatra.v2i1.2857>
- [4] Adedeji, K. B., Hamam, Y., Abe, B. T., & Abu-Mahfouz, A. M. (2018). Pressure management strategies for water loss reduction in large-scale water piping networks: A review. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking* (pp. 1–6). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7218-5_33
- [5] Alkindi, H., Santosa, H., & Sutoyo, E. (2023). Analisis head losses pada circulating fluida air dalam dua jenis pipa. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin AME*, 9(1), 51–56.
- [6] Prastowo, H., Santoso, A., Zaman, M. B., & Ramadhan, R. (2019). Design of restobarge garbage and sanitary systems. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 4(1). <https://doi.org/10.12962/j25481479.v4i1.2660>
- [7] Marsudi, M., & Syahrillah, G. R. F. (2018). Perencanaan sistem mekanikal elektrik dan plumbing (MEP) pada gedung bertingkat. *Al-Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 54–59. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v3i1.1392>
- [8] Ariesman, A., Musriwan, M., Herman, S., Rosmita, R., & Juniar, J. (2024). Analysis of water conservation management and plumbing systems at the Stiba Makassar Campus. *Journal of Fisheries and Marine Applied Science*, 2(2), 107–122. <https://doi.org/10.58184/jfmas.v2i2.414>
- [9] Jadmiko, E., Musriyadi, T. B., Amiadji, A., & Ahmad, D. N. (2017). Technical-economic analysis of photovoltaic reverse osmosis planning for fulfillment of fresh water system on Ro-Pax ship. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 1(4), 330–345. <https://doi.org/10.12962/j25481479.v1i4.2633>
- [10] Nugraha, D. K., Setiawan, H., Pratama, A., & Karomah, D. (2024). Rancang bangun sistem penyiraman air otomatis untuk kebun tanaman ruskus di Desa Karyawangi, Kabupaten Bandung Barat. *Madaniya*, 5(2), 337–347. <https://doi.org/10.53696/27214834.764>
- [11] Eka Putra, I., Wardianto, D., & Pratama, A. (2024). Variasi ketinggian sumber air terhadap tekanan dan debit air pompa hidram. *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, 2(2), 77–83. <https://doi.org/10.21063/jtv.2024.2.29>
- [12] Susanto, S., Putra Jaya, A., & Setiyawan, B. K. (2022). Studi kinerja hydrophore tank di atas kapal dengan variasi tekanan kerja dan perbandingan volume air dengan udara. *Jurnal Maritim Polimarin*, 8(1), 65–70. <https://doi.org/10.52492/jmp.v8i1.49>
- [13] Khaeroman, Susanto, & Wantoro, W. B. (2025). Rancang bangun prototype sistem tangki hydrophore kapal niaga sebagai alat praktikum mata kuliah permesinan bantu. *Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 9(1), 6–13.
- [14] Wasposito, W. (2017). Analisa head loss sistem jaringan pipa pada sambungan pipa kombinasi diameter berbeda. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.29406/stek.v8i1.534>
- [15] Junita, B., & Intang, A. (2023). Analisa pengaruh kekerasan permukaan terhadap kapasitas aliran viskositas dan tinggi aliran dalam pipa. *Teknika: Jurnal Teknik*, 9(2), 136. <https://doi.org/10.35449/teknika.v9i2>

- [16] Embiale, M., Bekele, A., Venkatachalam, C., & Parthiban, M. (2021). CFD simulation of pressure drop in turbulence flow of water through circular, square, rectangular and triangular cross-sectional ducts. *Applied Engineering Letters*, 6(1), 39–45.
<https://doi.org/10.18485/aeletters.2021.6.1.5>
- [17] Joshi, T., Parkash, O., & Krishan, G. (2022). Numerical investigation of slurry pressure drop at different pipe roughness in a straight pipe using CFD. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(12), 15391–15414.
<https://doi.org/10.1007/s13369-022-06583-1>