



P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638

JOURNAL MARINE INSIDE

VOLUME 8, ISSUE 1, JUNE 2026

Web: <https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/>

Penggunaan sistem *HydroPen* dan kaitannya dengan penanganan kebakaran pada peti kemas di MV. CMA CGM Xiamen: komparasi empiris sistem *HydroPen* dengan sistem konvensional

Akbar Fadillah*, Purnama NF Lumban Batu, Abdul Rochman

Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta, Indonesia

E-mail koresponden: *akbarfadillah2712@gmail.com

ABSTRAK

Kebakaran peti kemas di atas kapal merupakan salah satu risiko bagi keselamatan maritim, dengan tren yang meningkat seiring dengan kompleksitas muatan dan volume perdagangan global. Keterbatasan sistem pemadam kebakaran konvensional dalam menjangkau api di dalam peti kemas menimbulkan tantangan dalam pemadaman kebakaran. Studi ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efektivitas sistem *HydroPen* dan sistem pemadam kebakaran konvensional, serta menguji tingkat pemahaman awak kapal mengenai penggunaan dan pemeliharaan sistem *HydroPen* di atas MV. CMA CGM Xiamen. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif komparatif. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi, serta dianalisis menggunakan teknik reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil menunjukkan bahwa *HydroPen* memiliki keunggulan signifikan dalam menjangkau sumber api di dalam peti kemas tanpa perlu membukanya, sehingga efektif dan aman dibandingkan sistem konvensional. Namun, efektivitas implementasinya masih dipengaruhi oleh tingkat pemahaman dan kesiapan awak kapal. Selain itu, sistem konvensional tetap memainkan peran pendukung yang penting, khususnya dalam pendinginan eksternal untuk mencegah penyebaran api. Kesimpulan menunjukkan kombinasi antara sistem *HydroPen* dan sistem konvensional merupakan pendekatan yang efektif dalam penanganan kebakaran peti kemas di atas kapal. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kompetensi kru melalui pelatihan serta optimalisasi penggunaan teknologi pemadaman kebakaran untuk pemanfaatan teknologi dengan lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci: *HydroPen*, penanganan kebakaran, peti kemas, keselamatan pelayaran.

ABSTRACT

Container fires on ships represent a growing threat to maritime safety, driven by increasingly complex cargo types and the rising volume of international trade. One of the primary challenges is the inability of traditional firefighting systems to effectively reach flames burning within sealed containers. This study investigates how the *HydroPen* system compares to conventional firefighting methods in terms of effectiveness, while also evaluating crew understanding of its operation and maintenance aboard MV. CMA CGM Xiamen. A qualitative approach with comparative descriptive analysis was employed, gathering data through observation, interviews, and documentation, processed through reduction, presentation, and conclusion techniques. Findings reveal that the *HydroPen* system offers a considerable advantage by penetrating container walls to target the fire source directly, eliminating the need to open containers and thereby reducing risk to personnel. Nevertheless, its overall effectiveness depends heavily on the crew's level of preparedness and technical understanding. Conventional systems



Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

remain relevant, particularly for external cooling that prevents fire from spreading to adjacent containers. The study concludes that integrating both systems delivers the most effective response to container fires, and that enhancing crew training and competency is essential for maximizing the benefits of advanced firefighting technology.

Keywords: *HydroPen, fire fighting, container, maritime safety.*

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i1.221>

Disubmit pada 18/12/2025	Direview pada 01/05/2026	Direvisi pada 08/05/2026
Diterima pada 20/05/2026	Diterbitkan pada 01/06/2026	

PENDAHULUAN

Kebakaran peti kemas di atas kapal merupakan salah satu risiko keselamatan maritim yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan perdagangan internasional berbasis peti kemas. Peningkatan kapasitas kapal peti kemas modern menyebabkan jumlah dan kepadatan muatan yang diangkut semakin besar sehingga proses deteksi, isolasi, dan pemadaman kebakaran menjadi semakin kompleks. Selain mengancam keselamatan awak kapal, kebakaran peti kemas juga berpotensi menimbulkan kerusakan kapal, kehilangan muatan bernilai tinggi, pencemaran lingkungan laut, serta gangguan terhadap rantai pasok global. Oleh karena itu, pencegahan dan penanggulangan kebakaran pada kapal peti kemas menjadi salah satu isu utama dalam keselamatan pelayaran internasional [1].

Laporan Allianz Commercial dalam *Safety and Shipping Review 2025* menunjukkan bahwa kebakaran masih menjadi salah satu penyebab utama kerugian di sektor pelayaran. Kapal peti kemas, kapal pengangkut kendaraan (*car carrier*), dan kapal *roll-on/roll-off (ro-ro)* merupakan jenis kapal yang memiliki tingkat risiko kebakaran paling tinggi. Meskipun berbagai teknologi keselamatan telah diterapkan, karakteristik kapal yang semakin besar serta kompleksitas proses pemadaman dan penyelamatan menyebabkan risiko kebakaran tetap signifikan. Dalam satu dekade terakhir jumlah insiden kebakaran terus mengalami peningkatan hingga mencapai 250 kejadian pada seluruh jenis kapal, dengan sekitar 30% di antaranya terjadi pada kapal peti kemas, kapal kargo, dan kapal *ro-ro*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kebakaran yang berkaitan dengan muatan (*cargo fire*) masih menjadi tantangan serius bagi industri pelayaran dunia [1].

Salah satu penyebab utama kebakaran peti kemas adalah ketidaksesuaian dalam deklarasi muatan berbahaya (*dangerous goods*). Cargo Incident Notification System (CINS) 2025 melaporkan sedikitnya delapan insiden kebakaran pada kapal peti kemas yang berkaitan dengan kesalahan deklarasi barang. Basis data CINS menunjukkan bahwa muatan yang tidak dideklarasikan secara benar sering ditempatkan pada lokasi yang tidak sesuai dengan ketentuan keselamatan, misalnya di dalam palka (*cargo hold*), sehingga menyulitkan proses deteksi dini dan memperbesar risiko penyebaran api. Sebaliknya, apabila barang berbahaya dilaporkan secara akurat sesuai ketentuan internasional, muatan tersebut dapat ditempatkan di atas geladak (*on deck*) atau pada lokasi strategis lainnya sehingga lebih mudah diakses selama proses penanggulangan keadaan darurat [2]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas penanganan kebakaran tidak hanya dipengaruhi oleh sistem pemadam kebakaran yang tersedia, tetapi juga oleh ketepatan pengelolaan dan penempatan muatan sejak tahap perencanaan

pemuatan.

Untuk meningkatkan kemampuan penanggulangan kebakaran pada peti kemas tertutup, telah dikembangkan berbagai teknologi pemadam kebakaran khusus, salah satunya adalah HydroPen Container Fire Fighting System. Berdasarkan panduan operasional HydroPen, sistem ini merupakan perangkat penetrasi dan pemadaman kebakaran yang dirancang untuk menembus dinding peti kemas baja standar sehingga media pemadam, seperti air, busa, atau karbon dioksida (CO₂), dapat langsung disemprotkan ke bagian dalam peti kemas tanpa harus membuka pintunya. Sistem HydroPen terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu HydroPen board, telescopic pole, hole saw, winch, dan carabiner, yang memungkinkan proses pemadaman dilakukan secara lebih aman dengan meminimalkan paparan kru terhadap panas maupun ledakan akibat *flashover* [3].

Meskipun menawarkan berbagai keunggulan, implementasi HydroPen di kapal peti kemas masih menghadapi sejumlah tantangan operasional. Sistem pemadam kebakaran konvensional, seperti *fire hose* dan *portable fire extinguisher*, umumnya hanya efektif untuk memadamkan api pada bagian luar peti kemas karena media pemadam sulit menembus peti kemas yang tertutup rapat. Di sisi lain, konfigurasi penyusunan peti kemas pada kapal berukuran besar, termasuk MV. CMA CGM Xiamen, membatasi akses kru menuju peti kemas yang berada pada bagian tengah maupun lapisan atas tumpukan kontainer. Kondisi tersebut menyebabkan proses pemadaman menjadi lebih sulit, meningkatkan waktu respons, dan berpotensi memperbesar dampak kebakaran apabila tidak segera ditangani secara efektif.

Berbagai penelitian sebelumnya lebih banyak membahas aspek teknis sistem pemadam kebakaran, karakteristik kebakaran muatan, maupun penyebab insiden kebakaran pada kapal peti kemas. Namun, kajian yang mengevaluasi implementasi HydroPen dari perspektif operasional di atas kapal masih relatif terbatas. Khususnya, belum banyak penelitian yang mengkaji persepsi kru kapal terhadap efektivitas HydroPen, hambatan implementasinya dalam kondisi operasional nyata, serta pengalaman penggunaannya dibandingkan dengan sistem pemadam kebakaran konvensional. Padahal, keberhasilan penerapan teknologi keselamatan tidak hanya ditentukan oleh keunggulan teknis peralatan, tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat pemahaman, kesiapan, dan kemampuan kru dalam mengoperasikan serta memelihara sistem tersebut.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, studi ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan HydroPen Container Fire Fighting System dibandingkan dengan sistem pemadam kebakaran konvensional dalam penanganan kebakaran peti kemas di MV. CMA CGM Xiamen. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pemahaman, persepsi, serta pengalaman kru kapal terhadap penggunaan, pengoperasian, dan perawatan HydroPen dalam mendukung keselamatan operasional kapal peti kemas. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan pelayaran dalam meningkatkan strategi penanggulangan kebakaran, sekaligus menjadi masukan bagi pengembangan prosedur keselamatan dan pelatihan awak kapal dalam menghadapi insiden kebakaran peti kemas di masa mendatang.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif komparatif untuk membandingkan penggunaan sistem pemadam kebakaran konvensional dengan HydroPen Container Fire Fighting System dalam penanganan kebakaran peti kemas di atas kapal [4]. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman secara mendalam mengenai implementasi kedua sistem berdasarkan kondisi operasional nyata, pengalaman awak kapal, serta efektivitas penggunaannya selama pelaksanaan *drill* kebakaran. Objek penelitian adalah penggunaan kedua sistem pemadam kebakaran pada saat pelaksanaan *fire drill* di atas MV. CMA CGM Xiamen. Penelitian dilaksanakan selama penulis menjalani praktik laut (*sea practice*) di kapal tersebut selama kurang lebih satu tahun.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung selama pelaksanaan praktik laut, khususnya ketika dilakukan *drill* penggunaan sistem HydroPen maupun sistem pemadam kebakaran konvensional. Selain itu, wawancara terstruktur dilakukan terhadap awak kapal yang terlibat secara langsung dalam pengoperasian kedua sistem untuk memperoleh informasi mengenai prosedur penggunaan, efektivitas, kendala operasional, serta pengalaman mereka selama pelaksanaan latihan. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui studi dokumentasi yang meliputi laporan pelaksanaan *drill*, daftar *crew list*, serta dokumentasi foto penggunaan sistem HydroPen dan sistem konvensional.

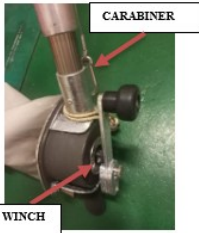
Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengombinasikan observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk meningkatkan validitas temuan penelitian [5]. Observasi dilakukan terhadap pelaksanaan *fire drill* yang menggunakan sistem HydroPen maupun sistem konvensional, termasuk kegiatan inspeksi dan perawatan rutin peralatan yang dilaksanakan oleh perwira kapal. Wawancara dilakukan secara terstruktur dengan awak kapal yang memiliki keterlibatan langsung dalam pengoperasian kedua sistem, yaitu Chief Officer, Third Officer, Boatswain, Able Seaman (AB), dan Ordinary Seaman (OS). Selanjutnya, dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan laporan penggunaan sistem, catatan perawatan peralatan, serta dokumentasi visual selama pelaksanaan *drill* sebagai data pendukung dalam proses analisis.

Analisis data dilakukan menggunakan model analisis interaktif yang meliputi tahapan data condensation, data display, dan conclusion drawing/verification [6]. Data yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi terlebih dahulu direduksi melalui proses pemilihan, penyederhanaan, dan pengelompokan informasi sesuai fokus penelitian. Selanjutnya, data disajikan secara sistematis untuk memudahkan proses perbandingan antara penggunaan sistem HydroPen dan sistem pemadam kebakaran konvensional. Tahap akhir dilakukan dengan menarik serta memverifikasi kesimpulan berdasarkan keterkaitan antarhasil analisis sehingga diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai efektivitas, kelebihan, keterbatasan, serta tantangan implementasi kedua sistem dalam penanganan kebakaran peti kemas di atas MV. CMA CGM Xiamen. Dengan pendekatan tersebut, hasil penelitian diharapkan mampu memberikan informasi yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai dasar pengembangan sistem keselamatan kebakaran pada kapal peti kemas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem HydroPen terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung proses pemadaman kebakaran pada peti kemas tertutup. Setiap komponen memiliki fungsi yang berbeda, mulai dari proses penetrasi dinding peti kemas hingga penyaluran media pemadam ke dalam peti kemas yang terbakar. Ringkasan mengenai komponen utama beserta fungsinya disajikan pada Tabel 1, sedangkan prosedur penggunaan sistem HydroPen pada kondisi peti kemas yang dapat maupun tidak dapat dijangkau secara langsung disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komponen sistem HydroPen.

Nama Komponen	Gambar	Fungsi
HydroPen Board		Menghubungkan <i>fire hose</i> dengan <i>hydrodynamic turbine</i> serta berfungsi sebagai rangka penyangga HydroPen.
Hole Saw		Digunakan untuk menembus dinding baja peti kemas.
Section Lock dan Top Lock		Menyesuaikan panjang <i>telescopic pole</i> dengan ketinggian peti kemas.
Carabiner dan Winch		<i>Carabiner</i> menghubungkan <i>HydroPen Board</i> dengan <i>telescopic pole</i> , sedangkan <i>winch</i> digunakan untuk mengangkat dan memposisikan <i>HydroPen Board</i> pada peti kemas sasaran.
Hydrodynamic Turbine		Menggerakkan <i>hole saw</i> menggunakan tekanan air yang berasal dari <i>fire hose</i> .
Telescopic Pole		Digunakan untuk menempatkan <i>HydroPen Board</i> pada peti kemas yang berada di luar jangkauan langsung, terutama pada tier yang berada di atas <i>lashing bridge</i> .

Tabel 2. Ringkasan prosedur penggunaan sistem HydroPen.

Peti Kemas Dapat Dijangkau	Peti Kemas Tidak Dapat Dijangkau (Tier Atas)
Pasang <i>hole saw</i> pada <i>HydroPen Board</i> .	Pasang <i>hole saw</i> pada <i>HydroPen Board</i> .
Hubungkan <i>fire hose</i> ke <i>HydroPen Board</i> .	Hubungkan <i>fire hose</i> ke <i>HydroPen Board</i> .
Pasang <i>hydrolock body</i> .	Siapkan dan tegakkan <i>telescopic pole</i> .
Kaitkan sistem pada gagang pintu peti kemas.	Atur ketinggian menggunakan <i>section lock</i> dan <i>top lock</i> .
Menjauh dari area kebakaran.	Aktifkan <i>winch</i> dan hubungkan <i>carabiner</i> dengan <i>HydroPen Board</i> .
Buka <i>valve fire hydrant</i> .	Putar <i>winch</i> hingga <i>HydroPen Board</i> mencapai pintu peti kemas.
Tunggu hingga proses pemadaman selesai.	Menjauh dari area kebakaran, buka <i>valve fire hydrant</i> , kemudian tunggu hingga sistem bekerja memadamkan api.

Perbandingan Sistem HydroPen dan Sistem Konvensional

Berdasarkan hasil observasi selama pelaksanaan *fire drill* di atas MV. CMA CGM Xiamen, terdapat tiga aspek utama yang membedakan sistem HydroPen dengan sistem pemadam kebakaran konvensional, yaitu mekanisme kerja, jangkauan pemadaman, dan aspek keselamatan kerja awak kapal. Dari sisi mekanisme kerja, HydroPen memerlukan proses perakitan sebelum digunakan. Tahapan tersebut meliputi pemasangan *hole saw* pada *HydroPen Board*, penyambungan *fire hose*, penyesuaian panjang *telescopic pole* sesuai ketinggian peti kemas, serta pemasangan *HydroPen Board* pada pintu peti kemas. Sebaliknya, sistem konvensional memiliki prosedur yang lebih sederhana karena hanya menggunakan *fire hose* yang dihubungkan langsung dengan *fire hydrant* dan *nozzle*. Meskipun lebih praktis, sistem konvensional tidak mampu mengalirkan media pemadam ke bagian dalam peti kemas yang tertutup.

Dari aspek jangkauan pemadaman, HydroPen menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan sistem konvensional. Penggunaan *telescopic pole* memungkinkan HydroPen menjangkau peti kemas yang berada pada tier paling atas maupun lokasi yang sulit diakses oleh kru. Selain itu, sistem ini mampu menembus dinding baja peti kemas sehingga media pemadam dapat langsung diarahkan ke sumber api di dalam peti kemas. Sebaliknya, sistem konvensional hanya mampu menyemburkan air ke bagian luar peti kemas sehingga efektivitas pemadaman menjadi terbatas apabila sumber api berada di dalam kontainer.

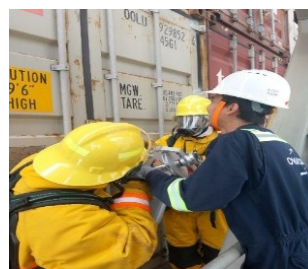
Perbedaan juga terlihat pada aspek **keselamatan kerja**. HydroPen memungkinkan awak kapal melakukan proses pemadaman dari lokasi yang relatif aman karena sistem dapat bekerja secara otomatis setelah dipasang pada peti kemas sasaran. Dengan demikian, paparan kru terhadap panas, asap, maupun risiko ledakan dapat diminimalkan. Sebaliknya, penggunaan sistem konvensional mengharuskan kru tetap berada di dekat lokasi kebakaran selama proses pemadaman berlangsung sehingga tingkat risiko terhadap keselamatan personel menjadi lebih tinggi. Ringkasan perbandingan kelebihan dan kekurangan kedua sistem disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan sistem konvensional dan sistem HydroPen.

Sistem Konvensional		Sistem HydroPen	
Kelebihan	Kekurangan	Kelebihan	Kekurangan
Mudah digunakan dan telah familiar bagi kru.	Tidak mampu menjangkau sumber api di dalam peti kemas tertutup.	Mampu memadamkan api langsung di dalam peti kemas.	Memerlukan pelatihan khusus.
Peralatan tersedia sebagai perlengkapan standar di setiap kapal.	Tidak mampu menjangkau peti kemas pada tier paling atas.	Mampu menjangkau peti kemas pada tier atas menggunakan <i>telescopic pole</i> .	Pengoperasiannya relatif lebih kompleks.
Prosedur penggunaan sederhana.	Kru lebih berisiko terpapar panas dan asap.	Keselamatan kru lebih terjamin karena dapat menjauh dari titik api.	Belum tersedia sebagai perlengkapan standar di seluruh kapal peti kemas.

Persepsi Kru terhadap Penggunaan HydroPen

Hasil wawancara menunjukkan bahwa tingkat pemahaman awak kapal terhadap sistem HydroPen masih relatif rendah dibandingkan dengan sistem pemadam kebakaran konvensional. Sebagian besar responden belum mampu menjelaskan secara rinci mekanisme kerja HydroPen, terutama pada tahap perakitan HydroPen Board, pemasangan HydroPen Pole, serta pengoperasian winch untuk memposisikan *HydroPen Board* secara tepat pada pintu peti kemas. Kondisi tersebut terlihat selama pelaksanaan *fire drill*, di mana beberapa kru masih menunjukkan keraguan dan kurang percaya diri dalam mengoperasikan sistem HydroPen sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kru sedang menggunakan sistem HydroPen.

Sebaliknya, sistem konvensional seperti *fire hose* dan *portable fire extinguisher* telah menjadi bagian dari prosedur keselamatan rutin di atas kapal sehingga lebih dipahami dan lebih sering digunakan oleh seluruh awak kapal. Familiaritas tersebut membuat kru merasa lebih percaya diri ketika menghadapi kondisi darurat meskipun secara teknis sistem konvensional memiliki keterbatasan dalam memadamkan kebakaran yang terjadi di dalam peti kemas tertutup.

Menurut Third Officer di atas MV. CMA CGM Xiamen, aspek perawatan (*maintenance*) HydroPen juga menjadi salah satu kendala utama. Sebagian kru belum memahami prosedur

pemeriksaan komponen utama, pengecekan sistem tekanan air, kesiapan peralatan sebelum digunakan, maupun prosedur perawatan setelah sistem selesai dioperasikan. Berbeda dengan HydroPen, sistem pemadam kebakaran konvensional memiliki prosedur inspeksi dan perawatan yang lebih sederhana serta telah menjadi bagian dari rutinitas keselamatan kapal sehingga lebih mudah dipahami dan diterapkan.

Keterbatasan pemahaman tersebut berdampak langsung terhadap tingkat kepercayaan diri awak kapal dalam menggunakan HydroPen pada kondisi darurat. Sebagian besar kru masih cenderung memilih menggunakan sistem konvensional karena telah terbiasa dengan prosedur operasionalnya, meskipun mereka menyadari bahwa HydroPen memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam menangani kebakaran di dalam peti kemas tertutup. Temuan ini menunjukkan adanya kesenjangan antara keunggulan teknologi HydroPen dengan kesiapan sumber daya manusia dalam mengoperasikan teknologi tersebut. Oleh karena itu, peningkatan kompetensi melalui pelatihan berkala, simulasi operasional, serta pembiasaan penggunaan HydroPen dalam *fire drill* menjadi faktor penting untuk mengoptimalkan implementasi sistem ini pada kapal peti kemas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem HydroPen lebih efektif dibandingkan sistem pemadam kebakaran konvensional dalam menangani kebakaran peti kemas di MV. CMA CGM Xiamen. HydroPen mampu menembus dinding peti kemas sehingga media pemadam dapat langsung mencapai sumber api di dalam ruang tertutup. Kemampuan ini membuat proses pemadaman lebih cepat, efektif, serta meningkatkan keselamatan kru karena mengurangi paparan terhadap panas dan asap. Sebaliknya, sistem konvensional hanya mampu melakukan pemadaman dari bagian luar peti kemas sehingga efektivitasnya terbatas.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa kru menilai HydroPen sebagai teknologi yang lebih efektif dan aman. Namun, tingkat pemahaman dan kepercayaan diri dalam penggunaannya masih terbatas akibat kurangnya pelatihan dan pengalaman operasional. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi HydroPen tidak hanya bergantung pada keunggulan teknologi, tetapi juga pada kompetensi awak kapal dalam mengoperasikan dan merawat sistem tersebut.

Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji efektivitas HydroPen pada berbagai jenis muatan berbahaya, kondisi cuaca, dan tipe kapal dengan pendekatan kuantitatif atau simulasi kebakaran. Selain itu, penyederhanaan desain dan prosedur pengoperasian HydroPen perlu dilakukan agar lebih mudah digunakan dalam kondisi darurat. Perusahaan pelayaran juga disarankan meningkatkan frekuensi pelatihan dan *fire drill* serta melakukan evaluasi berkala terhadap kompetensi kru agar penggunaan HydroPen dapat dioptimalkan dalam penanganan kebakaran peti kemas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allianz Commercial. (2025). *Safety and shipping review 2025*. <https://www.allianz.com>
- [2] Cargo Incident Notification System. (2025). *Cargo Incident Notification System (CINS)*. Retrieved March 6, 2026, from <https://www.cinsnet.com>

- [3] HydroPen System. (2023). *Operating instructions for the HydroPen*. HydroPen System.
- [4] Haryono, C. G. (2020). *Ragam metode penelitian kualitatif komunikasi*. CV Jejak.
- [5] Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. (n.d.). *Metode pengumpulan data penelitian kualitatif*. Retrieved March 9, 2026, from <https://uin-malang.ac.id/r/110601/metode-pengumpulan-data-penelitian-kualitatif.html>
- [6] Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications, Inc.