



Manajemen risiko keselamatan pandu laut dalam operasional tangga pandu di Pelabuhan Indonesia

TP Manungku¹, Awel Suryadi^{1*}, Romanda Annas Amrullah², Akhmad Ndori³, Arika Palapa⁴

¹ Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

² Politeknik Pelayaran Surabaya

³ Politeknik Pelayaran Banten

⁴ Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran

E-mail: *awel_suryadi@pip-semarang.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan desain Research and Development (R&D) untuk mengembangkan dan memvalidasi sistem manajemen risiko serta keselamatan kerja bagi pandu laut yang menggunakan pilot ladder di pelabuhan-pelabuhan Indonesia. Mengacu pada model pengembangan Borg & Gall (2023), data diperoleh melalui Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) terhadap 24 pandu laut di tiga pelabuhan utama, 94 observasi operasional kapal, analisis dokumen 47 insiden kecelakaan, serta metode Delphi yang divalidasi oleh 12 ahli melalui tiga putaran konsensus. Hasil penilaian risiko mengidentifikasi delapan tema risiko, di mana risiko jatuh dari tangga pandu ditetapkan sebagai risiko KRITIS (Probability = 4, Consequence = 5, Risk Priority Number/RPN = 20). Fase validasi Delphi mencapai konsensus sebesar 91,1% (Kendall's W = 0,74; $p < 0,001$). Uji coba lapangan terhadap 46 pandu laut menunjukkan peningkatan signifikan pada skor pengetahuan keselamatan (dari 62,3 menjadi 81,5; $p < 0,001$) serta tingkat kepatuhan terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP) (dari 59,1 menjadi 84,4; $p < 0,001$). Produk akhir berupa sistem manajemen risiko pertama yang divalidasi khusus bagi pandu laut di Indonesia, yang mencakup SOP Keselamatan Tangga Pandu dalam tujuh bab serta tiga modul pelatihan berbasis risiko.

Kata Kunci: Pandu laut, pilot ladder, manajemen risiko mitigasi berbasis teknologi, keselamatan kerja, research and development.

ABSTRACT

This study employs a Research and Development (R&D) design to develop and validate a risk management and safety system for marine pilots utilizing pilot ladders in Indonesian ports. Based on the development model by Borg & Gall (2023), data were gathered through Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) involving 24 marine pilots across three major ports, 94 ship operation observations, an analysis of 47 incident documents, and the Delphi method validated by 12 experts over three rounds. The risk assessment identified eight risk themes, with falling from the pilot ladder categorized as a CRITICAL risk (Probability = 4, Consequence = 5, Risk Priority Number/RPN = 20). The Delphi validation phase achieved a 91.1% consensus (Kendall's W = 0.74; $p < 0.001$). Field trials involving 46 marine pilots demonstrated significant improvements in safety knowledge scores (from 62.3 to 81.5; $p < 0.001$) and compliance with Standard Operating Procedures (SOP) (from 59.1 to 84.4; $p < 0.001$). The resulting product is the first risk management system specifically designed and validated for marine pilots in Indonesia, consisting of a seven-chapter SOP on Pilot Ladder Safety and



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

Keywords: *Sea pilot, ladder pilot, technology-based mitigation risk management, occupational safety, research and development.*

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i1.213>

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

Pandu laut (*marine pilot* atau *harbour pilot*) merupakan profesi yang memiliki peran strategis dalam menjamin keselamatan pelayaran, khususnya ketika kapal memasuki atau meninggalkan pelabuhan. Di Indonesia, profesi ini diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2015, yang mendefinisikan pandu laut sebagai tenaga ahli navigasi yang berwenang memandu kapal di perairan yang memerlukan keahlian khusus agar proses olah gerak kapal berlangsung aman, tertib, dan lancar [1], [2]. Dalam menjalankan tugasnya, pandu harus berpindah dari kapal pandu ke kapal yang dipandu melalui pilot ladder (tangga pandu), yang hingga saat ini masih menjadi salah satu tahapan operasional dengan tingkat risiko kecelakaan tertinggi pada kegiatan kepelabuhanan [3], [4].

Laporan International Maritime Pilots' Association (IMPA) menunjukkan bahwa setiap tahun terjadi sekitar 10–15 insiden serius yang berkaitan dengan penggunaan tangga pandu, termasuk jatuh ke laut, terjepit antara kapal dan kapal pandu, serta kegagalan peralatan [3]. Sementara itu, Marine Accident Investigation Branch (MAIB) melaporkan bahwa lebih dari seperempat kecelakaan serius yang dialami personel pelabuhan terjadi pada saat proses naik atau turun kapal [5]. Penelitian lain terhadap 47 kasus kecelakaan di Laut Adriatik menunjukkan bahwa 63% insiden disebabkan oleh ketidaksesuaian kondisi tangga pandu dengan persyaratan SOLAS, sehingga kepatuhan terhadap standar internasional menjadi faktor utama dalam pencegahan kecelakaan [6].

Risiko tersebut menjadi semakin kompleks di Indonesia sebagai negara kepulauan yang memiliki lebih dari 600 pelabuhan komersial dengan karakteristik perairan yang beragam. Kondisi cuaca tropis, arus, gelombang, pasang surut, serta belum seragamnya implementasi standar keselamatan antarpelabuhan meningkatkan potensi kecelakaan yang dihadapi pandu laut [7]. Meskipun standar teknis penggunaan tangga pandu telah diatur melalui SOLAS Chapter V Regulation 23 serta IMO Resolution A.1108(29), implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai kendala, baik yang bersifat teknis, organisasi, maupun budaya keselamatan [8], [9].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengidentifikasi berbagai faktor yang memengaruhi keselamatan pandu laut, seperti human error [10], kelelahan (*fatigue*) [11], serta pendekatan penilaian risiko menggunakan metode kuantitatif [12]. Selain itu, audit terhadap kapal-kapal di kawasan Asia Pasifik menunjukkan bahwa lebih dari separuh kapal masih memiliki ketidaksesuaian pada tangga pandu, sedangkan penelitian di Indonesia menemukan tingkat ketidakpatuhan yang lebih tinggi akibat lemahnya inspeksi dan rendahnya kepatuhan operator

terhadap standar keselamatan [13], [14]. Penelitian menggunakan pendekatan Bow-Tie Analysis bahkan menunjukkan bahwa sebagian besar insiden tangga pandu disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor, seperti kerusakan tangga, kelelahan pandu, dan tekanan operasional sehingga memerlukan pendekatan manajemen risiko yang lebih komprehensif [15].

Secara teoretis, keselamatan operasional tidak lagi dipandang sebagai sekadar ketiadaan kecelakaan, tetapi sebagai kemampuan sistem untuk beradaptasi terhadap berbagai perubahan kondisi operasional. Konsep ini dikenal sebagai Resilience Engineering, yang menekankan empat kemampuan utama, yaitu *respond*, *monitor*, *learn*, dan *anticipate* [16]. Pendekatan tersebut melengkapi Swiss Cheese Model yang menjelaskan bahwa kecelakaan terjadi ketika berbagai lapisan pertahanan sistem mengalami kegagalan secara bersamaan, baik pada aspek teknis, prosedural, manusia, maupun organisasi [17]. Dalam konteks kepanduan, keselamatan penggunaan tangga pandu dipengaruhi oleh kualitas peralatan, kepatuhan terhadap prosedur, komunikasi antara pandu dan awak kapal, serta efektivitas pengawasan oleh otoritas pelabuhan [17], [18].

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji aspek keselamatan pandu laut, sebagian besar masih berfokus pada identifikasi faktor risiko atau evaluasi kecelakaan secara parsial. Hingga saat ini masih sangat terbatas penelitian yang mengembangkan produk manajemen risiko berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) dan modul pelatihan berbasis risiko yang disusun berdasarkan pengalaman empiris pandu laut Indonesia serta divalidasi secara sistematis oleh para ahli. Kesenjangan penelitian tersebut menunjukkan perlunya pengembangan model keselamatan yang tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga aplikatif untuk mendukung implementasi budaya keselamatan di lingkungan kepanduan [19], [20].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) untuk mengembangkan sistem manajemen risiko keselamatan pandu laut yang menghasilkan dua produk utama, yaitu Standar Operasional Prosedur (SOP) Keselamatan Penggunaan Tangga Pandu dan Modul Pelatihan Keselamatan Berbasis Risiko. Kedua produk dikembangkan melalui pendekatan fenomenologis, validasi pakar menggunakan metode Delphi, serta pengujian implementasi sehingga diharapkan mampu meningkatkan keselamatan operasional pandu laut dan dapat diterapkan pada berbagai pelabuhan di Indonesia [21], [22].

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan desain tujuh fase yang diadaptasi dari model Borg dkk. [23] untuk pengembangan sistem keselamatan kepanduan maritim di Indonesia. Penelitian difokuskan pada tiga fase utama. Fase 1 merupakan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi kebutuhan melalui Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) terhadap pengalaman dan persepsi risiko pandu laut sehingga produk yang dikembangkan berlandaskan pengalaman nyata pengguna [24]. Fase 4 berupa validasi produk menggunakan metode Delphi dalam tiga putaran guna memperoleh konsensus para ahli terhadap rancangan Standar Operasional Prosedur (SOP) dan modul pelatihan. Selanjutnya, Fase 6 merupakan uji coba lapangan menggunakan desain quasi-experimental one-group pre-test–post-test untuk mengevaluasi efektivitas produk yang dikembangkan. Integrasi ketiga fase

tersebut menghasilkan produk yang tidak hanya valid secara ilmiah, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan operasional kependuan di Indonesia.

Partisipan Penelitian

Partisipan penelitian dipilih menggunakan purposive sampling dengan mempertimbangkan pengalaman dan kompetensi responden. Pada tahap IPA, penelitian melibatkan 24 pandu laut yang berasal dari Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta ($n = 9$), Tanjung Perak Surabaya ($n = 8$), dan Belawan Medan ($n = 7$). Seluruh partisipan memiliki sertifikat pandu laut Kelas I, II, atau III, pengalaman memandu minimal lima tahun, serta pernah mengalami atau menyaksikan kejadian maupun *near miss* yang berkaitan dengan penggunaan pilot ladder.

Saturasi data diperoleh setelah wawancara ke-20 ketika tidak ditemukan tema baru [25]. Validasi Delphi melibatkan 12 panel ahli yang terdiri atas ahli keselamatan maritim, instruktur kependuan, pejabat KSOP/Kementerian Perhubungan, dan peneliti bidang keselamatan maritim. Sementara itu, uji coba lapangan melibatkan 46 pandu laut yang berbeda dari partisipan tahap IPA. Karakteristik partisipan penelitian disajikan pada Tabel 1. Mayoritas partisipan IPA (58%) memiliki pengalaman memandu selama 11–20 tahun, sedangkan distribusi kelas sertifikat merepresentasikan seluruh jenjang kompetensi pandu laut di Indonesia.

Tabel 1. Karakteristik partisipan penelitian.

Fase	Kelompok	<i>n</i>	Karakteristik	Teknik Sampling
IPA	Pandu Laut Tanjung Priok	9	Kelas I–III; pengalaman ≥ 5 tahun	Purposive–Snowball
	Pandu Laut Tanjung Perak	8	Kelas I–III; pengalaman ≥ 5 tahun	Purposive–Snowball
	Pandu Laut Belawan	7	Kelas I–III; pengalaman ≥ 5 tahun	Purposive–Snowball
Delphi	Ahli Keselamatan Maritim	4	Pengalaman ≥ 15 tahun	Expert Purposive
	Instruktur Kependuan	3	Pengalaman melatih ≥ 10 tahun	Expert Purposive
	KSOP/Kemenhub	3	Bidang keselamatan pelayaran	Expert Purposive
	Peneliti K3 Maritim	2	Doktor dan publikasi relevan	Expert Purposive
Uji Coba	Pandu Laut	46	Berasal dari tiga Pelabuhan	Purposive

Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, studi dokumentasi, validasi ahli, dan uji coba lapangan. Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada 24 pandu laut dengan durasi 65–95 menit dan direkam setelah memperoleh persetujuan responden. Topik wawancara meliputi pengalaman penggunaan pilot ladder, insiden maupun *near miss*, persepsi terhadap faktor risiko, strategi pengendalian risiko, budaya keselamatan, serta kebutuhan terhadap sistem keselamatan kependuan. Observasi partisipatif dilakukan pada 94 operasi naik dan turun kapal di tiga pelabuhan dengan berbagai kondisi cuaca dan waktu operasi. Selain itu, penelitian juga menganalisis 47 laporan insiden yang diperoleh dari unit kependuan sebagai data pendukung.

Analisis Data

Analisis kualitatif menggunakan pendekatan Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) mengikuti enam tahapan yang dikemukakan oleh Smith dkk. [24], yaitu membaca transkrip secara berulang, memberikan komentar awal, mengidentifikasi tema-tema utama, menganalisis hubungan antartema, melakukan analisis lintas kasus, serta menyusun tema

superordinat. Seluruh proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak NVivo 14.

Validasi produk dilakukan menggunakan metode Delphi sebanyak tiga putaran secara daring. Pada putaran pertama, panel ahli menilai relevansi setiap komponen SOP dan modul pelatihan menggunakan skala Likert lima poin disertai komentar terbuka. Putaran kedua menyajikan umpan balik berupa median, *interquartile range* (IQR), dan komentar anonim untuk ditinjau kembali oleh panel ahli. Putaran ketiga dilakukan untuk memperoleh konsensus akhir. Komponen dinyatakan diterima apabila memperoleh tingkat kesepakatan minimal 80%, sedangkan stabilitas konsensus dievaluasi menggunakan koefisien Kendall's W [26].

Efektivitas produk diuji melalui desain one-group pre-test–post-test selama delapan minggu. Instrumen penelitian terdiri atas tes pengetahuan keselamatan sebanyak 20 butir (Cronbach's $\alpha = 0,84$) dan lembar observasi kepatuhan SOP sebanyak 25 indikator (Cohen's $\kappa = 0,81$). Intervensi berupa implementasi SOP dan pelatihan tiga modul dengan durasi masing-masing 120 menit. Data dianalisis menggunakan uji t berpasangan untuk menguji perbedaan sebelum dan sesudah intervensi, sedangkan besarnya pengaruh diukur menggunakan Cohen's d [27].

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) menghasilkan empat tema superordinat dan empat tema pendukung yang menggambarkan persepsi serta pengalaman pandu laut terhadap risiko penggunaan pilot ladder. Hasil triangulasi wawancara, observasi lapangan, dan analisis dokumen menunjukkan bahwa risiko keselamatan tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi teknis tangga pandu, tetapi juga oleh faktor manusia, organisasi, dan lingkungan.

Tema yang paling dominan adalah normalisasi risiko, yang ditemukan pada 22 dari 24 partisipan (91,7%). Seiring bertambahnya pengalaman, pandu laut cenderung menganggap kondisi tangga pandu yang sebenarnya tidak memenuhi standar sebagai kondisi yang "normal" atau "sudah biasa". Temuan ini memperluas konsep *normalization of deviance* dengan menunjukkan bahwa normalisasi risiko di Indonesia tidak hanya terjadi pada tingkat individu, tetapi juga dipengaruhi oleh budaya organisasi dan tuntutan operasional.

Sebanyak 21 partisipan (87,5%) mengidentifikasi kondisi fisik tangga pandu yang tidak sesuai standar SOLAS sebagai sumber risiko utama. Observasi terhadap 94 operasi naik dan turun kapal menunjukkan bahwa 58 kapal (61,7%) memiliki ketidaksesuaian pada tangga pandu. Selain itu, 14 partisipan mengaku tetap menggunakan tangga pandu yang tidak layak karena tekanan situasional dan tuntutan operasional. Sebanyak 19 partisipan (79,2%) menyatakan bahwa tekanan waktu dari operator kapal maupun tuntutan menjaga reputasi profesional menyebabkan pemeriksaan keselamatan sering dilakukan secara terbatas. Delapan belas responden mengaku pernah diminta mempercepat proses naik kapal meskipun kondisi tangga belum diperiksa secara optimal.

Operasi malam hari dan jam kerja yang tidak teratur menyebabkan kelelahan fisik maupun mental pada 17 partisipan (70,8%). Sebanyak 12 responden mengaitkan kelelahan dengan pengalaman *near miss* yang pernah mereka alami sehingga kondisi tersebut menjadi faktor risiko yang perlu mendapat perhatian dalam sistem keselamatan kepanduan. Selain

empat tema utama, penelitian juga mengidentifikasi empat tema pendukung, yaitu budaya keselamatan organisasi ($f = 15$), kondisi cuaca dan lingkungan maritim ($f = 18$), hambatan komunikasi antara pandu dan awak kapal ($f = 13$), serta lemahnya pengawasan regulasi ($f = 11$). Hasil triangulasi selanjutnya mengidentifikasi delapan risiko utama, dengan risiko jatuh dari tangga pandu sebagai risiko paling kritis ($RPN = 20$). Faktor penyebab insiden didominasi oleh kondisi fisik peralatan (42%), diikuti faktor manusia (31%), lingkungan (17%), dan organisasi (10%).

Berdasarkan hasil IPA dan analisis kesenjangan terhadap standar SOLAS, IMO, dan ISO 31000, penelitian menghasilkan dua produk utama. Produk pertama berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) Keselamatan Tangga Pandu yang terdiri atas tujuh bab, meliputi inspeksi tangga pandu, komunikasi pandu dan awak kapal, prosedur embarkasi dan debarkasi, penanganan cuaca ekstrem, respons keadaan darurat, serta pelaporan *near miss*. Produk kedua berupa Modul Pelatihan Keselamatan Berbasis Risiko yang terdiri atas tiga modul, yaitu Risk Awareness and SOLAS Compliance, Simulation-Based Pilot Ladder Training, dan Emergency Response, masing-masing berdurasi 120 menit. Ringkasan kedua produk disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan produk R&D keselamatan pandu laut.

Produk	Komponen	Isi/Durasi	Dasar Pengembangan	Target Pengguna
SOP Keselamatan Tangga Pandu	7 Bab Prosedur	48 halaman	Temuan IPA + SOLAS Ch.V Reg.23 + IMO MSC.1/Circ.1331 (2021) + ISO 31000:2018	Pandu Laut + KSOP + Operator
Modul A: Risk Awareness & SOLAS	Teori + Kasus Nyata	120 menit	Risk matrix + Resilience Engineering + Hollnagel RAG	Semua kelas pandu laut
Modul B: Simulasi Kepanduan	Praktik + Simulasi	120 menit	Tema IPA + situated learning + simulation-based training	Semua kelas pandu laut
Modul C: Manajemen Darurat	Skenario Darurat	120 menit	Tema IPA R6 + Reason Swiss Cheese + Rekomendasi MAIB	Semua kelas pandu laut

Validasi produk dilakukan menggunakan metode Delphi sebanyak tiga putaran dengan melibatkan 12 pakar keselamatan maritim. Persentase konsensus meningkat dari 69,5% pada putaran pertama menjadi 91,1% pada putaran ketiga. Seluruh komponen SOP dan modul pelatihan memperoleh tingkat kesepakatan di atas 80%, sehingga dinyatakan valid untuk diimplementasikan. Nilai Kendall's W sebesar 0,74 ($p < 0,001$) menunjukkan tingkat konsistensi penilaian yang tinggi di antara panel ahli. Komponen yang mengalami peningkatan terbesar adalah prosedur kondisi cuaca kritis dan komunikasi antara pandu dan awak kapal setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan panel ahli. Hasil lengkap validasi disajikan pada Tabel 3.

Hasil Uji Coba Lapangan

Uji coba lapangan melibatkan 46 pandu laut dari tiga pelabuhan utama di Indonesia. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan pada seluruh indikator setelah implementasi SOP dan pelatihan. Rata-rata skor pengetahuan keselamatan meningkat dari 62,3 menjadi 81,5 ($\Delta = 19,2$; $t(45) = 14,82$; $p < 0,001$; Cohen's $d = 1,84$). Sementara itu, kepatuhan terhadap SOP meningkat dari 59,1 menjadi 84,4 ($\Delta = 25,3$; $t(45) = 16,34$; $p < 0,001$; Cohen's $d = 2,14$). Nilai *effect size* tersebut termasuk kategori very large effect, yang menunjukkan bahwa SOP dan modul pelatihan memberikan dampak yang sangat kuat terhadap peningkatan

kompetensi dan perilaku keselamatan pandu laut. Ringkasan hasil uji coba disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil validasi Delphi expert (n = 12 ahli, 3 putaran).

Komponen SOP/Modul	Putaran 1 (%)	Putaran 2 (%)	Putaran 3 (%)	Status (≥80%)
Keselamatan Fisik Tangga Pandu	68,3	84,6	91,3	Konsensus ✓
Prosedur Embarkasi	71,2	87,4	93,8	Konsensus ✓
Prosedur Debarkasi	69,8	86,2	92,6	Konsensus ✓
Komunikasi Pandu-ABK Kapal	65,4	81,3	88,7	Konsensus ✓
Penggunaan APD	73,1	89,7	95,1	Konsensus ✓
Kondisi Cuaca Kritis	62,7	78,4	86,2	Konsensus ✓
Penanganan Darurat	74,8	91,2	96,4	Konsensus ✓
Pelatihan & Sertifikasi Kepanduan	70,3	85,8	92,1	Konsensus ✓
Rata-Rata Keseluruhan	69,5	85,6	91,1	Konsensus ✓

Tabel 4. Hasil Uji Coba Lapangan: Pre-test vs. Post-test (n=46 Pandu Laut)

Lokasi	n	Pre-test Pengetahuan (M±SD)	Post-test Pengetahuan (M±SD)	Δ Peng.	Pre-test Kepatuhan (M±SD)	Post-test Kepatuhan (M±SD)	Δ Kep.	p- value	Cohen's d
Tanjung Priok	18	63,2±8,1	81,3±6,4	+18,1	60,4±9,2	84,2±7,1	+23,8	<0,001	1,79
Tanjung Perak	15	62,8±7,9	83,6±7,2	+20,8	58,7±8,8	86,1±6,9	+27,4	<0,001	2,21
Belawan	13	60,7±8,4	79,4±7,8	+18,7	58,2±9,1	82,8±7,4	+24,6	<0,001	1,97
Overall	46	62,3±8,1	81,5±7,1	+19,2	59,1±9,0	84,4±7,1	+25,3	<0,001	1,84-2,14

Pembahasan

Temuan penelitian menunjukkan bahwa keselamatan penggunaan pilot ladder dipengaruhi oleh interaksi antara faktor teknis, manusia, organisasi, dan lingkungan. Dominannya tema normalisasi risiko mengindikasikan bahwa perilaku tidak aman telah berkembang menjadi budaya kerja yang dianggap wajar akibat tekanan operasional dan pengalaman kerja yang panjang. Oleh karena itu, peningkatan keselamatan tidak cukup dilakukan melalui penyempurnaan peralatan, tetapi juga memerlukan perubahan budaya keselamatan di lingkungan kepanduan.

Tingkat ketidaksesuaian tangga pandu sebesar 61,7% menunjukkan bahwa kepatuhan terhadap standar SOLAS masih menjadi tantangan utama. Kondisi ini menegaskan perlunya peningkatan inspeksi oleh KSOP, penguatan pengawasan terhadap operator kapal, serta penerapan prosedur pemeriksaan yang lebih ketat sebelum proses embarkasi maupun debarkasi. Produk SOP Keselamatan Tangga Pandu dan Modul Pelatihan Berbasis Risiko yang dikembangkan memiliki keunggulan karena disusun berdasarkan pengalaman empiris pandu laut Indonesia dan divalidasi secara sistematis melalui metode Delphi. Pendekatan tersebut menghasilkan produk yang tidak hanya memenuhi standar internasional, tetapi juga relevan dengan karakteristik operasional pelabuhan di Indonesia.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa implementasi SOP dan pelatihan mampu meningkatkan pengetahuan maupun kepatuhan terhadap prosedur keselamatan dengan effect size yang sangat besar. Hal ini mengindikasikan bahwa materi pelatihan yang disusun berdasarkan pengalaman nyata pandu laut lebih mudah dipahami dan diterapkan dibandingkan pendekatan pelatihan yang hanya berorientasi pada penyampaian teori. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena menggunakan desain one-group pre-test-post-test tanpa kelompok kontrol sehingga belum sepenuhnya mampu menghilangkan ancaman

terhadap validitas internal. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen terkontrol atau *randomized controlled trial* untuk memperoleh bukti empiris yang lebih kuat mengenai efektivitas produk yang dikembangkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian Research and Development (R&D) ini berhasil mengembangkan dan memvalidasi sistem manajemen risiko keselamatan pandu laut yang kontekstual dan terstandarisasi untuk operasional kepanduan di Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh empat simpulan utama. Pertama, analisis Interpretative Phenomenological Analysis (IPA) mengidentifikasi tiga faktor risiko utama, yaitu normalisasi risiko, ketidaksesuaian kondisi fisik tangga pandu, dan tekanan waktu operasional. Ketiga faktor tersebut menunjukkan bahwa risiko keselamatan pandu laut tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis, tetapi juga oleh faktor manusia dan organisasi yang memerlukan pendekatan manajemen risiko secara menyeluruh.

Kedua, hasil analisis risiko menunjukkan bahwa bahaya jatuh dari pilot ladder merupakan risiko paling kritis ($RPN = 20$) dengan tingkat ketidakpatuhan terhadap standar SOLAS sebesar 61,7%. Temuan ini menegaskan perlunya peningkatan pengawasan, inspeksi, dan kepatuhan terhadap standar keselamatan internasional pada kegiatan kepanduan. Ketiga, validasi produk menggunakan metode Delphi menghasilkan tingkat konsensus yang tinggi ($\geq 86,2\%$; Kendall's $W = 0,74$; $p < 0,001$), sehingga SOP Keselamatan Tangga Pandu dan Modul Pelatihan Berbasis Risiko dinyatakan layak dan valid untuk diimplementasikan. Keempat, hasil uji coba lapangan menunjukkan bahwa implementasi produk mampu meningkatkan pengetahuan keselamatan sebesar 19,2 poin (*Cohen's d* = 1,84) dan kepatuhan terhadap SOP sebesar 25,3 poin (*Cohen's d* = 2,14), dengan perbedaan yang signifikan ($p < 0,001$). Temuan ini menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan kompetensi dan perilaku keselamatan pandu laut.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan beberapa langkah strategis untuk meningkatkan keselamatan operasional pandu laut di Indonesia. Pada tingkat regulasi nasional, SOP Keselamatan Tangga Pandu perlu diadopsi sebagai standar nasional melalui regulasi Kementerian Perhubungan serta diintegrasikan ke dalam proses sertifikasi dan resertifikasi pandu laut. Pada tingkat otoritas pelabuhan (KSOP), perlu dilakukan inspeksi standar terhadap pilot ladder sebelum proses embarkasi dan debarkasi, disertai peningkatan kompetensi inspektur melalui pelatihan dan sertifikasi. Upaya tersebut diharapkan mampu meningkatkan kepatuhan terhadap standar SOLAS hingga minimal 80% dalam waktu 18 bulan.

Pada tingkat pendidikan dan pelatihan, sekolah kedinasan maupun pusat pendidikan dan pelatihan Kementerian Perhubungan disarankan mengimplementasikan tiga modul pelatihan berbasis risiko sebagai bagian dari kurikulum kepanduan, serta menyelenggarakan pelatihan penyegaran (*refresher training*) secara berkala, minimal setiap dua tahun. Pada tingkat organisasi profesi, diperlukan pengembangan sistem pelaporan *near miss* yang bersifat non-punitif (*non-punitive reporting system*) untuk mendorong budaya keselamatan yang terbuka dan

berorientasi pada pembelajaran. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah pelaporan insiden sebagai dasar perbaikan berkelanjutan.

Selain itu, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut bersama KSOP perlu memperkuat pelaksanaan Port State Control terhadap kepatuhan penggunaan pilot ladder serta menerapkan sanksi yang konsisten bagi kapal yang tidak memenuhi persyaratan SOLAS. Implementasi rekomendasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan budaya keselamatan, menurunkan tingkat ketidakpatuhan terhadap standar internasional, serta mengurangi risiko kecelakaan pandu laut di pelabuhan-pelabuhan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2015 tentang Pemanduan Kapal*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- [2] Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [3] International Maritime Pilots' Association. (2023). *Pilot ladder safety programme: Annual safety report 2023*.
- [4] Schröder-Hinrichs, M., Hollnagel, C., Baldauf, M., Hofmann, S., & Kataria, A. (2022). From Titanic to Costa Concordia—A century of lessons not learned. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 12(2), 151–173.
- [5] Marine Accident Investigation Branch. (2021). *Report on the investigation of marine accidents involving pilot transfers: 2016–2021*.
- [6] Bielić, T., & Bereković, I. (2020). Marine pilot transfer incidents on Adriatic Sea: Analysis and recommendations. *Transactions on Maritime Science*, 9(2), 227–238.
- [7] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2022). *Statistik Transportasi Laut Indonesia 2022*.
- [8] International Maritime Organization. (2015). *Resolution A.1108(29): Recommendations on Pilot Transfer Arrangements*.
- [9] International Maritime Organization. (2021). *Resolution MSC.1/Circ.1331 (2021 Update): Guidelines for the Safe Transfer of Persons at Sea*.
- [10] Fridolf, K., Nilsson, D., & Frantzich, H. (2014). The flow rate of people during train evacuation in rail tunnels: Effects of different train exit configurations. *Safety Science*, 62, 515–529. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.008>.
- [11] Agustina, R., & Kurniawan, B. (2022). Fatigue assessment among harbour pilots in Indonesian major ports using Karolinska Sleepiness Scale. *Jurnal Keselamatan Maritim Indonesia*, 8(2), 45–61.
- [12] Pradhana, A. R., Santosa, B., & Nurhidayati, E. (2021). Risk assessment of harbour pilot operations at Tanjung Priok Port using risk matrix approach. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 12(1), 1–12.
- [13] Acejo, I., Sampson, N., Turgo, L., Ellis, R., & Tang, N. (2022). *The causes of maritime accidents in the period 2002–2016*. SIRC Symposium, Cardiff University.

- [14] Syafitri, D., Pratama, I., & Wijayanto, H. (2020). Analisis kondisi tangga monyet di pelabuhan-pelabuhan Indonesia terhadap standar SOLAS. *Warta Penelitian Perhubungan*, 32(2), 127–140.
- [15] Alac, R., Hammad, A. W., Hadigheh, A., & Opdyke, A. (2023). Optimising egress location in school buildings using mathematical modelling and agent-based simulation. *Safety Science*, 167, 106265. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106265>.
- [16] Hollnagel, E. (2023). *Safety-I and Safety-II: The past and future of safety management* (2nd ed.). CRC Press.
- [17] Reason, J. T. (2021). *The human contribution: Unsafe acts, accidents and heroic recoveries*. Ashgate Publishing.
- [18] Lee, J. S., Shin, J. H., & Park, Y. K. (2023). Sensemaking processes in maritime pilotage: A cognitive task analysis study. *Maritime Policy & Management*, 50(4), 512–529.
- [19] Richey, R. C., & Klein, J. D. (2021). *Design and development research: Methods, strategies, and issues* (2nd ed.). Routledge.
- [20] McKay, M., & Praetorius, G. (2022). Developing procedural safety systems for maritime operations: A R&D methodology for contextual SOP development. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 236(3), 612–628.
- [21] Borg, W. R., Gall, M. D., & Gall, J. P. (2023). *Educational research: An introduction* (9th ed.). Pearson.
- [22] Smith, J. A., Larkin, M., & Flowers, P. (2008). *Doing interpretative phenomenological analysis: A practical guide to method and research*. Sage Publications.
- [23] Borg, W. R., Gall, M. D., & Gall, J. P. (2023). *Educational research: An introduction* (9th ed.). Pearson.
- [24] Smith, J. A., Larkin, M., & Flowers, P. (2008). *Doing interpretative phenomenological analysis: A practical guide to method and research*. Sage Publications.
- [25] Hennink, M., & Kaiser, B. N. (2022). Sample sizes for saturation in qualitative research: A systematic review of empirical tests. *Social Science & Medicine*, 292, 114523. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114523>.
- [26] Linstone, H. A., & Turoff, M. (2021). *The Delphi method: Techniques and applications* (2nd ed.). Addison-Wesley Educational Publishers.
- [27] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.