

Penilaian Risiko Keselamatan Navigasi dan Identifikasi Area Konflik *Black Spot* di Kawasan Bersejarah Kota Siak

Wahyudi^{1✉}, Agus Alisa Putra²

Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai ^(1,2)

✉ Corresponding author: wahyudi011926@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas pelayaran di Sungai Siak, khususnya pada Kawasan Bersejarah Kota Siak, berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan navigasi yang dapat mengancam keselamatan pelayaran serta kelestarian infrastruktur cagar budaya di sepanjang bantaran sungai. Kondisi alur yang sempit, tikungan tajam, keterbatasan jarak pandang (*blind spot*), dan tingginya lalu lintas kapal menjadi faktor utama munculnya area konflik (*black spot*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi area konflik beserta faktor-faktor bahaya navigasi, serta menilai tingkat risiko keselamatan pelayaran pada masing-masing titik bahaya berdasarkan Tabel *Risk Matrix*. Penelitian menggunakan pendekatan *mixed method* dengan menerapkan tahap *Hazard Identification* dan *Risk Assessment* dari metode HIRARC, melalui observasi lapangan, wawancara pakar (*expert judgment*), dan analisis matriks risiko berdasarkan standar AS/NZS 4360:2004. Hasil penelitian menunjukkan bahwa segmen tikungan Sungai Siak ditetapkan sebagai titik rawan konflik navigasi utama berdasarkan konvergensi hasil observasi lapangan, konsensus wawancara pakar, catatan insiden historis, serta justifikasi teknis hidrodinamika. Enam bahaya utama teridentifikasi, yaitu keterbatasan jarak pandang, radius tikungan tajam, penyempitan alur, arus kuat pada sisi luar tikungan, perubahan arus akibat pasang surut, dan kecepatan kapal berlebih. Parameter keterbatasan jarak pandang memperoleh nilai risiko tertinggi sebesar 15 dengan kategori *Extreme Risk*, sehingga memerlukan perhatian prioritas dalam manajemen keselamatan navigasi di kawasan bersejarah tersebut.

Kata Kunci: *black spot*; HIRARC; keselamatan navigasi; penilaian risiko; Sungai Siak

ABSTRACT

The increasing intensity of navigation activity on the Siak River, particularly within the Historic Area of Siak City, raises the potential for navigation accidents that may threaten both maritime safety and the preservation of cultural heritage infrastructure along the riverbank. The narrow channel, sharp bends, limited visibility (blind spots), and high vessel traffic are the main factors behind the emergence of navigation conflict areas (black spots). This study aims to identify the location of conflict areas and navigation hazard factors, and to assess the safety risk level at each hazard point using a Risk Matrix. A mixed-method approach was applied using the Hazard Identification and Risk Assessment stages of the HIRARC method, through field observation, expert judgment interviews, and risk matrix analysis based on the AS/NZS 4360:2004 standard. The results show that the bend segment of the Siak River was established as the primary navigation conflict point, based on the convergence of field observation, expert consensus, historical incident records, and hydrodynamic justification. Six main hazards were identified: limited visibility, an overly sharp bend radius, channel narrowing, stronger currents on the outer side of the bend, tidal-induced current changes, and excessive vessel speed. The limited-visibility parameter obtained the highest risk score of 15, categorized as Extreme Risk, indicating the need for priority attention in navigation safety management in the historic area.

Keyword: *black spot*; HIRARC; navigation safety; risk assessment; Siak River

PENDAHULUAN

Transportasi sungai merupakan urat nadi logistik dan mobilitas yang krusial bagi konektivitas daerah kepulauan dan pesisir di Indonesia, namun intensitas pelayaran yang terus meningkat di wilayah sungai sempit sering kali tidak dibarengi jaminan keselamatan yang memadai. Komite Nasional Keselamatan Transportasi mencatat terdapat 76 kasus kecelakaan kapal di Indonesia selama periode 2019-2023 yang didominasi oleh insiden tubrukan dan kapal kandas (KNKT, 2023), sementara data BPS (2024) menunjukkan tren peningkatan arus lalu lintas angkutan perairan di Provinsi Riau. Alur pelayaran yang terbatas serta rintangan fisik sungai menjadi tantangan tersendiri bagi nakhoda dalam melakukan olah gerak kapal secara aman, sehingga keselamatan navigasi dipengaruhi oleh interaksi dinamis antara faktor lingkungan perairan, keandalan teknis kapal, dan elemen manusia sebagai operator (Lasse, 2014; Tarwaka, 2014).

Fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah tingginya potensi tubrukan kapal niaga dan tongkang di alur Sungai Siak yang melintasi Kawasan Bersejarah Kota Siak. Geometri sungai yang berkelok dan sempit pada lokasi ini rentan memicu insiden pelayaran akibat keterbatasan ruang bebas manuver bagi kapal berdimensi besar (Ginting, 2022; Wahyuda, 2019). Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji keselamatan pelayaran pada alur sungai sempit, misalnya penerapan *Formal Safety Assessment* di Sungai Kapuas (Dalimunthe et al., 2021) dan evaluasi faktor penyebab kecelakaan di alur pelayaran barat Surabaya (Haryanto & Purwitasari, 2018), tetapi kajian tersebut umumnya membatasi dampak keparahan hanya pada kondisi kapal, awak, dan lingkungan perairan tanpa mempertimbangkan keberadaan infrastruktur cagar budaya. Kesenjangan ini menjadi lebih signifikan mengingat penelitian yang secara spesifik memetakan *black spot* navigasi dengan pendekatan *mixed method* di segmen sungai berstatus kawasan bersejarah masih sangat terbatas (Andry et al., 2014; Tampubolon et al., 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi lokasi area konflik (*black spot*) beserta faktor-faktor bahaya (*hazard*) navigasi pelayaran di Kawasan Bersejarah Kota Siak, dan (2) menilai tingkat risiko (*risk assessment*) pada masing-masing titik bahaya tersebut berdasarkan Tabel Risk Matrix standar AS/NZS 4360:2004.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed method* yang mengombinasikan analisis kuantitatif dan kualitatif dengan menerapkan tahap awal metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC), yaitu identifikasi bahaya dan penilaian risiko (Urrohmah, 2019; Setyawan, 2019). Objek penelitian berfokus pada segmen perairan sungai sempit (*restricted waterways*) yang berpotensi memicu kegagalan olah gerak kapal berdimensi besar di alur Sungai Siak yang melintasi Kawasan Bersejarah Kota Siak, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Penelitian dilaksanakan selama empat bulan, dari awal Februari hingga akhir Mei 2026.

Data primer dikumpulkan melalui tiga teknik, yaitu observasi lapangan menggunakan GPS dan lembar catatan lapangan untuk memetakan kondisi fisik alur dan titik rawan; wawancara semi-terstruktur dengan pakar (*expert judgment*) yang dipilih secara purposive sampling, terdiri atas Nakhoda Pandu Sungai, perwakilan Dinas Perhubungan, dan petugas Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan (KSOP) (Koentjaraningrat, 1993; Bungin, 2011); serta dokumentasi visual kondisi alur dan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP). Data sekunder diperoleh dari KSOP Kelas II Pekanbaru, Dinas Perhubungan, Dinas Pariwisata, dan Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera III, berupa peta navigasi, data pasang surut, data sebaran cagar budaya, serta peta batimetri dan topografi sungai.

Analisis data dilakukan secara bertahap. Tahap identifikasi bahaya (*hazard identification*) dilakukan dengan memadukan hasil observasi lapangan, konsensus wawancara pakar, catatan insiden historis, serta justifikasi teknis hidrodinamika untuk menetapkan lokasi *black spot* dan mendata potensi bahaya pada segmen tersebut. Tahap penilaian risiko (*risk assessment*) dilakukan menggunakan kuesioner berskala

ordinal 1-5 yang diisi oleh panel pakar untuk menilai nilai probabilitas (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) pada setiap hazard, kemudian nilai risiko dihitung dengan rumus $Risiko = Likelihood \times Severity$ (Ramli, 2010; Hopkin, 2018) dan dipetakan ke dalam Matriks Risiko 5×5 berdasarkan standar AS/NZS 4360:2004 untuk menghasilkan kategori *Low*, *Moderate*, *High*, atau *Extreme Risk*. Validitas isi instrumen kuesioner diuji menggunakan *Content Validity Ratio* (CVR) dan *Content Validity Index* (CVI) berdasarkan kriteria Lawshe (Simbolon et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan Titik Rawan Konflik Navigasi (*Black Spot*)

Observasi lapangan pada kawasan penelitian mengidentifikasi tiga segmen yang berpotensi menjadi area konflik navigasi, yaitu segmen tikungan, segmen dermaga apung wisata, dan segmen aktivitas masyarakat. Segmen tikungan menunjukkan karakteristik perubahan arah alur yang tajam sehingga jarak pandang nakhoda menjadi terbatas (*blind spot*) dan kapal dari arah berlawanan tidak dapat terlihat secara langsung. Hasil wawancara dengan lima pakar dari unsur KSOP, Dinas Perhubungan, dan nakhoda/operator kapal secara konsisten menyepakati bahwa segmen tikungan merupakan lokasi paling rawan, dengan alasan utama berupa keterbatasan jarak pandang dan perubahan arus akibat pasang surut. Kesepakatan ini diperkuat oleh catatan insiden historis berupa kejadian kapal menabrak skywalk pada tahun 2024 tepat di segmen tersebut, serta justifikasi hidrodinamika bahwa geometri tikungan yang tajam pada perairan terbatas (*restricted waterways*) memunculkan gaya sentrifugal dan tekanan hidrodinamis asimetris (*Bank Effect*) pada badan kapal (Ramadhannur et al., 2024; Asmara et al., 2023). Konvergensi empat garis bukti tersebut, yaitu observasi lapangan, konsensus multi-pihak, insiden historis, dan justifikasi hidrodinamika, menjadikan segmen tikungan ditetapkan sebagai titik rawan konflik navigasi (*black spot*) utama di Kawasan Bersejarah Kota Siak.

Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara pakar, teridentifikasi enam potensi bahaya pada segmen tikungan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Potensi Bahaya pada Segmen Tikungan

No	Potensi Bahaya (<i>Hazard</i>)	Potensi Risiko	Kategori Bahaya
1	Jarak pandang terbatas (<i>blind spot</i>)	Tabrakan (<i>collision</i>)	Bahaya Geometrik Alur
2	Radius tikungan terlalu tajam	Tabrakan (<i>collision</i>)	Bahaya Geometrik Alur
3	Penyempitan alur pada area tikungan	Kandas (<i>grounding</i>)	Bahaya Geometrik Alur
4	Arus lebih kuat pada sisi luar tikungan	Tabrakan (<i>collision</i>)	Bahaya Hidrodinamika
5	Perubahan arus akibat pasang surut	Kandas (<i>grounding</i>)	Bahaya Hidrodinamika
6	Kecepatan kapal terlalu tinggi saat memasuki tikungan	Tabrakan (<i>collision</i>)	Bahaya Human Error

Merujuk pada klasifikasi bahaya pelayaran sungai, keenam potensi bahaya tersebut dikelompokkan ke dalam kategori *Navigational and Operational Hazard*. Jarak pandang terbatas, radius tikungan tajam, dan penyempitan alur termasuk kategori bahaya geometrik alur; arus kuat dan perubahan arus akibat pasang surut merepresentasikan bahaya hidrodinamika; sedangkan kecepatan kapal yang berlebih murni bersumber dari human error nakhoda. Klasifikasi ini sejalan dengan temuan Dedo (2025) dan Rahmad et al. (2024) yang juga menempatkan faktor kesalahan manusia sebagai kontributor signifikan pada risiko kecelakaan pelayaran, di samping faktor kondisi alur dan lingkungan perairan. Seluruh butir *hazard* tersebut telah diuji validitas isinya oleh tiga pakar dengan hasil *Content Validity Index* (CVI) sebesar 1,00,

yang menurut kriteria Lawshe termasuk kategori sangat sesuai (Simbolon et al., 2023), sehingga layak digunakan pada tahap penilaian risiko selanjutnya.

Hasil Penilaian dan Analisis Risiko (*Risk Assessment*)

Penilaian risiko dilakukan dengan menghitung nilai *likelihood* (L) dan *severity* (S) dari setiap *hazard* berdasarkan penilaian panel pakar, kemudian dikalikan untuk memperoleh *Risk Rating* ($RR = L \times S$). Hasil penilaian risiko disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penilaian Risiko Menggunakan Matriks HIRARC

No	Potensi Bahaya	Potensi Risiko	L	S	RR (L×S)	Kategori
1	Jarak pandang terbatas (<i>blind spot</i>)	Tabrakan	5	3	15	<i>Extreme</i>
2	Radius tikungan terlalu tajam	Tabrakan	4	2	8	<i>High</i>
3	Penyempitan alur pada area tikungan	Kandas	4	3	12	<i>High</i>
4	Arus lebih kuat pada sisi luar tikungan	Tabrakan	3	2	6	<i>Moderate</i>
5	Perubahan arus akibat pasang surut	Kandas	3	2	6	<i>Moderate</i>
6	Kecepatan kapal terlalu tinggi	Tabrakan	3	2	6	<i>Moderate</i>

Hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa parameter keterbatasan jarak pandang di area tikungan menempati peringkat risiko tertinggi dengan skor 15 (*Extreme Risk*), diikuti oleh penyempitan alur dengan skor 12 (*High Risk*) dan radius tikungan terlalu tajam dengan skor 8 (*High Risk*). Tiga parameter lainnya, yaitu arus kuat pada sisi luar tikungan, perubahan arus akibat pasang surut, dan kecepatan kapal berlebih, berada pada kategori *Moderate Risk* dengan skor 6. Tingginya nilai risiko pada parameter jarak pandang terbatas sejalan dengan temuan Asmara et al. (2023) dan Nursyamsu et al. (2022) bahwa keterbatasan visibilitas pada alur sempit secara signifikan meningkatkan probabilitas tubrukan kapal (*ship-to-ship collision*), terutama pada situasi berhadapan (*head-on situation*) antara kapal berdimensi besar.

Secara hidrodinamika, tingginya risiko pada segmen tikungan dapat dijelaskan melalui fenomena *Bank Effect*, di mana kedekatan lambung kapal dengan tebing sungai pada alur sempit menimbulkan gaya hisap buritan dan tolakan haluan yang dapat menyebabkan hilangnya kendali arah kapal (Wahid et al., 2023). Kondisi ini diperparah oleh *Squat Effect* pada area penyempitan alur dan saat air surut, yang menyebabkan penurunan jarak bebas vertikal (*Under Keel Clearance*) sehingga meningkatkan risiko kandas, sebagaimana juga dilaporkan pada studi alur sempit Sungai Barito (Ramadhannur et al., 2024). Selain ancaman terhadap kapal, kecepatan kapal berlebih yang menimbulkan gelombang buritan (*wash effect*) turut menjadi perhatian karena berpotensi merusak struktur infrastruktur cagar budaya di sepanjang bantaran sungai, sebuah aspek keparahan yang jarang dipertimbangkan pada kajian risiko navigasi umum (Andry et al., 2014; Dalimunthe et al., 2021).

Model perkalian Risiko = Likelihood × Severity yang digunakan (Ramli, 2010) mampu menggambarkan efek gabungan (*compounding effect*) antara probabilitas dan keparahan dampak secara lebih realistis dibandingkan model penjumlahan, sehingga bahaya dengan nilai *likelihood* dan *severity* yang sama-sama tinggi, seperti keterbatasan jarak pandang pada segmen tikungan Sungai Siak, menghasilkan nilai risiko yang meningkat secara eksponensial. Kategori risiko yang mengacu pada standar baku AS/NZS 4360:2004 memberikan basis pembandingan yang objektif, sehingga hasil penilaian risiko pada penelitian ini konsisten dengan pendekatan yang digunakan pada kajian risiko maritim lain

menggunakan metode HIRARC maupun *Formal Safety Assessment* (Dalimunthe et al., 2021; Setyawan, 2019; Waruwu, 2024). Temuan ini menegaskan bahwa segmen tikungan Sungai Siak memerlukan prioritas penanganan tertinggi dalam manajemen keselamatan navigasi di Kawasan Bersejarah Kota Siak.

KESIMPULAN

Titik rawan konflik navigasi utama (*black spot*) di Kawasan Bersejarah Kota Siak ditetapkan pada segmen tikungan alur sungai, dengan faktor bahaya meliputi radius tikungan tajam, penyempitan alur, keterbatasan jarak pandang, aktivitas crossing kapal, arus kuat akibat pasang surut, dan kecepatan kapal berlebih. Hasil penilaian risiko menunjukkan bahwa keterbatasan jarak pandang di area tikungan memperoleh skor risiko tertinggi (15) dengan kategori *Extreme Risk*, sehingga memerlukan prioritas mitigasi. Temuan ini memperkuat urgensi penerapan manajemen risiko navigasi proaktif berbasis HIRARC pada perairan terbatas yang berdekatan dengan infrastruktur cagar budaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, serta kepada pihak Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan (KSOP), Dinas Perhubungan, dan operator kapal wisata Kota Siak atas kesediaannya menjadi narasumber pakar dan mendukung proses pengumpulan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andry, M. A., dkk. (2014). Implementasi Kebijakan Keselamatan Pelayaran di Perairan Sungai Siak. *Jurnal Administrasi Pembangunan*, 2(3), 227-360.
- Asmara, I. P. S., dkk. (2023). Navigational Safety Assessment in Channel Based on Course Over Ground and Trajectory. *Biblioteka Nauki (Open Access)*.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Provinsi Riau Dalam Angka 2024. <https://riau.bps.go.id>
- Dalimunthe, A. R., Lestari, A. D., & Meirany, J. (2021). Manajemen Risiko Keselamatan Pelayaran di Alur Pelayaran Sungai Kapuas dengan Metode Formal Safety Assessment (FSA). *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 10(1).
- Dedo, S. D. (2025). Model Kuantitatif Keselamatan Pelayaran: Dominasi Faktor Manusia di Pelabuhan Tanjung Emas.
- Ginting, A. (2022). Analisa Olah Gerak MV. Tanto Hemat Saat Memasuki Alur Pelayaran Sempit di Sungai Siak Guna Menghindari Tubrukan. *Dinamika Bahari*.
- Haryanto, D., & Purwitasari, D. (2018). Analisa Faktor Penyebab Kecelakaan Pelayaran di Alur Pelayaran Barat Surabaya Tahun 2013-2017. *Jurnal 7 Samudra*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.54992/7samudra.v3i1.25>
- Hopkin, P. (2018). *Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management*. Kogan Page.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2023). Laporan Tahunan Komite Nasional Keselamatan Transportasi Tahun 2023. <https://knkt.go.id>
- Lasse, D. A. (2014). Keselamatan Pelayaran di Lingkungan Teritorial Pelabuhan dan Pemanduan Kapal. PT RajaGrafindo Persada.
- Nursyamsu, Kustina, A., & Darajat, A. (2022). Pengaruh Olah Gerak MV. Sarana Lintas Utama Saat Memasuki Alur Pelayaran Dangkal dan Sempit. *Journal Marine Inside*, 4, 20-32. <https://doi.org/10.56943/ejmi.v4i1.39>
- Rahmad, R., Sihombing, S., Sonny, I., & Sijabat, E. A. S. (2024). Pencegahan Risiko Kecelakaan dan Kepatuhan Peraturan Keselamatan Kapal Pelayaran Internasional. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(1), 39. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v1i1.1244>

- Ramadhannur, M. R., Mudiyanto, M., & Wiyono, T. (2024). Optimization of Prevention of Hazards MV. Meratus Kariangau Ship Running Across Entering the Narrow Waterflow of the Barito River. *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, 15(1), 107-120. <https://doi.org/10.30649/japk.v15i1.127>
- Ramli, S. (2010). *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Management*. Dian Rakyat.
- Setyawan, D. (2019). Penerapan Metode HIRARC Berbasis Analisis Statistik Multivariant dalam Studi Risiko K3 pada Proses Reparasi Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, Universitas Diponegoro.
- Simbolon, H., dkk. (2023). Validasi Isi Pengembangan Instrumen Evaluasi Kualitas Program Menggunakan Content Validity Ratio (CVR). *Nutrix E-Journal Unklab*.
- Tampubolon, A. J., Budijono, B., & Fauzi, M. (2024). Kandungan Mikroplastik pada Kolom Air di Sungai Siak Provinsi Riau. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 13(2), 218-224.
- Tarwaka. (2014). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja: Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Harapan Makmur.
- Urrohmah, D. S. (2019). Identifikasi Bahaya dengan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) dalam Upaya Memperkecil Risiko. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin UNESA*, 8(1), 34-40.
- Wahid, A., Jinca, M. Y., Rachman, T., & Malisan, J. (2023). Implementation of Safety Management System on Traditional Shipping for Strengthening the Blue Economy. *E3S Web of Conferences*, 425. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342503002>
- Waruwu, H. A. (2024). Analisis dan Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja di PT. Cahaya Baru Shipyard dengan Metode Hazard Identification Risk Assessment & Risk Control (HIRARC).
- Wahyuda. (2019). *Analisa dan Penerapan Peraturan Pencegahan Tubrukan di Laut (P2TL) pada Alur Pelayaran Sempit Sungai Siak*. Skripsi Program Diploma IV Nautika, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.