

Analisis Risiko Tubrukan Kapal pada Wilayah Sekitar Ibukota Nusantara dengan Menggunakan Data *Automatic Identification System*

Egbert Edward Djajasasana¹, Alberto², Joe Ronald Kurniawan Bokau^{*,3},
Abdy Kurniawan⁴

¹Program Studi Nautika, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Jalan Tentara Pelajar No. 173, Makassar, Indonesia

²Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Jalan Tentara Pelajar No. 173, Makassar, Indonesia

³Division of Navigation Convergence Studies, National Korea Maritime and Ocean University
727 Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan, South Korea

⁴Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Jalan Tentara Pelajar No. 173, Makassar, Indonesia

*E-mail: joeronald.kb@g.kmou.ac.kr

Diterima: 2 Desember 2024, direvisi: 6 Mei 2025, disetujui: 4 Juni 2025,
tersedia daring: 25 Juni 2025, diterbitkan: 30 Juni 2025

Abstrak

Pembangunan wilayah Ibu Kota Nusantara (IKN) di Kalimantan Timur sebagai program prioritas pemerintah akan berdampak kepada peningkatan lalu lintas kapal di Selat Makassar, yang berpotensi meningkatkan risiko tubrukan kapal. Penelitian ini menganalisis risiko terjadinya tubrukan kapal akibat dari kepadatan lalu lintas kapal pada wilayah perairan IKN khususnya di wilayah antara Balikpapan dan Samarinda. Data *Automatic Identification System* (AIS) selama 7 hari berturut-turut pada tahun 2024 dianalisis menggunakan model *Potential Assessment of Risk* (PARK) berdasarkan *ship encounter situation*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapal akan bergerak pada area dengan kepadatan yang tinggi dengan rata-rata CPA 149 meter dan TCPA 57 detik yang menunjukkan interaksi kapal dengan kapal lainnya yang saling berdekatan tidak dapat dihindari. Keterbatasan ruang olah gerak kapal pada situasi ini diinterpretasikan pada kategori 5 atau “sedikit berbahaya”. Rekomendasi untuk menurunkan risiko terjadinya tubrukan kapal dapat diawali dengan membenahi *human error* melalui peningkatan kompetensi dan *awareness* kru kapal terkait navigasi dan potensi bahaya tubrukan, serta dilanjutkan dengan peningkatan pengawasan, pembenahan infrastruktur dan zonasi perairan.

Kata kunci: analisis risiko pelayaran, lalu lintas pelayaran, transportasi laut, wilayah Ibu Kota Nusantara.

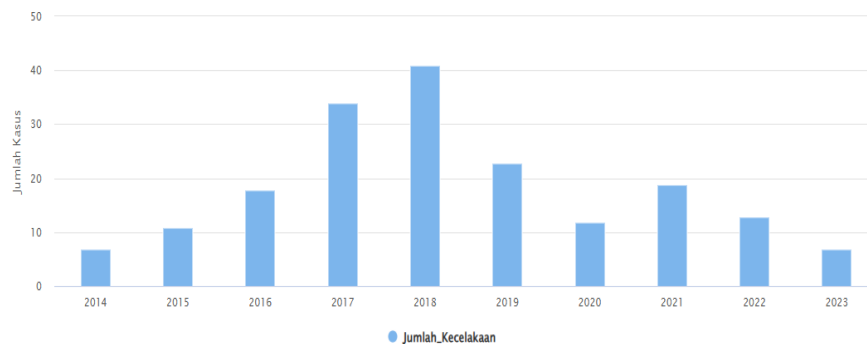
Abstract

Ship Collision Risk Analysis on Nusantara Capital City's Water Territory Using Automatic Identification System Data: The development of Nusantara Capital City (IKN) in East Kalimantan as a government priority program is expected to increase ship traffic in the Makassar Strait, which in turn raises the risk of ship collisions. This study analyzes collision risks arising from traffic density in IKN waters, particularly along the route between Balikpapan and Samarinda. Automatic Identification System (AIS) data collected over seven consecutive days in 2024 were analyzed using the Potential Assessment of Risk (PARK) model based on ship encounter situations. The results indicate that vessels operate in high-density areas with an average CPA of 149 meters and TCPA of 57 seconds, suggesting unavoidable close interactions among ships. Limited maneuvering space under these conditions is classified as Category 5 or “slightly dangerous.” To mitigate collision risks, the study recommends reducing human error through improved crew competence and awareness of navigation and collision hazards, supported by enhanced supervision, infrastructure improvements, and shipping lane zoning.

Keywords: nusantara capital city, sea transportation, ship collision risk, ship traffic.

1. Pendahuluan

Rencana pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) ke Kalimantan pertama kali disampaikan oleh Presiden Joko Widodo dalam pidato kenegaraan pada sidang bersama Dewan Perwakilan Daerah (DPD) dan Dewan Perwakilan Rakyat (DPR) [1]. Sejak diumumkannya rencana tersebut, Ibu Kota Nusantara di Kalimantan Timur menjadi pusat perhatian dan perdebatan publik dari berbagai kalangan, baik yang bersifat mendukung maupun kritis [2]. Pembangunan infrastruktur yang masif di IKN akan membutuhkan material yang banyak berasal dari luar Kalimantan sehingga angkutan laut akan menjadi salah satu pendukung utama distribusi logistik kegiatan pembangunan di IKN [3][4]. Kondisi ini akan menciptakan peningkatan lalu lintas kapal di Selat Makassar yang juga berstatus sebagai Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) II. Pada wilayah pesisir Kalimantan Timur yang juga akan menjadi area pengembangan IKN terdapat beberapa pelabuhan *outlet* seperti Balikpapan dan Samarinda, jauh sebelum adanya pembangunan IKN kedua pelabuhan ini sudah saling terkoneksi melalui angkutan laut misalnya untuk



Sumber: [6]

Gambar 1. Jumlah kecelakaan kapal pada periode 2014-2023

angkutan batubara. Peningkatan atau kepadatan lalu lintas kapal yang terfokus pada area tertentu akan berpotensi menciptakan musibah pelayaran seperti tubrukan kapal [5].

Kecelakaan kapal dapat dikatakan sebagai *event* tahunan di Indonesia yang selalu menjadi tantangan yang harus diatasi untuk mencapai target *zero accident*. Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) pada gambar diatas menunjukkan *trendline* ke kondisi aktual cenderung menurun, namun secara kumulatif jumlah kecelakaan kapal akan bersifat fluktuatif.

Sebagaimana pola data yang ditampilkan pada periode 2014-2023. Berdasarkan basis data yang sama dapat diidentifikasi jenis kecelakaan kapal yang terjadi, dan tubrukan kapal juga merupakan jenis kecelakaan dengan proporsi sekitar 17.5 %.

Penelitian ini akan menganalisis tingkatan risiko terjadinya tubrukan kapal yang ditimbulkan sebagai dampak dari kegiatan navigasi kapal pada area yang terbatas, yang diharapkan dapat memberikan manfaat bagi dukungan kebijakan maupun manajemen operasional bagi seluruh *stakeholder* yang terkait dengan kegiatan dan keselamatan pelayaran khususnya di wilayah perairan IKN. Tinjauan literasi untuk identifikasi awal yang digunakan berupa rujukan primer dari penelitian sebelumnya yang memiliki kesamaan dengan topik yang akan diteliti dilakukan untuk memperkuat substansi penelitian serta komparasi untuk menemukan *research gap*.

Selat Makassar sebagai ALKI II memiliki peran strategis dalam kegiatan perdagangan internasional yang menghubungkan Asia dan Australia dan dapat dimanfaatkan untuk kapal niaga sehingga mampu memberikan keuntungan secara ekonomi, untuk itu perlu mendapatkan perhatian khusus dari aspek manajemen keselamatan pelayaran karena juga mempertimbangkan kondisi geografis wilayah perairan ini yang termasuk rawan dari aspek keamanan dan keselamatan pelayaran [7][8][9]. Dari berbagai data historis kecelakaan kapal masih dominan disebabkan oleh aspek manusia terutama kru kapal yang memiliki peran penting untuk mengoperasikan kapal secara aman sehingga mampu memberikan nilai tambah yang berkelanjutan untuk perusahaannya, untuk itu diperlukan kompetensi yang baik dan kemampuan tambahan untuk mengenali berbagai risiko yang mungkin terjadi pada *voyage* terutama risiko tubrukan kapal [10][11].

Potensi kejadian tubrukan kapal dapat dianalisis melalui berbagai pendekatan probabilistik dan simulasi navigasi kapal yang telah menjadi metode yang sangat berguna dalam mengukur, menguji dan mengoptimalkan kebijakan navigasi, taktik, serta prosedur operasional dalam skenario yang terkendali untuk mengidentifikasi risiko tubrukan kapal yang dapat menjadi potensi ancaman keselamatan pelayaran. Dalam program simulasi, model navigasi kapal dan model alur pelayaran kapal dapat dikembangkan untuk mensimulasikan situasi navigasi kapal pada kondisi alur pelayaran padat [12]. Untuk simulasi digunakan beberapa data yang menggambarkan kondisi aktual yang terjadi dalam kegiatan pelayaran seperti dimensi alur pelayaran, *shipcall*, kegiatan bongkar muat, aturan navigasi dan pasang surut di sungai, profil kapal, karakteristik terminal, kecepatan kapal, jarak pandang, serta penggunaan *big data* navigasi dari AIS kapal [13][14][15]. Simulasi dan probabilistik tubrukan kapal dapat dianalisis secara empiris dengan berbagai metode seperti *Marine Traffic Complexity Model*, *Bayesian Network*, *Kinematics Feature-Based Vessel Conflict Ranking Operator* (KF-VCRO), *Accidental Limit State* (ALS), *Potential Assessment of Risk* (PARK) model, dan *Traffic Base Model* [14][16][17][18][19][20]. Output dari berbagai metode analisis akan menghasilkan informasi yang menampilkan pendekatan jumlah

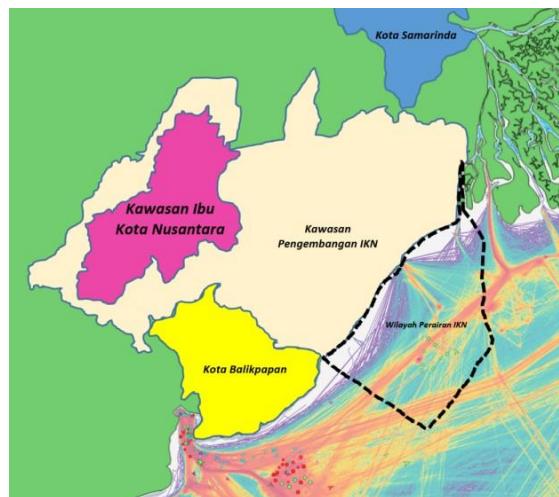
kecelakaan yang diharapkan, lokasi dan waktu kejadian yang paling mungkin terjadi pada kondisi alur pelayaran padat.

Berdasarkan tinjauan terhadap beberapa rujukan primer diatas dapat diidentifikasi bahwa terdapat kesamaan substansi pada penelitian [7]-[20] yang menegaskan bahwa indikator yang akan diteliti pada penelitian ini telah memiliki landasan ilmiah. Selain itu ditemukan bahwa terdapat beberapa perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terutama dari aspek metode analisis [14][16][17][18][20] dimana pada penelitian ini akan menggunakan PARK model [19] yang akan diuraikan lebih lengkap pada bagian selanjutnya. Terdapat penelitian dengan topik yang sama pada wilayah Indonesia namun menggunakan metode dan lokasi yang berbeda [16][20]. Persamaan yang ditemukan pada penelitian sebelumnya akan memperkuat penelitian ini secara substansi, sementara beberapa perbedaan menunjukkan bahwa konsep penelitian yang akan dilaksanakan akan mengisi *research gap* dan secara umum mengarah kepada indikasi awal bahwa penelitian yang akan dilaksanakan untuk menganalisis risiko tubrukan kapal dengan metode PARK model pada wilayah perairan IKN berbasis data AIS kapal belum pernah dilaksanakan sebelumnya, sehingga akan menjadi sebuah penelitian yang memberikan *novelty* atau kebaruan.

2. Metodologi

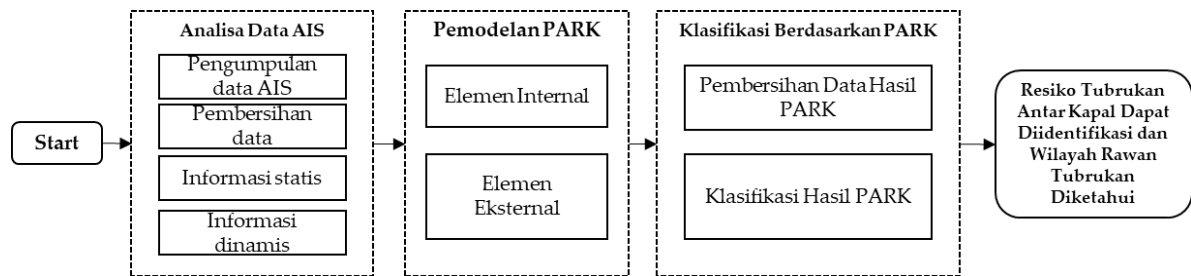
Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif yang meninterpretasikan data hasil analisis untuk menggambarkan substansi penelitian berdasarkan indikator-indikator tertentu yang telah dianalisis untuk menjawab permasalahan penelitian. Proses awal dilakukan dengan pengumpulan data sekunder berupa pergerakan kapal yang didapatkan dari AIS *receiver* di Balikpapan dan Samarinda melalui metode *sampling* sistematis yaitu mencatat seluruh pergerakan kapal yang melalui area yang telah ditetapkan pada periode 7 hari berturut-turut pada periode Agustus 2024 [21]. Batasan awal dalam proses ini adalah tidak melakukan identifikasi pelabuhan asal-tujuan kapal dan kargo yang dimuat karena secara aktual proses administrasi untuk *shipcall* kapal akan dominan dilayani oleh pelabuhan Balikpapan atau Samarinda namun dari realisasi operasional akan banyak dilayani oleh Terminal Khusus (TERSUS)/ Terminal untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) yang banyak tersebar di luar area penelitian.

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan simulasi analisis data AIS dan menerapkan nilai risiko berdasarkan situasi kapal dengan kapal (*encounter situation*) dengan *Potential Assessment of Risk* (PARK) Model. Adapun kerangka penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Sumber: [21][22] diolah

Gambar 2. Lokasi penelitian



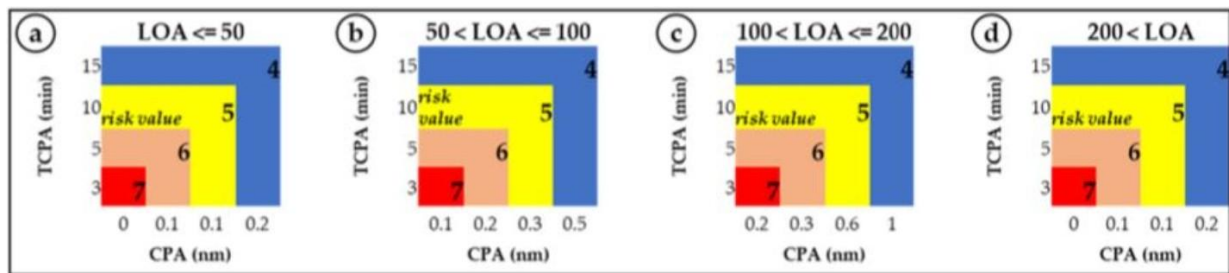
Sumber: hasil olahan, 2024

Gambar 3. Kerangka penelitian

Tabel 1. Elemen penilaian

<i>Internal Elements</i>	<i>External Elements</i>
1. <i>Type of Ships</i> (T_p)	8. <i>Crossing Situation</i> (CR_f)
2. <i>Tonnages</i> (T_f)	9. <i>Approaching Side</i> (S_f)
3. <i>Length</i> (L_{f1})	10. <i>Inside/outside Harbor</i> ($H_{I/O}$)
4. <i>Width</i> (W_f)	11. <i>Speed Correlation</i> (S_p)
5. <i>Career</i> (C_f)	12. <i>Speed Difference</i> (S_d)
6. <i>License</i> (L_{f2})	13. <i>Distance</i> (d in nautical miles)
7. <i>Position</i> (P_f)	

Sumber: [19]



Gambar 4. Faktor koreksi model PARK

Sumber: [19]

Data AIS akan dikumpulkan dari kapal-kapal yang berada di area perairan yang diteliti kemudian akan digunakan sebagai input dalam model PARK. Setelah data AIS didapatkan, PARK Model dapat diaplikasikan dengan catatan waktu atau *timestamp* yang tertera dalam data AIS memiliki kesamaan antara objek atau kapal dengan kapal lainnya, selanjutnya bobot dibawah ini disematkan kedalam data statis sesuai dengan koefisien-koefisien elemen internal dalam pemodelan PARK.

Dengan analisis regresi dari elemen-elemen diatas, dampak yang dihasilkan oleh penilaian pelaut terhadap tiap elemen tersebut ditentukan melalui rumus:

$$\begin{aligned} \text{Risk Value} = & 5.081905 + T_p + T_f + L_{f1} + W_f + C_f + L_{f2} + P_f + 0.002517 \times \text{LOA other ship} \\ & + CR_f + C_f + S_f + H_{I/O} + S_p - 0.004930 \times S_d - 0.430710 \times d \end{aligned} \quad (1)$$

Setelah data internal (statis) dan eksternal (dinamis) berhasil disematkan, selanjutnya model PARK harus dikoreksi berdasarkan CPA (*closest point of approach*) dan TCPA (*time closest point of approach*) untuk mendapatkan nilai probabilitas risiko tubrukan kapal.

3. Hasil dan Pembahasan

Data awal dari AIS yang terdiri dari berbagai *string* kemudian di-*filter* untuk memisahkan setiap elemen atau indikator yang akan dianalisis dengan metode spasio-temporal untuk memetakan pergerakan kapal di wilayah tertentu dan identifikasi pola kepadatan pada waktu-waktu tertentu. Teknik pemetaan dengan pendekatan *Kernel Density Estimation* (KDE) ini digunakan untuk menghitung kepadatan titik-titik dalam radius pencarian tertentu di sekitar setiap sel pada grid. Algoritma ini memberikan nilai

kepadatan yang lebih tinggi pada sel dengan konsentrasi titik yang lebih tinggi, dan nilai yang lebih rendah pada sel dengan jumlah titik lebih sedikit. Visualisasi KDE memungkinkan kita untuk melihat distribusi atau kepadatan titik-titik secara keseluruhan di suatu area geografis. Dengan metode ini, area yang lebih padat ditampilkan lebih jelas, membantu dalam identifikasi pola atau anomali dalam data.



Sumber: hasil nalisis, 2024

Gambar 5. Format data (kiri) dan visualisasi data KDE (kanan)

Undang-Undang No. 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara (IKN) yang pada gambar 5 berada dalam lingkup zona merah muda menunjukkan bahwa pergerakan kapal tidak menyebar secara merata, namun berfokus pada lokasi yang ditandai dengan titik-titik berwarna merah dengan tingkatan mozaik warna sesuai dengan jumlah kapal yang terdeteksi, semakin merah gelap warna titiknya menandakan semakin banyak kapal yang berada pada lokasi presisi yang sama. Lokasi spesifik yang menjadi titik pergerakan kapal dalam jumlah banyak dalam waktu bersamaan juga merupakan zona alih muat kapal yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: 244 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KP 382 Tahun 2010 tentang Penetapan Lokasi untuk Kegiatan Alih Muat Barang di Perairan Muara Jawa dan Muara Berau, Kota Samarinda Kalimantan Timur sebagai regulasi terbaru tindak lanjut dari surat perintah Direktorat Jenderal Perhubungan Laut PP.30/6/20 DP-15 tertanggal 26 Oktober 2015 yang memerintahkan KSOP Samarinda dan Kanpel Kuala Samboja untuk memindahkan area *Ship to Ship* dari Muara Berau di utara ke Muara Jawa di Selatan.

Visualisasi dari data AIS ini dinamakan pula dengan data dinamis dikarenakan bergerak dalam ruang dan waktu sesuai dengan *timestamp* yang tercantum dalam data tersebut. Sebelum dapat diaplikasikan, pembersihan data dilakukan dengan seksama dan cukup memakan waktu. Setelah data dapat dikatakan bersih, dilakukan teknik interpolasi linear terhadap data. Interpolasi data AIS perlu dilakukan karena pada data mentah bisa saja masih terdapat gangguan-gangguan terhadap pancaran maupun penerimaan sinyal sehingga dapat berujung pada ketidakakuratan dari data [23]. Salah satu hasil awal dari tahapan analisis ini adalah identifikasi karakter kapal yang beraktivitas pada lokasi penelitian seperti pada gambar 2.

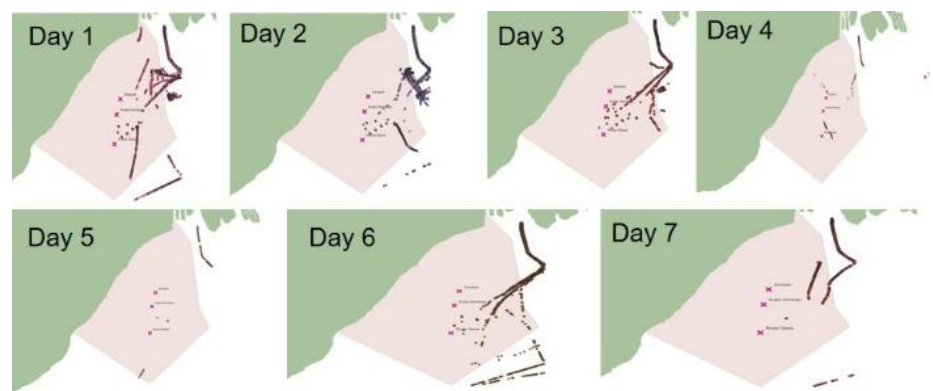
Dari data statis AIS yang diolah di wilayah penelitian terdapat 213 kapal yang diidentifikasi pergerakannya dalam 7 hari dimana dari 213 pergerakan kapal tersebut, dapat diidentifikasi total 135 kapal yang diuraikan dalam tabel 2 berdasarkan tiga parameter utama: tipe kapal, panjang kapal, dan bendera asal. Dari segi tipe, kategori kapal Tug mendominasi dengan persentase 56% dari total keseluruhan kapal yang diidentifikasi, menunjukkan tingginya lalu lintas kapal ini di wilayah IKN. Disusul oleh *bulk carrier* sebanyak 10% dan kapal kontainer sebesar 8%. Dilihat dari panjangnya, kapal-kapal berukuran di bawah 50 meter merupakan mayoritas kapal di wilayah ini dengan proporsi 61%, diikuti oleh kapal dengan panjang 51-100 meter sebesar 16%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar kapal berukuran kecil hingga menengah, yang mungkin lebih fleksibel dan cocok untuk operasi di perairan ini disebabkan dari dan menuju Pelabuhan Samarinda hanya dengan akses delta sungai Mahakam yang saat ini sudah semakin dangkal karena sedimentasi [24]. Sedangkan kapal yang lebih panjang, seperti yang berukuran di atas 151 meter, hanya memiliki proporsi yang kecil, masing-masing sekitar 8% untuk kategori 151-200 meter dan 4% untuk kategori 201-250 meter dimana mayoritas berada di area *transshipment*. Dalam hal bendera asal, kapal berbendera Indonesia mendominasi data dengan persentase

sebesar 98%, yang mengindikasikan bahwa mayoritas kapal yang terlibat dalam aktivitas maritim di wilayah tersebut adalah kapal domestik.

Data kumulatif pergerakan kapal selama tujuh hari yang telah melalui proses interpolasi divisualisasikan secara khusus untuk wilayah perairan yang menjadi objek penelitian, kemudian dianalisis menggunakan pendekatan model PARK sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 2. Karakter kapal			
Klasifikasi	Deskripsi	Jumlah	Persentase
Tipe Kapal	Container	11	8 %
	Tanker/chemical	9	7 %
	LNG/LPG Carrier	2	1 %
	General Cargo	6	4 %
	Bulk Carrier	14	10 %
	Passenger	3	2 %
	HSC/LCT/CB	4	3 %
Klasifikasi	Cement	3	2 %
	Tugs	76	56 %
	AHTS	5	4 %
	Other	2	1 %
Panjang Kapal	-50	83	61 %
	51-100	22	16 %
	101-150	15	11 %
	151-200	11	8 %
	201-250	4	3 %
	251-300	0	0 %
	301-	0	0 %
Bendera Kapal	Indonesia	132	98 %
	Asing	1	1 %
	Unidentified	2	1 %

Sumber: hasil nalisis (2024)



Sumber: hasil nalisis (2024)

Gambar 6. Visualisasi pergerakan kapal

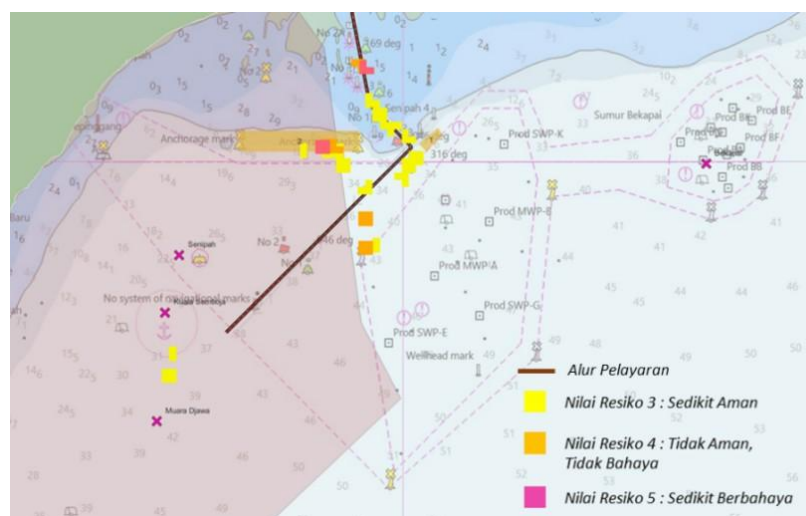
DAY	TIME	OS	Ship Type (OS)	TS	Ship Type (TS)	Distance	Lm=(LO+LT)/2	DCPA[m]	TCPA[sec]	Relative Bearing[deg]	Risk1	Risk2	Final Risk
3	52428	5.26E+08	TUG	5.25E+08	AHTS	77.13098	32.5	50.48604	14.36058	319.0006	5.748353	7	5.748353
3	52428	5.25E+08	AHTS	5.26E+08	TUG	77.13098	32.5	50.48604	14.36058	319.2006	5.586093	7	5.586093
1	221345	5.25E+08	GENERAL CARGO	5.25E+08	CONTAINER	357.2523	95	357.1119	9.904547	251.2325	5.046981	6	5.046981
3	43309	5.26E+08	TUG	5.25E+08	TUG	558.4806	32	140.0824	188.8341	350.997	5.535401	5	5
2	213026	5.25E+08	CONTAINER	5.25E+08	CEMENT GENERAL CARGO	367.9083	104.5	350.4878	41.27873	289.3575	4.88523	7	4.88523
1	221345	5.25E+08	CONTAINER	5.25E+08	CEMENT GENERAL CARGO	357.2523	95	357.1119	9.904547	329.3325	4.804053	7	4.804053
3	43309	5.25E+08	TUG	5.26E+08	TUG	558.4806	32	140.0824	188.8341	339.097	4.088147	5	4.088147
1	233628	5.25E+08	TANKER	5.25E+08	CONTAINER	547.3722	108.5	395.7202	692.267	174.5807	5.546612	4	4
1	233628	5.25E+08	CONTAINER	5.25E+08	TANKER	547.3722	108.5	395.7202	692.267	0.280733	4.989178	4	4
3	91046	5.25E+08	PASSENGER	5.25E+08	AHTS	1820.521	79	841.2176	263.0967	327.0279	4.908709	4	4
3	91046	5.25E+08	AHTS	5.25E+08	PASSENGER	1820.521	79	841.2176	263.0967	118.8279	6.303212	4	4
1	151115	5.25E+08	TUG BULK CARRIER	5.26E+08	TUG BULK CARRIER	139.176	32	82.3797	-507.995	347.2489	5.768125	3	3
1	11549	5.25E+08	CARRIER	5.25E+08	CARRIER	1407.943	189.5	1296.249	-10217.9	47.15925	4.437431	3	3
1	222404	5.25E+08	CONTAINER	5.25E+08	CARGO	2526.168	95	66.64021	-838.834	108.9964	4.220382	3	3

Data pergerakan kapal yang berbasis koordinat geografis dipadukan (*overlay*) dengan peta alur pelayaran untuk memetakan zonasi aktivitas pelayaran. Dalam analisis ini, suatu kapal dikategorikan bergerak apabila terjadi perpindahan posisi dengan kecepatan konstan di atas 0,2 knot. Visualisasi pergerakan kapal dilakukan menggunakan pendekatan KDE, kemudian dilakukan perhitungan risiko untuk masing-masing kapal berdasarkan nilai setiap elemen menggunakan Persamaan (1), sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7.

Sumber: Analisis (2024)

Gambar 7. Kalkulasi risiko tubrukan kapal

Hasil analisis data yang ditampilkan dalam bentuk tangkapan layar pada Gambar 6 menunjukkan bahwa tingkat risiko tubrukan atau *final risk* antar kapal berada pada rentang 3 hingga 5. Berdasarkan hasil pemodelan PARK dapat dilihat bahwa alur keluar masuk pelabuhan Samarinda melalui sungai Mahakam merupakan area dengan kepadatan yang tinggi sehingga interaksi kapal dengan kapal lainnya yang saling berdekatan tidak dapat dihindari, namun dikarenakan ruang olah gerak yang terkendala oleh sarat dan batasan-batasan lain, kapal-kapal tersebut juga saling bertemu pada area wilayah IKN dimana dalam gambar 6 terlihat jelas bahwa situasi kapal saling berdekatan satu sama lainnya dimana dalam 36 posisi *encounter* teridentifikasi 4 *encounter* yang sangat beresiko terjadi tabrakan didalam wilayah perairan IKN, sekalipun dalam tingkatan tingkat 5 atau menurut interpretasi PARK termasuk kedalam klasifikasi “Sedikit Berbahaya”.



Sumber: hasil nalisis (2024)

Gambar 8. Risiko tubrukan kapal

Closest Plotting Approach (CPA) dan *Time Closest Plotting Approach* (TCPA) menjadi *escalation factor* utama yang dapat meningkatkan probabilitas terjadinya tubrukan. CPA merupakan jarak terdekat dari satu kapal dengan kapal lainnya jika bergerak dengan mempertahankan arah dan kecepatan kapal, sementara TCPA rata-rata 57 detik menunjukkan waktu yang tersisa hingga dua kapal tersebut mencapai CPA pada jarak yang terdekat yaitu rata-rata 149 meter. Kombinasi CPA dan TCPA memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang kemungkinan tubrukan antara kapal. Jika kedua kapal saling mendekat dengan CPA yang sangat kecil dan TCPA yang pendek, ini menunjukkan situasi yang sangat berbahaya, dan langkah-langkah pencegahan segera harus dilakukan untuk menghindari kecelakaan. Sebaliknya, jika CPA jauh dan TCPA cukup lama, risiko tubrukan lebih kecil, dan kapal memiliki lebih banyak waktu untuk bereaksi. Dimensi kapal akan menjadi *escalation factor* lainnya yang dapat meningkatkan risiko tubrukan. Pada data di Tabel 2 diidentifikasi banyak kapal berukuran kurang dari 50 meter yang mengarah kepada dimensi *tug boat* karena AIS tidak dipasang pada unit tongkang, namun secara aktual akan dianggap memiliki panjang hingga diatas 100 meter terutama jika menarik tongkang yang berukuran 300 *feet* karena dalam kondisi tersebut *tug boat* dan tongkang akan dianggap sebagai satu kesatuan dimensi panjang kapal. Untuk itu kru kapal dituntut untuk memiliki kemampuan yang baik untuk mengenali wilayah operasi kapalnya.

Pergerakan kapal didominasi oleh *tug boat* mengarah kepada titik yang pada peta alur pelayaran ditetapkan sebagai lokasi *transshipment*, dimana banyak tongkang yang membawa batubara akan melakukan olah gerak pada area ini dalam proses antrian alih muat batubara ke kapal *bulk carrier* yang lebih besar lagi. Sungai Mahakam memiliki banyak delta sungai dan dengan sedimentasi tinggi yang ditambah dengan pasang surut laut membuat operator kapal harus memilih jalur paling aman dan tercepat pada kondisi *full load* untuk menuju area *transshipment* yang tetap bisa dilalui pada kondisi surut. Kondisi ini menjadi pertimbangan utama dari operator kapal sehingga memilih rute aktual, dan dengan banyaknya operator kapal *tug boat* yang memiliki preferensi yang sama mengakibatkan pergerakan kapal akan terkonsentrasi di titik ini. Menyikapi kondisi keterbatasan dimensi alur maka pada kondisi tertentu misalnya saat surut, maka regulator yang terkait akan menginstruksikan kepada kapal *tug boat* yang menarik tongkang dalam kondisi kosong untuk memilih cabang-cabang delta lain sebagai alur untuk masuk ke Sungai Mahakam dimana periode surut menjadi waktu yang ideal dari dari operator kapal untuk bergerak ke arah hulu Mahakam.

4. Kesimpulan

Tingginya intensitas pergerakan kapal di wilayah perairan Ibu Kota Nusantara (IKN) di Selat Makassar menimbulkan potensi terjadinya tubrukan antar kapal. Penelitian ini menggunakan pendekatan empiris berbasis data AIS untuk menganalisis tingkat risiko tubrukan, dengan mempertimbangkan elemen-elemen internal dan eksternal yang berkontribusi terhadap peningkatan risiko. Hasil kajian mengindikasikan bahwa perairan IKN merupakan kawasan pelayaran yang padat, dengan tingkat risiko tergolong “sedikit berbahaya”, dipengaruhi secara signifikan oleh nilai CPA sebesar 149 meter, TCPA sebesar 57, dan ukuran kapal yang bervariasi.

Penilaian ini menegaskan pentingnya pengelolaan keselamatan pelayaran yang mempertimbangkan kondisi navigasi dan keterbatasan ruang gerak kapal. Oleh karena itu, upaya mitigasi risiko disarankan melalui optimalisasi fungsi pengawasan (*Vessel Traffic Service*), perawatan dan penataan alur pelayaran, serta peningkatan kompetensi awak kapal dalam menghadapi kondisi pelayaran berisiko. Kajian selanjutnya dapat diperluas untuk mengkaji potensi risiko serupa di wilayah perairan lain guna memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah memberikan kesempatan serta dukungan pembiayaan penelitian, Direktorat Kenavigasian dan Distrik Navigasi Tipe A Kelas 1 Samarinda yang juga memberikan dukungan koordinasi dalam proses pengumpulan data, serta pihak lainnya yang banyak membantu dalam proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Kompastv, [Ibu Kota Baru] - Jokowi Minta Izin DPD-DPR untuk Pindahkan Ibu Kota ke Kalimantan, <https://www.youtube.com/watch?v=5KaGdJNdGw> (accessed Nov. 10, 2014).

- [2] S. J. Purnama and C. Chotib, "Analisis kebijakan Publik Pemindahan Ibu Kota Negara," *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, vol. 13, no. 2, pp. 153–166, Feb. 2023. doi:10.22212/jekp.v13i2.3486
- [3] P. B. Darmadi, "Analisis ketersediaan material Utama Pembangunan Ibu kota Negara tahap I," *Inovasi Pembangunan : Jurnal Kelitbangan*, vol. 11, no. 03, pp. 251–264, Dec. 2023. doi:10.35450/jip.v11i03.407
- [4] Makhruf, Anang (2020) *PERENCANAAN ARMADA TRANSPORTASI LAUT UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN IBU KOTA NEGARA (IKN) BARU*. Other thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] F. van Westrenen and M. Baldauf, "Improving conflicts detection in maritime traffic: Case studies on the effect of traffic complexity on ship collisions," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, vol. 234, no. 1, pp. 209–222, May 2019. doi:10.1177/1475090219845975
- [6] KNKT, Jumlah Kecelakaan Pelayaran, <https://knkt.go.id/statistik> (accessed Nov. 10, 2024).
- [7] J. Malisan, "Rendahnya Manajemen Keselamatan Pelayaran Pada perairan Alur Laut kepulauan Indonesia (Alki) II Dan III," *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 26, no. 2, p. 81, Jan. 2019. doi:10.25104/warlit.v26i2.868
- [8] I. Rustam, "Tantangan Alki Dalam Mewujudkan cita-cita Indonesia Sebagai Poros Maritim dunia," *Indonesian Perspective*, vol. 1, no. 1, pp. 1–21, Jun. 2016. doi:10.14710/ip.v1i1.10426
- [9] M. Napang *et al.*, "Regulation of the Makassar Strait use as a world strategic route," *Russian Law Journal*, vol. X, no. 4, 2022. doi:10.52783/rj.v10i4.276
- [10] J. Shi *et al.*, "Evolutionary model and risk analysis of ship collision accidents based on complex networks and DEMATEL," *Ocean Engineering*, vol. 305, p. 117965, Aug. 2024. doi:10.1016/j.oceaneng.2024.117965
- [11] Shanty, H. Supomo, and S. Nugroho, "Analysis of crew competence factor in the ship collisions (case study: Collision accident in Indonesian waters)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 557, no. 1, p. 012047, Aug. 2020. doi:10.1088/1755-1315/557/1/012047
- [12] J. R. W. Merrick *et al.*, "A traffic density analysis of proposed ferry service expansion in San Francisco Bay using a maritime simulation model," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 81, no. 2, pp. 119–132, Aug. 2003. doi:10.1016/s0951-8320(03)00054-1
- [13] O. A. Almaz and T. Altiok, "Simulation modeling of the Vessel Traffic in delaware river: Impact of deepening on Port Performance," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 22, pp. 146–165, Mar. 2012. doi:10.1016/j.simpat.2011.12.004
- [14] Y. Wen *et al.*, "Modelling of marine traffic flow complexity," *Ocean Engineering*, vol. 104, pp. 500–510, Aug. 2015. doi:10.1016/j.oceaneng.2015.04.051
- [15] F. Goerlandt and P. Kujala, "On the reliability and validity of ship–ship collision risk analysis in light of different perspectives on risk," *Safety Science*, vol. 62, pp. 348–365, Feb. 2014. doi:10.1016/j.ssci.2013.09.010
- [16] H. F. Maharani, H. Yudo, and E. S. Hadi, "Analisis Frekuensi Tubrukan Kapal Menggunakan Causation Probability Berdasarkan Metode Bayensian Network : Studi Kasus Alur Pelayaran Barat Surabaya," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 12, no. 2, Jun. 2024. [Online]. Retrieved from: ejournal3.undip.ac.id
- [17] B. Liu and C. Guedes Soares, "Recent developments in ship collision analysis and challenges to an accidental limit state design method," *Ocean Engineering*, vol. 270, p. 113636, Feb. 2023. doi:10.1016/j.oceaneng.2023.113636
- [18] Z. Liu, B. Zhang, M. Zhang, H. Wang, and X. Fu, "A quantitative method for the analysis of ship collision risk using AIS Data," *Ocean Engineering*, vol. 272, p. 113906, Mar. 2023. doi:10.1016/j.oceaneng.2023.113906
- [19] Y. Park, J. Park, D. Shin, M. Lee, and S. Park, "Application of potential assessment of risk (PARK) model in Korea Waterways," *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2017. doi:10.1080/25725084.2017.1412916
- [20] M. Mubarak, D. Paroka, and J. Sade, "Analisis Risiko Tubrukan kapal di perairan Teluk Balikpapan Dengan Menggunakan Teknik Matriks Konsekuensi/probabilitas Pasca Pemindahan Ibu Kota Negara," *Zona Laut : Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, pp. 30–34, Mar. 2023. doi:10.62012/zt.v4i1.24309
- [21] <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:116.9/centery:-0.9/zoom:10> (accessed Aug. 30, 2024).
- [22] Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara
- [23] T. X. Ng, Y.-S. Park, M. V. Smith, V. Aydogdu, and C.-H. Jung, "A comparison of es and park maritime traffic risk assessment models in a Korean waterway," *Journal of the Korean Society of Marine Environment and safety*, vol. 21, no. 3, pp. 246–252, Jun. 2015. doi:10.7837/kosomes.2015.21.3.246
- [24] K. Wibisono, "Kajian Sedimentasi di Sub-DAS Separi DAS Mahakam Kalimantan Timur," *Jurnal Geografi*, vol. 15, no. 1, 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.15294/jg.v15i1.14892>