

## DETEKSI ANOMALI PERGERAKAN KAPAL MENGGUNAKAN ISOLATION FOREST DAN ONE CLASS SVM DI PELABUHAN TANJUNG PRIOK

Sari Ningsih<sup>1</sup>, Panca Pamungkasari<sup>2</sup>, Tunggul Puliwarna<sup>3</sup>, Babag Purbantoro<sup>4</sup>,  
Endah Tri Esti Handayani<sup>5</sup>, Ratih Titi Komala Sari<sup>6</sup>, Erina Rahmazani<sup>7</sup>, Ahmad Rifqi<sup>8</sup>,

Fauziah<sup>9</sup>, Muhammad Zahran Alfarizi<sup>10</sup>

<sup>1,5,7</sup> Sistem Informasi FTKI, Universitas Nasional, Jakarta

<sup>2,6,8,10</sup> Informatika FTKI, Universitas Nasional, Jakarta

<sup>9</sup> Magister Teknologi Informasi FTKI, Universitas Nasional, Jakarta

<sup>3</sup> Bakamla Republik Indonesia, Jakarta

<sup>4</sup> BRIN, Jakarta

E-mail: [lectures.sariningsih@gmail.com](mailto:lectures.sariningsih@gmail.com)

### RIWAYAT ARTIKEL

Received : 2026-05-15

Revised : 2026-05-20

Accepted : 2026-05-29

### KEYWORDS

Anomaly Detection,  
Ship Movement,  
Isolation Forest,  
One Class Svm,  
Maritime Security

### KATA KUNCI

Deteksi Anomali,  
Pergerakan Kapal,  
Isolation Forest,  
One Class Svm,  
Keamanan Maritim.

### ABSTRACT

*Ship movement activities in busy port areas have the potential to generate abnormal movement patterns that may disrupt maritime security and operational efficiency. The main problem addressed in this program is the need for an early detection system capable of identifying vessel movement anomalies quickly and accurately. This Community Service Program (PKM) aimed to develop an anomaly detection model for ship movements at Tanjung Priok Port using the Isolation Forest and One Class Support Vector Machine (OC-SVM) methods. The novelty of this program lies in the integration of these two methods into a maritime traffic data-based anomaly detection system developed collaboratively with the Indonesian Maritime Security Agency (Bakamla RI) to support smarter and more adaptive maritime surveillance. The implementation method consisted of ship movement data collection, data preprocessing, machine learning model development, system testing, and dissemination of results to the Indonesian Maritime Security Agency (Bakamla RI) as the partner institution. The results showed that the developed model was able to identify abnormal ship movement patterns, such as sudden direction changes, unusual speed, and movement outside designated shipping lanes. The resulting system provided faster data visualization and anomaly information, thereby supporting more effective and efficient maritime surveillance processes. This activity also created opportunities for broader implementation across Indonesian waters.*

### ABSTRAK

Aktivitas pergerakan kapal di kawasan pelabuhan yang padat memiliki potensi terjadinya pola pergerakan tidak normal yang dapat mengganggu keamanan dan kelancaran operasional maritim. Permasalahan utama yang dihadapi adalah kebutuhan akan sistem deteksi dini yang mampu mengidentifikasi anomali pergerakan kapal secara cepat dan akurat. Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini bertujuan mengembangkan model deteksi anomali pergerakan kapal di Pelabuhan Tanjung Priok menggunakan metode *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine* (OC-SVM). Kebaruan kegiatan ini terletak pada penerapan dan integrasi kedua metode tersebut dalam sistem

deteksi anomali berbasis data pelayaran yang dikembangkan bersama Bakamla RI untuk mendukung pengawasan maritim secara lebih cerdas dan adaptif. Metode pelaksanaan dilakukan melalui tahapan pengumpulan data pergerakan kapal, praproses data, pemodelan menggunakan algoritma *machine learning*, pengujian sistem, serta sosialisasi hasil kepada mitra Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI). Hasil kegiatan menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang menyimpang dari rute normal, seperti perubahan arah mendadak, kecepatan tidak wajar, dan pergerakan di luar jalur pelayaran. Sistem yang dihasilkan memberikan visualisasi data dan informasi anomali secara lebih cepat sehingga mendukung proses pengawasan maritim yang lebih efektif dan efisien. Kegiatan ini juga membuka peluang implementasi sistem pada wilayah perairan Indonesia secara lebih luas.

## 1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan wilayah laut yang sangat luas, sehingga sektor maritim memegang peranan strategis dalam mendukung perekonomian nasional, perdagangan internasional, serta stabilitas keamanan negara. Peran strategis ini diperkuat oleh kontribusi sektor kemaritiman dalam pembangunan ekonomi nasional yang terus meningkat (Pandjaitan *et al.*, 2025). Salah satu pusat aktivitas maritim utama adalah Pelabuhan Tanjung Priok yang menjadi pelabuhan terbesar di Indonesia dengan tingkat lalu lintas kapal dan arus logistik yang sangat tinggi (Hoerunisa *et al.*, 2023). Tingginya intensitas pergerakan kapal tersebut menimbulkan tantangan dalam pengawasan lalu lintas laut, seperti potensi pelanggaran jalur pelayaran, kecelakaan, penyelundupan, hingga aktivitas ilegal lainnya. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengawasan yang mampu bekerja secara cepat, akurat, dan adaptif terhadap dinamika data yang terus berkembang.

Pemantauan lalu lintas kapal saat ini umumnya memanfaatkan data *Automatic Identification System* (AIS) yang menyediakan informasi posisi, kecepatan, dan arah pergerakan kapal secara *real-time*. Namun, volume data AIS yang sangat besar dan bersifat dinamis menyebabkan proses analisis secara manual menjadi tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *machine learning* mampu meningkatkan efektivitas analisis data maritim, khususnya dalam mendeteksi pola pergerakan yang tidak normal (Wolsing *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2024). Dengan demikian, penerapan teknologi kecerdasan buatan menjadi solusi yang relevan untuk mendukung sistem pengawasan maritim yang lebih modern dan berbasis data.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam deteksi anomali adalah *unsupervised machine learning*, yang tidak memerlukan data berlabel dalam proses pelatihannya. Pendekatan ini sangat sesuai untuk kasus maritim, di mana data anomali relatif jarang dan sulit didefinisikan secara eksplisit. Studi oleh Alam *et al.* (2025) menunjukkan bahwa metode *unsupervised* memiliki fleksibilitas tinggi dalam mendeteksi pola penyimpangan pada berbagai domain. Dalam konteks maritim, metode ini telah diterapkan pada data lintasan kapal untuk mengidentifikasi perilaku *abnormal* seperti perubahan arah mendadak atau kecepatan yang tidak wajar (Guo *et al.*, 2021; Ikhsan *et al.*, 2025). Selain itu, pendekatan berbasis graf dan analisis multiskala juga menunjukkan peningkatan akurasi dalam mendeteksi anomali pada data trajektori kapal (Leon-López *et al.*, 2024). Dalam kegiatan pengabdian ini, algoritma *Isolation Forest* dan *One-Class Support Vector Machine* (OC-SVM) dipilih sebagai metode utama untuk deteksi anomali. *Isolation Forest* dikenal efektif dalam mendeteksi *outlier* pada data berdimensi tinggi dengan kompleksitas komputasi yang relatif rendah (Airlangga, 2023), sedangkan OC-SVM mampu membangun batas keputusan berdasarkan distribusi data normal untuk mengidentifikasi penyimpangan (Muñoz & Moguerza, 2004). Kombinasi kedua metode ini juga didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa integrasi berbagai teknik deteksi anomali dapat meningkatkan akurasi hasil deteksi (Pasillas-Díaz & Ratté, 2016). Selain itu, optimasi *hiperparameter* menjadi faktor penting dalam meningkatkan performa model, sebagaimana dijelaskan dalam studi Bischl *et al.* (2023) dan Iturbe-Araya & Rifà-Pous (2025).

Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) sebagai institusi yang bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan wilayah perairan Indonesia membutuhkan sistem analitik

yang mampu mendukung pengambilan keputusan secara cepat dan tepat. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi anomali berbasis kecerdasan buatan yang dapat membantu proses pemantauan pergerakan kapal secara otomatis. Kegiatan ini juga merupakan implementasi nyata dari Tri Dharma Perguruan Tinggi, khususnya dalam pengabdian kepada masyarakat melalui transfer teknologi yang aplikatif (S Ningsih *et al.*, 2026). Melalui penerapan sistem ini, diharapkan terjadi peningkatan efektivitas pengawasan maritim, percepatan identifikasi potensi ancaman, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia dalam memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat mendorong transformasi digital pada sektor keamanan maritim nasional dan menjadi model kolaborasi berkelanjutan antara perguruan tinggi dan instansi pemerintah. Dalam jangka panjang, sistem yang dikembangkan berpotensi untuk diimplementasikan secara luas pada berbagai wilayah perairan Indonesia guna mendukung sistem pengawasan laut yang lebih terintegrasi, adaptif, dan berbasis data (Zhang *et al.*, 2023; Božič *et al.*, 2025).

## 2. Tinjauan Literatur

Perkembangan penelitian pada bidang pengawasan maritim berbasis kecerdasan buatan menunjukkan bahwa deteksi anomali pergerakan kapal menjadi salah satu topik yang semakin relevan seiring meningkatnya volume lalu lintas pelayaran dan kompleksitas ancaman keamanan laut. Berbagai studi terkini menunjukkan bahwa data *Automatic Identification System* (AIS) dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pola navigasi kapal melalui pendekatan *machine learning* dan *anomaly detection*. Penelitian yang dilakukan oleh Liu, Ting, dan Zhou (2008) menunjukkan bahwa algoritma *Isolation Forest* memiliki keunggulan dalam mendeteksi *outlier* pada *dataset* berdimensi besar dengan efisiensi komputasi yang tinggi, sementara Schölkopf *et al.* (2001) membuktikan bahwa *One Class Support Vector Machine* (OC-SVM) efektif dalam membangun batas klasifikasi dari data normal untuk mendeteksi pola penyimpangan pada data yang tidak memiliki label anomali. Studi yang lebih mutakhir oleh Zhao, Shi, dan Liu (2022) menunjukkan bahwa penerapan algoritma deteksi anomali pada data AIS mampu meningkatkan akurasi identifikasi aktivitas kapal mencurigakan pada area pelabuhan padat, meskipun masih menghadapi tantangan pada kualitas data, *noise*, dan perubahan pola pelayaran yang dinamis. Selain itu,

penelitian oleh Riveiro, Pallotta, dan Vespe (2018) mengidentifikasi bahwa sebagian besar sistem pengawasan maritim masih berfokus pada pendekatan statistik konvensional sehingga kurang adaptif terhadap pola perilaku kapal yang kompleks. Di sisi lain, beberapa penelitian melaporkan hasil yang berbeda terkait performa model tunggal, di mana *Isolation Forest* unggul pada efisiensi proses, namun OC-SVM menunjukkan performa lebih stabil pada data dengan distribusi *nonlinier*. Temuan tersebut menunjukkan adanya peluang integrasi kedua metode untuk menghasilkan model deteksi yang lebih *robust*. Namun demikian, kajian literatur juga menunjukkan bahwa implementasi algoritma *machine learning* pada lingkungan operasional instansi pemerintah, khususnya di sektor keamanan maritim Indonesia, masih relatif terbatas dan belum banyak dikembangkan melalui pendekatan kolaboratif antara perguruan tinggi dan mitra industri atau pemerintah. nyata untuk mendukung transformasi digital di sektor keamanan maritim.

## 3. Metode

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan melalui pendekatan kolaboratif antara Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika (FTKI) Universitas Nasional dengan Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) sebagai mitra utama. Pendekatan ini menempatkan mitra sebagai subyek pengabdian yang terlibat aktif sejak tahap identifikasi kebutuhan, perencanaan program, implementasi, hingga evaluasi hasil kegiatan. Model kerja sama tersebut bertujuan agar solusi yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan operasional lapangan dan memiliki peluang implementasi berkelanjutan.

**Tabel 1.** Tahapan Pelaksanaan PKM

No	Tahapan Kegiatan	Uraian Kegiatan	Waktu Pelaks anaan	Dur asi
1	Persiapan	Penyusunan proposal PKM, koordinasi internal tim dosen dan mahasiswa, penyusunan instrumen observasi dan wawancara	3–14 Nov 2025	2 min gg u
2		Koordinasi awal dengan Bakamla RI, identifikasi kebutuhan mitra, survei lokasi, dan pengumpulan	17–28 Nov 2025	2 min gg u

		informasi terkait pengawasan maritim		
3	Pelaksanaan	Pengumpulan dataset pergerakan kapal (AIS dan data pendukung lainnya) serta analisis kebutuhan sistem	1–31 Des 2025	1 bulan
4		Praproses data meliputi pembersihan data, normalisasi, seleksi fitur, dan eksplorasi data	5–30 Januari 2026	4 minggu
5		Pengembangan model deteksi anomali menggunakan algoritma Isolation Forest dan One Class SVM (OC-SVM)	2–27 Februari 2026	4 minggu
6		Pengujian model, validasi hasil deteksi anomali, analisis performa sistem, dan penyempurnaan aplikasi	2–31 Maret 2026	1 bulan
7	Evaluasi	Demonstrasi sistem kepada Bakamla RI, diskusi, pengumpulan masukan, dan evaluasi kebermanfaatan sistem	22 April 2026	1 hari
8		Penyempurnaan sistem berdasarkan hasil evaluasi dan rekomendasi mitra	23–24 April 2026	2 hari
9	Pelaporan	Penyusunan laporan akhir PKM, dokumentasi kegiatan, publikasi hasil, dan penyampaian luaran kepada mitra	27–30 April 2026	4 hari

Tabel 1. Tahapan pelaksanaan PKM dari persiapan, pelaksanaan, evaluasi dan pelaporan yang berlangsung selama 6 bulan. Subyek pengabdian dalam kegiatan ini adalah personel dan unit kerja Bakamla RI yang memiliki tugas pada bidang pengawasan maritim, analisis data pelayaran, serta pengendalian keamanan laut. Lokasi kegiatan

dilaksanakan di lingkungan kerja Bakamla RI serta area studi kasus Pelabuhan Tanjung Priok sebagai salah satu pelabuhan tersibuk di Indonesia. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya intensitas lalu lintas kapal sehingga sangat relevan sebagai objek penerapan sistem deteksi anomali pergerakan kapal.

Pada tahap perencanaan, tim PKM bersama mitra melakukan koordinasi awal melalui diskusi dan wawancara untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi dalam proses pemantauan kapal. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa volume data pergerakan kapal yang besar membutuhkan sistem cerdas yang mampu mendeteksi pola tidak normal secara otomatis. Berdasarkan kebutuhan tersebut, disepakati pengembangan model berbasis *machine learning* menggunakan algoritma *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine (OC-SVM)*. Keterlibatan mitra pada tahap ini sangat penting untuk memberikan gambaran kondisi nyata, kebutuhan teknis, serta parameter operasional yang digunakan dalam pengawasan laut.

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode *Participatory Action Research (PAR)* yang dipadukan dengan pendekatan rekayasa sistem. Metode PAR menekankan partisipasi aktif mitra dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan hingga evaluasi. Sementara itu, pendekatan rekayasa sistem digunakan dalam proses pengembangan aplikasi deteksi anomali melalui tahapan pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan, pengujian, dan implementasi awal. Dengan kombinasi kedua metode tersebut, kegiatan pengabdian tidak hanya menghasilkan luaran teknologi, tetapi juga peningkatan kapasitas mitra dalam pemanfaatan teknologi digital.

Tahapan pelaksanaan kegiatan dimulai dari survei awal dan analisis kebutuhan mitra. Selanjutnya dilakukan pengumpulan *dataset* pergerakan kapal yang berasal dari sumber data AIS atau data pelayaran lainnya. Data tersebut kemudian melalui tahap praproses seperti pembersihan data, normalisasi, dan pemilihan variabel yang relevan, misalnya kecepatan kapal, arah pelayaran, koordinat posisi, serta waktu pergerakan. Setelah itu dilakukan pemodelan menggunakan algoritma *Isolation Forest* dan *OC-SVM* untuk mendeteksi anomali pergerakan kapal. Tahap berikutnya adalah pengujian model menggunakan data historis untuk melihat kemampuan sistem dalam mengenali pola menyimpang, seperti perubahan arah mendadak, kecepatan tidak normal, berhenti di area terlarang, atau keluar dari jalur pelayaran. Setelah model

dinilai memadai, tim PKM melaksanakan demonstrasi sistem kepada mitra Bakamla RI, dilanjutkan dengan sesi diskusi dan evaluasi. Masukan dari mitra digunakan untuk penyempurnaan sistem agar lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna. Luaran kegiatan ini berupa prototipe sistem deteksi anomali pergerakan kapal, peningkatan pemahaman mitra terhadap penerapan kecerdasan buatan di bidang maritim, serta rekomendasi implementasi sistem pada cakupan wilayah yang lebih luas. Dengan metode kolaboratif ini, diharapkan terjadi transfer pengetahuan antara perguruan tinggi dan mitra secara berkelanjutan.

#### 4. Hasil

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) yang dilaksanakan oleh Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika (FTKI) Universitas Nasional bekerja sama dengan Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) telah berlangsung sesuai dengan tahapan yang direncanakan dalam metode kegiatan. Program ini dilaksanakan selama enam bulan, mulai November 2025 hingga April 2026, dengan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) dan rekayasa sistem untuk mengembangkan solusi deteksi anomali pergerakan kapal berbasis *machine learning*.

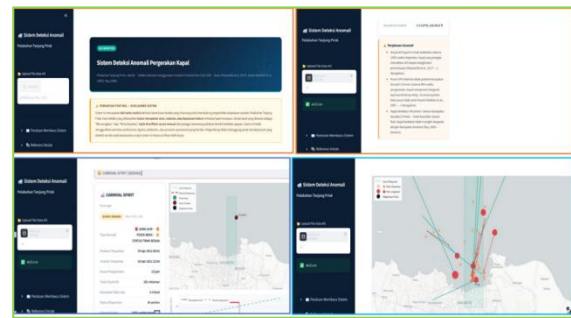
##### Tahap Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan koordinasi antara tim PKM dan pihak Bakamla RI untuk mengidentifikasi kebutuhan operasional dalam pengawasan maritim. Kegiatan ini dilakukan melalui diskusi, wawancara, dan observasi terhadap proses pemantauan kapal yang selama ini digunakan oleh mitra. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa tingginya volume data pergerakan kapal di kawasan Pelabuhan Tanjung Priok memerlukan sistem yang mampu mendeteksi pola pergerakan tidak normal secara otomatis dan cepat. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, disepakati pengembangan sistem deteksi anomali menggunakan algoritma *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine* (OC-SVM).

##### Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan, tim PKM melakukan pengumpulan dataset pergerakan kapal yang berasal dari data AIS (*Automatic Identification System*) dan sumber data pendukung lainnya. Selanjutnya dilakukan proses praproses data yang meliputi pembersihan data, normalisasi, seleksi atribut, dan analisis karakteristik data. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain koordinat posisi kapal, kecepatan kapal, arah pergerakan, dan waktu pelayaran.

Setelah proses pengolahan data selesai, dilakukan pengembangan model deteksi anomali menggunakan algoritma *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine* (OC-SVM). Kedua algoritma digunakan untuk mempelajari pola pergerakan kapal yang normal dan mengidentifikasi data yang memiliki karakteristik berbeda dari pola umum. Implementasi algoritma menghasilkan sebuah aplikasi yang mampu melakukan analisis pergerakan kapal secara otomatis.



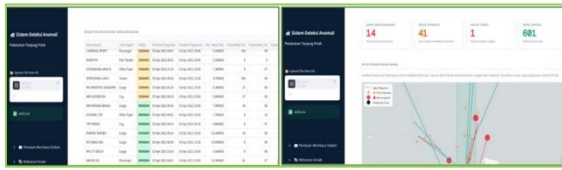
**Gambar 1.** Aplikasi dari algoritma *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine*  
Sumber: Data Diolah (2026)

Hasil implementasi yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa sistem berhasil mengidentifikasi beberapa pola anomali pergerakan kapal, seperti perubahan arah secara mendadak, kecepatan yang tidak wajar, berhenti terlalu lama pada area tertentu, serta pergerakan di luar jalur pelayaran normal. Sistem juga mampu menampilkan hasil analisis dalam bentuk visualisasi yang memudahkan pengguna dalam memahami lokasi dan karakteristik anomali yang terdeteksi. Dengan adanya sistem ini, proses identifikasi potensi risiko dapat dilakukan secara lebih cepat dibandingkan dengan proses pemantauan manual.

##### Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan melalui demonstrasi sistem kepada pihak Bakamla RI pada tanggal 22 April 2026. Dalam kegiatan ini, tim PKM mempresentasikan hasil pengembangan sistem, mekanisme kerja algoritma, serta hasil pengujian yang telah dilakukan. Mitra diberikan kesempatan untuk melakukan pengujian langsung terhadap aplikasi dan memberikan masukan terkait kebutuhan operasional yang perlu ditambahkan pada sistem. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dinilai mampu membantu proses pengawasan maritim, khususnya dalam memberikan informasi awal mengenai aktivitas kapal yang berpotensi mencurigakan. Selain itu, personel Bakamla RI menunjukkan peningkatan pemahaman mengenai pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan

dalam mendukung proses analisis data maritim dan pengambilan keputusan operasional.



**Gambar 2.** Hasil algoritma *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine*  
Sumber: Data Diolah (2026)

Gambar 2 menunjukkan proses demonstrasi dan diskusi antara tim PKM dengan personel Bakamla RI. Kegiatan ini menjadi sarana transfer pengetahuan sekaligus validasi terhadap kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna. Selain memberikan manfaat bagi mitra, kegiatan ini juga menjadi media pembelajaran bagi mahasiswa yang terlibat dalam pengembangan sistem dan interaksi dengan instansi pemerintah.

#### Tahap Pelaporan dan Luaran Kegiatan

Tahap akhir kegiatan adalah penyusunan laporan, dokumentasi, dan penyampaian luaran kepada mitra. Luaran utama yang dihasilkan berupa prototipe sistem deteksi anomali pergerakan kapal berbasis *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine* yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengawasan maritim. Selain luaran teknologi, kegiatan ini juga menghasilkan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, baik pada pihak mitra maupun mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan.

Secara keseluruhan, hasil kegiatan PKM menunjukkan bahwa seluruh tahapan yang telah direncanakan dapat direalisasikan dengan baik. Program ini berhasil menghasilkan solusi teknologi yang sesuai dengan kebutuhan mitra, meningkatkan pemahaman terhadap pemanfaatan kecerdasan buatan dalam sektor maritim, serta memperkuat kolaborasi antara perguruan tinggi dan instansi pemerintah. Dampak yang diharapkan mulai terlihat melalui peningkatan kesadaran akan pentingnya transformasi digital, perubahan pola kerja yang lebih berbasis data, dan terbukanya peluang pengembangan sistem serupa untuk wilayah perairan Indonesia yang lebih luas.

## 5. Dikusi

Hasil kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *machine learning* dalam deteksi anomali pergerakan kapal memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan efektivitas pengawasan maritim. Sistem

yang dikembangkan menggunakan algoritma *Isolation Forest* dan *One-Class Support Vector Machine* (OC-SVM) mampu membantu mitra dalam mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang tidak normal secara lebih cepat dibandingkan pendekatan manual. Temuan ini sejalan dengan berbagai studi yang menunjukkan bahwa pendekatan berbasis kecerdasan buatan mampu meningkatkan efisiensi analisis data maritim yang berskala besar dan kompleks (Wolsing et al., 2022; Yang et al., 2024). Dengan demikian, transformasi digital dalam pengawasan laut merupakan kebutuhan aktual yang perlu segera diimplementasikan.

Secara teoritik, hasil ini mendukung konsep *data-driven decision making*, di mana keputusan organisasi menjadi lebih akurat ketika didasarkan pada analisis data yang sistematis. Dalam konteks pengawasan maritim, sistem deteksi anomali memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi ancaman sehingga respons operasional dapat dilakukan secara lebih cepat dan tepat. Hal ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa deteksi anomali berbasis data trajektori kapal dapat meningkatkan kemampuan monitoring terhadap aktivitas mencurigakan di laut (Guo et al., 2021; Ikhsan et al., 2025). Dengan demikian, teknologi berperan sebagai alat pendukung yang memperkuat kapasitas pengambilan keputusan manusia, bukan menggantikannya.

Penggunaan algoritma *Isolation Forest* dalam kegiatan ini terbukti efektif untuk mendeteksi data pencilan (*outlier*) pada volume data besar. Metode ini bekerja dengan mengisolasi data yang berbeda dari mayoritas melalui struktur pohon acak, sehingga mampu mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang tidak biasa, seperti keluar jalur pelayaran, perubahan arah mendadak, atau kecepatan yang tidak normal. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa *Isolation Forest* memiliki performa yang baik dalam mendeteksi anomali pada berbagai domain data, termasuk data geospasial dan seismik (Airlangga, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan kecerdasan buatan mampu melengkapi metode konvensional yang cenderung kurang adaptif terhadap kompleksitas data.

Di sisi lain, penerapan OC-SVM juga menunjukkan relevansi yang tinggi dalam konteks pengawasan maritim. Model ini dirancang untuk mempelajari karakteristik data normal dan mendeteksi penyimpangan dari pola tersebut, sehingga sangat efektif digunakan ketika data anomali terbatas. Penelitian oleh Muñoz dan Mogerza (2004) menjelaskan bahwa OC-SVM memiliki kemampuan yang baik dalam membangun

batas keputusan berbasis distribusi data normal. Selain itu, kombinasi berbagai metode deteksi anomali diketahui dapat meningkatkan akurasi deteksi secara keseluruhan (Pasillas-Díaz & Ratté, 2016). Dalam kegiatan ini, integrasi *Isolation Forest* dan OC-SVM terbukti saling melengkapi, sehingga menghasilkan identifikasi anomali yang lebih akurat dan robust.

Selain aspek teknis, hasil pengabdian juga menunjukkan adanya perubahan sosial dalam organisasi mitra. Sebelum program dilaksanakan, proses pengawasan masih didominasi oleh pemantauan manual dan interpretasi operator. Setelah dilakukan pendampingan, muncul kesadaran akan pentingnya pemanfaatan teknologi berbasis data untuk meningkatkan efektivitas kerja. Transformasi ini sejalan dengan tren global dalam penerapan *unsupervised machine learning* untuk deteksi anomali yang semakin berkembang dan diadopsi di berbagai sektor (Alam et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi tidak hanya berdampak pada aspek teknis, tetapi juga pada perubahan pola pikir dan budaya kerja organisasi.

Lebih lanjut, kegiatan ini juga memunculkan individu-individu yang berperan sebagai *local champion*, yaitu personel yang aktif mempelajari sistem dan mendorong penerapannya pada unit lain. Keberadaan agen perubahan internal ini menjadi indikator penting dalam keberhasilan adopsi teknologi. Dalam konteks pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan, keberhasilan implementasi tidak hanya ditentukan oleh kualitas algoritma, tetapi juga oleh kesiapan organisasi dan sumber daya manusia dalam mengadopsi inovasi tersebut (Bischl et al., 2023; Iturbe-Araya & Rifà-Pous, 2025).

Temuan penting lainnya adalah terbentuknya model kolaborasi antara perguruan tinggi dan instansi pemerintah sebagai bentuk sinergi dalam penyelesaian permasalahan publik. Perguruan tinggi berperan sebagai pusat inovasi yang mampu menyediakan solusi berbasis riset, sementara instansi pemerintah menjadi pengguna yang memberikan konteks kebutuhan nyata di lapangan. Kolaborasi ini sejalan dengan perkembangan riset deteksi anomali maritim yang semakin kompleks dan membutuhkan pendekatan multidisiplin (Zhang et al., 2023; Božić et al., 2025). Dengan demikian, kegiatan PKM ini tidak hanya menghasilkan solusi teknologi, tetapi juga memperkuat ekosistem inovasi yang berkelanjutan. Dari sisi pembelajaran, keterlibatan mahasiswa dalam kegiatan ini memberikan pengalaman nyata melalui pendekatan *experiential learning*. Mahasiswa tidak hanya

memperoleh pemahaman teoritis, tetapi juga keterampilan praktis dalam analisis data, pemecahan masalah, serta kerja tim multidisiplin. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan PKM juga memberikan dampak internal bagi perguruan tinggi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis praktik (Sari Ningsih et al., 2026).



**Gambar 3.** Foto bersama tim PKM FTKI dan tim Bakamla.

Pada gambar 3. adalah kegiatan pelaksanaan PKM di ruang aula Gedung Bakamla Pekayon Kalisari. Secara keseluruhan, hasil pembahasan menunjukkan dua temuan utama. Pertama, dari sisi teknologi, sistem deteksi anomali berbasis *machine learning* terbukti efektif sebagai alat bantu dalam pengawasan maritim modern. Kedua, dari sisi sosial, kegiatan ini mendorong perubahan perilaku organisasi, munculnya agen perubahan internal, serta terbentuknya pola kolaborasi antara perguruan tinggi dan pemerintah. Dengan demikian, kegiatan pengabdian masyarakat tidak hanya menghasilkan inovasi teknologi, tetapi juga berkontribusi pada transformasi sosial yang berkelanjutan dalam sektor keamanan maritim.

## 6. Kesimpulan

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini menunjukkan bahwa metode *Isolation Forest* dan *One Class Support Vector Machine* (OC-SVM) dapat dimanfaatkan secara efektif untuk mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang tidak normal, seperti perubahan arah mendadak, kecepatan tidak wajar, serta pergerakan di luar jalur pelayaran, sehingga sistem yang dikembangkan

mampu mempercepat dan meningkatkan efektivitas pengawasan maritim di kawasan Pelabuhan Tanjung Priok. Selain menghasilkan luaran teknologi, kegiatan ini juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman mitra mengenai pentingnya pemanfaatan analitik data dan transformasi digital dalam mendukung tugas operasional. Kolaborasi antara FTKI Universitas Nasional dan Bakamla RI menjadi contoh sinergi yang baik antara perguruan tinggi dan instansi pemerintah dalam menghasilkan solusi inovatif yang aplikatif. Secara keseluruhan, kegiatan PKM ini berhasil mencapai tujuan utama, yaitu menghadirkan model deteksi anomali pergerakan kapal berbasis *machine learning* sekaligus meningkatkan kapasitas sumber daya manusia, serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih luas guna mendukung sistem pengawasan maritim nasional yang terintegrasi dan berkelanjutan.

## 7. Persembahkan

Tim pelaksana Pengabdian Kepada Masyarakat menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) atas dukungan, kerja sama, serta kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan kegiatan PKM. Apresiasi secara khusus disampaikan kepada seluruh tim Bakamla RI yang telah berpartisipasi aktif dalam proses koordinasi, penyediaan data, diskusi teknis, serta memberikan masukan konstruktif selama kegiatan berlangsung. Dukungan dan keterlibatan tersebut menjadi faktor penting dalam keberhasilan pelaksanaan program ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika Universitas Nasional, para dosen, serta mahasiswa yang telah berkontribusi dalam perencanaan, pelaksanaan, hingga penyusunan luaran kegiatan. Sinergi antara perguruan tinggi dan Bakamla RI diharapkan dapat terus terjalin dalam berbagai program kolaboratif di masa mendatang guna mendukung pengembangan teknologi nasional dan penguatan keamanan maritim Indonesia.

## 8. Referensi

- Airlangga, G. (2023). *Unsupervised machine learning for seismic anomaly detection: isolation forest algorithm application to indonesian earthquake data*.4(3), 1827–1836. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i>
- Alam, M. N., Laxmi, V., Kumar, N., Kumari, R., & Sharma, S. (2025). Unsupervised Machine Learning for Anomaly Detection: A Systematic Review. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12(7), 34–72. <https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEEE-V12I7P104>
- Bischi, B., Binder, M., Lang, M., Pielok, T., Richter, J., Coors, S., Thomas, J., Ullmann, T., Becker, M., Boulesteix, A. L., Deng, D., & Lindauer, M. (2023). Hyperparameter optimization: Foundations, algorithms, best practices, and open challenges. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* (Vol. 13, Number 2). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/widm.1484>.
- Božič, J., Fučka, M., Zavrtnik, V., & Skočaj, D. (2025). Robustness of unsupervised methods for image surface-anomaly detection. *Pattern Analysis and Applications*, 28(2). <https://doi.org/10.1007/s10044-025-01477-y>
- Guo, S., Mou, J., Chen, L., & Chen, P. (2021). An anomaly detection method for ais trajectory based on kinematic interpolation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/jmse9060609>
- Hoerunisa, Y., Alfian, ; Eduard, Sijabat, S., & Setyawati, ; Aswanti. (2023). Analysis of Factors Influencing Container Shortage in Tanjung Priok Port, Jakarta. In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 8). www.ijisrt.com
- Ikhsan, M. R., Pamungkasari, P. D., Purbantoro, B., Sholihati, I. D., Farahdinna, F., Sumantyo, J. T. S., & Heezen, D. M. (2025). Grid-Based Ship Density Analysis and Anomaly Detection for Ship Movements Monitoring at Tanjung Priok Port. *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, 6(1), 107–118. <https://doi.org/10.59395/ijadis.v6i1.1367>
- Iturbe-Araya, J. I., & Rifà-Pous, H. (2025). Enhancing unsupervised anomaly- based cyberattacks detection in smart homes through hyperparameter optimization. *International Journal of Information Security*, 24(1). <https://doi.org/10.1007/s10207-024-00961-6>
- Leon-L'opez, K., Fabre, S., Laurent Mirambell, F. M., & Tourneret, J.-Y. (2024). *A Multiscale Anomaly Detection Framework for AIS Trajectories via Heat Graph Laplacian Diffusion*.IEEE. <https://doi.org/10.23919/eusipco63174.2024.10715305>

- Mangé, V., Tourneret, J.-Y., Vincent, F., Mirambell, L., & Vieira, F. M. (2024). *Graphical Abstract Anomaly Detection in Ship Trajectories Using Machine Learning and Dynamic Time Warping*.  
<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111185>
- Muñoz, A., & Moguerza, J. M. (2004). LNCS 3287 - *One-Class Support Vector Machines and Density Estimation: The Precise Relation*.
- Pandjaitan, M. B., Khusaini, K., Aminuddin, M. F., & Suwarno, P. (2025). Peran Kemaritiman Dalam Memperkuat Perekonomian Indonesia. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 7(1), 17–27.  
<https://doi.org/10.51578/j.sitektransmar.v7i1.104>
- Pasillas-Díaz, J. R., & Ratté, S. (2016). An Unsupervised Approach for Combining Scores of Outlier Detection Techniques, Based on Similarity Measures. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 329, 61–77.  
<https://doi.org/10.1016/j.entcs.2016.12.005>
- Sari Ningsih, Panca Dewi Pamungkasari, Babag Purbantoro, Asif Awaludin, Deni Yulian, Ira Diana Sholihati, ... Muhammad Zahran Alfarizi. (2026). Web Sosialisasi Deteksi Anomali Kapal Menggunakan Kecerdasan Buatan. *Masyarakat Berkarya : Jurnal Pengabdian Dan Perubahan Sosial*, 3(1), 21–30.  
<https://doi.org/10.62951/karya.v3i1.2972>
- Siech, A. F., Arifianto, A. Z., Hasin, M. K., Adhitya, R. Y., Munadhif, I., Kurnia, M., Sari, M., Studi, P., Otomasi, T., Teknik, J., Kapal, K., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2025). Deteksi Anomali Jalur Pelayaran Alur Laut Kepulauan Indonesia II (ALKI II) Berbasis Data AIS dengan Mean Fullstack Application. In *Jurnal Pustaka Nusantara Multidisiplin* (Vol. 3, Number 2).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.59945/jpnm.v3i2.463>
- Tahir, M., Li, M., Ayoub, N., & Aamir, M. (2019). Efficacy improvement of anomaly detection by using intelligence sharing scheme. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(3).  
<https://doi.org/10.3390/app9030364>
- Wolsing, K., Roepert, L., Bauer, J., & Wehrle, K. (2022). Anomaly Detection in Maritime AIS Tracks: A Review of Recent Approaches. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 10, Number 1). MDPI.  
<https://doi.org/10.3390/jmse10010112>
- Yang, Y., Liu, Y., Li, G., Zhang, Z., & Liu, Y. (2024). Harnessing the power of Machine learning for AIS Data-Driven maritime Research: A comprehensive review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 183.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103426>
- Zhang, L., Zhu, Y., Ren, J., Lu, W., & Yao, Y. (2023). A method for detecting abnormal behavior of ships based on multi-dimensional density distance and an abnormal isolation mechanism. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(8), 13921–13946.  
<https://doi.org/10.3934/mbe.202362>



© 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Share Alike (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).