

AI INTELLIGENCE: MENINGKATKAN PENGAWASAN MARITIM SECARA *REAL-TIME* MELALUI KECERDASAN ARTIFISIAL DAN *BIG DATA*

Billy Barokah, Heru Permana, Laksono Widyo Isworo, Eueung Mulyana, Muhammad Ridwan, & Haryadi Maramis

PT Len Industri (Persero)

ABSTRAK

Salah satu komponen penting dalam mendukung konsep pertahanan dan keamanan negara adalah tersedianya informasi situasional lengkap yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Dalam konteks *maritime surveillance*, salah satu sumber informasi ini adalah data dari sistem *automatic identification system* (AIS). Karena setiap kapal mengirimkan informasi secara periodik, data dari sistem AIS dapat digunakan untuk pemantauan (posisi, kecepatan, arah dan lain-lain) secara *real-time*. Dengan menggunakan metode pembelajaran mesin dan kecerdasan artifisial serta memanfaatkan *big data* dari data AIS yang tersedia, pihak yang berwenang dapat melakukan identifikasi potensi ancaman. Pendeteksian dini terhadap aktivitas kapal yang anomali secara tepat dan cepat menjadi sebuah tantangan dalam meminimalkan dampak dari sebuah kemungkinan ancaman. Dalam artikel ini, kami akan menyajikan ikhtisar dari konsep dan arsitektur deteksi anomali dari data AIS yang dikembangkan PT Len Industri (Persero), khususnya dalam hal klusterisasi trayektori, klasifikasi aktivitas, dan analisis perilaku kapal. Sistem yang dikembangkan mampu memodelkan rute perjalanan kapal, mengklasifikasikan aktivitas kapal, mengidentifikasi profil kapal dan mendeteksi pola anomali secara *real-time*.

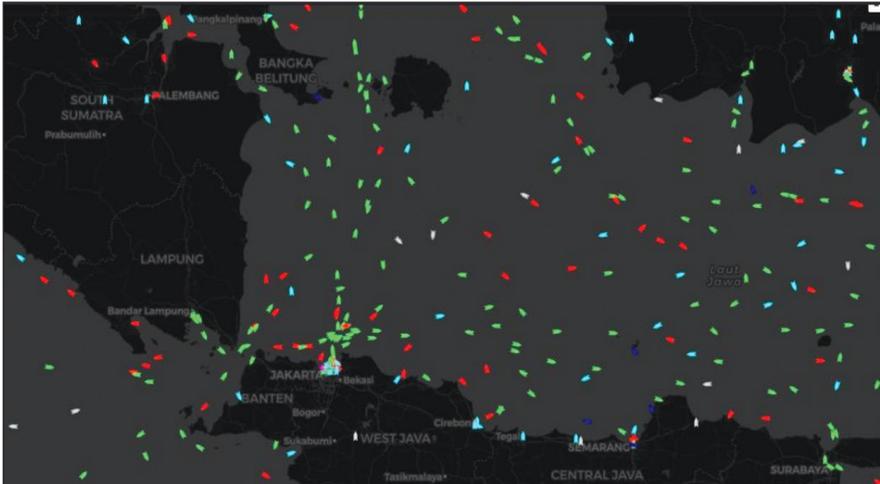
Kata kunci: AIS, *maritime surveillance*, kecerdasan artifisial, *big data*

A. PENDAHULUAN

Luasnya perairan Indonesia yang mencapai 3,25jt km² dan 2,55jt km² ZEE merupakan sumber daya yang sangat potensial. Pemanfaatannya pun bermacam-macam dari kegiatan perikanan, logistik, hingga transportasi manusia. Selain itu, posisi Indonesia sangat strategis dalam peta jalur pelayaran dunia yang memiliki empat *choke point*, yaitu Selat Malaka, Selat Sunda, Selat Makasar, dan Selat Lombok. Ini menjadikan perairan Indonesia sangat sibuk dengan lalu lintas perjalanan kapal-kapal

B. Barokah, H. Permana, L. W. Isworo, E. Mulyana, M. Ridwan, & H. Maramis
PT Len Industri, e-mail: billy.barokah@len.co.id

@2023 Kolaborasi Riset dan Inovasi Industri Kecerdasan Artifisial (KORIKA) & Penerbit BRIN
B. Barokah, H. Permana, L. W. Isworo, E. Mulyana, M. Ridwan, and H. Maramis, "AIS Intelligence: Meningkatkan pengawasan maritim secara *real-time* melalui kecerdasan artifisial dan *big data*," in *Prosiding Use Cases Artificial Intelligence Indonesia: Embracing Collaboration for Research and Industrial Innovation in Artificial Intelligence*, B. R. Trilaksono, H. Riza, A. Jarin, N. D. S. Darmayanti, and S. Liawatimena, Eds. Jakarta: Penerbit BRIN, Februari 2023, ch. 23, pp. 275-282, doi: 10.55981/brin.668.c535
ISBN: 978-623-8052-49-3, E-ISBN: 978-623-8052-50-9



Gambar 1. Pemantauan AIS secara *real-time*

internasional. Namun, potensi tersebut juga dapat memunculkan aktivitas-aktivitas ilegal, seperti *illegal, unregulated and unreported (IUU) fishing*, pembajakan kapal logistik dan transportasi, serta aktivitas-aktivitas ilegal lainnya yang dapat mengurangi potensi pendapatan dan mengancam keamanan dan pertahanan wilayah perairan Indonesia.

Saat ini, pemantauan terhadap situasi perairan Indonesia hanya sebatas pemantauan posisi kapal secara *real-time* dari data AIS tanpa adanya pengolahan data untuk dianalisis. Pengenalan pola pergerakan kapal untuk mendeteksi anomali, seperti *spoofing, loitering, rendezvous*, dan *AIS switch-off* merupakan tugas yang sangat menantang bagi operator pemantauan AIS. Selain data yang sangat banyak dan besar, banyak juga parameter yang perlu diperhatikan.

Dalam sistem *maritime surveillance*, pengumpulan data dari AIS merupakan salah unsur dalam membangun pusat informasi data untuk kemaritiman. Seluruh data akan diintegrasikan, dikorelasikan, dan dianalisis sehingga dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan.

Dalam artikel ini, kami akan menampilkan ikhtisar dari arsitektur sistem, konsep, dan teknik yang kami kembangkan. Data AIS yang diproses terbagi dalam tiga layer, yaitu *batch processing layer* untuk *modeling*, *real time processing layer* untuk deteksi anomali, dan *service layer* untuk *AIS mapping, early warning*, dan visualisasi.

B. JENIS ANOMALI AIS

Jenis anomali yang sistem deteksi dikhususkan terkait dengan pelanggaran dan gangguan keamanan dan pertahanan di wilayah perairan Indonesia. Analisis terhadap deteksi anomali kapal meliputi:

1. *Rendezvous*

Sistem dapat mendeteksi pertemuan dua kapal atau lebih di lautan, baik termonitor oleh AIS maupun tidak termonitor (*dark rendezvous*). Sistem tetap dapat mendeteksi terjadinya *rendezvous* ketika salah satu atau semua kapal mematikan AIS-nya untuk menghindari terpantau oleh AIS.

2. *Loitering*

Sistem dapat mendeteksi dari perubahan data AIS yang signifikan, seperti perubahan kecepatan atau *draught*, pelayaran yang tidak normal, seperti kecepatan yang tidak sesuai dengan jenis kapalnya atau *turn rate* yang tidak sesuai jenis kapalnya, dan berlayar tidak sesuai dengan rute/*trajectory* seharusnya.

3. *AIS Spoofing*

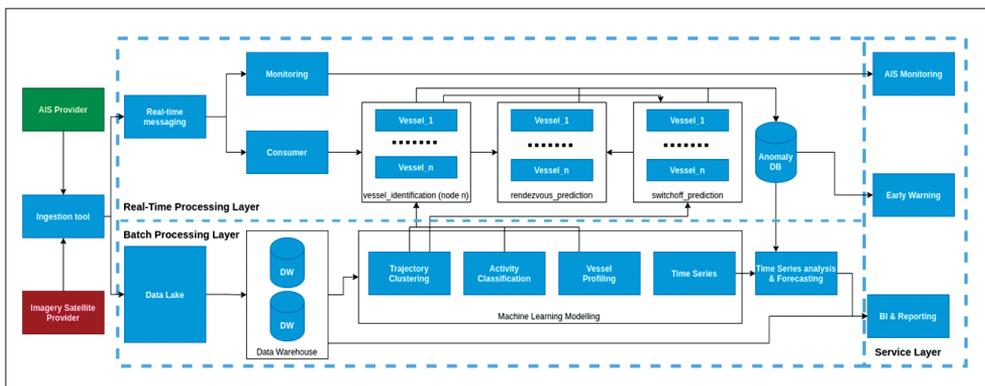
Sistem dapat mendeteksi adanya duplikasi nomor MMSI kapal dari data AIS yang diterima. Deteksi duplikasi nomor MMSI tidak hanya menerima data AIS pada waktu bersamaan, tetapi juga dapat mendeteksi nomor MMSI yang sama di posisi yang tidak memungkinkan kapal menempuh posisi tersebut dengan jeda waktu antara data AIS yang diterima saat ini dengan data AIS yang diterima sebelumnya. *AIS Spoofing* juga dapat mendeteksi AIS palsu, yaitu data AIS diterima, tetapi kapalnya tidak ada, dan kemungkinan ini merupakan serangan siber.

4. *AIS Switch-off*

Sistem dapat mendeteksi kapal yang mematikan AIS saat melakukan pelayaran dengan memvalidasi antara jarak, rute, kecepatan, dan arah pelayaran.

C. ARSITEKTUR

Sistem yang dikembangkan seperti yang ditampilkan pada Gambar 2. Arsitektur sistem yang digunakan mengikuti paradigma delta arsitektur. Proses data dibagi menjadi dua bagian, yaitu *batch processing* dan *real-time processing*. Pada *batch*



Gambar 2. Arsitektur AIS Intelligence

processing, semua *raw data* yang diterima akan disimpan pada *data lake*, selanjutnya diproses dengan teknik *extract, transform and load (ETL)* untuk dimasukkan ke *data warehouse*. Data pada *data warehouse* akan digunakan untuk proses *machine learning* dalam membuat model yang akan digunakan dalam deteksi anomali pergerakan kapal. Pada *batch processing*, sistem akan mengeksploitasi data riwayat pelayaran atau posisi kapal berdasarkan jenis kapal dan jalur pelayaran kapal berdasarkan *port-to-port*. Ini merupakan proses yang berjalan sangat lama; butuh beberapa jam untuk menyelesaikannya, tergantung jenis kapal dan kepadatan areanya serta spesifikasi komputer yang digunakan. Hasil eksploitasi ini berupa model untuk area rute perjalanan kapal, area aktivitas kapal, dan *profiling* kapal, serta *time series*.

Pada *real-time processing*, kami menggunakan *apache kafka* sebagai *message broker* untuk menangani pengiriman dari Apache Nifi sebagai *ingestion tool*. Data AIS didapatkan dari perusahaan *provider* layanan AIS. Selanjutnya, data dikirim ke *service layer* sebagai pemantauan secara *real-time* posisi kapal pada peta di sistem *web-based* dan dianalisis apakah terjadi pergerakan/perilaku yang anomali atau tidak. Sistem menggunakan teknik *distributed processing* untuk menganalisis setiap data AIS yang diterima. Proses ini menggunakan *apache flink* sebagai *computation engine* untuk *real-time processing*. Sistem terdiri dari beberapa *node*, setiap *node* akan menganalisis sekumpulan data AIS dan akan membuat *task* yang dikhususkan untuk menganalisis satu kapal saja.

D. TEKNIK PEMODELAN DATA PADA *BATCH PROCESSING LAYER*

1. *Trajectory Clustering*

Trajectory clustering digunakan untuk mengidentifikasi area normal pada rute perjalanan kapal dengan menggunakan data riwayat posisi kapal berdasarkan tipe kapal dan perjalanan kapal pelabuhan ke pelabuhan. *Trajectory clustering* menggunakan teknik *spatiotemporal* dengan algoritma *k-means* dan *convex hull*. Dengan teknik ini, sistem dapat membuat area perjalanan berupa poligon yang saling terhubung.



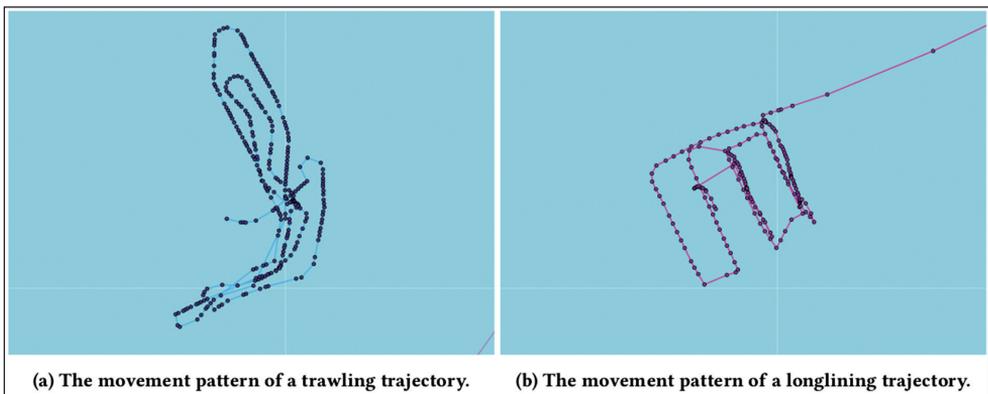
Gambar 3. *Trajectory Clustering*

Setiap area poligon akan memiliki informasi mengenai *course*, *heading*, kecepatan paling cepat, kecepatan paling lama, dan waktu perjalanan. Semua area poligon yang terbentuk akan disimpan ke dalam *database* dan akan digunakan untuk mendeteksi penyimpangan atau anomali dari pergerakan kapal pada *streaming layer*.

2. Activity Classification

Klasifikasi aktivitas kapal digunakan untuk dua analisis kapal, yaitu 1) untuk mendeteksi aktivitas kapal di lautan secara *real-time*; dan 2) untuk menentukan area aktivitas kapal, seperti area penangkapan ikan, area *anchor*, dan area bongkar muat.

Sistem menggunakan algoritma XGBOOST untuk mengklasifikasikan *feature* berdasarkan *speed*, *drifting*, *turn*, dan interval waktu. Setelah mengidentifikasi aktivitas kapal, sistem akan mengklasifikasi area berdasarkan aktivitas kapal, yaitu area penangkapan ikan, area *anchor*, dan area bongkar muat.



Gambar 4. Activity Classification



Gambar 5. Area Classification

3. Vessel Profiling

Pada bagian ini kami menggunakan algoritma *Fuzzy Logic Reasoner* dalam melakukan *profiling* kapal dalam menentukan tingkat atau nilai risiko suatu kapal. Nilai risiko ini akan digunakan dalam menentukan nilai terhadap anomali sebuah kapal. Ada tiga indikator yang dipertimbangkan dalam menentukan nilai risiko, yaitu 1) frekuensi perubahan *flag* (kode MMSI); 2) frekuensi perubahan pelabuhan tujuan dan komparasi antara pelabuhan tujuan pada AIS dan pelabuhan tujuan yang aktual; 3) frekuensi perubahan nama kapal.

Tabel 1. *Fuzzy Logic Rules*

No	Input			Output
	Frekuensi perubahan flag	Frekuensi perubahan nama	frekuensi perubahan pelabuhan tujuan	indikator anomali
1	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang
2	Rendah	Rendah	Normal	Rendah
3	Rendah	Rendah	Tinggi	Sedang
4	Rendah	Tinggi	Rendah	Sedang
5	Rendah	Tinggi	Normal	Rendah
6	Rendah	Tinggi	Tinggi	Sedang
7	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
8	Tinggi	Rendah	Normal	Sedang
9	Tinggi	Rendah	Tinggi	Tinggi
10	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
11	Tinggi	Tinggi	Normal	Tinggi
12	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

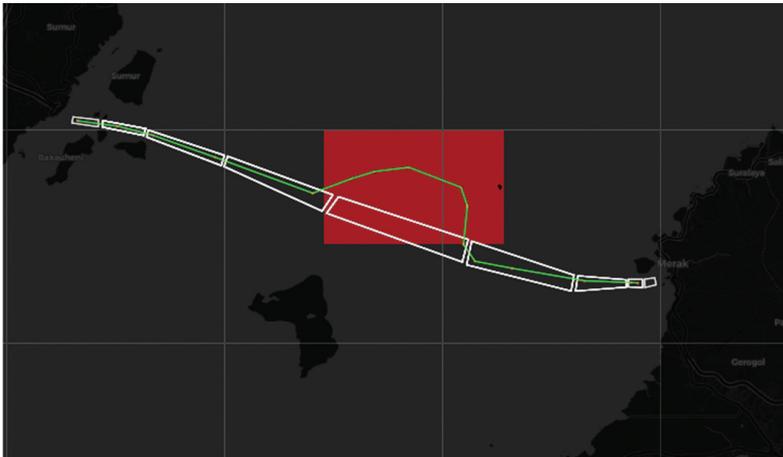
E. TEKNIK DETEKSI ANOMALI PADA *REALTIME*

Dalam proses mendeteksi anomali, sistem akan membagi ke dalam tiga bagian:

1. Bagian pertama merupakan *service vessel identification*. Sistem menganalisis pergerakan kapal untuk mendeteksi *loitering* dan *spoofing* untuk *fake* AIS dengan parameter dari *trajectory clustering*, *area classification*, dan *vessel profiling*. Ketika terdeteksi ada pergerakan yang menyimpang dan gap interval data AIS yang diterima melebihi batas *threshold*, sistem akan mengirimkan data AIS ke *service rendezvous detection* dan untuk *gap interval* data AIS akan dikirim ke *service switch-off detection*.

2. Bagian kedua adalah *service rendezvous detection*. Bagian ini akan aktif ketika menerima data dari *service vessel identification*. Pada bagian ini sistem akan melakukan pemantauan di area sekitar terhadap kapal-kapal yang mendekat.
3. Bagian ketiga adalah *service AIS switch-off*. Bagian ini akan aktif ketika menerima data dari *service vessel identification*. Pada bagian ini, sistem akan melakukan pemantauan terkait pengiriman AIS, apakah sengaja dimatikan atau ada kendala lain, termasuk faktor cuaca yang juga diperhitungkan.

Hasil analisis data AIS, baik secara *real-time* maupun *batch processing*, akan ditampilkan dalam *service layer*. Hasil ini terdiri dari *mapping* data AIS secara *real-time* pada peta dengan *map server* menggunakan *geoserver*, notifikasi untuk *early warning detection*, dan BI (*business intelligence*), serta *reporting* menggunakan *apache superset* dengan *query engine* menggunakan trino.



Gambar 6. *Anomaly Behavior*

F. KESIMPULAN

Pemantauan dan analisis data AIS secara *real-time* tidak cukup untuk kebutuhan pengawasan dan pengamanan maritim, butuh pemrosesan lebih lanjut untuk dapat mendeteksi adanya anomali AIS. Oleh karena itu, dalam sistem ini kami mengembangkan metode pembelajaran mesin dan kecerdasan artifisial serta memanfaatkan *big data* dari data AIS yang tersedia untuk membantu mendeteksi anomali AIS secara otomatis dan *real-time*.

Sistem deteksi anomali AIS yang dikembangkan secara umum terbagi ke dalam tiga *layer*, yaitu *batch processing layer* untuk modeling, *real time processing layer* untuk deteksi anomali, dan *service layer* untuk *early warning*, AIS *mapping*, dan visualisasi.

Dalam meningkatkan keakuratan data dan kemampuan sistem dalam pengawasan dan pengamanan maritim, dalam sistem ini kami melakukan *information fusion* dengan sumber data yang lain, seperti citra satelit, baik foto optik maupun foto *synthetic aperture radar* (SAR), *radio frequency* (RF), satelit, dan *visible infrared imaging radiometer suite* (VIIRS), serta dengan data dari *human intelligence* (HUMINT) dan *open source intelligence* (OSINT).