

IDENTIFIKASI AKTIVITAS ILLEGAL TRANSSHIPMENT BERBASIS KEPADATAN POINT LINTASAN PADA DATA AIS

I Gede Sudiantara¹, I Made Oka Widyantara², Dewa Made Wiharta³

¹Program Pascasarjana Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana
Jl Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Bali Indonesia 80361

^{2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana
Jl Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Bali Indonesia 80361

e-mail: theysudi@gmail.com¹, oka.widyantara@unud.ac.id², wiharta@unud.ac.id³

Received : February, 2022

Accepted : April, 2022

Published : April, 2022

Abstract

Illegal transshipment is the activity of moving cargo, ship supplies, personnel, or fish caught between two ships at sea that is not reported to the shipping authority at the port. In the context of IUU (Illegal, Unreported, Unregulated) fishing, illegal transshipment activities need to be monitored to secure the country's foreign and fishing grounds for traditional fishermen. By leveraging the scope of technology in the Automatic Identification System (AIS), we developed an AIS trajectory data extraction framework based on trajectory point densities. The trajectory density is grouped with a certain threshold value to get a pattern of transshipment activity. Based on the testing stage using the Silhouette Coefficient method, the quality of the clusters produced in the framework has a fairly strong result. In addition, the Silhouette score test on clustering without stages in the framework was also carried out to compare the quality of the clusters. From the comparison results, it is known that the process in the framework was able to improve the cluster quality of DBSCAN.

Keywords: AIS, Activity Point Clustering, DBSCAN

Abstrak

Illegal transshipment merupakan aktivitas pemindahan kargo, persediaan kapal, personel, atau hasil tangkapan ikan antara dua kapal di laut yang tidak dilaporkan kepada otoritas pelayaran di pelabuhan. Dalam konteks IUU (Illegal, Unreported, Unregulated) Fishing, aktivitas illegal transshipment perlu diawasi untuk mengamankan devisa negara dan daerah tangkapan ikan nelayan tradisional. Dengan memanfaatkan cakupan dari teknologi pada Automatic Identification System (AIS), kami mengembangkan sebuah kerangka kerja ekstraksi data lintasan AIS berbasis kepadatan point lintasan. Kepadatan lintasan dikelompokkan dengan nilai ambang tertentu untuk mendapatkan pola aktivitas transshipment. Berdasarkan pengujian dengan metode Silhouette Coefficient, kualitas klaster yang dihasilkan pada kerangka kerja yang dibangun memiliki hasil yang cukup kuat. Selain itu, pengujian skor Silhouette pada klasterisasi tanpa tahapan pada kerangka kerja juga dilakukan untuk membandingkan kualitas klaster. Dari hasil perbandingan tersebut, diketahui bahwa proses pada kerangka kerja yang dibangun mampu meningkatkan kualitas klaster dari DBSCAN..

Kata Kunci: AIS, Pengelompokan Point Aktivitas, DBSCAN

1. PENDAHULUAN

Transshipment merupakan aktivitas pemindahan atau pertukaran kargo, persediaan kapal, personel, atau hasil tangkapan ikan antara dua kapal di laut yang jauh dari pelabuhan asal. *Transshipment* memiliki manfaat yang bagus untuk membantu aktivitas penangkapan ikan menjadi lebih efisien, akan tetapi aktivitas *transshipment* juga dianggap sebagai faktor yang memungkinkan untuk melakukan aktivitas ilegal di laut [1]. Jika tidak dilaporkan kepada otoritas pelayaran, aktivitas *transshipment* dapat mengaburkan fakta dari sumber tangkapan yang sebenarnya. Oleh karena itu, aktivitas *transshipment* dalam konteks *IUU Fishing (Illegal, Unreported, Unregulated)* perlu diawasi untuk mengamankan devisa negara dari sektor perikanan laut dan mengamankan daerah tangkapan ikan untuk keberlangsungan mata pencarian nelayan tradisional. Dampak lain yang dapat terjadi yaitu kesalahan pada penilaian ketersediaan ikan di masa mendatang [2].

Dalam melakukan pengawasan aktivitas kapal di laut bukan hal yang mudah untuk dilakukan. Mengingat Indonesia yang memiliki wilayah laut luas, tentunya jumlah kapal patroli laut tidak akan mencukupi untuk mengawasi semua wilayah perairan. Selain itu dari segi biaya operasional yang dibutuhkan juga sangat tinggi. *Automatic Identification System (AIS)* merupakan alat untuk melacak pergerakan kapal laut dengan transceiver onboard dan stasiun satelit [3]. *The International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)* dari *International Maritime Organization (IMO)* telah mensyaratkan penggunaan AIS untuk beberapa kapal pelayaran sebagai alat pemantauan [3], [4]. Data yang disediakan oleh AIS berupa data dinamis (berupa koordinat kapal, kecepatan, laju belokan, dan lain sebagainya) dan data statis (berupa data nomor kapal, jenis kapal, panjang kapal, dan lain sebagainya) [5]. Data AIS yang dipancarkan oleh kapal ditransmisikan ke stasiun terdekat melalui frekuensi radio VHF yang dikirimkan secara periodik. Dengan data tersebut, sejarah aktivitas kapal dapat dipantau karena data pergerakan kapal yang selalu direkam [6].

Identifikasi aktivitas kapal penting dilakukan untuk mencegah oknum dalam melakukan tindakan ilegal di laut. Sekitar 90% perdagangan

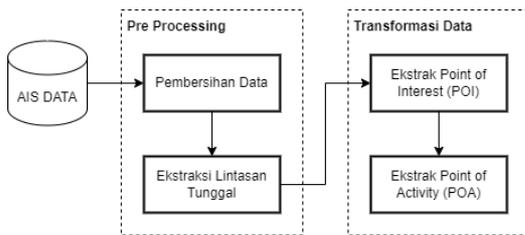
dunia dilakukan di laut, tetapi hanya 2% yang diperiksa secara fisik [7]. Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) Perserikatan Bangsa - Bangsa memperkirakan lebih dari 15% tangkapan global tahunan adalah ilegal, tidak dilaporkan, atau tidak diatur (IUU) [8]. Berdasarkan audit dari KKP pada tahun 2015, terdapat sebanyak 1132 kapal yang melanggar hukum dan peraturan penangkapan ikan [9]. Melalui data histori kapal dari data AIS, dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk mengidentifikasi kapal yang melakukan pola pergerakan yang mencurigakan secara real-time. Selain itu, pemanfaatan data AIS berpotensi untuk meningkatkan cakupan pemantauan dan pengelolaan perikanan dalam hal lokasi kegiatan kapal penangkap ikan [10]–[12].

Walupun data AIS mampu menyediakan data – data kapal, identifikasi aktivitas kapal masih dilakukan secara visual. Oleh karena itu, eksploitasi pola pergerakan kapal dengan data AIS untuk tujuan otomatisasi pemantauan aktivitas kapal adalah solusi yang bisa diterapkan. Seperti pada penelitian [13] yang menghasilkan pola aktivitas IUU Fishing dari hasil ekstraksi lintasan berbasis kecepatan. Pola kegiatan tersebut selanjutnya diidentifikasi menggunakan K-NN with DTW untuk menentukan jenis aktivitas kapal. Mengacu pada penelitian tersebut, kami menerapkan identifikasi pola pergerakan kapal berbasis kepadatan [14]. Salah satu algoritma yang dapat diterapkan yaitu *Density-based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)*. DBSCAN dalam proses *clustering* secara otomatis dapat mengelompokkan kluster dengan bentuk yang tidak tetap dan menemukan noise secara otomatis dan efektif [15]. Kepadatan dari point lintasan yang dihasilkan akan membentuk sebuah area pola aktivitas dari kapal. Untuk mengukur kualitas dari kluster yang dihasilkan pada kerangka kerja ini, diterapkan metode *Silhouette Coefficient*. Pengujian kerangka kerja juga diterapkan untuk membandingkan nilai *Silhouette* dengan klasifikasi tanpa tahapan pada kerangka kerja. Tahapan dari kerangka kerja yang dikembangkan meliputi tahap data *pre-processing* dan tahap transformasi data. Tahapan data *pre-processing* terdiri dari pembersihan data dan ekstraksi lintasan tunggal. Tahapan dari transformasi data meliputi ekstraksi *point of interest* dan ekstraksi

point of activity berbasis kepadatan dengan DBSCAN.

2. METODE PENELITIAN

Kerangka kerja yang dibangun terdiri dari proses pembersihan data, ekstraksi lintasan tunggal, ekstraksi *point of interest* (POI) dan ekstraksi *point of activity* (POA) yang dapat dilihat pada gambar 1. Ekstraksi POA merupakan kumpulan titik lintasan kapal yang mengandung aktivitas kapal. Pengelompokan point lintasan dihitung menggunakan algoritma dari DBSCAN (*Density-based Spatial Clustering of Application with Noise*). DBSCAN merupakan algoritma pengelompokan berbasis kepadatan yang dapat membagi kumpulan data menjadi beberapa kelompok [16]. DBSCAN tidak memperkirakan kepadatan antar titik, namun menganggap semua tetangga dari titik inti adalah bagian dari kluster [17]. Kluster yang dihasilkan oleh DBSCAN bergantung pada densitasnya.



Gambar 1. Alur Kerangka Kerja

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji coba terhadap kerangka kerja yang dibangun. Uji coba yang dilakukan adalah mengukur kualitas kluster dari hasil ekstraksi point lintasan aktivitas (POA) yang dihasilkan oleh DBSCAN. Kualitas kluster tersebut dihitung menggunakan metode *Silhouette Coefficient*. Hasil dari metode *Silhouette Coefficient* berupa nilai skor *Silhouette* dari -1 sampai 1. Semakin dekat skor *Silhouette* dengan nilai 1 maka semakin dekat hubungan antara objek dengan kluster tersebut [18]. Skor *Silhouette* juga dihitung pada ekstraksi POA tanpa melewati proses dari kerangka kerja. Selanjutnya, dilakukan perbandingan skor *Silhouette* antara hasil ekstraksi POA dengan seluruh proses pada kerangka kerja dan beberapa proses pada kerangka kerja.

3. IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan pembahasan mengenai implementasi dari tahapan – tahapan pada

kerangka kerja yang dibangun. Sub bagian pertama membahas mengenai data dan instrument yang digunakan pada penelitian ini. Sub bagian selanjutnya membahas mengenai implementasi dari tahapan – tahapan yang ada pada kerangka kerja.

3.1 Data dan Instrumen Penelitian

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset AIS yang ditangkap oleh receiver AIS terrestrial di Universitas Udayana. Rentang waktu pengambilan data AIS yang digunakan dari 01 November 2021 sampai dengan 05 November 2021. Dataset ini memiliki total 431752 baris data yang terdiri dari 318 nomor MMSI kapal yang berbeda. Atribut dataset AIS yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- *Timestamp*: waktu penerimaan sinyal yang ditangkap oleh antenna AIS Universitas Udayana.
- MMSI: nomor unik sebagai identitas kapal.
- *Longitude*: koordinat bujur posisi kapal.
- *Latitude*: koordinat lintang posisi kapal.
- *Speed Over Ground (SOG)*: kecepatan kapal di atas permukaan tanah.

Dataset AIS pada penelitian ini disimpan menggunakan database MySQL dan diolah menggunakan bahasa pemrograman Python. Rincian instrumen penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Instrumen Penelitian

Item	Rincian
Dataset	Data terrestrial AIS Universitas Udayana dari 01 November 2021 hingga 05 November 2021
Jumlah Baris	431752
Jumlah MMSI	318
Software	Database MySql dan Bahasa Pemrograman Python
Spesifikasi Hardware	6 Core AMD Ryzen 5600G 3.9Ghz CPU, 16GB RAM, 500GB NVMe SSD

3.2 Data Pre-processing

a. Pembersihan Data

Data dibersihkan dengan memilih baris data yang diperlukan dan menghilangkan baris data yang memiliki nilai yang tidak perlu. Pertama kali dipilih baris data yang memiliki fitur *msg_type* 1, 2, dan 3. Data dengan fitur tersebut menyajikan data dinamis pada laporan posisi

kapal. Selanjutnya, baris data posisi kapal yang tidak sesuai dengan sistem koordinat geografis dihilangkan. Baris data kemudian disimpan dalam tabel baru, hanya menyisakan data pergerakan dan pengurangan volume data.

Proses dari pembersihan data bertujuan untuk menghilangkan fitur yang tidak perlu dan menyimpan fitur ke dalam tabel baru yang diberi nama *ais_trajectory*. Diketahui dataset AIS yang awalnya terdiri dari 431752 baris, hanya 298049 yang memiliki fitur posisi kapal. Jumlah ini telah mengurangi 31% dari volume data dari dataset yang diperoleh.

b. Ekstraksi Lintasan Tunggal

Ekstraksi lintasan tunggal bertujuan untuk membagi lintasan kapal menjadi beberapa rute lintasan. Pertama, nomor MMSI yang merupakan nilai unik sebuah kapal dikelompokkan dan diurutkan berdasarkan waktu data diterima. Baris data tersebut dihubungkan sehingga membentuk lintasan kapal. Namun dalam sebuah lintasan bisa terdiri dari banyak rute lintasan kapal. Untuk itu diterapkan teknik *trimming* seperti pada penelitian [19] yang dapat memangkas data berdasarkan interval waktu.

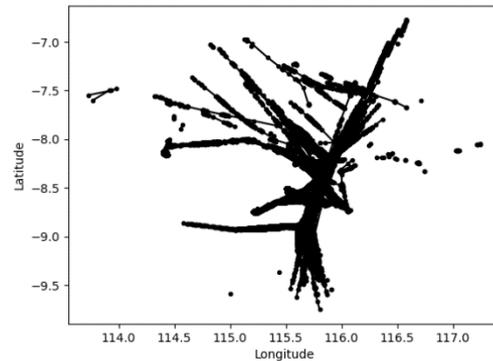
Data lintasan kapal dipangkas berdasarkan interval waktu untuk membagi lintasan kapal jika memiliki jarak waktu yang cukup besar. Menggunakan teknik *trimming* pada penelitian [19], baris data dengan MMSI yang sama diurutkan berdasarkan waktu penerimaan data. Kemudian dilakukan pengukuran rentang waktu dari baris sebelumnya ke baris saat ini. Jika ada rentang waktu yang melebihi ambang batas (tT), maka baris tersebut akan ditandai sebagai lintasan yang baru. Adapun fungsi dari ekstraksi lintasan tunggal ditunjukkan pada gambar 2.

```
def singel_traj_extraction(mmsi, t_threshold):
    i = 1
    mycursor.execute("DELETE FROM ais_trajectory " \
    f" WHERE mmsi = '{mmsi[0].mmsi}'")
    mydb.commit()
    sql = "INSERT INTO ais_trajectory " \
    "(mmsi,lon,lat,time_stamp,id,sog,cog,heading,accuracy,lintasan) " \
    "VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)"
    for key, val in mmsi.iterrows():
        if key < len(mmsi)-1:
            diff = mmsi.loc[key+1, 3] - val[3]
            data = (val[0], val[1], val[2], val[3], val[4], val[5], val[6], \
            val[7], val[8], i)
            mycursor.execute(sql, data)
            mydb.commit()
            if diff.total_seconds() > t_threshold:
                i += 1
```

Gambar 2. Fungsi Ekstraksi Lintasan Tunggal

Berdasarkan proses ekstraksi lintasan tunggal, pada data AIS yang telah dibersihkan

memperoleh sebanyak 660 lintasan kapal. Jumlah nilai ambang batas (Tt) yang digunakan yaitu 60 menit. Jumlah maksimal lintasan yang diperoleh pada sebuah kapal yaitu sebanyak 12 lintasan. Gambar 5 menampilkan lintasan kapal dari hasil tahapan data *pre-processing*. Adapun ringkasan data dari tahapan data *pre-processing* disajikan pada tabel 2.



Gambar 3. Lintasan Kapal

Tabel 2: Ringkasan Hasil Tahap Data *Pre-processing*

Nama Data	Jumlah Data
Data Mentah	431752 Baris
Data Bersih	298049 Baris
Data Lintasan Tunggal	660 Lintasan

3.3 Transformasi Data

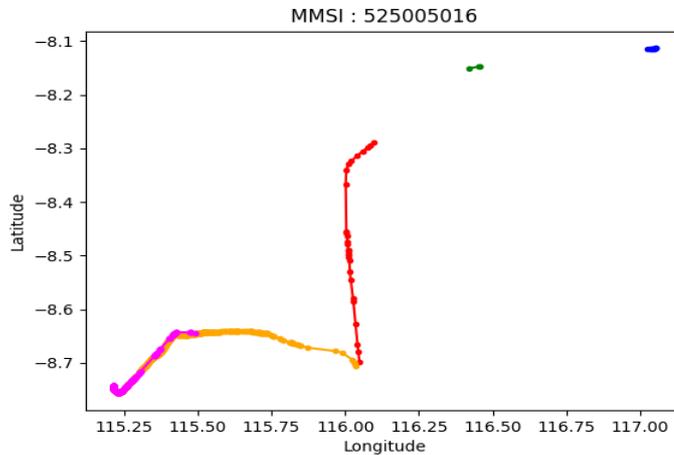
a. Ekstrak *Point of Interest* (POI)

Pemangkas point lintasan untuk mendapatkan POI dilakukan dengan cara melakukan seleksi pada fitur kecepatan kapal. Kecepatan kapal diseleksi berdasarkan tabel ringkasan pola perilaku kapal dari penelitian [13]. Diketahui bahwa pola yang menyerupai aktivitas ilegal memiliki kecepatan dibawah 10 knot. Untuk itu, pemangkas point lintasan dilakukan sehingga hanya menyisakan point lintasan yang mengandung pola aktivitas dan diberi label sebagai POI.

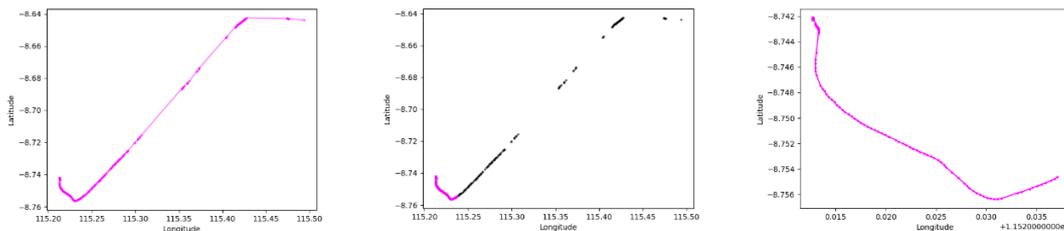
Proses yang dilakukan pada tahap ini yaitu menghilangkan point lintasan yang memiliki kecepatan kapal diatas 10 knot. Pada gambar 4 menampilkan seluruh lintasan pada sebuah kapal dengan nomor MMSI 525005016. Terdapat 5 lintasan tunggal pada kapal tersebut. Untuk membedakan lintasan tunggal kapal, pada masing – masing lintasan diberikan warna yang berbeda. Selanjutnya masing – masing lintasan melewati proses eliminasi kecepatan. Dari 5 lintasan tersebut, hanya 3 lintasan yang ditandai sebagai POI. Gambar 5 menunjukkan

proses seleksi kecepatan kapal pada salah satu lintasan kapal. Point lintasan yang memiliki kecepatan melebihi 10 knot ditandai dengan titik hitam. Selanjutnya point lintasan tersebut

dihilangkan sehingga hanya menyisakan point lintasan kapal yang memiliki fitur kecepatan yang diinginkan.



Gambar 4. Lintasan Kapal dengan MMSI 525005016

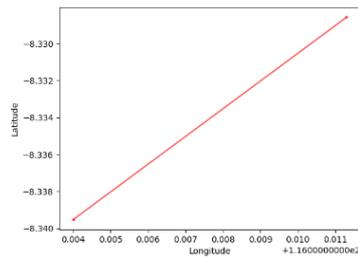
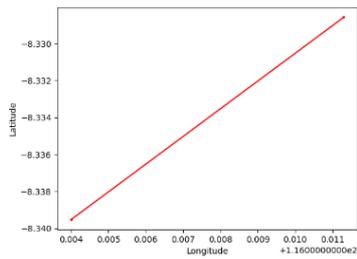


Gambar 5. Proses Ekstraksi POI

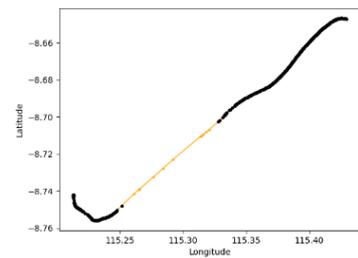
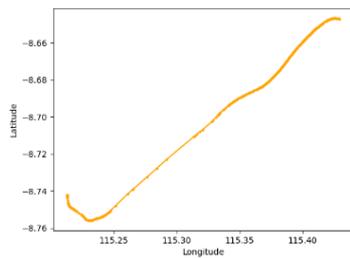
b. Ekstrak *Point of Activity* (POA)

Setelah mendapatkan ekstraksi POI, tahap selanjutnya yaitu proses ekstraksi POA. Ekstraksi POA dilakukan dengan menggunakan algoritma berbasis kepadatan yaitu DBSCAN. Karena data AIS merupakan data spasial, pendekatan ini cocok untuk mencari pola kegiatan lintasan berdasarkan jarak *euclidean*. Parameter yang ditentukan pada algoritma ini yaitu *Epsilon* (ϵ) dan *MinPts*. DBSCAN mencari kumpulan data dengan kepadatan yang tinggi untuk dijadikan sebagai kluster. Untuk alasan efisiensi, DBSCAN tidak melakukan estimasi kepadatan di antara titik - titik. Sebaliknya, semua tetangga dalam radius dari titik inti dianggap sebagai bagian dari kluster yang sama dengan titik inti [17]. Hasil dari ekstraksi POA yaitu point lintasan yang menyerupai pola aktivitas ilegal pada kapal yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas ilegal *transshipment*.

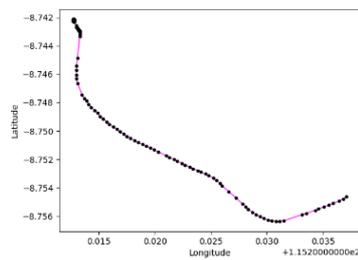
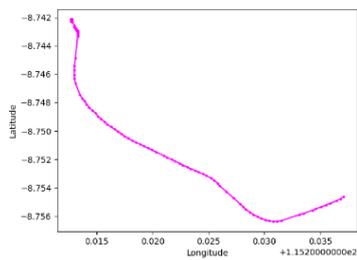
Fungsi dari algoritma DBSCAN telah tersedia pada library bahasa pemrograman python. Konfigurasi nilai parameter yang digunakan pada tahap ekstraksi POA ini yaitu nilai $\epsilon = 0.005$ dan *MinPts* = 5. Gambar 6 menampilkan hasil ekstraksi POA pada masing – masing lintasan kapal yang telah melewati proses ekstraksi POI. Hasil ekstraksi POA ditandai dengan warna hitam pada point lintasan. Pada lintasan 1 yang ditunjukkan pada Gambar 6(a), seluruh point lintasan tidak ditandai sebagai POA. Hal itu disebabkan karena point lintasan 1 tidak memenuhi parameter *minPts* dari algoritma DBSCAN. Hasil ekstraksi POA lintasan 2 pada Gambar 6(b) memiliki 2 area lintasan yang ditandai sebagai POA, karena adanya point lintasan yang berada diluar epsilon dari *core point*. Hasil ekstraksi POA dari lintasan 5 menunjukkan bahwa seluruh point lintasan merupakan POA yang dapat dilihat pada Gambar 6(c).



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Proses Ekstraksi POA

3.4 Evaluasi Kerangka Kerja

Ekstraksi POA merupakan kumpulan posisi pada sebuah kapal yang menyerupai aktivitas *transshipment*. Ekstraksi POA dihasilkan dengan klusterisasi berbasis kepadatan menggunakan algoritma DBSCAN. Pengujian hasil klusterisasi dilakukan untuk mendapatkan kualitas kluster dari ekstraksi POA. Semakin kuat kualitas kluster yang dihasilkan, maka semakin baik proses klusterisasi yang dilakukan. Berdasarkan data kapal dengan nomor MMSI 525005016, terdapat 3 POA yang merupakan hasil klusterisasi dari DBSCAN. Untuk menguji kualitas kluster yang dihasilkan, kami melakukan perbandingan hasil POA melalui tahapan dan tanpa tahapan dari framework yang diusulkan.

Pengujian kualitas kluster ini dihitung menggunakan metode *Silhouette Coefficient*. Hasil dari perhitungan *Silhouette Coefficient* yaitu nilai angka dengan rentang -1 hingga 1. Semakin dekat nilai *Silhouette* dengan nilai 1, maka semakin erat hubungan objek dan kluster tersebut.

Pengujian kualitas kluster dihitung menggunakan *Silhouette Coefficient* pada hasil ekstraksi POA. Seperti pada data kapal dengan nomor MMSI 525005016, kami membandingkan kualitas kluster dengan dengan 2 skenario pengujian. Skenario pertama yaitu melakukan perhitungan kualitas kluster pada hasil dari seluruh proses yang ada pada kerangka kerja.

Skenario kedua yaitu melakukan perhitungan kualitas kluster pada hasil dari beberapa proses pada kerangka kerja, yaitu pembersihan data dan ekstraksi POA. Pengujian kualitas kluster pada skenario pertama mendapatkan nilai *Silhouette* = 0,94. Kluster tersebut termasuk ke dalam kluster yang kuat karena nilai *Silhouette* yang dihasilkan hampir mendekati angka 1. Sedangkan pengujian kualitas kluster dengan beberapa proses pada kerangka kerja mendapatkan nilai *Silhouette* = 0,79. Pengujian

lain juga dilakukan dengan menghitung kualitas kluster pada beberapa kapal seperti yang disajikan pada Tabel 4. Terlihat pada data tersebut, kualitas kluster yang dihasilkan dengan kerangka kerja yang dibangun memiliki nilai *Silhouette* yang lebih besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa tahapan – tahapan pada kerangka kerja yang dibangun mampu meningkatkan kualitas kluster yang dihasilkan oleh DBSCAN.

Tabel 3: Perbandingan Kualitas Kluster Ekstraksi POA

Nomor MMSI	Skenario Pengujian Kualitas Kluster dengan	
	Seluruh Proses pada Kerangka Kerja	Beberapa Proses pada Kerangka Kerja
477537xxx	0.913	0.245
525003xxx	0.976	0.975
525003xxx	0.736	-0.0187
525005xxx	0.895	0.434
525005016	0.940	0.795
525007xxx	0.887	0.444
525200xxx	0.921	0.917

4. KESIMPULAN

Pola pergerakan kapal yang terindikasi melakukan aktivitas ilegal *transshipment* memiliki kecepatan yang rendah dan berada jauh dari pusat komunikasi daratan. Dengan data AIS yang menyimpan data histori kapal dapat dimanfaatkan sebagai alat pengawasan bagi kapal yang memiliki pola pergerakan tersebut. Namun ekstraksi pola aktivitas tidak dapat dilakukan secara langsung. Perlu adanya proses lebih lanjut untuk menghasilkan ekstraksi pola lintasan yang memiliki aktivitas kapal melalui data AIS. Kerangka kerja yang kami kembangkan bertujuan untuk menghasilkan kluster lintasan kapal yang memiliki pola aktivitas *transshipment*. Diawali dengan data *pre-processing* yang mengeliminasi baris data AIS yang tidak mengandung fitur posisi kapal. Dari proses tersebut, 31% baris data AIS tereliminasi karena mengandung fitur posisi kapal yang tidak valid. Kemudian proses pembagian lintasan berdasarkan nomor MMSI kapal dan jarak waktu penerimaan data, dilanjutkan dengan proses eliminasi point lintasan kapal yang memiliki kecepatan diatas 10 knot. Hasil eliminasi point lintasan yang disebut sebagai POI selanjutnya dimasukkan ke dalam proses klusterisasi berbasis kepadatan dengan algoritma DBSCAN untuk mendapatkan ekstraksi POA. Dari hasil evaluasi dengan metode *Silhouette Coefficient*, ekstraksi POA

yang dihasilkan dengan tahapan kerangka kerja ini berada pada kategori yang kuat dibandingkan dengan ekstraksi POA dengan dataset AIS mentah. Kualitas kluster yang kuat ditunjukkan pada perbandingan nilai *Silhouette* yang dihasilkan pada masing – masing kapal. Hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh proses dari kerangka kerja ini mampu meningkatkan kualitas kluster yang dihasilkan oleh DBSCAN.

Untuk pengembangan lebih lanjut, hasil klusterisasi pada framework ini dapat dibandingkan dengan data *transshipment* yang terjadi di dunia nyata. Data *transshipment* di dunia nyata dapat membantu penyesuaian dalam konfigurasi parameter pada algoritma DBSCAN. Penyesuaian parameter tersebut diharapkan dapat membantu dalam mengenali pola aktivitas ilegal *transshipment* yang terjadi di dunia nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Boerder, N. A. Miller, and B. Worm, "Global hot spots of *transshipment* of fish catch at sea," *Science Advances*, vol. 4, no. 7, p. eaat7159, Jul. 2018, doi: 10.1126/sciadv.aat7159.
- [2] Y. Oozeki *et al.*, "Reliable estimation of IUU fishing catch amounts in the northwestern

- Pacific adjacent to the Japanese EEZ: Potential for usage of satellite remote sensing images," *Marine Policy*, vol. 88, no. June 2017, pp. 64–74, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.marpol.2017.11.009.
- [3] S. Mao, E. Tu, G. Zhang, L. Rachmawati, E. Rajabally, and G.-B. Huang, "An Automatic Identification System (AIS) Database for Maritime Trajectory Prediction and Data Mining," in *Proceedings of ELM-2016. Proceedings in Adaptation, Learning and Optimization*, vol. 9, 2018, pp. 241–257. doi: 10.1007/978-3-319-57421-9_20.
- [4] H. Zhong, X. Song, and L. Yang, "Vessel Classification from Space-based AIS Data Using Random Forest," in *2019 5th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA)*, Jul. 2019, pp. 9–12. doi: 10.1109/BigDIA.2019.8802792.
- [5] L. Zhang, Q. Meng, Z. Xiao, and X. Fu, "A novel ship trajectory reconstruction approach using AIS data," *Ocean Engineering*, vol. 159(12), pp. 165–174, 2018, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.03.085.
- [6] E. M. Husni, M. R. Andanawari R. S, and R. H. Triharjanto, "Algoritma Peringatan Dini Pencurian Ikan Pada Data Automatic Identification System (AIS) Berbasis Terrestrial Dan Satelit," *Jurnal Teknologi Dirgantara*, vol. 14, no. 2, p. 81, Jul. 2017, doi: 10.30536/j.jtd.2016.v14.a2385.
- [7] D. Nguyen *et al.*, "An AIS-based Deep Learning Model for Vessel Monitoring," 2018, [Online]. Available: <https://hal-imt-atlantique.archives-ouvertes.fr/hal-01863958>
- [8] M. Borit and P. Olsen, "Seafood traceability systems: gap analysis of inconsistencies in standards and norms," 2016. Accessed: Aug. 11, 2021. [Online]. Available: <https://www.salttraceability.org/resource/seafood-traceability-systemsgap-analysis-of-inconsistencies-in-standards-and-norms>
- [9] I. Chapsos and S. Hamilton, "Illegal fishing and fisheries crime as a transnational organized crime in Indonesia," *Trends in Organized Crime*, vol. 22, no. 3, pp. 255–273, Sep. 2019, doi: 10.1007/s12117-018-9329-8.
- [10] D. C. Dunn *et al.*, "Empowering high seas governance with satellite vessel tracking data," *Fish and Fisheries*, vol. 19, no. 4, pp. 729–739, Jul. 2018, doi: 10.1111/faf.12285.
- [11] N. Longépé *et al.*, "Completing fishing monitoring with spaceborne Vessel Detection System (VDS) and Automatic Identification System (AIS) to assess illegal fishing in Indonesia," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 131, no. December 2016, pp. 33–39, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.10.016.
- [12] T. Russo *et al.*, "Assessing the fishing footprint using data integrated from different tracking devices: Issues and opportunities," *Ecological Indicators*, vol. 69, pp. 818–827, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.ecolind.2016.04.043.
- [13] B. Chuaysi and S. Kiattisin, "Fishing Vessels Behavior Identification for Combating IUU Fishing: Enable Traceability at Sea," *Wireless Personal Communications*, vol. 115, no. 4, pp. 2971–2993, Dec. 2020, doi: 10.1007/s11277-020-07200-w.
- [14] W. Yan, R. Wen, A. N. Zhang, and D. Yang, "Vessel movement analysis and pattern discovery using density-based clustering approach," in *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Dec. 2016, pp. 3798–3806. doi: 10.1109/BigData.2016.7841051.
- [15] H. Li, J. Liu, K. Wu, Z. Yang, R. W. Liu, and N. Xiong, "Spatio-Temporal Vessel Trajectory Clustering Based on Data Mapping and Density," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 58939–58954, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2866364.
- [16] Z. Chen, J. Guo, and Q. Liu, "DBSCAN algorithm clustering for massive AIS data based on the hadoop platform," in *Proceedings - 2017 International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration, ICIIICII 2017*, Mar. 2018, vol. 2017-December, pp. 25–28. doi: 10.1109/ICIIICII.2017.72.

- [17] E. Schubert, J. Sander, M. Ester, H. P. Kriegel, and X. Xu, "DBSCAN revisited, revisited: Why and how you should (still) use DBSCAN," *ACM Transactions on Database Systems*, vol. 42, no. 3, 2017, doi: 10.1145/3068335.
- [18] C. Yuan and H. Yang, "Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm," *J*, vol. 2, no. 2, pp. 226–235, Jun. 2019, doi: 10.3390/j2020016.
- [19] L. Wang, P. Chen, L. Chen, and J. Mou, "Ship ais trajectory clustering: An hdbscan-based approach," *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 9, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/jmse9060566.