

Navigasi Cerdas: Pemanfaatan AIS untuk Statistik Transportasi Laut di Indonesia

BAB 1. Sekilas Tentang AIS

Sistem Identifikasi Otomatis (*Automatic Identification System/AIS*) merupakan suatu sistem pelacakan maritim yang canggih yang dibuat untuk meningkatkan keselamatan, keamanan, dan efisiensi di laut. Meskipun awalnya diciptakan untuk menghindari tabrakan antar kapal, AIS telah berkembang menjadi alat yang multifungsi dengan berbagai aplikasi. Sistem ini beroperasi melalui sinyal radio VHF, yang mengirimkan dan menerima informasi tentang kapal seperti identitas, posisi, arah, dan kecepatan. Dengan pertukaran data ini, kapal dapat melacak pergerakan satu sama lain secara *real-time*, memberikan pemahaman situasional yang penting kepada pihak berwenang maritim, operator kapal, dan pemangku kepentingan lainnya.

Perkembangan AIS dimulai dari kebutuhan yang mendesak untuk meminimalkan kemungkinan tabrakan di jalur pelayaran yang semakin padat. Sebelum adanya AIS, pelaut hanya mengandalkan radar untuk navigasi dan deteksi tabrakan. Meskipun radar tetap menjadi alat yang penting, AIS memberikan manfaat tambahan dengan menyediakan data yang melampaui informasi fisik tentang kapal. Dengan mengetahui identitas, arah, dan kecepatan kapal, operator dapat memperkirakan pergerakan kapal dan membuat keputusan yang tepat untuk menghindari tabrakan.

Selain digunakan untuk menghindari tabrakan dan operasi pencarian dan penyelamatan, AIS juga memiliki berbagai aplikasi lain dalam industri maritim. Sistem ini berperan dalam manajemen lalu lintas maritim, memungkinkan otoritas pelabuhan dan layanan lalu lintas kapal untuk memantau dan mengatur pergerakan kapal secara efisien. Data AIS juga bermanfaat untuk mendukung kegiatan pengawasan, keamanan, dan penegakan hukum, seperti dalam upaya memerangi penangkapan ikan ilegal, penyelundupan, dan terorisme maritim.

Secara umum, data AIS dapat dikategorikan ke dalam tiga jenis yaitu (Mariasingham, et. al, 2023):

1. Data statis, yaitu data yang berkaitan dengan karakteristik kapal, seperti nama kapal, nomor MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*), nomor IMO (*International Maritime Organization*), tanda panggilan (*call sign*), tipe, dan dimensi kapal.
2. Data dinamis, yaitu data yang berkaitan dengan posisi dan pergerakan kapal. Adapun data yang dicakup adalah titik koordinat, kecepatan kapal (*speed over ground*), dan arah kapal (*course over ground*). Pada saat kapal berlayar, informasi ini dikirimkan setiap 2 sampai 10 detik, sementara pada saat berlabuh, informasi ini dikirimkan setiap 3 menit.
3. Data pelayaran, yaitu data yang berkaitan dengan pelayaran yang dilakukan oleh kapal pada saat itu, yaitu tujuan, perkiraan waktu tiba, dan jarak vertikal antara permukaan air dan bagian terendam terdalam dari kapal saat dimuat penuh (*draught*).

Terlepas dari perannya dalam mengatur lalu lintas pelayaran, data AIS dapat dimanfaatkan untuk menyusun berbagai indikator statistik. Menurut [Kim, et. al. \(2023\)](#), data AIS utamanya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan indikator yang berkaitan dengan statistik transportasi laut dan perdagangan. Sebagai contoh, pada tahun 2023 [Asian Development Bank \(ADB\)](#) menginisiasi kajian pemanfaatan data AIS untuk menghasilkan statistik transportasi laut seperti statistik aktivitas pelabuhan secara *real time* serta menghubungkannya dengan fenomena- fenomena terkini ([Mariasingham, et. al. 2023](#)). Selain itu, International Monetary Fund (IMF) juga melakukan studi untuk meramalkan keadaan saat ini (*nowcasting*) perdagangan internasional dengan menggunakan data AIS ([Arslanaip, Marini, Tumbarello, 2019](#)). Tidak hanya itu, data AIS juga dapat dimanfaatkan dalam penyediaan statistik lingkungan hidup, misalnya indikator emisi gas buang kapal ([Mariasingham, et. al. 2023](#)).

Bahkan, para peneliti saat ini sedang mengeksplorasi penggunaan data AIS untuk mengestimasi beban muatan suatu kapal dengan memanfaatkan algoritma *machine learning*. Indikator ini pada akhirnya dapat digunakan untuk mengoptimalkan manajemen kargo dan efisiensi logistik ([Wijaya, 2020](#)). Dengan menganalisis data AIS, termasuk jenis kapal, *draught*, kecepatan, dan riwayat rute, analisis dapat menarik kesimpulan penting mengenai status pemuatan kapal, seperti berat kargo dan alur distribusi barang ([Budiman, et. al. 2021](#)).

Untuk statistik resmi, beberapa otoritas statistik di dunia telah memanfaatkan data AIS untuk menghasilkan indikator statistik yang bersifat eksperimental atau masih bersifat kajian ([Mariasingham, et. al. 2023](#)). Otoritas statistik tersebut diantaranya adalah Kantor Statistik Nasional Inggris (UK ONS), Kantor Statistik Pusat (CSO) Irlandia, dan Kantor Statistik Denmark. UK ONS menerbitkan indikator ekonomi mingguan mengenai lalu lintas pelabuhan dan kedatangan harian. Sementara itu, Kantor Statistik Denmark menerbitkan jumlah panggilan pelabuhan bulanan. CSO Irlandia juga menunjukkan bahwa panggilan pelabuhan yang berasal dari AIS dengan akurat merekam tren dalam data resmi. Dalam tataran kolaborasi internasional, The United Nations Statistics Division (UNSD) telah memiliki satuan tugas yang berfokus pada metodologi penggunaan data AIS di berbagai bidang seperti angkutan barang, lalu lintas pelabuhan, dan statistik perdagangan, serta indikator ekonomi lainnya.

Dengan merujuk pada konsep statistik resmi pada [Peraturan Badan Pusat Statistik Nomor 4 Tahun 2020](#), ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan potensi data AIS sebagai statistik resmi:

1. Keandalan dan Akurasi: Data AIS memberikan informasi *real-time* atau hampir *real-time* tentang posisi kapal, kecepatan, dan parameter lainnya. Jika dikumpulkan dan diproses dengan benar, data ini dapat memberikan representasi yang sangat akurat dan andal tentang aktivitas maritim.
2. Kelengkapan: Data AIS mencakup beragam jenis kapal, mulai dari kapal kargo hingga kapal penumpang. Cakupan yang komprehensif ini memungkinkan pemahaman menyeluruh tentang lalu lintas dan tren maritim, menjadikannya berharga untuk analisis statistik.

3. Ketepatan Waktu: Data AIS yang tersedia secara real-time, memungkinkan pelaporan dan analisis aktivitas maritim dengan tepat waktu. Ketepatan waktu ini penting untuk pengambilan keputusan dalam berbagai bidang seperti keselamatan maritim dan kebijakan perdagangan.
4. Granularitas: Data AIS memberikan informasi terperinci tentang pergerakan setiap kapal, termasuk rute dan jenis kargo. Perincian ini memungkinkan analisis mendalam tentang industri tertentu dan rantai pasokan.
5. Integrasi dengan Sumber Data Lain: Data AIS dapat diintegrasikan dengan sumber informasi lain, seperti statistik pelabuhan dan citra satelit, untuk memperkaya analisis dan validasi statistik.
6. Standardisasi dan Regulasi: Upaya sedang dilakukan untuk menstandarisasi praktik pengumpulan dan pelaporan data AIS secara global, memastikan konsistensi dan komparabilitas di berbagai wilayah dan yurisdiksi.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, dapat dikatakan bahwa penggunaan data AIS, terutama untuk penyediaan indikator statistik resmi sangat potensial namun tentunya tidak terlepas dari berbagai tantangan, termasuk keakuratan data, cakupan terbatas di wilayah terpencil atau saluran air yang ramai, dan isu standarisasi data, serta perlunya langkah-langkah jaminan kualitas ([BPS, 2023](#)). Untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut, diperlukan kolaborasi antara pemangku kepentingan, termasuk otoritas maritim, perusahaan pelayaran, penyedia teknologi, dan analis data, untuk mengembangkan metodologi dan alat yang kuat guna memanfaatkan data AIS secara efektif. Dengan penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan untuk mengembangkan metodologi yang handal, AIS berpotensi menjadi sumber terpercaya untuk berbagai statistik terkait maritim. Dengan semangat ini, Badan Pusat Statistik (BPS) juga mulai melakukan eksplorasi terkait dengan potensi data yang dapat dihasilkan dari AIS dalam menunjang kebutuhan statistik di Indonesia. Pada tahun 2023, BPS telah menerbitkan publikasi mengenai pengenalan data AIS dan cara memperoleh (akuisisi) datanya. Pada publikasi ini, akan dibahas mengenai pemanfaatan data AIS untuk menghitung data lalu lintas dan durasi kapal berlabuh dalam rangka mendukung penyediaan statistik transportasi laut yang cepat, andal, dan akurat.

BAB 2. Penerapan Data AIS dan Potensi Pemanfaatannya di Indonesia

AIS yang terpasang pada kapal memungkinkan untuk menghitung jumlah kapal yang masuk ke pelabuhan. Transponder sebagai alat yang terpasang pada kapal akan memberikan informasi posisi dan identitas kapal. Bab ini membahas penerapan data AIS berkaitan dalam penentuan jumlah kapal, durasi kapal dan pemanfaatannya yang berkaitan dengan perdagangan internasional. Penerapan DATA AIS merujuk pada publikasi atau penelitian terdahulu yang memanfaatkan data AIS untuk menentukan jumlah dan durasi kapal di pelabuhan. Sedangkan berkaitan dengan perdagangan internasional akan dibahas metadata perdagangan internasional dan kaitannya dengan indikator statistik resmi yang dihasilkan dari data AIS.

2.1. Identifikasi Pelabuhan dan Jumlah Kapal dengan data AIS

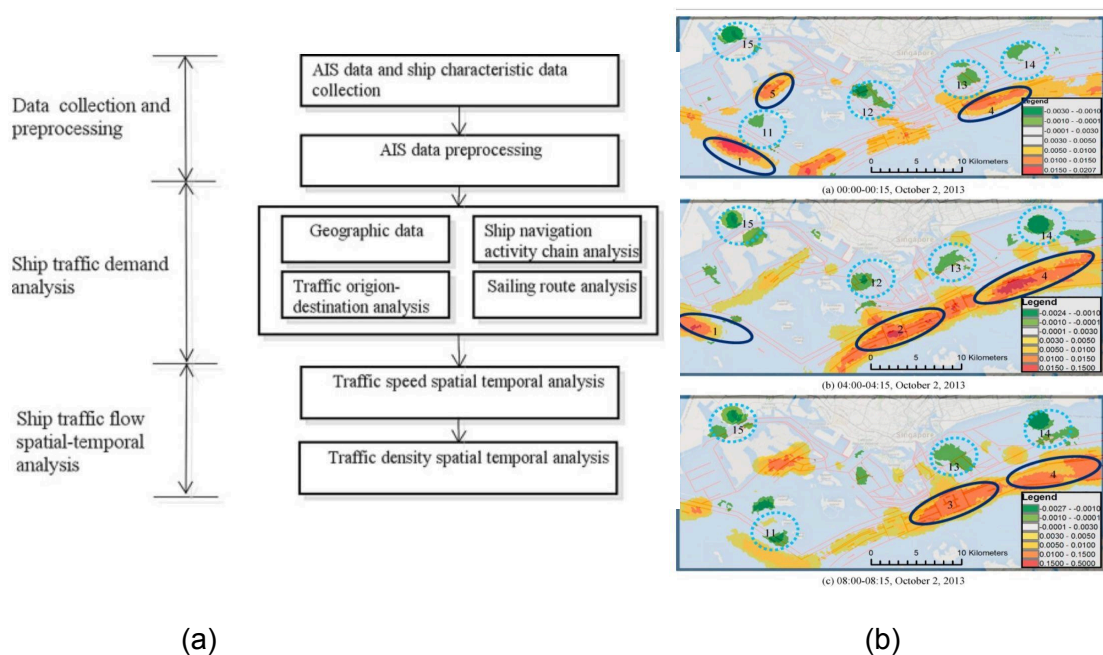
Data jumlah kapal merupakan salah satu indikator statistik transportasi resmi yang dirilis lembaga statistik suatu negara. Indikator statistik transportasi khususnya moda transportasi laut umumnya dikumpulkan dengan melakukan pendataan pada kawasan pelabuhan. Penginderaan aktivitas kapal dari data AIS berpotensi mengurangi kegiatan pendataan secara manual di kawasan pelabuhan. Dengan menggunakan data AIS dapat diidentifikasi aktivitas bongkar muat kapal di pelabuhan dan keluar-masuk kapal di pelabuhan (Arguedas et al., 2018). Sehingga dapat dilakukan analisis arus lalu lintas kapal di pelabuhan secara *real time*. Beberapa negara seperti Irlandia, Belanda, Inggris, Norwegia, Denmark, Australia dan Polandia telah memanfaatkannya sebagai indikator statistik transportasi (BPS, 2023).

Identifikasi pemberhentian kapal menjadi dasar statistik penghitungan jumlah kapal keluar dan masuk pelabuhan (Arguedas et al., 2018). Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat tiga pendekatan dalam mengidentifikasi pemberhentian kapal. Nogueira dkk., (2018) menggunakan pendekatan fitur lintasan seperti kecepatan, jarak, waktu berhenti dan sudut pergerakan untuk mengidentifikasi pemberhentian kapal. Luo et al., (2017) mengidentifikasi perhentian kapal dengan mendeteksi agregasi titik lintasan dalam ruang dan waktu, berbasis cluster dengan metode DBSCAN. Wang dan McArthur (2018) menggunakan pendekatan informasi geografis dalam mendeteksi perhentian kapal. Penelitian tersebut menganalisis hubungan temporal dan spasial antara objek bergerak dan entitas geografis yang berbeda berdasarkan informasi latar belakang geografis.

Ketiga penelitian terdahulu memiliki kekurangan dalam mengidentifikasi pemberhentian kapal. Metode dengan pendekatan fitur lintasan tidak sesuai untuk beberapa data lintasan tertentu. Lintasan kapal di laut tidak dibatasi seperti lalu lintas

jalan raya. Kapal biasanya bergerak dengan kecepatan yang relatif rendah dalam rentang waktu dan ruang yang besar dan tidak mengikat, sehingga menimbulkan perbedaan yang signifikan antara data lintasan kapal dengan data lintasan lalu lintas jalan raya. Meskipun metode berbasis pengelompokan kepadatan objek dapat bekerja dengan baik dengan data lintasan lalu lintas jalan raya, metode ini kurang cocok untuk mengidentifikasi perhentian pada lintasan kapal. Selain itu, karena informasi geografis maritim tidak sekaya informasi geografis terestrial, terdapat lebih sedikit laporan mengenai penggalian perhentian dari data lintasan kapal berdasarkan metode geografis.

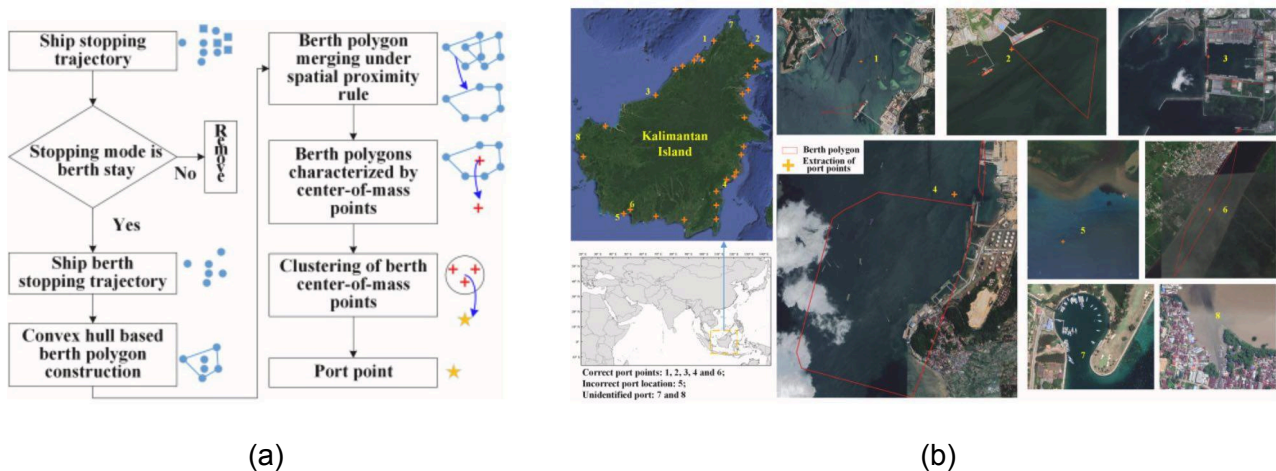
Identifikasi pemberhentian kapal dengan metode geografis mengalami perkembangan dan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu teknik spasial-grid dan teknik spasial-temporal. Pada teknik spasial-grid area dipartisi menjadi grid spasial mengikuti sifat gerak kapal yang melintasi (Bomberger et.al dkk, 2006, George et.al, 2011). Teknik grid spasial memiliki kelebihan cepat dalam mendeteksi kapal dan memvisualisasikan hamparan wilayah laut. Namun, teknik tersebut mempunyai dua kelemahan utama. Pertama, peningkatan skala wilayah global yang dipantau akan meningkatkan beban komputasi. Kedua, agregasi dan manipulasi membuat deteksi anomali terstruktur (misalnya jalur pelayaran mulai/berhenti) sulit untuk diterapkan. Kekurangan pada spasial grid terutama dalam mengatasi deteksi anomali diatasi dengan menggabungkan data periode waktu lintasan kapal dan dikenal dengan pendekatan spasial-temporal.



Gambar 2.1 (a) Kerangka kerja identifikasi kapal dan (b) Area Pelabuhan Menurut Kecepatan Kapal menggunakan data AIS dan analisis spasial-temporal pada pelabuhan singapore (Zhang,et.al (2019))

Pendekatan spasial-temporal menjadi pendekatan terbaik saat ini untuk mengidentifikasi jumlah kapal di pelabuhan. Jumlah kapal yang masuk dan keluar pelabuhan selanjutnya diintegrasikan dengan identitas data kapal untuk mengetahui jenis kapal yang berlabuh di pelabuhan. Penelitian Zhang,et.al (2019) pada

pelabuhan Singapura menggunakan kerangka kerja seperti pada gambar 2.1. Analisis spasial-temporal dilakukan untuk mengklasifikasikan jumlah kapal menurut tingkat kecepatan kapal di pelabuhan. Selain itu penelitian yang dilakukan Yan et.al (2022) pada kerangka kerja gambar 2.2 dapat mengidentifikasi port pemberhentian kapal di pulau Kalimantan dengan metode DBSCAN, sehingga dapat mengetahui jumlah kapal yang masuk dan keluar dari pelabuhan. Kedua penelitian ini mengambil objek wilayah disekitar perairan Indonesia, yang memungkinkan menjadi dasar pada kajian ini dengan mempertimbangkan jenis kapal yang umumnya melintasi perairan suatu wilayah memiliki karakteristik yang sama.



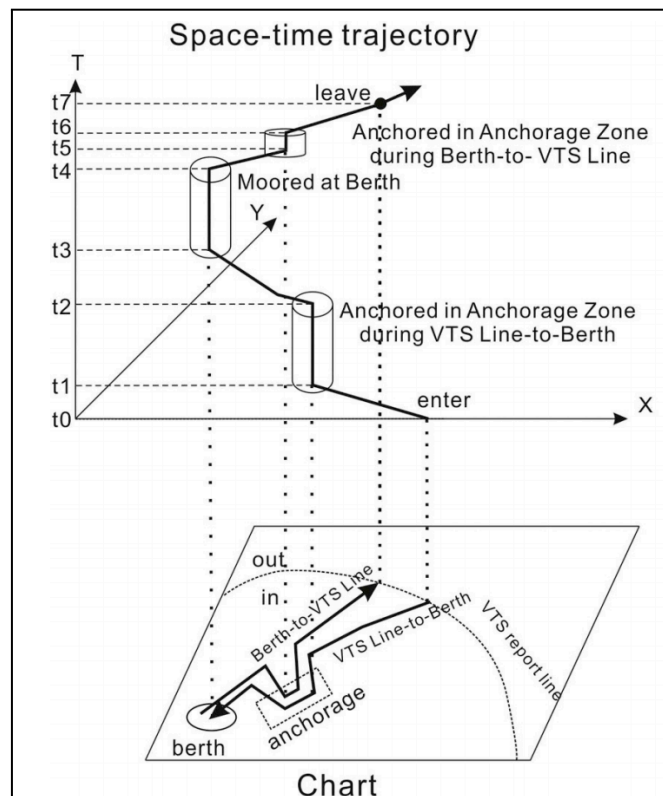
Gambar 2.2 (a) Kerangka kerja identifikasi pemberhentian kapal dan (b) Identifikasi port pemberhentian kapal di Pulau Kalimantan Yan et.al (2022).

2.2. Durasi Kapal Berlabuh di Pelabuhan

Penghitungan lamanya sebuah kapal berlabuh di suatu pelabuhan tidak dapat dipisahkan dari proses penentuan batas suatu area yang disebut sebagai pelabuhan. Durasi sebuah kapal berlabuh dapat dihitung jika kapal tersebut berada di dalam suatu area yang kita sebut dengan pelabuhan. Oleh karena itu, penentuan batas area pelabuhan menjadi hal yang krusial untuk ditetapkan terlebih dahulu sebelum peneliti menghitung durasi lama kapal berlabuh. Beberapa penelitian telah mengkaji kemungkinan penentuan batas area pelabuhan dengan memanfaatkan data AIS. Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan tentang salah satu penentuan area pelabuhan yaitu dengan menggunakan metode *unsupervised learning clustering* dengan DBSCAN. Selain menggunakan metode *clustering*, penentuan area pelabuhan dapat juga dilakukan melalui teknologi pengolahan data besar dengan memanfaatkan *mapreduce* untuk menjalankan algoritma *Kernel Density Estimation* (KDE) (Millefiori, et.al, 2016).

Durasi kapal berlabuh menjadi hal yang esensial karena ada banyak manfaat yang didapatkan dari informasi ini. Beberapa diantaranya adalah dapat digunakan untuk mengukur efektivitas dan efisiensi dari operasional pelabuhan, mengukur potensi ekonomi jasa pelabuhan, dan keterkaitannya dengan lingkungan bawah laut.

Untuk mengukur efektivitas dan efisiensi operasional pelabuhan, pertama perlu ditentukan terlebih dahulu segmen-segmen di dalam suatu pelabuhan. Setidaknya, segmen-segmen di dalam suatu pelabuhan dapat dikategorikan menjadi tiga area yaitu area *berth*, *anchorage*, dan *fairway* (Feng, et.al, 2020). *Berth* dapat diartikan sebagai ruang dimana kapal berlabuh di dermaga atau pelabuhan. Di area ini dilakukan proses *loading* maupun *unloading*. Sedangkan *anchorage* adalah area dimana kapal dapat meletakkan jangkarnya sambil menunggu untuk masuk ke dalam area *berth*. *Fairway* adalah jalur air yang mengarah masuk maupun keluar pelabuhan. Jalur ini biasanya ditandai dengan pelampung-pelampung (*buoy*) yang membatasi fairway dengan perairan bebas. Dengan mengetahui segmen-segmen ini, peneliti dapat mengetahui efektivitas dan efisiensi dari operasional pelabuhan. Rata-rata waktu tunggu ketika berada di *anchorage* untuk dapat masuk ke dalam *berth* serta lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *loading/unloading* barang di area *berth* dapat dihitung. Semakin cepat waktu proses perpindahan kapal menandakan semakin baik proses operasional pelabuhan tersebut. Disamping itu, dengan menentukan segmen-segmen ini dapat diketahui situasi lalu lintas di dalam area pelabuhan.



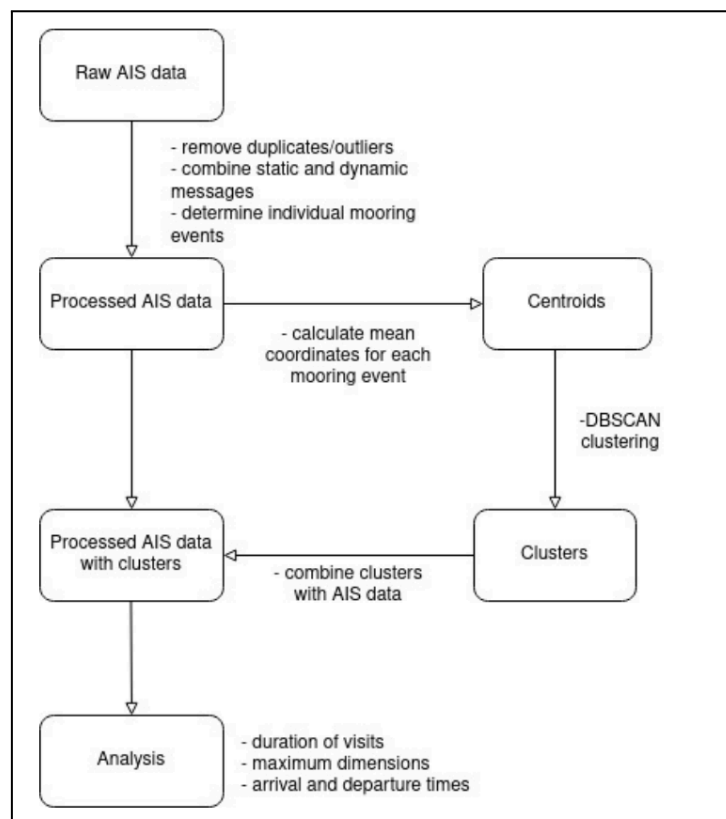
(sumber: Feng, et.al, 2020)

Gambar 2.3 Visualisasi Perpindahan Kapal di dalam Area Pelabuhan untuk Mengukur efektivitas dan efisiensi Operasional Pelabuhan

Efektivitas dan efisiensi operasional pelabuhan ini kemudian akan berimplikasi pada potensi ekonomi dari jasa pelabuhan. Lalu lintas kapal di area pelabuhan dengan operasional yang baik dan tersistematis akan meningkatkan pendapatan jasa pelabuhan terkait (Arslanalp et.al, 2019). Sebaliknya, jika sistem operasional pelabuhan tidak efektif, akan dimungkinkan terjadi peningkatan biaya

yang dirasakan oleh pihak *shipping* dalam wujud pengeluaran biaya untuk bahan bakar akibat waktu tunggu yang lama (Moon and Woo, 2014). Waktu tunggu yang lama mengakibatkan kapal perlu menambah kecepatan ketika meninggalkan pelabuhan untuk menuju ke pelabuhan selanjutnya agar dapat sampai tepat waktu. Inilah yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan bahan bakar. Di sisi lain, hal ini akan berdampak pada peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar kapal (Moon and Woo, 2014).

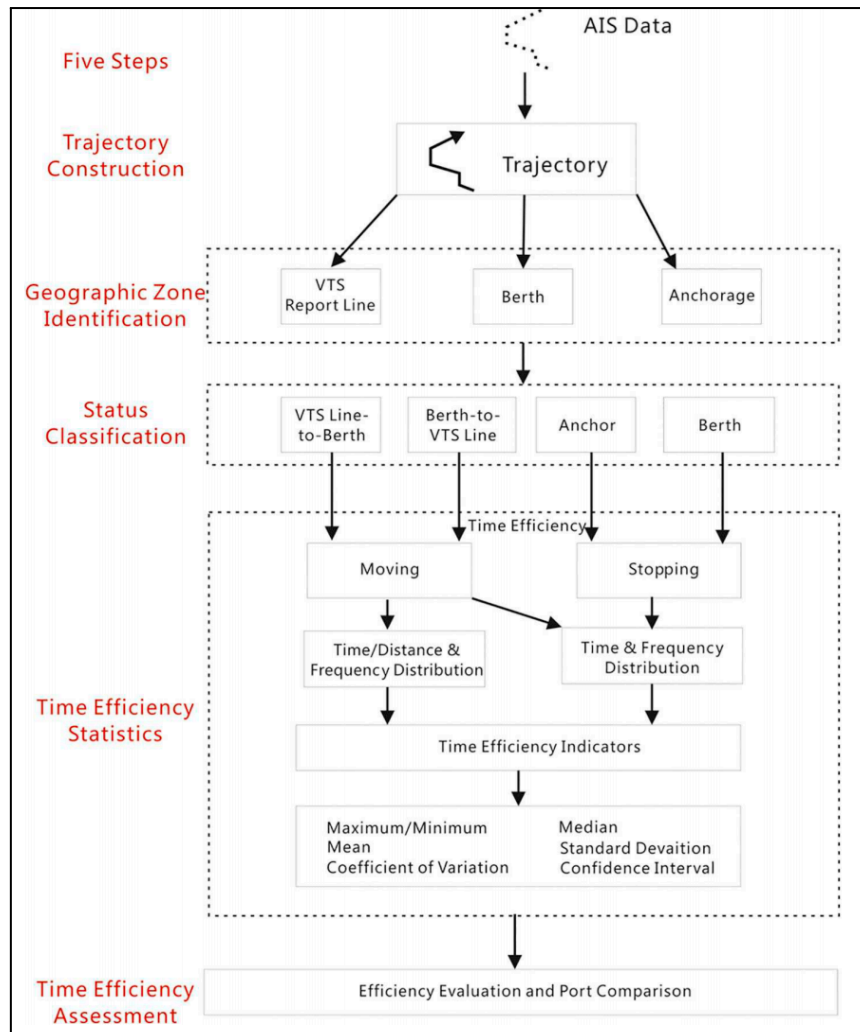
Beberapa penelitian telah mengkaji penghitungan durasi kapal berlabuh di pelabuhan. Steenari et.al (2022) memanfaatkan algoritma DBSCAN yang diterapkan pada data AIS untuk mendeteksi lokasi pelabuhan kemudian melakukan analisis lebih lanjut untuk menghitung durasi kunjungan kapal ke pelabuhan, dimensi maksimum kapal serta waktu kedatangan kapal ke dan keberangkatan kapal dari pelabuhan. Skema analisis yang dilakukan Steenari et.al (2022) ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



(sumber : Steenari et.al, 2022)

Gambar 2.4 Skema Penghitungan durasi kapal berlabuh

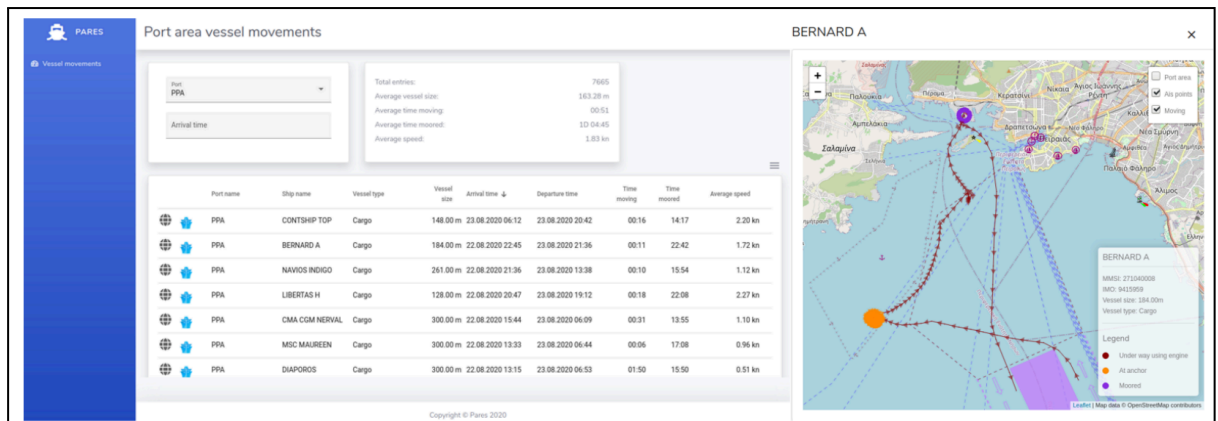
Kajian lain dilakukan oleh Feng, et.al (2020). Seperti telah disinggung sebelumnya, Feng et.al melakukan segmentasi wilayah di dalam area pelabuhan kemudian mendeteksi konstruksi lintasan kapal di dalam area pelabuhan. Di setiap segmen di dalam area pelabuhan kemudian dihitung durasi untuk masing-masing kapal untuk mengetahui statistik efisiensi durasi pada masing-masing segmen. Skema analisis yang dilakukan oleh Feng et.al (2020) diperlihatkan oleh Gambar 2.5.



(sumber :Feng et.al, 2020)

Gambar 2.5 Skema Penghitungan durasi kapal berlabuh

Martincic, et.al (2020) memperkenalkan suatu sistem bernama Port Area Vessels Movements (PARES) yang dapat menyajikan durasi kapal di area pelabuhan. Pertama, PARES memilih data berdasarkan periode waktu, lokasi kapal, dan jenis kapal. Kedua, model dalam sistem PARES memvalidasi data dan mengekstrak fitur tambahan. Ketiga, data dibersihkan dan pesan AIS kemudian dikelompokkan. Dalam konteks PARES, pelayaran adalah semua pergerakan kapal di area pelabuhan saat tiba di pelabuhan. Pertama, kapal tiba di kawasan pelabuhan, kemudian kapal menuju terminal dengan singgah secara opsional di kawasan berlabuh. Saat kapal tiba di terminal, pemrosesan kargo dimulai. Setelah muatan kapal dibongkar dan dimuat, kapal akan meninggalkan pelabuhan. Model PARES dapat mengekstrak informasi tentang waktu tunggu di area berlabuh, waktu pemrosesan kargo di terminal, durasi pergerakan kapal di area pelabuhan, dan kecepatan rata-rata pergerakannya. Visualisasi dari sistem PARES ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



(sumber : Martincic, et.al, 2020)
Gambar 2.6 Sistem PARES

2.3. Potensi Pemanfaatan Data AIS di Indonesia

2.3.1. Statistik Perdagangan Barang Internasional

Kerangka kerja pengumpulan statistik resmi perdagangan barang internasional merujuk pada manual *International Merchandise Trade Statistics* (IMTS) 2010 yang dikeluarkan oleh *United Nations Statistics Division*. Statistik perdagangan dikompilasi untuk memenuhi kebutuhan banyak pengguna, termasuk pemerintah; komunitas bisnis; pengompilasi statistik ekonomi lainnya, seperti neraca pembayaran dan akun nasional; berbagai organisasi regional, supranasional, dan internasional; peneliti; dan masyarakat luas.

Data perdagangan internasional digunakan untuk banyak hal. Berikut adalah penggunaan data perdagangan internasional:

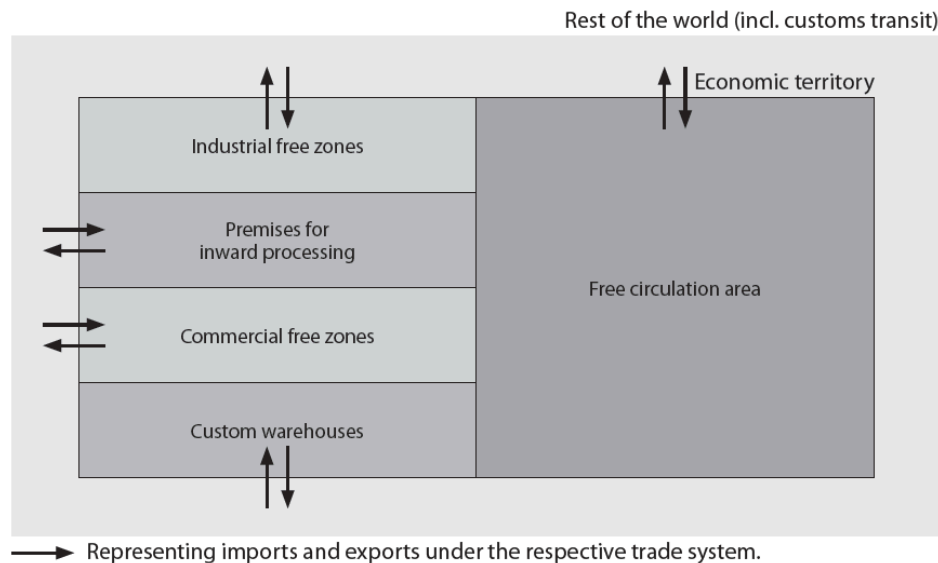
- Pengembangan kebijakan perdagangan nasional, regional, dan internasional, termasuk negosiasi perdagangan, pemantauan perjanjian perdagangan, dan penyelesaian sengketa perdagangan;
- Menetapkan kebijakan ekonomi umum, termasuk kebijakan tentang pembangunan berkelanjutan, fiskal, moneter, struktural, dan sektoral, serta menangani masalah yang berkaitan dengan lingkungan dan kesehatan;
- Analisis pasar untuk menemukan sumber pasokan atau pasar asing dan, dalam kombinasi dengan statistik bisnis struktural, untuk menentukan karakteristik ekonomi pedang;
- Menetapkan keseimbangan pasokan untuk memantau pasar komoditas, khususnya di bidang seperti pertanian dan energi;
- Perencanaan infrastruktur (pelabuhan, bandara, jalan, dll.);
- Kompilasi statistik transportasi;
- Kompilasi komponen impor dari berbagai indeks harga (misalnya, indeks biaya hidup);
- Masukan ke dalam, dan peramalan dalam kerangka, sistem akun nasional dan statistik neraca pembayaran.

Data perdagangan internasional dikumpulkan dari berbagai sumber untuk memastikan akurasi dan kelengkapan informasi. Berikut adalah beberapa sumber utama pengumpulan data perdagangan internasional menurut IMTS 2010:

- a. Administrasi Bea Cukai: Ini adalah sumber utama dan paling langsung untuk data perdagangan internasional. Bea cukai di setiap negara mengumpulkan data tentang impor dan ekspor barang berdasarkan dokumen yang diajukan oleh importir dan eksportir.
- b. Survei Perusahaan: Data perdagangan juga dapat dikumpulkan melalui survei yang dilakukan langsung kepada perusahaan yang terlibat dalam perdagangan internasional. Ini membantu dalam mengumpulkan data terperinci tentang jenis barang, nilai, dan volume perdagangan.
- c. Bank Sentral dan Institusi Keuangan Lainnya: Bank sentral dan lembaga keuangan sering kali terlibat dalam proses pembayaran lintas batas, sehingga mereka memiliki data transaksi yang dapat memberikan wawasan tentang nilai perdagangan.
- d. Lembaga Statistik Nasional: Lembaga ini sering kali mengkompilasi dan menerbitkan data perdagangan internasional yang dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk bea cukai dan survei.
- e. Organisasi Internasional: Seperti Organisasi Perdagangan Dunia (WTO), PBB, dan Organisasi Kerjasama dan Pengembangan Ekonomi (OECD) juga mengumpulkan dan menyediakan data perdagangan internasional sebagai bagian dari fungsi mereka untuk memantau dan menganalisis tren perdagangan global.
- f. Perjanjian dan Data Transaksi Perdagangan: Perjanjian perdagangan bilateral dan multilateral seringkali membutuhkan pertukaran data perdagangan antar negara anggota, yang menjadi sumber penting lainnya.
- g. Sistem Informasi Elektronik: Penggunaan sistem informasi perdagangan elektronik yang mengotomatisasi proses pelaporan dan dokumentasi perdagangan juga memungkinkan pengumpulan data yang cepat dan akurat.

2.3.2. Sistem dan Pencatatan Perdagangan Internasional

Dalam sistem perdagangan internasional umum, Impor dan ekspor adalah arus barang memasuki atau meninggalkan wilayah statistik (*statistical territory*) sebuah negara. Wilayah statistik adalah wilayah dimana data dikumpulkan. Impor adalah barang luar negeri yang masuk ke wilayah statistik. Termasuk ke zona sirkulasi bebas (*industrial free zones*), zona industri bebas (*industrial free zones*), zona komersial bebas (*commercial free zones*), dan gudang bea cukai (*custom warehouse*). Sementara ekspor adalah barang domestik yang keluar dari wilayah statistik sebuah negara.



(sumber : UN Departement of Economic and Social Affairs, 2011)

Gambar 2.7. Sistem Perdagangan Internasional Umum

IMTS 2010 merekomendasikan pencatatan perdagangan internasional melalui data bea cukai yang dilengkapi informasi tambahan dari sumber lain. Direkomendasikan juga menggunakan data non bea cukai sebagai sumber utama apabila dapat menghemat biaya untuk meningkatkan kualitas statistik perdagangan internasional. Pemanfaatan data non bea cukai harus melewati penjaminan kualitas dan dilengkapi dengan metadata.

Data AIS dapat menjadi alternatif pencatatan perdagangan internasional moda laut yang bersumber dari data non bea cukai. Data AIS dapat menyediakan posisi cargo secara *real-time*, mengetahui kegiatan bongkar muat, spesifikasi kapal, dan pelabuhan yang digunakan. Akan tetapi data AIS juga memiliki kelemahan yakni hanya bisa mengidentifikasi kontainer homogen, hanya tersedia untuk perdagangan lewat laut, dan memiliki jangkauan dan kualitas yang berubah-ubah (Adland *et al*, 2017).

2.3.3. Penghitungan Statistik Transportasi Laut di BPS

Statistik Transportasi Laut berupa jumlah penumpang dan barang dalam negeri adalah data yang rutin dirilis oleh BPS dalam Berita Resmi Statistik (BRS) setiap bulan. Statistik ini dirilis bersama dengan Statistik Transportasi Darat dan Udara. Selain itu, terdapat publikasi tahunan Statistik Transportasi Laut yang memuat statistik jumlah kunjungan kapal, bongkar muat barang, jumlah penumpang datang dan berangkat, serta komoditas yang diangkut oleh kapal.

Data dalam publikasi/rilis tersebut diperoleh menggunakan cara kompilasi statistik dari SIMOPPEL (Sistem Informasi Manajemen Operasional Pelabuhan) yang dikelola oleh pelabuhan di bawah PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional I s/d IV dan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan. Pengumpulan data dilakukan oleh BPS Provinsi dan Kabupaten/Kota menggunakan Dokumen Simoppel T.II.01 sampai dengan T.II.09 dan T.II.UPT. Selain itu, data juga diperoleh dari pertukaran data dengan Kantor Pusat PT Pelabuhan Indonesia.

Proses pengumpulan data dilakukan pada tanggal 1-15 di setiap bulannya. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengiriman dan pengolahan data pada tanggal 16-20 setiap bulannya. Selanjutnya, publikasi BRS/Indikator Ekonomi akan dirilis setiap tanggal 1 di bulan selanjutnya. Dengan demikian, proses pengumpulan data sampai dengan rilis

membutuhkan waktu 1 bulan. Proses tersebut membuat terjadi *lagging* data selama 1 bulan. Sementara untuk statistik bongkar muat barang pelayaran luar negeri disajikan satu kali dalam setahun.

Data AIS dapat menyediakan informasi yang lebih detail dan tepat waktu terkait statistik perdagangan dibandingkan dengan sumber data tradisional seperti data bea cukai dan pengelola pelabuhan (Yang *et al*, 2019). Pemanfaatan Data AIS yang memiliki *velocity* mendekati *real-time* dapat digunakan untuk mempercepat proses pengumpulan data. Data AIS diolah menggunakan pendekatan *Big Data* karena memiliki volume yang besar. Data AIS juga telah memiliki standar data dan akurasi yang cukup baik sehingga dapat dijadikan alternatif pengumpulan data untuk statistik resmi transportasi laut. Ditambah lagi, data AIS lebih fleksibel untuk dilakukan tabulasi karena unit observasi terkecilnya berupa individu kapal. Data AIS lebih fleksibel dari Form Simoppel (T.II-01 s.d T.II-09) yang merupakan data rekap dari pelabuhan.

Berdasarkan kajian dari Tabel 2.1, pengumpulan data lewat Form Simoppel dapat didekati dengan Data AIS untuk kuesioner T.II-01 s.d T.II-04. Variabel yang dikumpulkan melalui kuesioner tersebut mirip variabel yang terdapat dalam data AIS. Sementara kuesioner T.II-05 s.d T.II-08 tentang bongkar muat dapat didekati dengan data AIS namun harus melewati proses penurunan rumus yang panjang seperti yang dilakukan Chen *et al* (2015). Ditambah lagi, data AIS tidak merinci jenis komoditas yang diangkut oleh kapal sehingga perlu mengintegrasikan data AIS dengan sumber data lain.

Kuesioner yang tidak dapat didekati dengan data AIS adalah Form Simoppel T.II-09 tentang Laporan Arus Penumpang. Hal ini disebabkan karena data AIS tidak menyediakan data penumpang yang ikut dalam kapal.

Kuesioner yang serta merta dapat digantikan oleh data AIS adalah Form Simoppel T.II UPT tentang Laporan Bulanan Kegiatan Operasional di Pelabuhan yang Tidak Diusahakan Tk.II. Hal ini karena variabel yang ada dalam kuesioner tersebut sama persis dengan variabel dalam data AIS, kecuali terkait dengan jumlah penumpang.

Tabel 2.1. Potensi Pemanfaatan Data AIS untuk Kompilasi Statistik Transportasi

No	Variabel	Kompilasi Statistik Transportasi	Ketersediaan Data AIS	Potensi Pemanfaatan Data AIS
1	Jumlah Kunjungan Kapal Menurut Pelayaran Luar Negeri dan Dalam Negeri (Form Simoppel T.II-01 dan T.II-02)	Dikumpulkan data jumlah menurut: <ul style="list-style-type: none"> - Satuan (Unit, GRT, DWT, LOA) - Jenis Pelayaran (Liner, Trampoer, Lainnya) - Jenis Pelabuhan (Umum, Khusus) - Kepemilikan Kapal (Nasional, Asing) 	Tersedia data identitas Kapal meliputi: <ul style="list-style-type: none"> - Nama Kapal - Nomor IMO - Tipe Kapal - Posisi, Kecepatan, dan Ukuran Kapal - Pelabuhan Tujuan dan Estimasi Kedatangan Kapal 	Form Simoppel T.II-01 s.d T.II-04 dapat didekati dengan Data AIS untuk menghitung jumlah kapal yang masuk dan keluar (Adland <i>et al</i> , 2017)
2	Laporan Bulanan Arus Kunjungan Kapal Menurut	Dikumpulkan data jumlah menurut: <ul style="list-style-type: none"> - Jenis Kapal 		

	Jenis Kapal (Form Simoppel T.II-03 dan T.II-04)	(General Cargo, Peti Kemas, Semi Peti Kemas, Curah Cair BBM, Curah Cair Non BBM, Pengangkut Gas Air, Curah Kering) - Satuan (Unit, GRT, DWT, LOA) - Jenis Pelayaran (Liner, Trampet)	- Status Navigasi (Berlabuh, Dalam Perjalanan, Tidak dalam komando) - <i>Draught</i>	
3	Bongkar Muat Barang Luar Negeri dan Dalam Negeri Menurut Jenis Pelayaran dan Distribusi (Form Simoppel T.II-05 dan T.II-06)	Dikumpulkan data bongkar muat menurut: - Jenis Pelabuhan (Umum, Khusus) - Kegiatan Bongkar Muat - Jenis Pelayaran (Liner, Trampet, Lainnya)	Data Bongkar Muat merupakan data turunan dari AIS dengan menghitung <i>draught</i> dan besar kapal. Sementara data komoditas yang dibawa oleh kapal tidak tersedia.	Form Simoppel T.II-05 s.d T.II-08 dapat didekati dengan data AIS. Akan tetapi, dibutuhkan proses yang cukup panjang untuk menggabungkan data AIS dengan sumber data lain seperti yang dilakukan oleh Chen <i>et al</i> (2015) tentang performa pelabuhan peti kemas dan Asborno <i>et al</i> (2021) tentang integrasi Data AIS dengan data komoditas.
4	Barang Menurut Jenis Komoditi (Form Simoppel T.II-07)	Dikumpulkan data bongkar muat barang menurut jenis komoditi dalam Pelayaran Dalam dan Luar Negeri		
5	Peti Kemas (Form Simoppel T.II-08)	Dikumpulkan data bongkar, muat, dan transit menurut: - Jenis peti kemas (F.C.L, L.C.L, OH/OW/OL, dan Uncategorized) - Dermaga Peti Kemas dan Konvensional - Satuan (20" dan 40" Tonage)		
6	Laporan Arus Penumpang (Form Simoppel T.II-09)	Dikumpulkan data arus penumpang berangkat dan pergi di dalam maupun luar negeri menurut: - Kapal Penumpang Luar Neger (Kapal Cruise, Kapal Ferry, Kapal Lainnya) - Kapal Penumpang Dalam Negeri (Kapal PT. Pelni, Kapal PT. ASDP, Kapal Pelra, Kapal Lainnya) - Kewarganegaraan	Data AIS tidak menyediakan data jumlah penumpang dalam kapal	Form Simoppel T.II-09 tidak dapat didekati dengan data AIS. Belum ada penelitian yang bertujuan untuk mengestimasi jumlah penumpang menggunakan data AIS

		Penumpang		
7	Laporan Bulanan Kegiatan Operasional di Pelabuhan yang Tidak Diusahakan Tk.II (Form Simoppel T.II UPT)	<p>Dikumpulkan data kapal dengan rincian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nama Kapal - Bendera - Pemilik/Agen - Ukuran Kapal (GRT, DWT) - Tiba dan Berangkat (Tanggal, Jam, Pelabuhan Asal) - Perdagangan Dalam dan Luar Negeri (Bongkar Muat dan Jenis Kemasan) - Penumpang Debarkasi (Turun) dan Embarkasi (Naik) 	<p>Tersedia data identitas Kapal meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nama Kapal - Nomor IMO - Tipe Kapal - Posisi, Kecepatan, dan Ukuran Kapal - Pelabuhan Tujuan dan Estimasi Kedatangan Kapal - Status Navigasi (Berlabuh, Dalam Perjalanan, Tidak dalam komando) - Draught (Kedalaman bawah air) 	Form Simoppel T.II UPT dapat didekati dengan data AIS kecuali data penumpang debarkasi dan embarkasi (Adland <i>et al</i> , 2017)

BAB 3. Implementasi Penghitungan Lalu Lintas dan Durasi Kapal di Pelabuhan

Pengolahan data AIS memerlukan sumber daya yang sangat besar, baik dalam hal ukuran penyimpanan data maupun pemrosesan data tersebut. Dalam bab sebelumnya telah dibahas beberapa indikator yang bisa dihasilkan dari pengolahan data ais, seperti jumlah kunjungan pelabuhan, lalu lintas perairan laut dan indikator lainnya. Indikator-indikator tersebut tidak bisa langsung di hasilkan dari data AIS, namun memerlukan serangkaian proses dan teknik untuk melakukan pemrosesan data mentah AIS menjadi data yang dibutuhkan. Pada bab ini, akan dibahas metode untuk menghasilkan statistik lalu lintas laut menggunakan data mentah AIS.

Dalam melakukan pengolahan data AIS, menggunakan platform yang disediakan oleh UN. UN melalui platform UNGP menyediakan akses terhadap data AIS untuk mendorong penggunaan big data untuk analisis kebijakan dengan penekanan pada pengukuran kemajuan menuju Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. UNGP menyediakan platform bagi organisasi internasional, peneliti, dan kantor statistik untuk berkolaborasi dalam mengembangkan penggunaan data alternatif seperti big data untuk menghasilkan *official statistics*. Pengguna UNGP berinteraksi dengan data AIS secara kolektif pada portal kolaborasi ais task team. Data AIS yang tersedia di UNGP, disebut UNGP-AIS, disediakan oleh ExactEarth, anak perusahaan Spire Global, Inc.

UNGP mengumpulkan, membersihkan, mengubah, dan menyimpan data AIS yang dapat diakses hampir secara real-time melalui antarmuka pemrograman aplikasinya. UNGP menyimpan data posisi dari pesan AIS setiap dua menit, dan kemudian mempersiapkannya untuk pemrosesan big data, menggabungkan fitur tambahan untuk meningkatkan proses geospasial. Data historis UNGP-AIS tersedia mulai Desember 2018 dan diperbarui setiap empat jam. Pada Mei 2023, terdapat sekitar 4 terabyte data yang terdiri dari rata-rata 33,5 juta catatan per tahun. Setiap baris berhubungan dengan pesan posisi dikirim oleh satu kapal, bersama dengan pesan statis yang berisi rincian identifikasi, karakteristik, dan pelayaran kapal.

Dalam publikasi ini dilakukan kajian indikator statistik lalu lintas laut yang meliputi

- (1) Lalu Lintas Kapal Indonesia dan Kapal Asing yang Melintasi Wilayah Teritorial Indonesia;
- (2) Durasi berlabuh kapal asing di pelabuhan Indonesia;
- (3) Durasi berlabuh kapal Indonesia di pelabuhan asing.

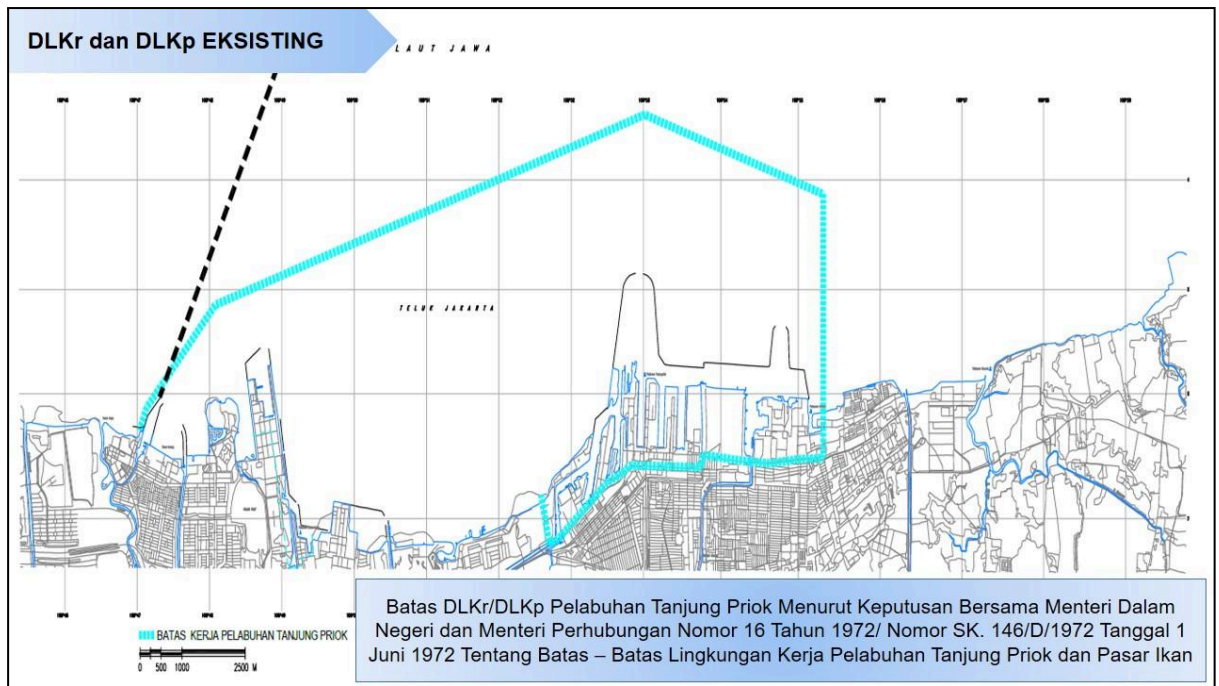
Mengingat data AIS yang tersedia sangat besar dan membutuhkan waktu pemrosesan yang sangat lama, maka dalam publikasi ini akan dibatasi pada area pelabuhan jakarta sebagai studi kasus wilayah teritorial Indonesia. Sedangkan pelabuhan asing yang dijadikan studi kasus adalah pelabuhan-pelabuhan di Tiongkok. Pengolahan data yang dilakukan adalah data pada rentang waktu Januari 2022 sampai dengan Desember 2022. Hal ini dilakukan untuk melakukan efisiensi sumber daya.

3.1. Penentuan Batas Pelabuhan

Penentuan Batas Pelabuhan merupakan langkah yang krusial dalam pengolahan data AIS. Beberapa pelabuhan memiliki infrastruktur dermaga yang sudah terdefinisi dengan baik, namun beberapa wilayah belum didefinisikan dengan baik. Penentuan daerah pelabuhan harus dilakukan dengan hati-hati karena sangat mempengaruhi nilai indikator turunan yang akan dihasilkan.

Terdapat beberapa metode untuk melakukan pendefinisian pelabuhan, diantaranya adalah:

1. Batas Pelabuhan menggunakan Data Administratif
Pemerintah Indonesia, melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 42 tahun 2011 mendefinisikan pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Dalam dunia kepelabuhanan, dikenal istilah DLKr dan DLKp. DLKr merupakan singkatan dari Daerah Lingkungan Kerja Pelabuhan, sedangkan DLKp merupakan singkatan dari Daerah Lingkungan Kepentingan Pelabuhan. Menurut Undang Undang nomor 17 tahun 2008 tentang Pelayaran, Daerah Lingkungan Kerja (DLKr) adalah wilayah perairan dan daratan pada pelabuhan atau terminal khusus yang digunakan secara langsung untuk kegiatan pelabuhan. Sedangkan, Daerah Lingkungan Kepentingan (DLKp) adalah perairan di sekeliling daerah lingkungan kerja perairan pelabuhan yang dipergunakan untuk menjamin keselamatan pelayaran. DLKr meliputi wilayah daratan dan perairan, sementara DLKp hanya meliputi wilayah perairan.



Sumber: Kepmen No.16 Tahun 1972
Gambar x. DLKr dan DLKp Pelabuhan Tanjung Priok

DLKr merujuk kepada area daratan untuk menampung fasilitas dasar dan pendukung serta area lautan yang merujuk pada aktivitas kapal seperti anchoring, loading, berthing, pilotage, ship repair dan sebagainya. DLKp merujuk kepada area lautan yang lebih luar, seperti kapal menuju dan ke pelabuhan, area pengembangan pelabuhan, pelayaran dan lainnya.

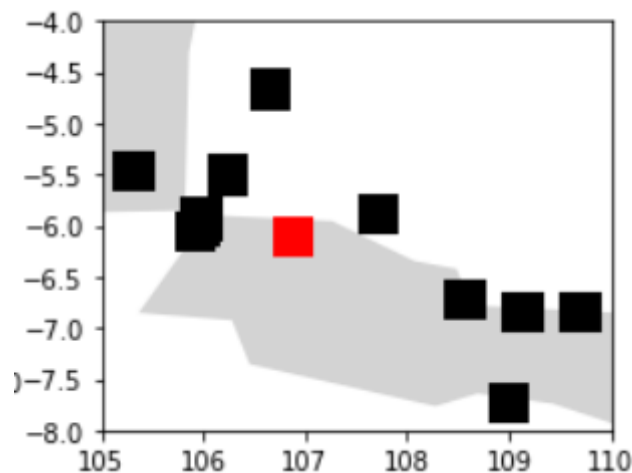


Gambar: Ilustrasi DLKp dan DLKr

source : SIRI, Samudera Indonesia

2. Batas Pelabuhan menggunakan area yang tetap

United Nations Convention on Laws of the Sea (UNCLOS) menetapkan zona teritorial suatu negara selebar 12 mil laut (22 km) dari garis pantai perairan rendah, sehingga 22 km merupakan kandidat yang tepat untuk menentukan jarak batas pelabuhan. Central Statistics Office Irlandia mendefinisikan batas wilayah ini sebagai Bounding Box, Asian Development Bank mendefinisikan sebagai Distance-Based Approach. Metode ini menggambarkan sebuah persegi yang berpusat pada koordinat pelabuhan, dengan jarak terpendek titik pusat dari sisi persegi tersebut adalah 22 km. Kelebihan dari metode ini adalah mudah diimplementasikan untuk seluruh pelabuhan. Namun, kelemahannya adalah terkait keakuratan batas pelabuhan yang dihasilkan. Batas 22 km mungkin cukup besar untuk mencakup pelabuhan-pelabuhan yang berdekatan. Selain itu, batas-batas pelabuhan dapat berubah seiring waktu karena perluasan dan penutupan pelabuhan tertentu.



Gambar x. Ilustrasi Batas Pelabuhan Jakarta sebesar 22 km.
sumber : diolah dari data WPI 2019 dan bounding box UN ML-Group

Kode Program: Batas Pelabuhan menggunakan metode Heatmap

Kode	
1	from ais import functions as af
2	import matplotlib.pyplot as plt
3	
4	the_path = 'Version2_BoundingBoxes/csv_WKT/wpi_12nm_bounding_box_port.csv'
5	pd_ports = af.get_file_gitlab(token= gitlab_un_token, project_id=the_id
6	,file_path=the_path)
7	
8	pd_jakarta = pd_ports.loc[pd_ports.PORT_NAME=="JAKARTA"]
9	
10	fig, (ax3)= plt.subplots(1,2,figsize=(8,6))
11	countries.to_crs(epsg=4326).plot(ax=ax3, color='lightgrey')
12	pd_ports.plot(ax=ax3, color='black')
13	pd_jakarta.plot(ax=ax3, color='red')
14	ax3.set_xlim(105, 110)
15	ax3.set_ylim(-8, -4)

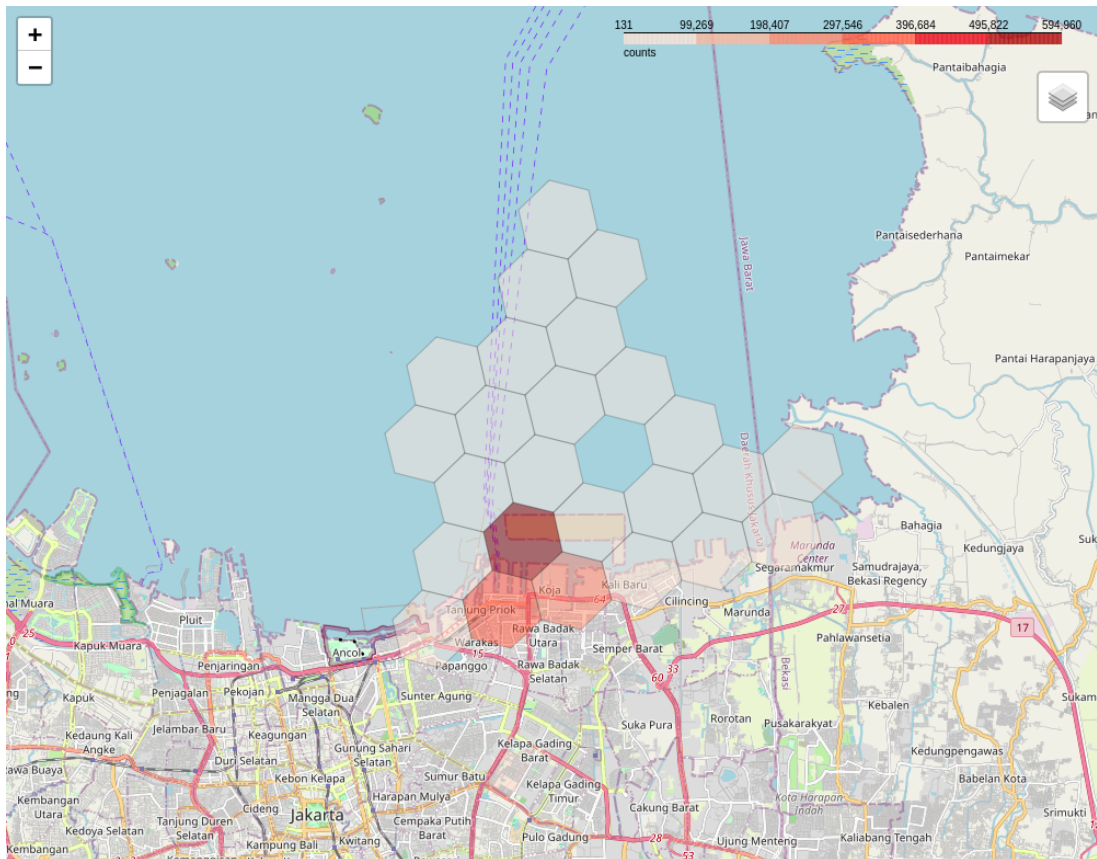
Penjelasan Kode	
1-2	Import library yang diperlukan
4-6	Membaca data pelabuhan WPI yang di simpan di gitlab
8	Filter untuk pelabuhan Jakarta
10-15	Melakukan visualisasi pelabuhan jakarta

3. Batas Pelabuhan menggunakan metode heatmap

Pada publikasi ini digunakan metode penentuan batas pelabuhan menggunakan metode heatmap, dimana batas pelabuhan ditentukan berdasarkan banyaknya kapal atau titik sinyal AIS yang melewati suatu area sekitar titik pelabuhan. Titik pelabuhan didapatkan dari World Port Index (WPI) 2019. Dengan memanfaatkan pengindeksan spasial dari H3 dibuat area di sekitar titik tersebut yang akan dijadikan kandidat area batas pelabuhan, untuk menentukan batas pelabuhan dari area kandidat ini dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Menentukan titik pusat pelabuhan.
- Membuat area di sekitar titik pelabuhan dengan menggunakan h3 resolusi 5 dengan buffer 2 *cell* di sekitar titik pusat. Luasan *cell* h3 resolusi 5 adalah sekitar 252 km².
- Cell* resolusi 5 tersebut kemudian dibagi menjadi h3 *cell* resolusi 7 yang memiliki luas area sekitar 5 km².
- Dihitung jumlah sinyal AIS pada setiap *cell* tersebut.
- Sinyal AIS yang digunakan adalah sinyal AIS selama tahun 2022.
- Dari semua sinyal AIS tersebut hanya diambil sinyal AIS dari kapal yang bertipe Cargo, Tanker, dan Passenger.
- Sinyal AIS juga dibatasi untuk sinyal dengan kecepatan kapal 0 dan status kapal *moored* atau *anchored*.
- Membuang *cell* yang dengan jumlah sinyal kurang dari 100.
- Mengambil satu *cell* dengan jumlah sinyal terbanyak untuk dijadikan *cell* utama dimana diasumsikan aktivitas pelabuhan berpusat pada area tersebut.
- Kemudian diambil *cell* yang berbatasan langsung dan memiliki jalur yang tidak terputus dengan *cell* utama tersebut.
- Area yang terbentuk tersebut yang dijadikan area pelabuhan yang digunakan sebagai dasar untuk menghitung jumlah kapal masuk dan keluar pelabuhan serta lama waktu sandar kapal.

Pada publikasi ini dilakukan perhitungan angka kapal masuk dan keluar pelabuhan dengan dua kasus, yaitu lalu lintas kapal asing di pelabuhan Indonesia dan lalu lintas kapal Indonesia di pelabuhan luar negeri. Untuk kasus pertama dipilih pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta sebagai area penelitian dan seluruh pelabuhan di Tiongkok untuk kasus kedua. Pada kasus kedua penentuan batas pelabuhan dilakukan dengan cara yang lebih sederhana, yaitu hanya sampai dengan poin b pada langkah diatas. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah penentuan batas pelabuhan yang lebih rinci dapat memberikan hasil yang lebih baik juga pada kasus lalu lintas kapal asing di pelabuhan Indonesia.



Gambar x. Batas Pelabuhan menggunakan metode Heatmap

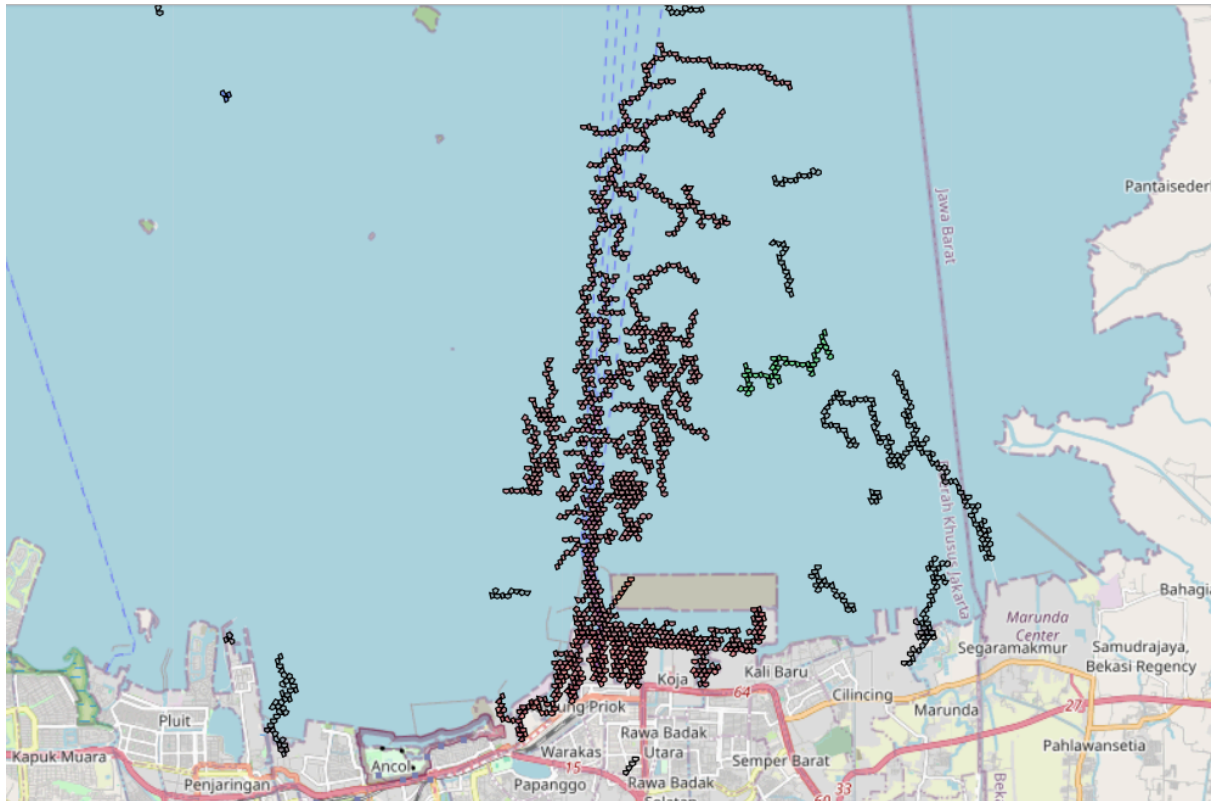
Kode Program: Batas Pelabuhan menggunakan metode Heatmap

Kode	
1	start_date = datetime.fromisoformat("2022-01-01")
2	end_date = datetime.fromisoformat("2022-12-31")
3	
4	ais_sample=af.get_ais(spark,start_date,
5	end_date = end_date,
6	h3_list = the_h3_list)
7	moored_areas=ais_sample.filter(((F.col("nav_status")=="Moored")&(F.col("sog")==0)&(F.col("vessel_type").isin("Cargo","Tanker", "Passenger")))).groupBy(["H3_int_index_7"]).count()
8	
9	moored_areas_pd = moored_areas[moored_areas['count']>100]
10	titik_utama = moored_areas_pd.sort_values('count', ascending=False).iloc[0].H3_int_index_7
11	h3_titik_utama = h3.h3_to_string(titik_utama)
12	
13	h3_list_pelabuhan = []
14	set_pelabuhan = set(moored_areas_pd.H3_int_index_7.apply(lambda x: h3.h3_to_string(x)).to_list())
15	for i, data in moored_areas_pd.iterrows():
16	h3_calon = h3.h3_to_string(data.H3_int_index_7)
17	set_line = set(h3.h3_line(h3_titik_utama,h3_calon))
18	if len(set_line.intersection(set_pelabuhan))==len(set_line):
19	h3_list_pelabuhan.append(h3_calon)
20	
21	moored_areas_pd.H3_int_index_7 = moored_areas_pd.H3_int_index_7.apply(lambda x:
22	h3.h3_to_string(x))
23	moored_areas_pd =
24	moored_areas_pd[moored_areas_pd.H3_int_index_7.isin(h3_list_pelabuhan)]
25	geom_h3_moored=[]
	for i, row in moored_areas_pd.iterrows():

26	<code>geom=transform(flip,Polygon(h3.h3_to_geo_boundary(row.H3_int_index_7,</code>
27	<code>geo_json=False)))</code>
28	<code>geom_h3_moored.append(geom)</code>
29	<code>moored_areas_pd=moored_areas_pd.assign(geometry=geom_h3_moored)</code>
30	<code>moored_areas_pd=gpd.GeoDataFrame(moored_areas_pd,geometry="geometry")</code>
31	
32	<code>fig, ax5= plt.subplots(figsize=(8,6))</code>
33	<code>ax5.scatter(pd_jakarta.LONGITUDE, pd_jakarta.LATITUDE, zorder=1, c='red', s=10)</code>
34	<code>geom_h3.boundary.plot(ax=ax5, color='black')</code>
35	<code>#Heat map plot from geopandas. Pass the count column.</code>
36	<code>moored_areas_pd.plot(ax=ax5,column="count",legend = True,legend_kwds = {'label':</code>
37	<code>"Moored cargo vessels density map"})</code>
38	<code>ax5.set_xlim(106.7, 107)</code>
39	<code>ax5.set_ylim(-6.2, -6)</code>
40	<code>plt.show()</code>
Penjelasan Kode	
1-6	Melakukan filter periode analisis data
7-8	Melakukan filter tipe kapal
9	Memilih heksagon yang jumlah kapal lebih dari 100
10-18	Memilih heksagon yang jumlah kapal paling banyak dan heksagon yang masih berdampingan langsung dengan heksagon utama
32-40	Melakukan visualisasi peta

4. Batas Pelabuhan menggunakan metode machine learning

Pada beberapa referensi menggunakan metode *clustering* untuk menentukan batas pelabuhan. Penelitian yang dilakukan Fuentes, G., & Adland, R pada tahun 2020 mendefinisikan tempat transit kapal di Terusan Suez menggunakan algoritma DBSCAN. Penelitian yang dilakukan menggunakan beberapa metode machine learning seperti HDBSCAN, CatBoost dan KNN. HDBSCAN digunakan untuk mendapatkan kluster dari kapal yang berstatus anchor dan moored. CatBoost digunakan untuk melakukan klasifikasi lokasi dan kecepatan kapal. KNN digunakan untuk mengidentifikasi apakah kapal dalam status berhenti.



Gambar x. Batas Pelabuhan menggunakan metode DBSCAN

Kode Program: Batas Pelabuhan menggunakan metode Heatmap

Kode	
1	h3_resol_DBSCAN = 13 # h3 resolution to be used for DBSCAN
2	h3_resol_berth = 10 # h3 resolution to be used for construction of final berth polygons
3	
4	
5	moored_areas_raw = ais_sample.groupby(["H3_int_index_" +
6	str(h3_resol_DBSCAN)]).count()
7	moored_areas_raw = moored_areas_raw.toPandas()
8	moored_areas_raw.count().sum
9	
10	moored_areas = moored_areas.assign(H3_str = moored_areas["H3_int_index"].apply(lambda
11	x: h3.h3_to_string(x)))
12	moored_areas = moored_areas.assign(H3_center = moored_areas["H3_str"].apply(lambda x:
13	h3.h3_to_geo(x)))
14	moored_areas = moored_areas.assign(H3_center_lat =
15	moored_areas["H3_center"].apply(lambda x: x[0]))
16	moored_areas = moored_areas.assign(H3_center_long =
17	moored_areas["H3_center"].apply(lambda x: x[1]))
18	
19	Cluster = DBSCAN(eps=7e-3, min_samples=3).fit_predict(moored_areas[["H3_center_lat",
20	"H3_center_long"]])
21	n_clusters = len(set(Cluster)) - (1 if -1 in set(Cluster) else 0)
22	moored_areas["cluster"] = Cluster
23	moored_areas.head(5)
24	
25	
26	map = folium.Map(location= [pd_port.LATITUDE, pd_port.LONGITUDE], zoom_start=13,
27	width=1000, height=1000)
28	for i_cluster in range(n_clusters):

29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	<pre> h3_set_connected = h3_connected[str(i_cluster)] feature_list = [] for i in range(len(h3_set_connected)): coordinates = list(h3.h3_to_geo_boundary(h3_set_connected[i], geo_json = True)) feature = {'geometry': {'coordinates': [[list(x) for x in coordinates]], 'type': 'Polygon' }, 'type': 'Feature', 'ID_H3_str': h3_set_connected[i], "properties": {"cluster": i_cluster} } feature_list.append(feature) mygeojson = {"type": "FeatureCollection", "features": feature_list} for feature in mygeojson['features']: feature['properties']['cluster'] = int(feature['properties']['cluster']) folium.GeoJson(mygeojson, name='geojson', style_function=style_function).add_to(map_richards_bay) map </pre>
Penjelasan Kode	
1-3 5-17 19-23 26-50	<p>Melakukan definisi heksagon</p> <p>Melakukan definisi moored area</p> <p>Running algoritma DBScan</p> <p>Melakukan visualisasi peta</p>

3.2. Preprocessing Data / Filter Data AIS

Data AIS, seperti sumber big data lainnya, rentan terhadap masalah kualitas data. Permasalahan ini dapat bersumber dari data mentah, maupun dalam pemrosesan data pada platform UNGP. Pada data mentah AIS dimungkinkan terdapat pesan yang memiliki *noise* atau *outlier*. Oleh karena itu dalam pengolahan data AIS, salah satu tahapan yang dilakukan adalah Data Preprocessing. Data preprocessing adalah proses mengubah data mentah ke dalam bentuk yang lebih mudah dipahami, sehingga siap untuk dianalisis. Proses ini diperlukan untuk memperbaiki kesalahan pada data mentah yang seringkali tidak lengkap dan memiliki format yang tidak teratur.

Tahapan data preprocessing yang dilakukan untuk melakukan filter data AIS adalah sebagai berikut:

1. Filter 1: MMSI kapal yang valid

MMSI kapal yang valid mempunyai jumlah karakter angka sebanyak sembilan digit (Raymond, 2021), sehingga pesan AIS yang memiliki MMSI kurang dari atau lebih dari sembilan digit, dengan kata lain $MMSI < 100000000$ atau $MMSI > 999999999$ akan dieliminasi dari data.

2. Filter 2: non-zero draught

Draught (sarat air kapal) merupakan jarak permukaan air dengan bagian bawah kapal. Sarat air kapal dapat digunakan untuk mengestimasi potensi berat kapal yang diangkut (Arslanalp, Marini, & Tumbarello, 2019). Sarat air kapal pada pesan AIS bernilai 0,1 hingga 25,5 meter. Nilai 25,5 menunjukkan nilai sarat air 25,5 m ke atas.

Sedangkan nilai nol merupakan nilai default atau jika tidak tersedia (Raymond, 2021), sehingga pesan yang bernilai draught nol akan dieliminasi dari data.

3. Filter 3: tipe kapal yang relevan

Tipe kapal yang ada pada data AIS seperti 'fishing', 'passenger', 'sailing', 'military', 'pilot', 'cargo', 'tanker', dll. Data AIS difilter berdasarkan tipe kapalnya yang terkait dengan aktivitas pelabuhan, yaitu kapal 'cargo', kapal 'tanker' dan kapal 'passenger'.

4. Filter 4: periode data yang akan dianalisis

Pada penelitian ini dilakukan analisis untuk data AIS pada periode 1 Januari 2022 sampai dengan 31 Desember 2022.

5. Filter 5: kapal yang berada di Pelabuhan

Dari data AIS yang dikirim suatu kapal akan diidentifikasi apakah kapal tersebut berada di suatu pelabuhan atau tidak. Filter ini digunakan untuk mendapatkan data kapal yang melakukan aktivitas perkapalan di pelabuhan. Pada pembahasan 3.1 telah dijelaskan beberapa metode untuk melakukan deteksi area pelabuhan. Pada publikasi pendekatan batas pelabuhan yang digunakan adalah Batas Pelabuhan menggunakan metode heatmap.

3.3. Lalu Lintas Kapal Indonesia dan Kapal Asing yang Melintasi Wilayah Teritorial Indonesia

Lalu lintas kapal asing pada wilayah teritorial Indonesia diartikan sebagai jumlah kapal asing yang masuk dan keluar pada area pelabuhan di Indonesia, dan bukan batas teritorial laut Indonesia. Pada tahapan ini perhitungan lalu lintas kapal dilakukan di wilayah pelabuhan Tanjung Priok yang batasnya telah ditentukan pada tahap 3.1 dan sinyal AIS yang sudah melalui tahap preprocessing (3.2). Sedangkan untuk lalu lintas kapal Indonesia akan menggunakan konsep yang sama dengan lalu lintas kapal asing namun perhitungan akan dilakukan pada pelabuhan-pelabuhan di negara Tiongkok dengan penentuan batas wilayah pelabuhan yang lebih sederhana. Perhitungan lalu lintas kapal dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Pembuatan buffer wilayah pelabuhan.

Batas wilayah pelabuhan yang didefinisikan pada tahapan 3.2 menggunakan heksagon H3 resolusi 7 kemudian dibuat buffer di sekitarnya dengan menambahkan satu heksagon di sekeliling wilayah pelabuhan.

2. Menentukan titik sinyal AIS saat kapal masuk dan keluar pelabuhan

Pada tahapan inilah wilayah buffer digunakan. Sinyal akan dicatat sebagai sinyal masuk jika sinyal sebelum sinyal yang berada di dalam pelabuhan tercatat pada wilayah buffer ini, sedangkan jika sinyal sebelumnya diluar wilayah buffer maka sinyal tidak akan dianggap sebagai sinyal kapal masuk pelabuhan. Sedangkan untuk sinyal kapal keluar tidak harus berada pada daerah buffer ini, asalkan terdapat sinyal AIS dari dalam pelabuhan yang diikuti dengan sinyal dari wilayah luar pelabuhan, baik di dalam atau di luar wilayah buffer, akan dicatat sebagai sinyal keluar. Hal ini dikarenakan kecenderungan mesin AIS yang dihidupkan beberapa saat setelah keluar dari wilayah pelabuhan yang kemungkinan juga di luar wilayah buffer sehingga nantinya tidak akan tercatat jika dibatasi hanya pada wilayah buffer.

3. Eliminasi sinyal masuk yang terlalu sering

Dalam aktivitasnya di dalam pelabuhan maka terdapat kemungkinan sinyal masuk dan sinyal keluar kapal akan tercatat beberapa kali karena beberapa kali melewati batas pelabuhan. Untuk itu perlu dihilangkan sinyal masuk ataupun keluar yang terlalu sering. Batas waktu yang digunakan adalah 24 jam, sehingga sinyal masuk ataupun keluar yang berjarak kurang dari 24 jam dari sinyal sebelumnya akan dihilangkan.

4. Agregasi data

Agregasi data dilakukan per pelabuhan dalam satu bulan. Dihitung jumlah kapal masuk dan keluar pelabuhan dengan menghitung jumlah sinyal kapal masuk dan keluar pelabuhan yang berhasil tercatat. Selain itu dilakukan pula pencatatan jumlah kapal berdasarkan bendera kapalnya.

3.4. Durasi kapal asing berlabuh di pelabuhan Indonesia

Durasi kapal berlabuh kapal merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi dan kinerja pelabuhan. Dari sudut pandang perusahaan pelayaran, informasi durasi kapal berlabuh mempengaruhi banyaknya cost yang diperlukan untuk menghitung jasa waktu berlabuh di pelabuhan. Dari sudut pandang otoritas pelabuhan, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan lainnya, informasi mengenai waktu penyelesaian berguna untuk merencanakan infrastruktur dan meningkatkan operasi pelabuhan.

Dasar penghitungan durasi kapal berlabuh adalah event masuk kapal ke pelabuhan dan keluarnya kapal dari pelabuhan. Durasi kapal berlabuh adalah waktu yang dihabiskan oleh kapal di dalam area pelabuhan. Nilai yang dihitung dalam indikator ini adalah jumlah waktu kapal bersandar pada periode waktu penghitungan.

Karena data yang didapatkan pada tahapan 3.5 maka dibentuk algoritma untuk mendapatkan durasi kapal asing berlabuh di pelabuhan Indonesia. Data durasi kapal berlabuh ini di agregasi selama satu bulan. Berikut algoritma yang diterapkan dalam perhitungan lama waktu kapal bersandar:

1. Waktu sandar kapal dihitung untuk sekali kunjungan kapal di suatu pelabuhan.
2. Jika suatu kapal melakukan beberapa kali kunjungan, maka semua kunjungan akan dihitung waktu sandarnya.
3. Satu kunjungan secara umum adalah jika tercatat sinyal masuk dan keluar pelabuhan secara berurutan.
4. Jika jarak antar sinyal, baik masuk maupun keluar, kurang dari 24 jam maka sinyal yang terakhir akan dihapus karena dianggap sebagai kesalahan pencatatan.
5. Secara normal waktu bersandar kapal dihitung dengan mengurangkan waktu sinyal kapal keluar dikurangi waktu sinyal kapal masuk pelabuhan yang berurutan sinyal masuk dan sinyal keluarnya.
6. Jika pada bulan tersebut sinyal kapal pertama yang masuk adalah sinyal keluar, maka waktu sandar dihitung dengan mengurangkan waktu pada sinyal keluar tersebut dikurangi awal bulan (tanggal 1 pada bulan yang bersangkutan pukul 00.00)
7. Jika sinyal terakhir pada bulan yang bersangkutan adalah sinyal masuk maka waktu sandar dihitung dengan mengurangkan tanggal terakhir pada bulan yang bersangkutan dikurangi waktu saat sinyal masuk pelabuhan tersebut tercatat.

8. Untuk kasus dimana sinyal masuk dan sinyal keluar tidak berurutan maka akan dilakukan imputasi menggunakan nilai median dari waktu sandar seluruh kapal pada bulan yang bersangkutan.

3.5. Durasi kapal Indonesia berlabuh di pelabuhan asing

Efisiensi operasional pelabuhan laut merupakan isu penting bagi perusahaan pelayaran dan otoritas pelabuhan. Pergerakan kapal masuk dan keluar dari pelabuhan laut diharapkan seefisien mungkin. Lama waktu kapal bersandar dalam pelabuhan merepresentasikan kinerja pelabuhan, penanganan bongkar muat barang, produktivitas tenaga kerja, dan okupansi pelabuhan sebagai tempat berlabuh.

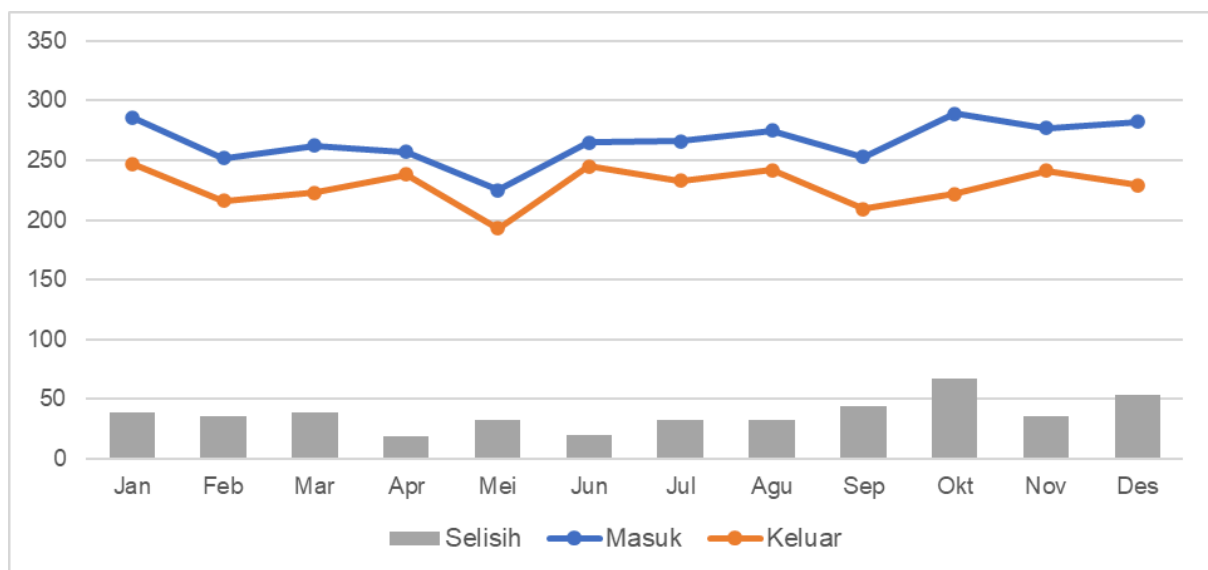
Dalam konteks statistik perdagangan internasional, durasi kapal Indonesia berlabuh di pelabuhan asing adalah nilai yang harus dibayarkan oleh perusahaan pelayaran. Secara umum metode perhitungan durasi kapal Indonesia berlabuh di pelabuhan asing sama dengan perhitungan durasi kapal asing berlabuh di Indonesia. Tahapan yang mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan adalah tahapan penentuan batas pelabuhan, yang mana pada kasus ini digunakan metode yang lebih sederhana.

BAB 4. Eksplorasi dan Penjaminan Kualitas Implementasi Data AIS

4.1 Eksplorasi Data Hasil Pengolahan

4.1.1 Lalu Lintas Kapal Asing di Pelabuhan Tanjung Priok

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.3, dilakukan penghitungan jumlah kapal asing yang masuk dan keluar pada area pelabuhan di Indonesia, dengan fokus khusus pada Pelabuhan Tanjung Priok. Pelabuhan Tanjung Priok merupakan salah satu pelabuhan yang terletak di ujung utara Daerah Khusus Jakarta (DKJ), Indonesia. Dilansir dari Lloyd's List (2020), Pelabuhan Tanjung Priok menempati peringkat ke-22 dari 100 pelabuhan terbesar di dunia. Bahkan pada tahun 2019, pelabuhan ini termasuk pelabuhan terbesar ke-5 di Asia Tenggara dengan kapasitas 7,6 juta ton *Twenty-foot Equivalent Unit* (TEU). Sebagai pelabuhan yang besar, Pelabuhan Tanjung Priok mendukung berbagai kegiatan perkapalan, seperti aktivitas bongkar muat peti kemas serta mengangkut dan menurunkan barang/penumpang dari berbagai pulau hingga negara. Dengan kapasitas yang besar dan posisi strategisnya, Pelabuhan Tanjung Priok memainkan peran vital dalam ekonomi maritim Indonesia. Pelabuhan ini bukan hanya sebagai pintu gerbang utama bagi ekspor dan impor negara, tetapi juga bagian penting dalam jaringan logistik internasional.



Sumber: Data AIS Diolah

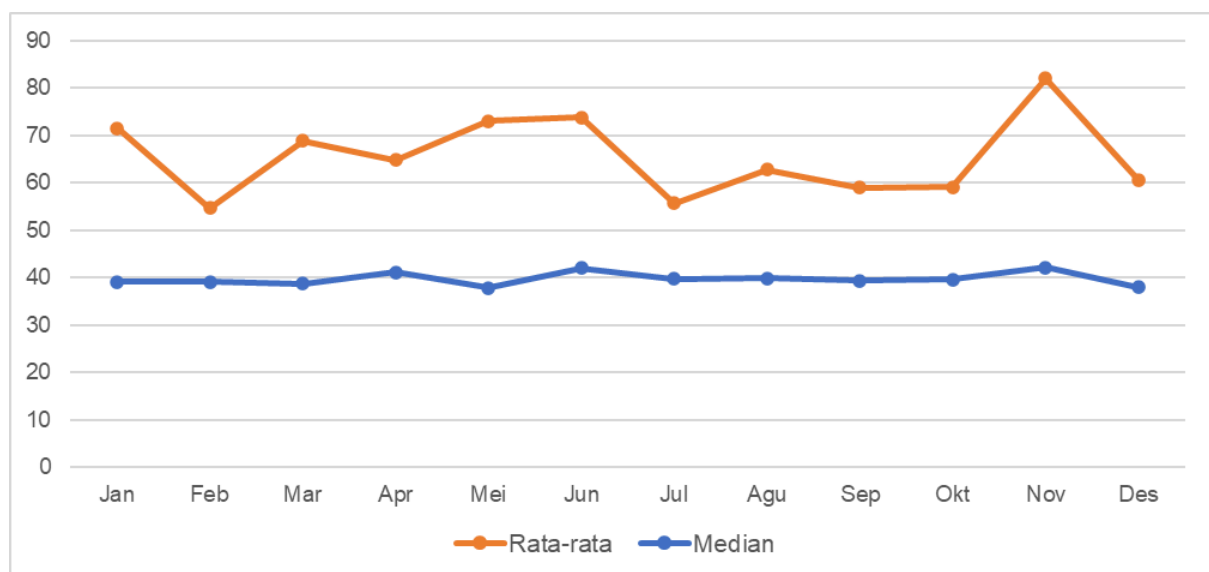
Gambar 4.1. Jumlah Kapal Asing yang Masuk dan Keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok, 2022

Masifnya kegiatan perkapalan di Pelabuhan Tanjung Priok mengakibatkan lalu lintas kapal yang cukup padat di pelabuhan tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan data bulanan tahun 2022 yang bersumber dari AIS (Gambar 4.1), terlihat bahwa jumlah kapal asing yang memasuki area Pelabuhan Tanjung Priok berkisar antara 225 hingga 289 kapal, sedangkan yang keluar berkisar antara 193 hingga 247 kapal. Jika dibandingkan, kapal asing yang masuk ke Pelabuhan Tanjung Priok memiliki jumlah yang lebih tinggi dibandingkan kapal

yang keluar. Bahkan, selisih antara kapal asing yang masuk dan keluar mencapai 19 hingga 67 kapal. Meskipun terdapat selisih antara jumlah kapal asing yang masuk dan keluar, pola jumlah kapal terlihat bergerak selaras dari bulan ke bulan. Sebagai contoh, pada bulan Mei terdapat penurunan jumlah kapal asing yang masuk dan keluar, kemudian diikuti dengan kenaikan pada bulan Juni.

4.1.2 Durasi Kapal Asing Berlabuh di Pelabuhan Tanjung Priok

Informasi mengenai durasi kapal berlabuh merupakan variabel yang penting dalam pengelolaan pelabuhan yang efektif dan efisien. Dengan mengetahui durasi kapal berlabuh kapal, pihak pelabuhan dapat mengoptimalkan penggunaan dermaga dan peralatan bongkar muat, serta mengatur alur kapal dengan lebih efektif. Hal ini dapat meminimalisir penumpukan kapal dan mempercepat proses bongkar muat, sehingga meningkatkan efisiensi dan kinerja pelabuhan secara keseluruhan. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa rata-rata lama kapal asing bersandar di pelabuhan Tanjung Priok cukup bervariasi di tiap bulannya. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis dan banyaknya muatan. Di sisi lain, median lama bersandar menunjukkan tren yang lebih stabil, yaitu sekitar 40 jam. Nilai median tersebut merepresentasikan nilai tengah, yang tidak terpengaruh oleh nilai ekstrim. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara rata-rata bervariasi, mayoritas kapal asing memiliki durasi kapal berlabuh yang relatif konsisten di Pelabuhan Tanjung Priok.



Sumber: Data AIS Diolah

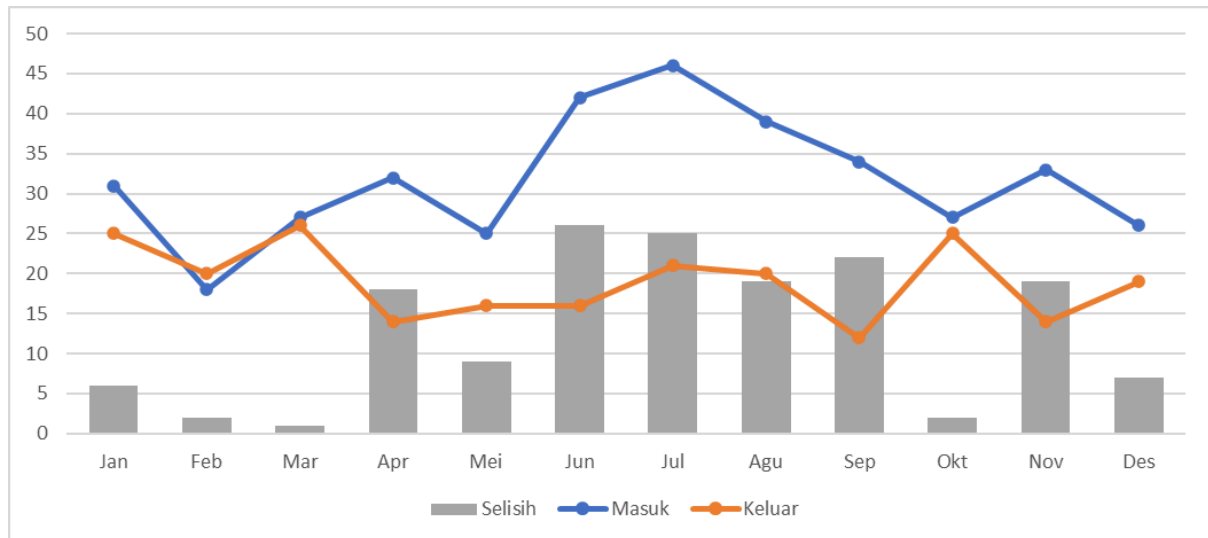
Gambar 4.2. Durasi Kapal Asing Berlabuh di Pelabuhan Tanjung Priok (jam), 2022

4.1.3 Jumlah Kapal Indonesia yang Masuk dan Keluar dari Pelabuhan di Negara Tiongkok

Selain mengolah data lalu lintas kapal asing di Pelabuhan Tanjung Priok, pada publikasi ini juga dilakukan pengolahan pada lalu lintas kapal Indonesia di pelabuhan-pelabuhan yang ada di negara Tiongkok. Dilansir dari Custom Trade Academy, Pelabuhan Shanghai menduduki peringkat pertama sebagai pelabuhan tersibuk di dunia. Hal ini menjadikan pelabuhan-pelabuhan di Tiongkok memiliki peranan penting dalam perdagangan global,

serta menjadi pusat logistik dan transportasi yang sangat penting. Oleh karena itu, menarik untuk menganalisis lalu lintas kapal Indonesia di pelabuhan-pelabuhan tersebut.

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa jumlah kapal Indonesia yang masuk dan keluar dari pelabuhan di negara Tiongkok sangat berfluktuasi. Jumlah kapal Indonesia yang masuk berkisar antara 18 hingga 46 kapal. Sedangkan untuk kapal keluar berkisar antara 12 sampai 26 kapal. Terdapat perbedaan yang cukup mencolok antara kapal masuk dan keluar, terutama pada bulan Juni dengan selisih 26 kapal. Hal ini menjadi fenomena menarik yang perlu ditelusuri. Diperlukan analisis mendalam dan komprehensif untuk memahami penyebab perbedaan tersebut.

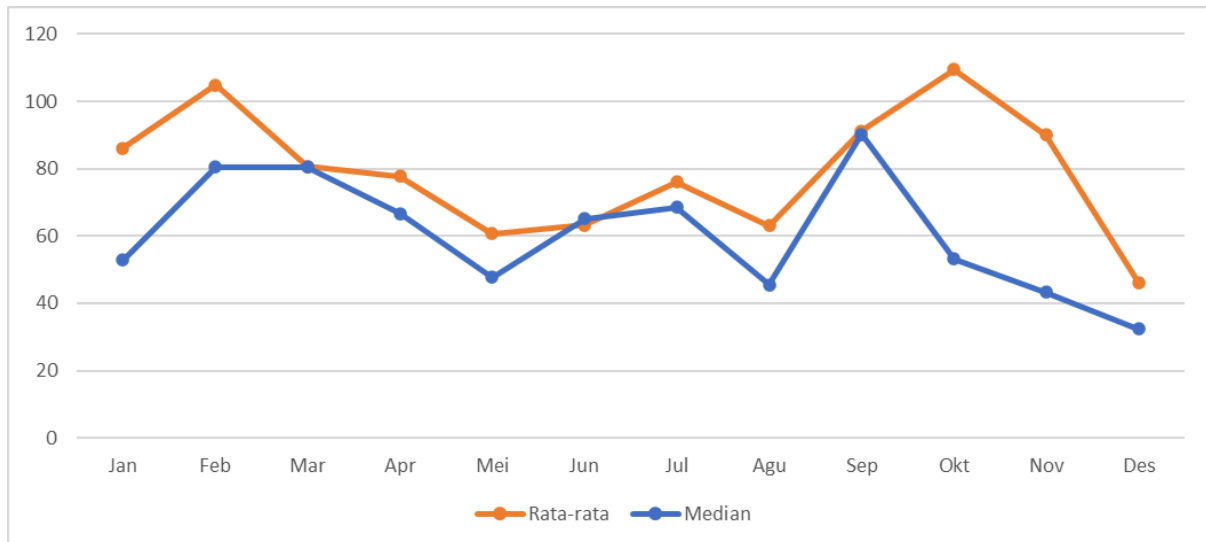


Sumber: Data AIS Diolah

Gambar 4.3. Jumlah Kapal Indonesia yang Masuk dan Keluar dari Pelabuhan di Negara Tiongkok, 2022

4.1.4 Durasi Kapal Indonesia Berlabuh di Pelabuhan di Negara Tiongkok

Rata-rata durasi kapal Indonesia berlabuh di pelabuhan di Negara Tiongkok berkisar antara 46 hingga 109 jam. Durasi ini menunjukkan efisiensi waktu yang cukup tinggi mengingat kapasitas dan volume lalu lintas di pelabuhan-pelabuhan besar seperti Shanghai, Ningbo-Zhoushan, dan Shenzhen yang sangat padat. Sementara itu, median durasinya sangat berfluktuasi tiap bulannya, dengan rentang waktu antara 32 hingga 90 jam. Hal ini berbeda dengan yang telah dihitung pada durasi kapal asing berlabuh di Pelabuhan Tanjung Priok, yang menunjukkan pola median yang stabil.



Sumber: Data AIS Diolah

Gambar 4.4. Durasi Kapal Indonesia Berlabuh di Pelabuhan di Negara Tiongkok (Jam), 2022

4.2 Penjaminan Kualitas dari Data Hasil Pengolahan

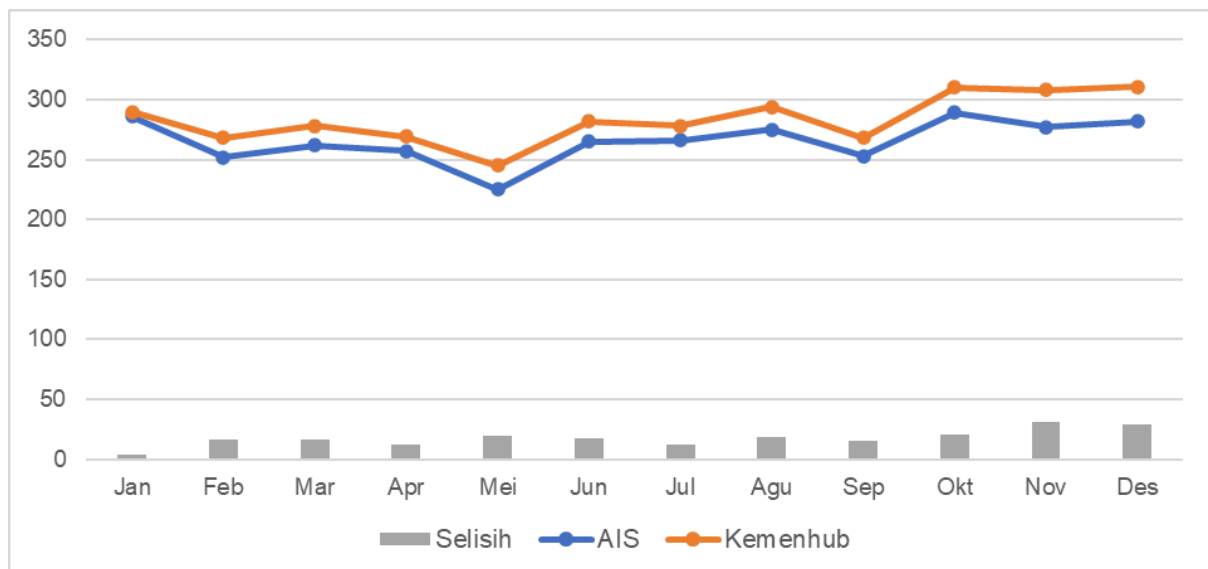
Penjaminan kualitas menjadi salah satu tahap yang penting untuk memastikan akurasi data yang telah diolah. Dalam publikasi ini, validasi data dilakukan pada hasil pengolahan lalu lintas serta durasi kapal asing bersandar di Indonesia, yang dalam hal ini adalah Pelabuhan Tanjung Priok. Validasi dilakukan dengan data statistik resmi yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan (Kemenhub). Pada publikasi ini, data yang dijadikan sebagai acuan untuk validasi adalah data yang tersaji pada situs *dashboard monitoring* yang memuat berbagai data terkait lalu lintas kapal di berbagai pelabuhan Indonesia. Situs tersebut dapat diakses melalui tautan <https://monitoring-inaportnet.dephub.go.id/>. Dashboard tersebut menampilkan agregat data yang bersumber dari Sistem Informasi Inaportnet. Sistem Informasi Inaportnet merupakan layanan yang dipergunakan untuk membantu proses permohonan pelayanan kapal sampai dikeluarkannya izin pengoperasian kapal, mulai dari kapal masuk, kapal tambat, kapal tunda hingga kapal keluar termasuk pembayaran PNBP (Kemenhub, 2016). Selain informasi berupa data agregat, pada *dashboard* inaportnet kita juga bisa melihat informasi yang lebih detail mengenai dokumen Pemberitahuan Kedatangan Kapal (PKK) yang memuat beberapa variabel seperti nomor PKK, nama kapal, *Estimated Time of Arrival* (ETA/perkiraan waktu kedatangan), *Estimated Time of Departure* (ETD/perkiraan waktu keberangkatan) dan lain sebagainya.

Dashboard monitoring inaportnet menyediakan berbagai macam informasi, namun informasi yang akan digunakan sebagai acuan validasi data pada publikasi ini adalah informasi terkait data kunjungan kapal luar negeri di Pelabuhan Tanjung Priok. Kemudian, agar validasi yang dilakukan lebih relevan dan akurat, diperlukan penyaringan data yang lebih spesifik. Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada BAB 3, validasi hanya akan dilakukan pada kapal yang bertipe 'cargo', 'tanker' dan 'passenger'. Oleh karena itu, data PKK yang telah diunduh dari *monitoring* inaportal disaring berdasarkan tipe tersebut. Selanjutnya, dilakukan agregasi kembali untuk menghitung jumlah kapal yang masuk berdasarkan ETA dan jumlah kapal

yang keluar berdasarkan ETD. Di samping itu, penghitungan lama kapal bersandar juga dilakukan dengan menghitung selisih ETA dengan ETD. Penyaringan dan agregasi data ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan untuk validasi relevan, sehingga menghasilkan validasi data yang akurat dan terpercaya.

4.2.1 Perbandingan Data Lalu Lintas Kapal Asing Bulanan Secara Umum

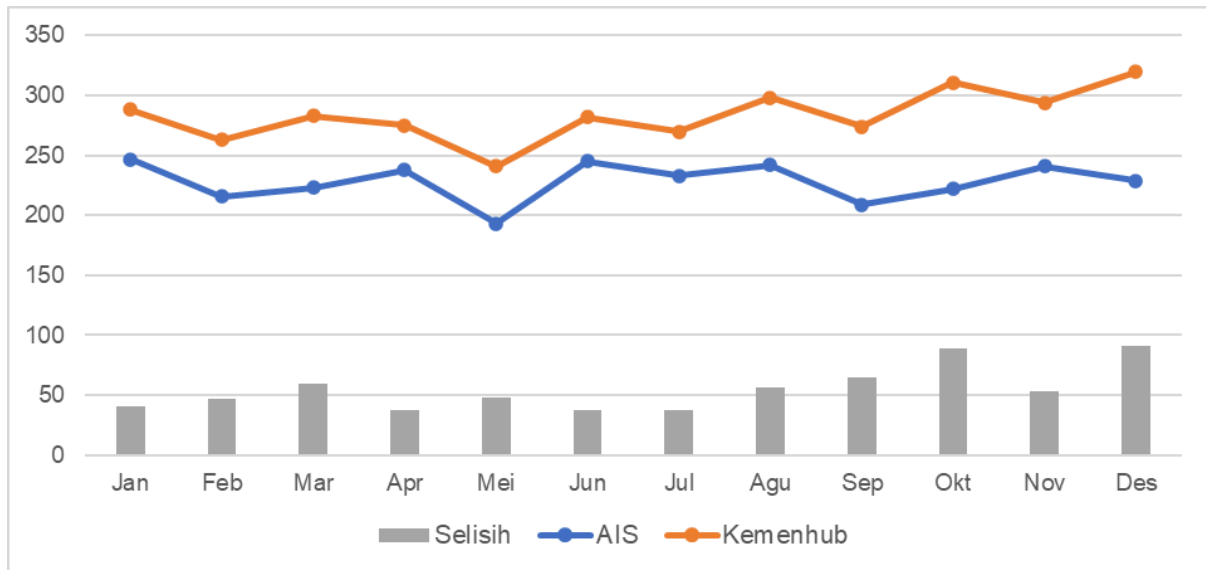
Validasi data lalu lintas kapal merupakan langkah penting dalam memastikan apakah algoritma yang dibangun sudah ideal dalam mendeteksi kapal yang melintas di perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Priok. Menilik pada perbandingan jumlah kapal asing yang masuk ke Pelabuhan Tanjung Priok (Gambar 4.5), terlihat bahwa ternyata hasil pengolahan data AIS untuk kapal asing yang masuk memiliki jumlah yang lebih rendah dibandingkan data resmi dari Kemenhub. Selisih jumlah kapal asing yang masuk pelabuhan berdasarkan data AIS dan Kemenhub berkisar antara 4 hingga 31 kapal. Selisih terkecil terjadi pada bulan Januari, sedangkan yang terbesar terjadi pada bulan November.



Gambar 4.5. Jumlah Kapal Asing yang Masuk ke Pelabuhan Tanjung Priok Berdasarkan Data AIS dan Kemenhub, 2022

Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Selaras dengan kondisi jumlah kapal asing yang masuk, hasil pengolahan data AIS untuk kapal asing yang keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok juga memiliki jumlah yang lebih rendah dibandingkan data resmi Kemenhub (Gambar 4.6). Akan tetapi, selisih antara kedua data tersebut lebih lebar dibandingkan dengan selisih pada kapal asing yang masuk. Selisih jumlah kapal asing yang keluar pelabuhan berdasarkan data AIS dan Kemenhub berkisar antara 37 hingga 91 kapal. Selisih terkecil terjadi pada bulan April, Juni, dan Juli, sedangkan yang terbesar terjadi pada bulan Desember.



Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Gambar 4.6. Jumlah Kapal Asing yang Keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok Berdasarkan Data AIS dan Kemenhub, 2022

Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 dapat dikatakan bahwa hasil pengolahan data AIS untuk jumlah kapal asing yang masuk dan keluar cenderung lebih rendah dibandingkan dengan data resmi Kemenhub. Namun, menariknya, terdapat pola yang selaras dari bulan ke bulan pada kedua data tersebut. Keselarasan yang dimaksud terlihat dari kesesuaian pergerakan ketika terjadi penurunan dan kenaikan antar kedua data. Artinya, meskipun jumlah kapal pada hasil pengolahan AIS lebih sedikit, tren kenaikan dan penurunannya sejalan dengan data Kemenhub.

4.2.2 Perbandingan Data Lalu Lintas Kapal Asing Bulanan Berdasarkan Bendera Kapal

Beralih ke perbandingan yang lebih spesifik, lalu lintas kapal asing juga dilihat berdasarkan bendera kapalnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui ketercakupan data hasil pengolahan AIS dan Kemenhub. Sehingga, nanti akan terlihat kapal asing mana yang tercakup dalam hasil pengolahan AIS namun tidak tercakup dalam data Kemenhub ataupun sebaliknya. Dalam proses perbandingan data ini, fokus hanya pada bulan dengan selisih terkecil dan terbesar berdasarkan hasil perbandingan data secara umum di sub sub bab 4.2.1. Sebagai informasi awal, keterangan kode dan nama negara termuat dalam tabel 4.1.

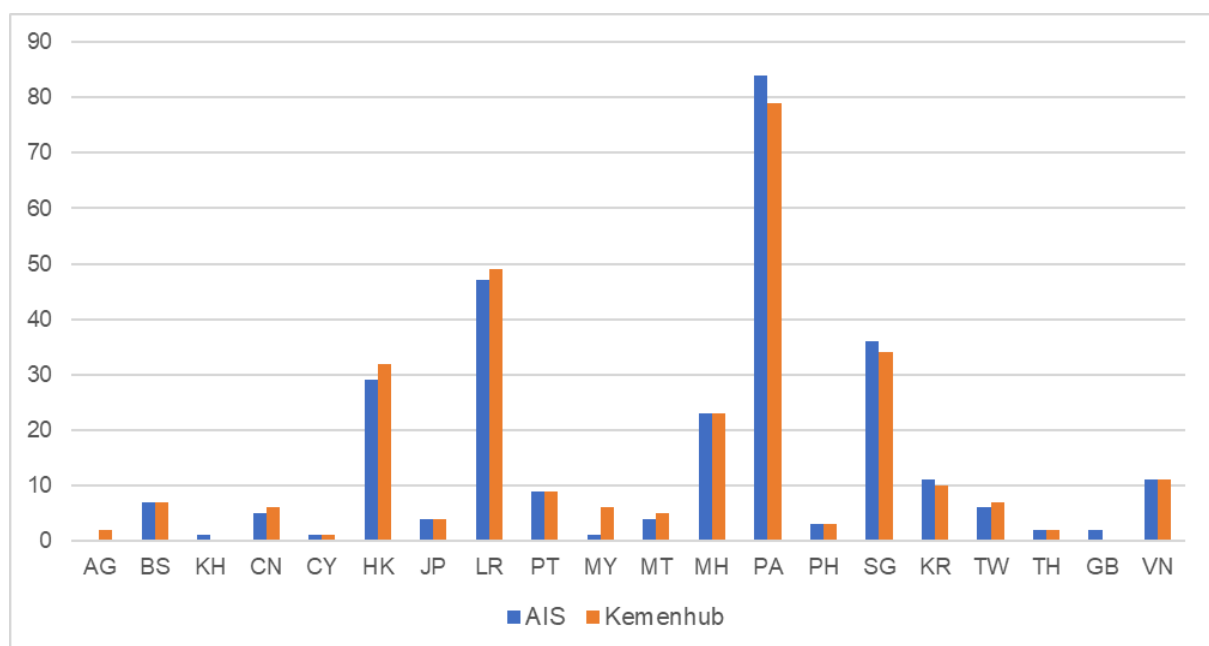
Tabel 4.1. Keterangan Kode dan Nama Negara

Kode Negara	Nama Negara	Kode Negara	Nama Negara
(1)	(2)	(1)	(2)
AG	Antigua dan Barbuda	MH	Kepulauan Marshall
BB	Barbados	MM	Myanmar
BM	Bermuda	MN	Mongolia
BS	Bahama	MT	Malta

CK	Cook Island
CN	Tiongkok
CY	Siprus
DK	Denmark
ET	Ethiopia
GA	Gabon
GB	Britania Raya
HK	Hongkong
IR	Iran
JP	Jepang
KH	Kamboja
KR	Korea Selatan
LR	Liberia
LU	Luksemburg

MY	Malaysia
NL	Belanda
NO	Norwegia
NU	Niue
PA	Panama
PH	Filipina
PT	Portugal
SA	Arab Saudi
SG	Singapura
SL	Sierra Leone
TH	Thailand
TW	Taiwan
VN	Vietnam

Informasi dalam tabel 4.1 di atas hanya memuat kode dan nama negara yang termuat dalam grafik perbandingan data lalu lintas kapal asing berdasarkan bendera kapal. Adapun kode negara mengikuti aturan dalam *International Organization for Standardization* (ISO) 3166-1. Kode negara termasuk ISO 3166-1 alpha-2 yang merupakan sebuah sistem dua karakter alfabet.

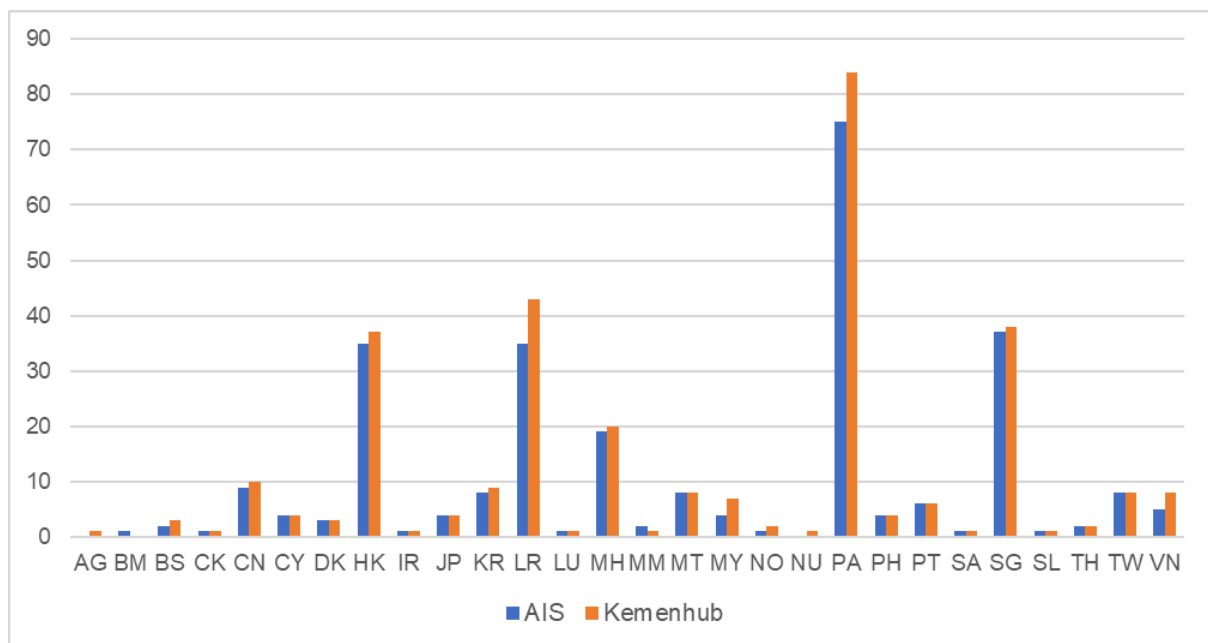


Gambar 4.7. Jumlah Kapal Asing yang Masuk ke Pelabuhan Tanjung Priok Menurut Bendera Kapal, Januari 2022

Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Gambar 4.7 di atas merupakan grafik perbandingan data kapal asing yang memasuki Pelabuhan Tanjung Priok dengan *gap* terkecil dan terjadi pada bulan Januari 2022. Dilihat dari jumlah, mayoritas kapal asing yang memasuki Pelabuhan Tanjung Priok berbendera Panama, kemudian diikuti oleh kapal berbendera Liberia, Singapura, dan Hongkong. Dilansir dari Kompas.com (2021), tingginya jumlah kapal yang berbendera Panama diakibatkan oleh kebijakan *open registry* yang menguntungkan pemilik kapal. Negara ini menawarkan kemudahan pendaftaran, pembebasan pajak, dan aturan ketenagakerjaan yang lebih longgar. Sehingga, banyak kapal yang berbendera Panama meski perusahaannya berasal dari negara lain.

Jika dibandingkan per bendera kapal, sebanyak 8 negara (BS, CY, JP, PT, MH, PH, TH, dan VN) memiliki kecocokan jumlah antara data hasil pengolahan AIS dengan Kemenhub. Namun, 12 negara lainnya memiliki jumlah yang berbeda. Dari 12 negara tersebut, 5 negara (KH, PA, SG, KR, dan GB) ada yang kapalnya tercakup oleh AIS tetapi tidak oleh Kemenhub. Sedangkan 7 negara lainnya (AG, CN, HK, LR, MY, MT, dan TW) mengalami kondisi sebaliknya, yaitu ada yang kapalnya tidak tercakup oleh AIS tetapi tercakup oleh Kemenhub.

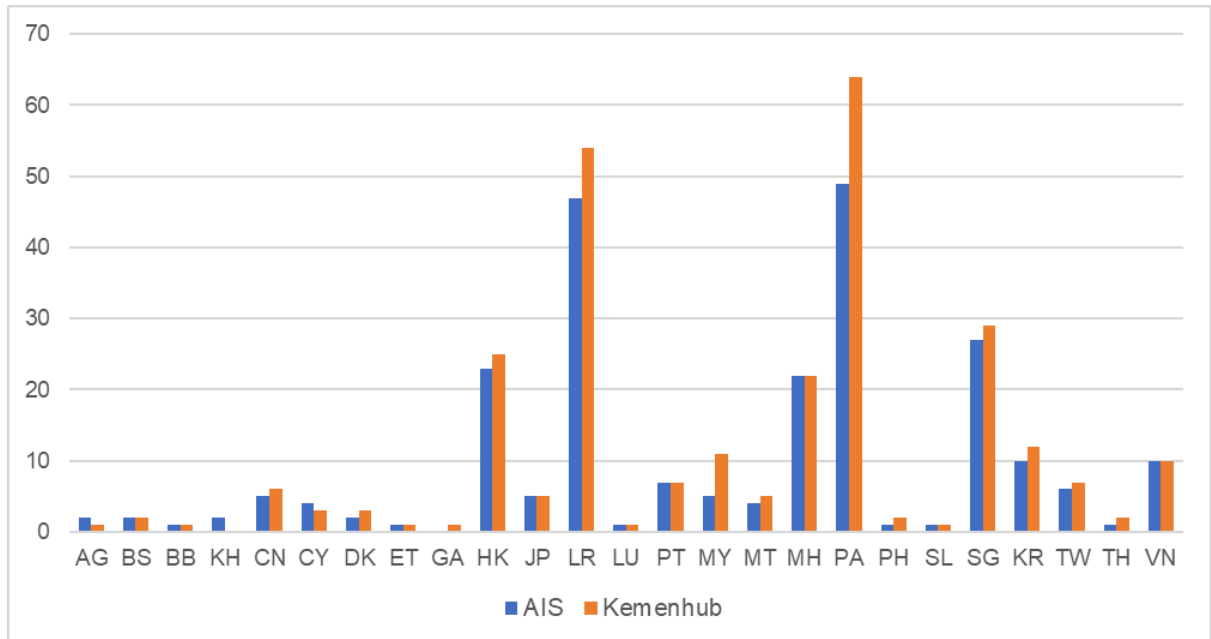


Gambar 4.8. Jumlah Kapal Asing yang Masuk ke Pelabuhan Tanjung Priok Menurut Bendera Kapal, November 2022

Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Kemudian, juga dilakukan perbandingan data kapal asing yang memasuki Pelabuhan Tanjung Priok pada bulan dengan *gap* terbesar, yaitu bulan November 2022. Berdasarkan Gambar 4.8, dapat dilihat bahwa mayoritas kapal yang memasuki Pelabuhan Tanjung Priok berbendera Negara Panama, Liberia, Singapura, dan Hongkong. Jika dibandingkan per

bendera asal, sebanyak 13 negara (CK, CY, DK, IR, JP, LU, MT, PH, PT, SA, SL, TH, dan TW) memiliki kecocokan jumlah antara data hasil pengolahan AIS dengan Kemenhub. Namun, 15 negara lainnya memiliki jumlah yang berbeda. Perbedaan dengan kondisi ada yang kapalnya tercakup AIS namun tidak tercakup Kemenhub terdiri dari 2 negara (BM dan MM), sedangkan 13 negara lainnya (AG, BS, CN, HK, KR, LR, MH, MY, NO, NU, PA, SG, dan VN) mengalami kondisi dimana ada yang kapalnya tidak tercakup AIS namun tercakup Kemenhub.

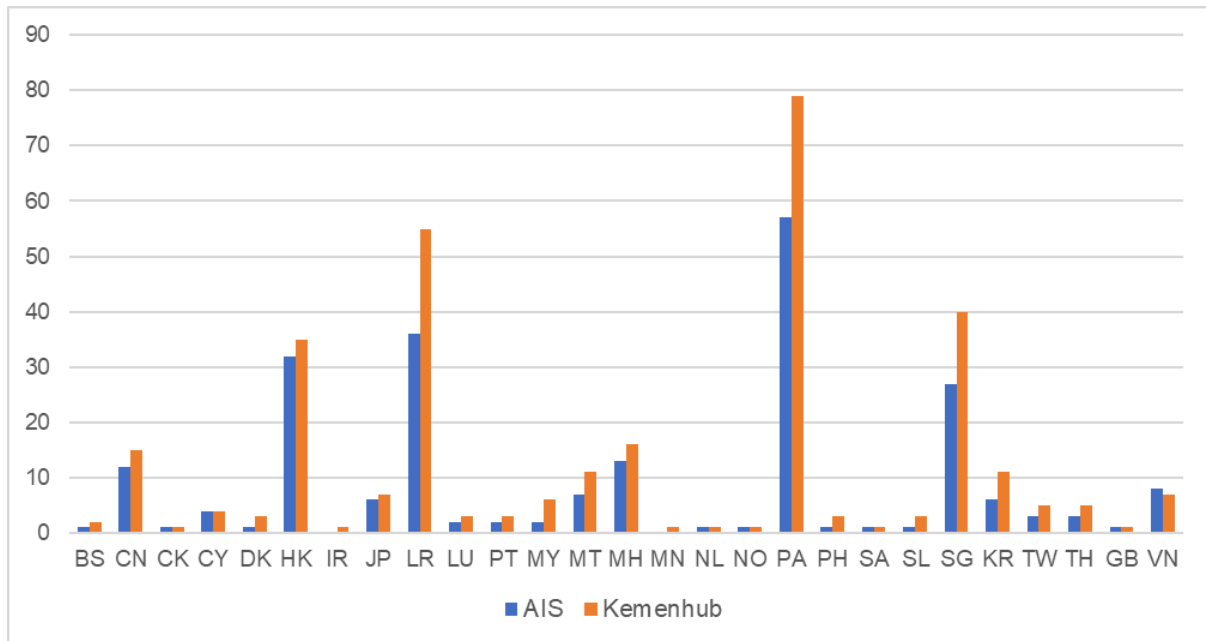


Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Gambar 4.9. Jumlah Kapal Asing yang Keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok Menurut Bendera Kapal, April 2022

Beralih ke jumlah kapal asing yang keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok, Gambar 4.9 menunjukkan perbandingan jumlah kapal keluar dengan gap terkecil yang terjadi pada bulan April 2022. Sejalan dengan kondisi kapal masuk, jumlah kapal terbanyak yang keluar dari pelabuhan juga berbendera dari negara-negara yang sama. Hal ini dikarenakan kapal yang awalnya masuk pasti akan keluar menuju tempat asalnya.

Jika dibandingkan per bendera kapal, sebanyak 9 negara (BS, BB, ET, JP, LU, PT, MH, SL, dan VN) memiliki kecocokan jumlah antara data hasil pengolahan AIS dengan Kemenhub. Namun, 16 negara lainnya memiliki jumlah yang berbeda. Perbedaan dengan kondisi tercakup AIS namun ada yang tidak tercakup Kemenhub terdiri dari 3 negara (AG, KH, dan CY), sedangkan 13 negara lainnya (CN, DK, GA, HK, LR, MY, MT, PA, PH, SG, KR, TW, dan TH) mengalami kondisi dimana ada yang tidak tercakup AIS namun tercakup Kemenhub.



Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Gambar 4.10. Jumlah Kapal Asing yang Keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok, Desember 2022

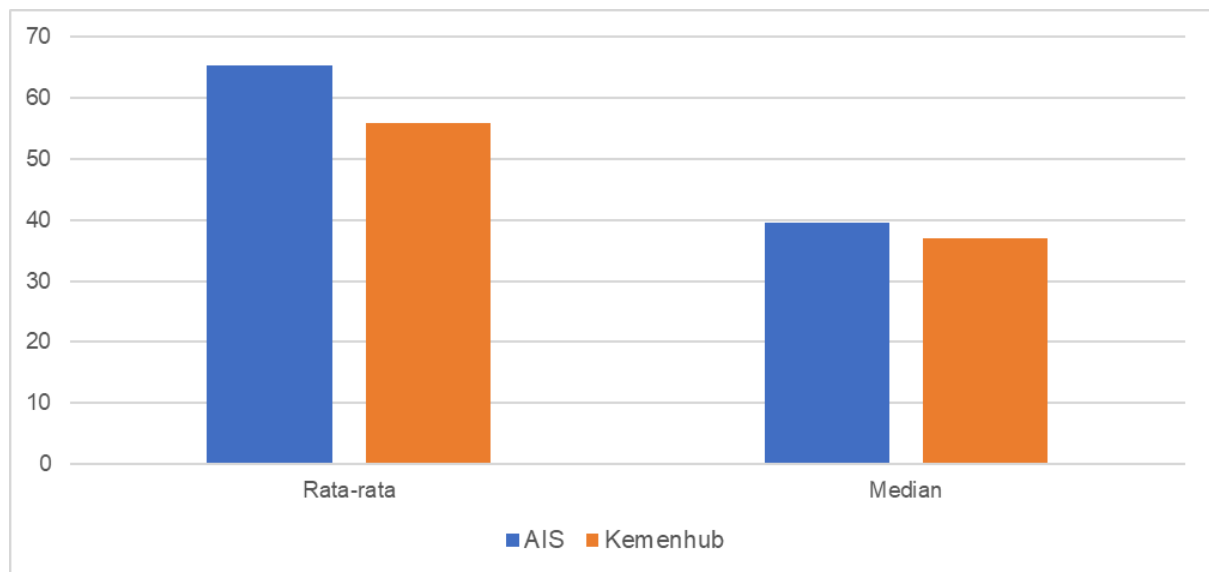
Hampir sama dengan kondisi sebelumnya, jumlah kapal asing yang keluar dari Pelabuhan Tanjung Priok juga memiliki gap, hanya saja lebih banyak kapal yang mengalami perbedaan nilai serta besarannya lebih lebar. Jika dibandingkan per bendera asal, sebanyak 6 negara (CK, CY, NL, NO, SA, dan GB) memiliki kecocokan jumlah antara data hasil pengolahan AIS dengan Kemenhub. Namun, 21 negara lainnya memiliki jumlah yang berbeda. Perbedaan dengan kondisi tercakup AIS namun ada yang tidak tercakup Kemenhub hanya 1 negara (VN), sedangkan 20 negara lainnya (BS, CN, DK, HK, IR, JP, LR, LU, PT, MY, MT, MH, MN, PA, PH, SL, SG, KR, TW, dan TH) mengalami kondisi dimana ada yang tidak tercakup AIS namun tercakup Kemenhub.

Dari keempat gambar di atas (Gambar 4.5 s.d. 4.8), sebagian besar jumlah kapal berdasarkan bendera asal memiliki *gap* data antara hasil pengolahan AIS dengan Kemenhub. Secara umum, gap tersebut terjadi pada negara dengan jumlah kapal terbanyak yang memasuki/meninggalkan Pelabuhan Tanjung Priok. Bahkan, gapnya cenderung lebih lebar dibandingkan kapal-kapal negara lain yang jarang memasuki/meninggalkan pelabuhan. Meskipun demikian, *gap* terbesar hanya mencapai 9 kapal untuk kapal masuk sedangkan 22 kapal untuk kapal keluar. Selisih terbesar itu dihasilkan oleh kapal yang utamanya berasal dari Panama.

4.2.3 Perbandingan Data Durasi Kapal Asing Berlabuh di Pelabuhan

Selain pada jumlah kapal, juga dilakukan validasi pada data durasi kapal berlabuh kapal. Gambar 4.11 menunjukkan bahwa adanya perbedaan antara data durasi kapal berlabuh kapal yang dihasilkan oleh pengolahan AIS dengan data Kemenhub. Secara umum, hasil pengolahan AIS lebih tinggi dibandingkan dengan data Kemenhub, dengan selisih rata-rata yang cukup besar, yaitu sekitar 10 jam. Meskipun demikian, selisih median relatif lebih kecil yaitu kurang dari 5 jam. Hal ini menunjukkan bahwa adanya kemungkinan perbedaan waktu

keberangkatan pada laporan keberangkatan Kemenhub dengan waktu terdeteksinya transponder keluar dari area pelabuhan.



Sumber: Data AIS dan Kemenhub Diolah

Gambar 4.11. Durasi Kapal Asing Berlabuh di Pelabuhan Tanjung Priok (jam), 2022

Berdasarkan hasil validasi yang telah dilakukan, ditemukan bahwa terdapat perbedaan antara hasil pengolahan dengan data dari Kemenhub. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, beberapa diantaranya adalah:

- Akurasi dalam penentuan batas pelabuhan. Pada publikasi ini, lalu lintas kapal dihitung berdasarkan batas kapal yang telah ditentukan menggunakan algoritma yang telah dibangun. Jika penentuan batas masih kurang tepat, tidak menutup kemungkinan bahwa tidak semua kapal yang melintas di perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Priok terdeteksi oleh sistem. Hal ini memungkinkan untuk terjadinya *underestimate* terhadap data resmi Kemenhub.
- Akurasi data AIS. Data AIS yang diterima mungkin tidak selalu akurat, misalnya karena kesalahan konfigurasi transponder AIS pada kapal atau gangguan sinyal. Selain itu, ketertiban awak kapal dalam menyalakan transponder AIS juga memiliki peranan penting yang dapat mempengaruhi akurasi data AIS. Transponder AIS yang tidak aktif atau tidak dikonfigurasi dengan benar dapat menyebabkan kapal tidak terdeteksi oleh sistem AIS, sehingga menghasilkan data yang tidak lengkap atau tidak akurat.
- Perbedaan durasi kapal berlabuh bisa disebabkan oleh terdapatnya perbedaan waktu keberangkatan pada laporan Kemenhub dengan waktu terdeteksinya transponder keluar dari area pelabuhan. Data Kemenhub bersumber pada data administratif yang menggunakan waktu pelaporan keberangkatan kapal, sedangkan data AIS menggunakan waktu terdeteksinya transponder kapal keluar dari area pelabuhan.
- Adanya kemungkinan perbedaan metodologi antara AIS dan Kemenhub. AIS adalah sistem pelacakan otomatis yang menggunakan transponder pada kapal untuk mengirimkan informasi seperti identitas kapal, posisi, kecepatan, dan waktu. Data ini dikumpulkan secara *real-time* dan dapat diakses oleh berbagai pihak, termasuk otoritas pelabuhan dan pengelola lalu lintas maritim. Di sisi lain, Kemenhub

mengumpulkan data melalui berbagai sumber dan metode yang mungkin lebih tradisional dan tidak selalu *real-time*, seperti dokumen PKK.

- Selain 4 kemungkinan di atas, faktor teknis juga menjadi faktor yang penting untuk dipertimbangkan. Sistem pada AIS sangat bergantung pada transponder dan *receiver* yang harus berfungsi dengan baik. Jika terjadi kerusakan teknis, data yang diterima bisa menjadi tidak akurat.

Perbedaan antara data yang dihasilkan oleh pengolahan AIS dengan data Kemenhub perlu dianalisis lebih lanjut agar bisa memahami penyebabnya secara pasti. Analisis ini penting untuk meningkatkan akurasi serta konsistensi data antara kedua sumber tersebut. Dengan mengetahui penyebabnya, kita dapat merencanakan perbaikan untuk kedepannya. Melakukan pengecekan kondisi di lapangan serta melakukan koordinasi dengan pihak Kemenhub terkait metodologi bisa menjadi langkah awal agar data hasil pengolahan AIS bisa lebih akurat dan mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Dengan mengambil langkah-langkah ini, diharapkan akurasi dan konsistensi data antara AIS dan Kemenhub bisa ditingkatkan, sehingga pengelolaan pelabuhan dan pemantauan lalu lintas kapal bisa dilakukan dengan lebih efektif dan efisien.

BAB 5. Penutup

AIS (Automatic Identification System) merupakan sistem pelacakan maritim yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan, keamanan, dan efisiensi di laut. Sistem ini beroperasi melalui sinyal radio VHF yang mengirimkan dan menerima informasi tentang kapal, seperti identitas, posisi, arah, dan kecepatan. Awalnya, AIS diciptakan untuk menghindari tabrakan antar kapal, namun kini memiliki berbagai aplikasi dalam manajemen lalu lintas maritim, pengawasan keamanan, penegakan hukum, dan lain-lain.

Data AIS berpotensi untuk digunakan dalam menghasilkan statistik transportasi maritim yang *real time*. Data ini berpotensi menggantikan pendataan manual di pelabuhan dengan mengidentifikasi aktivitas bongkar muat serta keluar-masuk kapal di pelabuhan. Beberapa negara telah memanfaatkan data AIS untuk indikator statistik transportasi, seperti Irlandia, Belanda, Inggris, Norwegia, Denmark, Australia, dan Polandia.

Pada publikasi ini, penulis mengembangkan algoritma pemanfaatan data AIS untuk menghitung jumlah kapal kargo, *tanker*, dan penumpang asing yang masuk dan keluar pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan bendera kapal, menghitung jumlah kapal kargo, *tanker*, dan penumpang Indonesia yang masuk dan keluar pelabuhan Tiongkok, serta menghitung durasi kapal bersandar di pelabuhan. Data tersebut diagregasi untuk setiap bulan selama tahun 2022.

Area pelabuhan ditentukan dengan metode *heatmap* yang membentuk heksagon H3 resolusi 7 kemudian dibuat buffer di sekitarnya dengan menambahkan satu heksagon di sekeliling wilayah pelabuhan. Penghitungan jumlah kapal yang masuk dan keluar pelabuhan dilakukan dengan mencatat sinyal AIS yang masuk dan keluar dari area pelabuhan yang telah ditentukan. Durasi kapal bersandar dihitung dengan mengurangi waktu sinyal keluar dari waktu sinyal masuk yang berurutan.

Hasil pengolahan data AIS menunjukkan bahwa secara umum jumlah kapal asing yang masuk lebih banyak dibandingkan kapal yang keluar dari pelabuhan Tanjung Priok. Kapal asing paling banyak berbendera Panama, Liberia, Singapura, dan Hongkong. Selain itu, median durasi waktu bersandar kapal asing di pelabuhan Tanjung Priok adalah sekitar 40 jam. Jumlah kapal Indonesia yang masuk ke pelabuhan Tiongkok secara umum lebih banyak dibandingkan dengan kapal yang keluar pelabuhan. Median waktu bersandar kapal Indonesia di Tiongkok berkisar antara 10.000 detik (sekitar 2,5 jam) hingga 30.000 detik (sekitar 8,5 jam)

Hasil pengolahan data AIS divalidasi dengan statistik resmi yang dihasilkan oleh Kemenhub. Jumlah kapal asing yang masuk dan keluar pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan data AIS lebih sedikit dibandingkan data Kemenhub, namun secara umum jumlah kapal yang masuk dan keluar memiliki pola yang serupa. Berdasarkan bendera kapal, secara umum jumlah kapal yang masuk dan keluar Pelabuhan Tanjung Priok berdasarkan data AIS lebih sedikit dibandingkan dengan data dari Kemenhub. Sedangkan, durasi kapal berlabuh berdasarkan data AIS lebih lama dibandingkan durasi berlabuh berdasarkan data Kemenhub.

5.1. Limitasi

Potensi pemanfaatan data AIS untuk menghasilkan statistik maritim yang *real time* memiliki limitasi dalam beberapa aspek. Statistik yang dihasilkan sangat bergantung pada algoritma yang digunakan untuk menentukan batas wilayah pelabuhan. Perbedaan metode dapat menghasilkan hasil yang berbeda. Selain itu, data AIS sangat bergantung pada sinyal dari transponder kapal, yang bisa saja sinyal tidak tertangkap jika transponder tidak dinyalakan oleh operator kapal atau karena alasan teknis lainnya. Selain itu, tidak semua kapal dilengkapi dengan transponder AIS, sehingga data yang dihasilkan mungkin tidak mencakup semua kapal yang beroperasi di suatu wilayah. *Noise* pada data AIS seperti kapal dengan MMSI yang tidak valid atau kapal dengan *zero-draught* menyebabkan data tersebut tereliminasi sebagai cakupan data saat proses *preprocessing*. Dari aspek teknis, data AIS adalah *Big Data* yang membutuhkan proses pengolahan dengan infrastruktur yang mumpuni, sehingga membutuhkan sumber daya yang besar untuk mengolah data AIS pada cakupan wilayah yang lebih besar. Hasil validasi menunjukkan bahwa diperlukan pengembangan metode dan analisis lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan menjaga konsistensi statistik yang dihasilkan oleh data AIS.

DAFTAR PUSTAKA

- Roar Adland, Haiying Jia & Siri P. Strandenes (2017): Are AIS-based trade volume estimates reliable? The case of crude oil exports, *Maritime Policy & Management*
- Adland, R., Jia, H., & Strandenes, S. P. (2017). Are AIS-based trade volume estimates reliable? The case of crude oil exports. *Maritime Policy & Management*, 44(5), 657–665.
- Asborn, Magdalena I & Hernandez, Sarah. (2021). Assigning a commodity dimension to AIS data: Disaggregated freight flow on an inland waterway network. *Research in Transportation Business & Management*. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100683>
- Chen, L., Zhang, D., Ma, X., Wang, L., Li, S., Wu, Z., & Pan, G. (2016). Container port performance measurement and comparison leveraging ship GPS traces and maritime open data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(5), 1227–1242.
- Arslan Alp, M. S., Marini, M. M., & Tumbarello, M. P. (2019). Big data on vessel traffic: Nowcasting trade flows in real time. *International Monetary Fund*.
- Feng, M., Shaw S.L., Peng, G., & Fang, Z., (2020). Time efficiency assessment of ship movements in maritime ports: A case study of two ports based on AIS data. *Journal of Transport Geography* 86 (2020) 102741. Elsevier.
- Fuentes, G., & Adland, R. (2020, December). A spatial framework for extracting Suez Canal transit information from AIS. In *2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 586-590). IEEE.
- Millefiori, L.M, et.al (2016). A distributed approach to estimating sea port operational regions from lots of AIS data. In *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp 1627-1632). IEEE
- Martincic, T., Stepec, D., Costa, J.P., Cagran, K., Chaldeakis, A. (2020). Vessel and Port Efficiency Metrics through Validated AIS data. *Global Oceans 2020: Singapore – U.S. Gulf Coast, Biloxi, MS, USA, 2020*, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEEECONF38699.2020.9389112.
- Moon, D.S.H, Woo, J.K. (2014). The impact of port operations on efficient ship operation from both economic and environmental perspectives. *Maritime Policy & Management*, 2014 Vol. 41, No. 5, 444–461. Routledge Taylor & Francis Group
- Steenari, J., Lwakatare, L.E., Nurminen, J., Tolonen, J., & Manderbacka, T., (2022). Mining Port Operation Information from AIS Data. Publisher: Changing Tides Wolfgang Kersten, Carlos Jahn, Thorsten Blecker and Christian M. Ringle. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 33, ISBN

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2011). International Merchandise Trade Statistics: Concepts and Definitions 2010. Statistical Papers Series M No.52. Department of Economic and Social Affairs.

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2013). International Merchandise Trade Statistics: Compilers Manual, Revision 1 (IMTS 2010-CM). Department of Economic and Social Affairs.

Badan Pusat Statistik. (2024). [Pedoman Kompilasi Statistik Transportasi](#).

Arguedas, V.F., Pallotta, G., Vespe, M., 2018. Maritime traffic networks: from historical positioning data to unsupervised maritime traffic monitoring. *IEEE Trans. Intell. Transport. Syst.* 19 (3), 722–732.

Luo, T., Zheng, X., Xu, G., Fu, K., Ren, W., 2017. An improved DBSCAN algorithm to detect stops in individual trajectories. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 6 (3), 63.

Wang, Y., McArthur, D., 2018. Enhancing data privacy with semantic trajectories: a raster-based framework for GPS stop/move management. *Trans. GIS* 22 (4), 975–990.

N. A. Bomberger, B. J. Rhodes, M. Seibert, and A. M. Waxman. 2006. "Associative learning of vessel motion patterns for maritime situation awareness," in *Proc. Int. Conf. Inf. Fusion*, Jul. 2006, pp. 1–8.

J. George, J. Crassidis, T. Singh, and A. Fosbury. 2017. "Anomaly detection using context-aided target tracking," *J. Adv. Inf. Fusion*, vol. 6, no. 1, pp. 39–56, 2011.

Zhou, Y., Daamen, W., Vellinga, T., & Hoogendoorn, S. P. (2019). Ship classification based on ship behavior clustering from AIS data. *Ocean Engineering*, 175, 176-187.

Yan, Z., Cheng, L., He, R., & Yang, H. (2022). Extracting ship stopping information from AIS data. *Ocean Engineering*, 250, 111004.

Nogueira, T.P., Celes, C.S., Martin, H., Loureiro, A.A., Andrade, R.M., 2018. A statistical method for detecting move, stop, and noise: a case study with bus trajectories. *J. Inf. Data Manag.* 9 (3), 214-214.

Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2016). Sistem informasi Inaportnet. Diakses pada 6 Mei 2024, <https://portal.dephub.go.id/post/read/sistem-informasi-inaportnet>

Lloyd's List. (2020). One Hundred Ports 2020. Diakses 7 Mei 2024.
<https://lloydslist.com/one-hundred-container-ports-2020/>

Kompas.com. (2021). Mengapa Kapal Berbendera Panama Menguasai Lautan Dunia? Kompas.com. Diakses pada 22 Mei 2024,
<https://money.kompas.com/read/2021/04/05/153213226/mengapa-kapal-berbendera-panama-menguasai-lautan-dunia?page=all>

Custom Trade Academy. (2023). 7 Daftar Pelabuhan Tersibuk di Dunia. Diakses pada 3 Juni 2024.
[https://customtradeacademy.id/cta/7-daftar-pelabuhan-tersibuk-di-dunia/#:~:text=Pelabuhan%20Shanghai%20menduduki%20peringkat%20pertama,Twenty%2Dfoot%20Equivalent%20Unit\).](https://customtradeacademy.id/cta/7-daftar-pelabuhan-tersibuk-di-dunia/#:~:text=Pelabuhan%20Shanghai%20menduduki%20peringkat%20pertama,Twenty%2Dfoot%20Equivalent%20Unit).)

G. Fuentes and R. Adland, "A Spatial Framework for Extracting Suez Canal Transit Information from AIS," 2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, Singapore, 2020, pp. 586-590, doi: 10.1109/IEEM45057.2020.9309882.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9309882/citations?tabFilter=papers#citations>

Dayananda Shetty, K., Gurudev, V., & GS, D. (2021, March). Factors affecting the Vessel Turnaround time in a Seaport. In 25th International Conference on Hydraulics, Odisha, India.
https://www.researchgate.net/profile/Dayananda-Karnoji/publication/350654572_Factors_affecting_the_Vessel_Turnaround_time_in_a_Seaport/links/60892583881fa114b431cb6a/Factors-affecting-the-Vessel-Turnaround-time-in-a-Seaport.pdf

<https://www.elibrary.imf.org/downloadpdf/journals/001/2019/275/article-A001-en.pdf>