

Penggunaan Data AIS untuk *Monitoring* Aktivitas Perkapalan di Perairan Indonesia serta Kunjungan ke Pelabuhan Luar Negeri

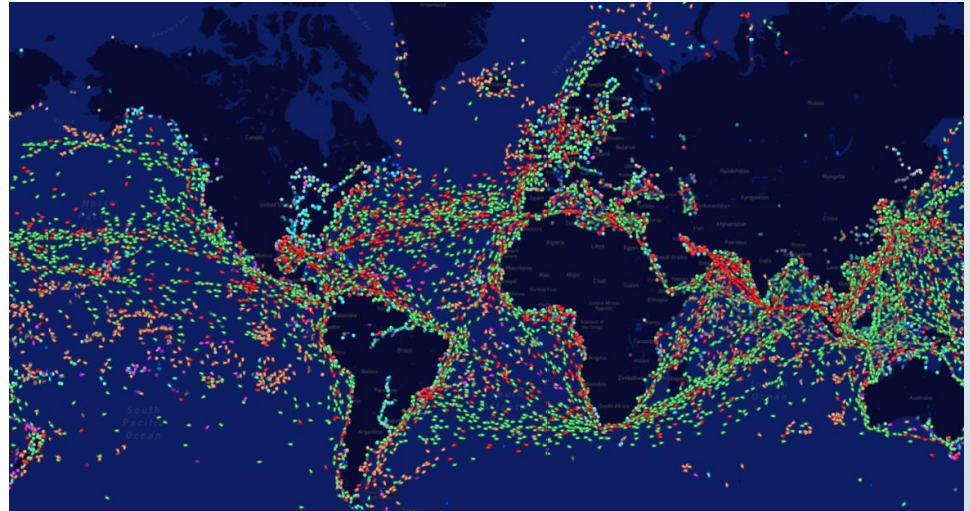
Penyaji : Ladisa Busaina (222011349)
Pembimbing : Prof. Setia Pramana, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Penguji 1 : Dr. Eng. Lya Hullyyatus Suadaa SST., MT.
Penguji 2 : Robert Kurniawan SST, M.Si



AIS (Automatic Identification System)

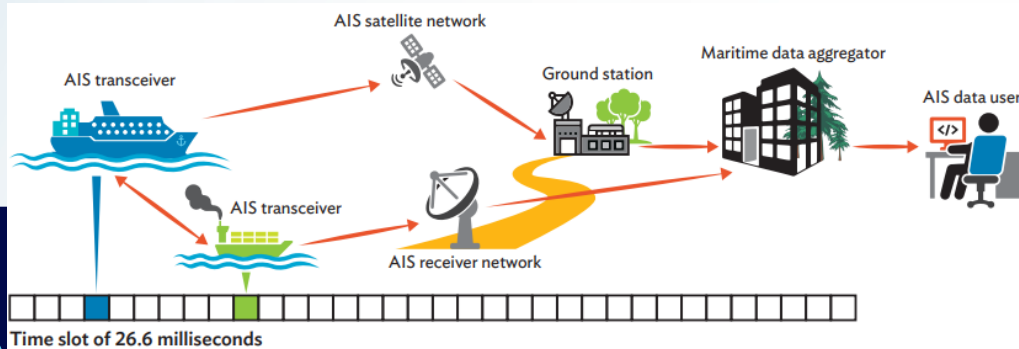
- ❑ **AIS:** sistem pelacakan dengan transponder *Verry High Frequency* (VHF) dan GPS yang secara otomatis dapat melacak kapal beserta lalu lintasnya
- ❑ **Tujuan:** meningkatkan angka keselamatan di laut

Marine Traffic



Data AIS (Automatic Identification System)

Alur pengiriman sinyal AIS



AIS transceiver (kapal pengirim pesan AIS) → **AIS receiver** (**AIS base station**, **satelit** (*Sattelite AIS/Sat-AIS/S-AIS*), **stasiun pantai**, **AtoN** (*Aids to Navigation*)) → **Maritime Data Aggregator** → **AIS Data User**

Jenis Data AIS

Data Statis

- MMSI
- IMO
- *Call Sign*
- Nama Kapal
- Tipe Kapal
- Dimensi Kapal

Data terkait pelayaran

- Tujuan pelayaran
- Estimasi waktu sampai
- *Draught*
- Waktu

Data Dinamis

- Latitude
- Longitude
- SOG
- COG
- Status Navigasi

Data AIS (Automatic Identification System)

MMSI

Maritime Mobile Service Identity,
Nomor unik *tranceiver* AIS

IMO

International Maritime Organization,
Nomor unik kapal

vessel_type

Tipe kapal: 'cargo', 'tanker', 'tug',
'passenger', 'dredging', dll

flag_country

Negara tempat kapal terdaftar



56 Fitur

nav_status

Status navigasi kapal: 'at anchor',
'moored', 'aground', dll

sog

Speed Over Ground, Kecepatan kapal
terhadap tanah atau benda tetap
lainnya (knot)

latitude & longitude

Koordinat garis lintang & bujur dalam
WGS 84 (derajat desimal)

dt_pos_utc

Tanggal dan waktu posisi terakhir pesan AIS
dalam UTC [YYYY-MM-DD HH24:mm:ss]

Akses Data

UN Global Platform

<https://id.officialstatistics.org/>

❑ Mengajukan akses melalui email kepada support@officialstatistics.org

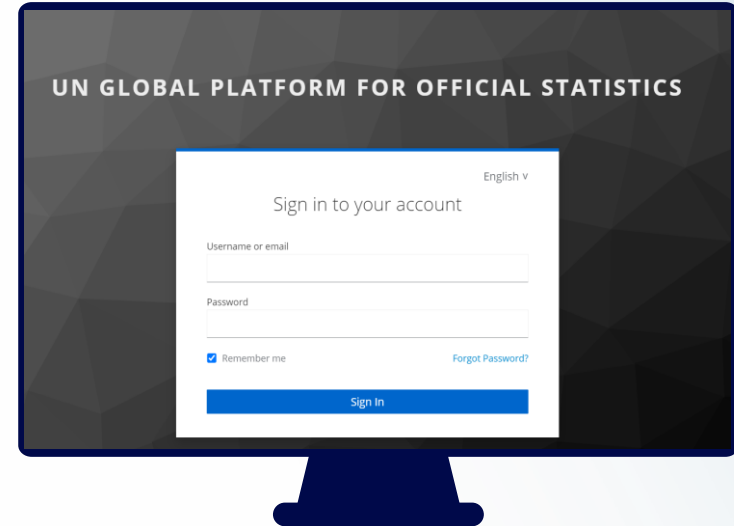
- Akun
- Password
- Panduan Singkat

❑ Token API

- Spot: <https://console.spotints.com/>
- Generate Token API

❑ Akses Jupyterlab

- UNGP (Notebook Service):
<https://id.officialstatistics.org/>
- Local Jupyter Notebook



Latar Belakang

Meluasnya Penggunaan AIS sebagai alat pemantauan pergerakan kapal di lautan



Data AIS rentan memiliki kualitas yang rendah



Peluang penggunaan data AIS sebagai salah satu sumber data statistik resmi



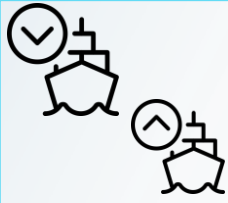
Optimalisasi pengawasan terhadap perkapalan dan perairan Indonesia

Tujuan Penelitian



Quality Assurance Data AIS

Membuat Standar Operasional Prosedur (SOP) tahap *preprocessing* sebagai bentuk penjaminan kualitas (*Quality Assurance*) pada data AIS.



Arus Masuk-Keluar Pelabuhan Indonesia

Membangun algoritma berdasarkan seluruh pelabuhan yang ada di Indonesia untuk:

- mengetahui seluruh kapal yang masuk ke Indonesia; dan
- mengetahui kapal asing yang keluar dari Indonesia.



Durasi Kapal di Pelabuhan Indonesia

Membangun algoritma untuk mengetahui waktu yang dihabiskan suatu kapal saat berada di pelabuhan Indonesia.



Kunjungan ke Luar Negeri

Membangun algoritma untuk mengetahui daerah (luar negeri) yang dikunjungi kapal Indonesia.

Penelitian Terkait

Bonham, et al. (2018)

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *machine learning* untuk memprediksi kemungkinan kapal akan tertunda tiba di pelabuhan di Inggris.

Noyvirt , et al. (2018)

Eksplorasi penggunaan pergerakan kapal di UK untuk membentuk indikator 'time-in-port' dan 'total traffic'

Badan Pusat Statistik, 2023

Cara akuisisi data AIS melalui UNGP, pendefinisian pelabuhan, pendefinisian jenis kapal, dan pendefinisian rute

Asian Development Bank, 2023

Menemukan potensi dari indikator yang diturunkan dari AIS sebagai alternatif *official statistics* maritim. *Events of Interest* (EOI) dan *Areas of Interest* (AOI) digunakan sebagai komponen dasar dari indikator turunan AIS ini.

Metode Penelitian (Pengumpulan Data)

Data AIS

- <https://id.officialstatistics.org/>
- AIS exactEarth via Platform Global UN
- Tahun 2022
- Polygon: EEZ Indonesia
- 13 fitur
 - IMO
 - MMSI
 - Nama Kapal
 - Tipe Kapal & Code
 - Status Navigasi & Code
 - Flag country & Code
 - Latitude & Longitude
 - SOG
 - dt_pos_utc

Data IHS

- <s3a://ungp-ais-data-historical-backup/register/ShipData.CSV>
- AIS exactEarth via Platform Global UN
- 5 fitur
 - IMO
 - MMSI
 - Nama Kapal
 - Gross Tonnage
 - OperatorCountryOfRegistration

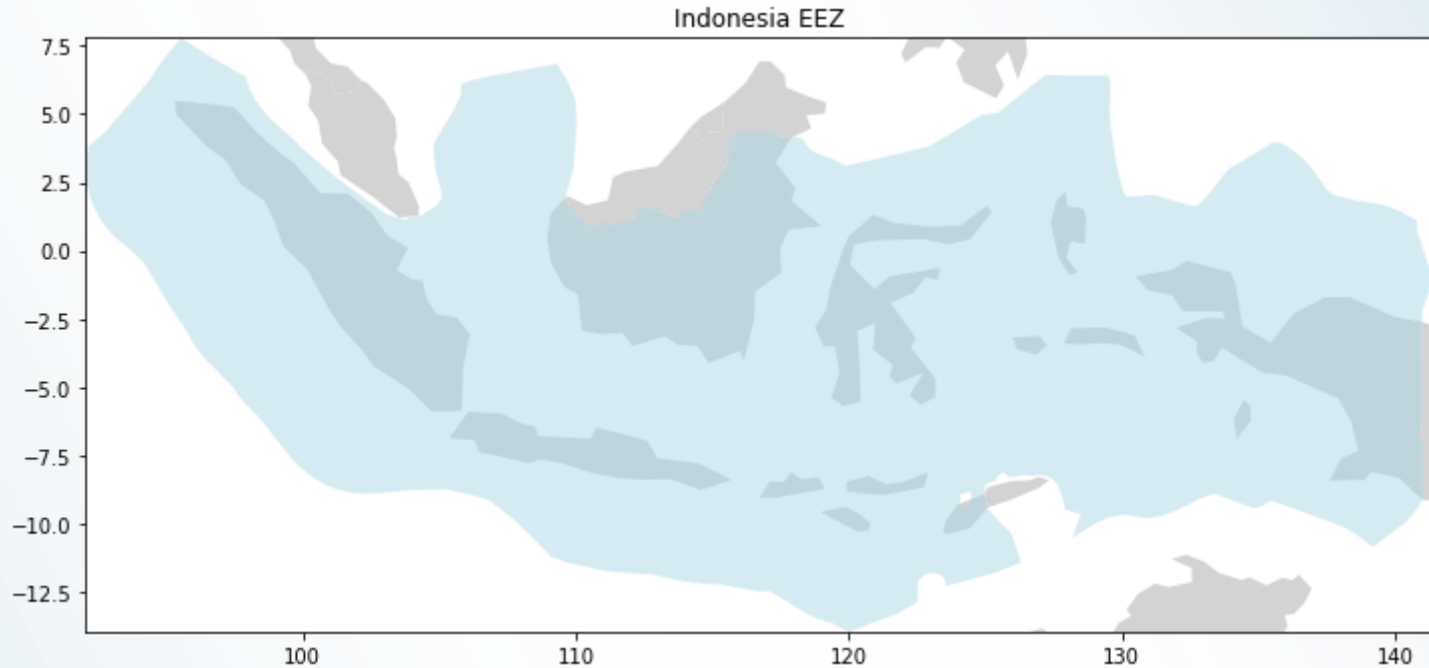
World Port Index

- website Maritime Safety Information
- Pelabuhan Indonesia dan Dunia

Statistik Resmi

- BPS
- Data kunjungan kapal

Metode Penelitian (Pengumpulan Data)



Contoh Data

Data AIS

```

-RECORD 1-----
mmsi      | 273295870 | dt_static_utc | 2022-11-19 12:37:44
imo       | 9167758   | dt_insert_utc | 2022-11-19 17:33:12
vessel_name | ARKA-33  | vessel_type_main | null
callsign   | UBPW7     | vessel_type_sub | null
vessel_type | Fishing   | message_type    | 1
vessel_type_code | 30      | eeid           | 6909951752121494014
vessel_type_cargo | null    | source_filename | 53a://ungp-ais-da...
vessel_class | A         | H3index_0      | 8001ffffffffffff
length     | 0.0       | H3_int_index_0 | 576495936675512319
width      | 0.0       | H3_int_index_1 | 585469600825606143
flag_country | Russian Federation | H3_int_index_2 | 589998626659368959
flag_code  | 273       | H3_int_index_3 | 594476585331982335
destination | BARENTS SEA | H3_int_index_4 | 598980183885611007
eta        | 8112200   | H3_int_index_5 | 603483783378763775
draught    | 5.0       | H3_int_index_6 | 607987382905470975
longitude  | 49.26321667 | H3_int_index_7 | 612490982518161407
latitude   | 76.70918333 | H3_int_index_8 | 616994582144483327
sog        | 0.8       | H3_int_index_9 | 621498181771821055
cog        | 63.3      | H3_int_index_10 | 626001781399183359
rot        | 0.0       | H3_int_index_11 | 630505381026551295
heading    | 352.0     | H3_int_index_12 | 635008980653921599
nav_status | Under Way Using E... | H3_int_index_13 | 639512580281292055
nav_status_code | 0        | H3_int_index_14 | 644016179908662579
source     | S-AIS     | H3_int_index_15 | 11
dt_pos_utc | 2022-11-19 17:32:47 | day            | 19
    
```

Data IHS

```

-RECORD 0-----
imo_ihs   | 1000010   | ClassificationSocietyCode | null
imo       | X11A2VP   | AuxiliaryEnginesNarrative | null
StatCode5 | null      | BreadthExtreme            | 8.8
AlterationsDescriptiveNarrative | null | BreadthMoulded           | 0.0
PropulsionTypeCode | null | ClassNarrative            | null
ShipName    | LADY K II | ClassificationSociety      | null
ExName      | Princess Tanya | ConstructionDescriptiveNarrative | null
mmsi_ihs   | null      | StatCode5:X11A2VP...     | null
RegisteredOwnerCode | 5976406   | ConsumptionSpeed1         | null
RegisteredOwnerCountryOfRegistration | Netherlands | ConsumptionSpeed2         | null
RegisteredOwnerCountryOfDomicile | Netherlands | ConsumptionValue1         | null
ShipManagerCompanyCode | 5976406   | ConsumptionValue2         | null
ShipManagerCountryOfRegistration | Netherlands | Displacement              | 4.08
ShipManagerCountryOfDomicileName | Netherlands | SummerDraught            | 0
GroupBeneficialOwnerCompanyCode | 5976406   | FlagName                  | 3.95
GroupBeneficialOwnerCountryOfRegistration | Netherlands | FuelTypeCapacity          | Panama
GroupBeneficialOwnerCountryOfDomicile | Netherlands | FuelType1First            | 98.0
OperatorCompanyCode | 5976406   | FuelType2Capacity         | Distillate Fuel
OperatorCountryOfRegistration | Netherlands | FuelType2Capacity         | 0.0
OperatorCountryOfDomicileName | Netherlands | FuelType2Second          | Not Applicable
FlagCode    | PAN       | IceCapabilityDescriptiveNarrative | null
PortOfRegistryCode | 1010     | LightDisplacementTonnage | 0
TonnageSystem6convention | I        | MainEngineRPM            | null
Deadweight  | 1551     | MainEngineStrokeType     | 2
LengthOverallLOA | 164      | MainEngineType           | O11
LengthBetweenPerpendicularsLBP | 57.6     | NetTonnage               | 165
DateOfBuild  | 51.8     | NumberOfAllEngines       | 2
ShipbuilderCompanyCode | 6107     | NumberOfAuxiliaryEngines | null
YardNumber   | G81004351 | NumberOfGenerators        | null
NumberofDecks | 19       | NumberOfPropulsionUnits   | 2
HoldsDescriptiveNarrative | null     | NumberofThrusters         | null
TanksDescriptiveNarrative | null     | Powerhhp1hpshpservice    | 0
NumberofHatches | null     | PowerKuservice            | 0
NumberofHolds | null     | PrimeMoverDescriptiveNarrative | 2 oil engines wst...
NumberofTanks | null     | PropellerType             | Fixed Pitch
InsulatedCapacity | 0        | PropulsionType            | Oil Engine(s), DI...
TEU          | 0        | ShipStatus                | In Service/Commis...
NumberofMainEngines | 2        | ShipTypeLevels            | Vacht
Powerhhp1hpshpsmax | 1680     | TotalBunkerCapacity       | null
MainEngineBuilderCode | 1236     | TotalHorsepowerofAuxiliaryGenerators | 780
MainEngineDesigner | 542501551 | TotalHorsepowerofMainEngines | 1680
MainEngineModel | Sulzer   | TotalHorsepowerofMainEngines | null
Speed        | 13.5     | TotalKilowattsofMainEngines | 1236
Speedmax     | 15.0     | TotalPowerOfAllEngines    | null
Speedservice | 13.5     |                            | null
FuelConsumptionTotal | 0.0      |                            | null
Callsign     | null     |                            | null
OfficialNumber | null     |                            | null
HullMaterialCode | ST       |                            | null
DeathDate    | null     |                            | null
DateBreakingCommenced | null     |                            | null
CompensatedGrossTonnageCGT | 0        |                            | null
HullTypeCode | SH       |                            | null
MARPOL150PhaseoutCategory | null     |                            | null
PermanentBallastCapacity | null     |                            | null
SegregatedBallastTanks | null     |                            | null
HeatingCoilsIncargoTanks | No       |                            | null
FlashPointOver60c | null     |                            | null
FlashPointUnder60c | null     |                            | null
ShipStatusCode | S        |                            | null
ShipStatusEffectiveDate | 19610000 |                            | null
    
```

Contoh Data

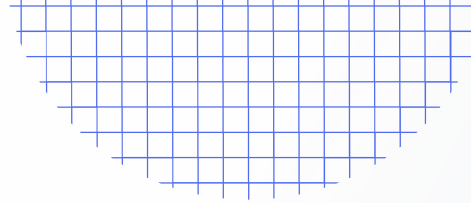
Data WPI

WORLD PORT INDEX QUERY RESULTS			
Query - IndexNumber=51400			
Data For Port Name Kupang, Port No. 51400 (Code Keys)			
Country: Indonesia	Latitude: 10°10'00"S		
Geographic Region: LESSER SUNDAS ISLANDS, 51250	Longitude: 123°55'00"E		
Alternate Port Name:	Global ID: (432F317C-E854-480E-B052-3AAFE030137)		
Publication: Sailing Directions Pub. 103 (Enroute) - Borneo Java Sulawesi and Nusa Tenggara	Digital Nautical Chart(s): A0451420, COA04G, GEN04C		
World Water Body: Savu Sea, Indian Ocean			
IHO 5-07 Electronic Navigational Chart:	NAVAROA:	XI	Chart: 73072
IHO 5-101 Electronic Navigational Chart:	Tugs Salvage:	U	Lifts 100+ Tons: U
IHO 5-130 Sea Area:	Tugs Assist:	Y	Lifts 50-100 Tons: U
Port Security:	U	Underkeel Clearance Management System	U
Search and Rescue:	U	Maximum Vessel Length (m):	Y
Harbor Size:	S	Maximum Vessel Beam (m):	Y
Harbor Type:	CS	Maximum Vessel Draft (m):	U
Harbor Use:	UNK	Offshore Maximum Vessel Length (m):	U
Shelter Afforded:	F	Offshore Maximum Vessel Beam (m):	U
Entrance Width (m):		Offshore Maximum Vessel Draft (m):	U
Entrance Restriction - Tide:	N	Quarantine - Pratique:	Y
Entrance Restriction - Heavy Swell:	N	Quarantine - Sanitation:	U
Entrance Restriction - Ice:	N	Quarantine - Other:	Y
Entrance Restriction - Other:	Y	Tidal Range (m):	2

Data Maritim

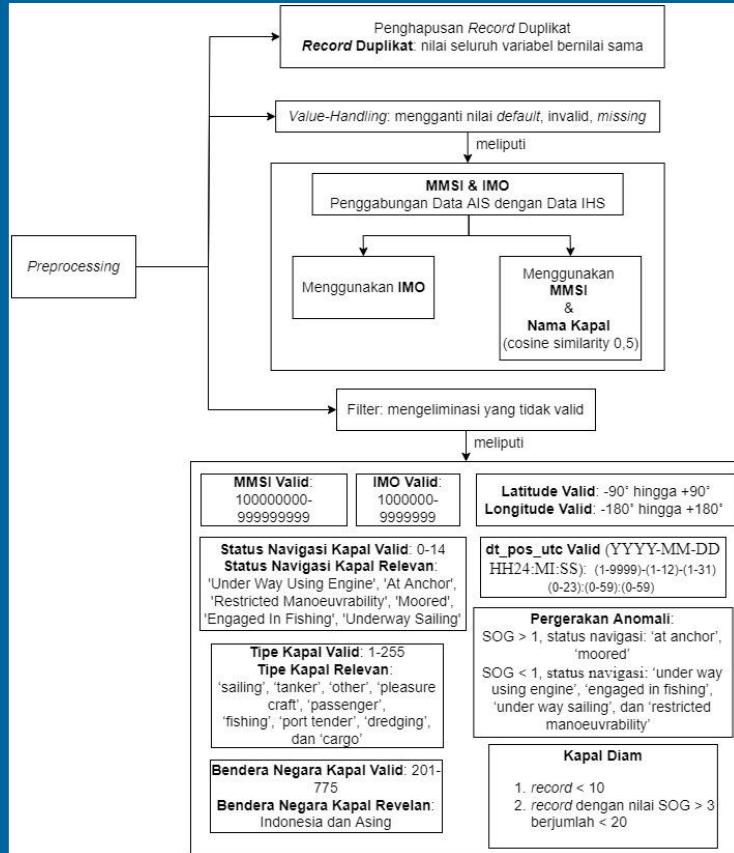
Bulan	Pelabuhan		Kunjungan Kapal			
			Pelayaran LN		Pelayaran DN	
	Kode Pelabuhan	Nama	Unit	GT	Unit	GT
		2	3	4	7	8
Aceh						
Jan	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	3.00	10088.00	26.00	119453.00
Feb	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	1.00	4200.00	19.00	89134.00
Mar	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	4.00	15091.00	34.00	165188.00
Apr	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	2.00	9464.00	20.00	99213.00
May	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	9.00	42904.00	35.00	136165.00
Jun	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	4.00	16710.00	28.00	123040.00
Jul	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	10.00	31442.00	35.00	126157.00
Aug	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	13.00	62184.00	32.00	131385.00
Sep	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	14.00	63012.00	39.00	159646.00
Oct	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	9.00	65546.00	42.00	158873.00
Nov	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	8.00	30353.00	38.00	135132.00
Dec	11 11 01	Lhokseumawe (Krueng Geukueh)	10.00	47501.00	30.00	105251.00
Jan	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	6.00	35919.00	824.00	212832.00
Feb	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	0.00	0.00	284.00	126126.00
Mar	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	0.00	0.00	399.00	141252.00
Apr	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	1.00	29841.00	328.00	128576.00
May	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	0.00	0.00	683.00	152978.00
Jun	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	0.00	0.00	422.00	150992.00
Jul	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	1.00	3609.00	458.00	206528.00
Aug	11 71 01	Malahayati-Lhoknga-Ulee Lheu	1.00	3609.00	435.00	231888.00

Metode Penelitian



Metode Pengolahan Data (Preprocessing)

Data AIS memungkinkan terdapat pesan yang memiliki *default value*, *invalid value*, *missing value*, *noise* atau *outlier*. Beberapa hal yang menyebabkan hal tersebut adalah hilangnya sinyal perangkat AIS, *static message* yang rentan terhadap *error*, dan MMSI tidak sesuai dengan ketentuan.



Metode Penelitian

Metode Pengolahan Data (Pembentukan Algoritma)

Area of Interest (AOI)

Terdapat dua pendekatan yang akan digunakan, yaitu *Distance-Based Approach* dan *Cluster-Based Approach*

Jumlah kapal masuk dan keluar (numVisit)

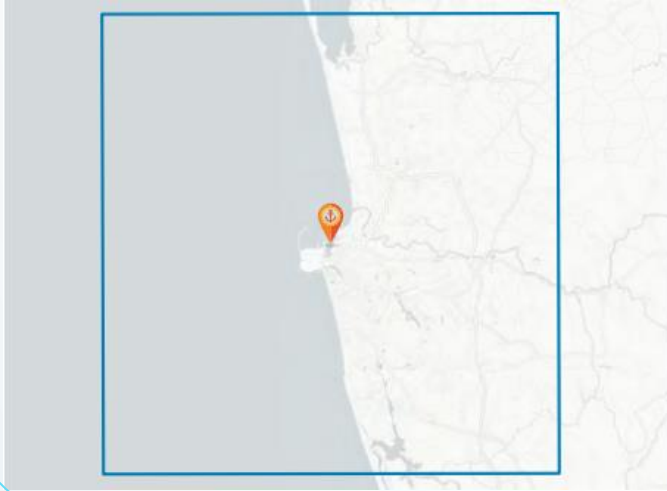
Fitur: 'MMSI', 'vessel_type', 'flag_country', 'dt_pos_utc', 'longitude', 'latitude', dan 'H3_index_8'

Waktu kapal di pelabuhan (timeInPort)

Fitur: 'MMSI', 'dt_pos_utc', 'longitude', 'latitude', dan 'H3_index_8'

Area of Interest (AOI)

Distance-Based Approach



Cluster-Based Approach



Metode Penelitian

Metode Analisis Data

Visualisasi

Visualisasi akan dilakukan menggunakan Kepler.gl. Kepler.gl adalah aplikasi berbasis web yang sangat efektif untuk eksplorasi visual data geolokasi dalam skala besar.

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif terutama digunakan pada saat melakukan eksplorasi data AIS.

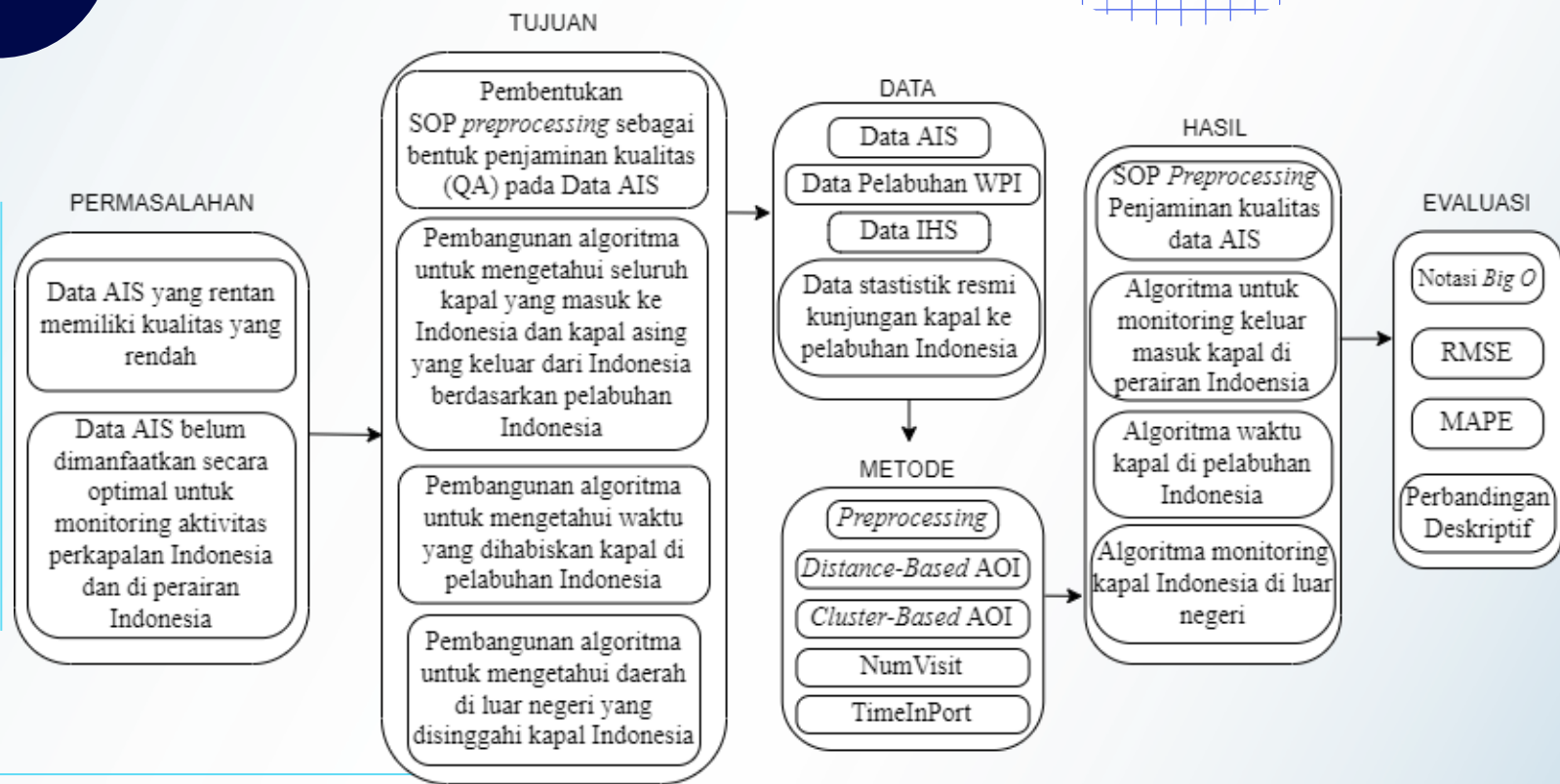
Evaluasi Kinerja Algoritma

Salah satu metode yang efektif mempelajari efisiensi algoritma adalah dengan menggunakan Notasi Big-O.

Evaluasi Performa Algoritma

Teknik untuk mengevaluasi algoritma yang dihasilkan adalah dengan menggunakan RMSE dan MAPE.

Kerangka Pikir



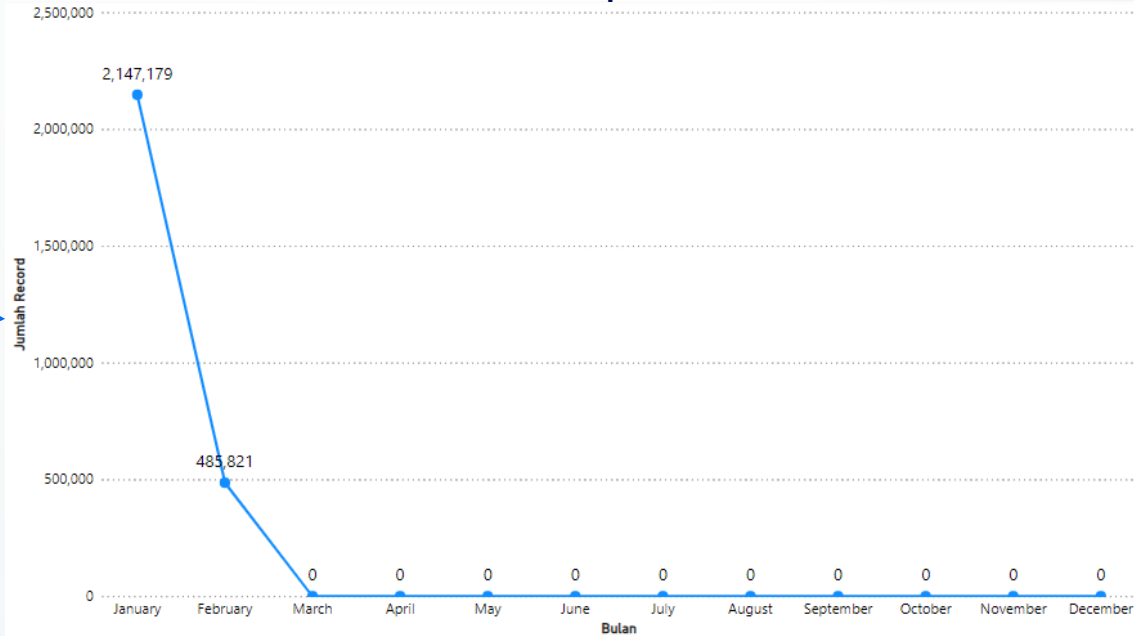
Hasil Penelitian

Preprocessing Data

Ekstraksi data AIS di Indonesia berdasarkan MMSI tahun 2022

1.769.530.772 record

Record Duplikat

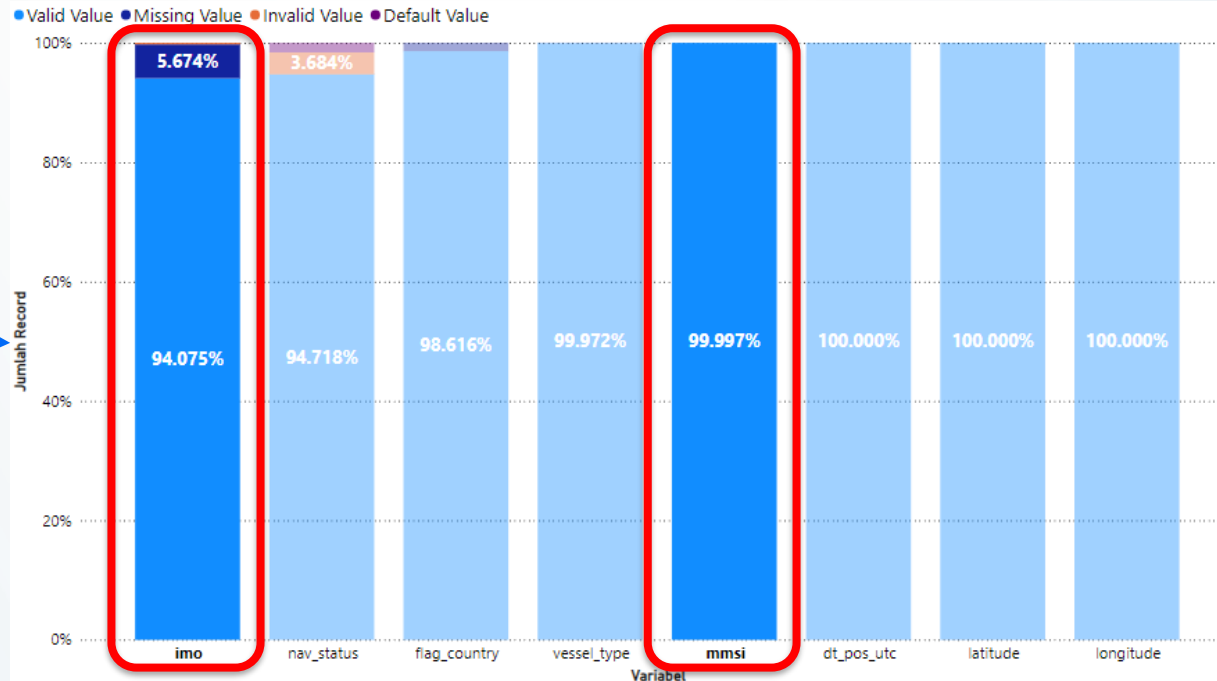


Hasil Penelitian

Preprocessing Data

Penghapusan record duplikat

1.766.897.772 record 0,15%



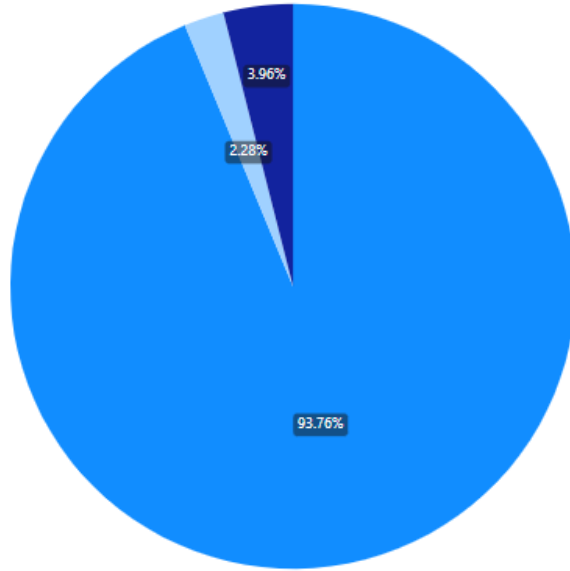
Hasil Penelitian

Preprocessing Data

Value-Handling (Penggabungan Data AIS & Data IHS)

1.696.875.705 record

4,11%

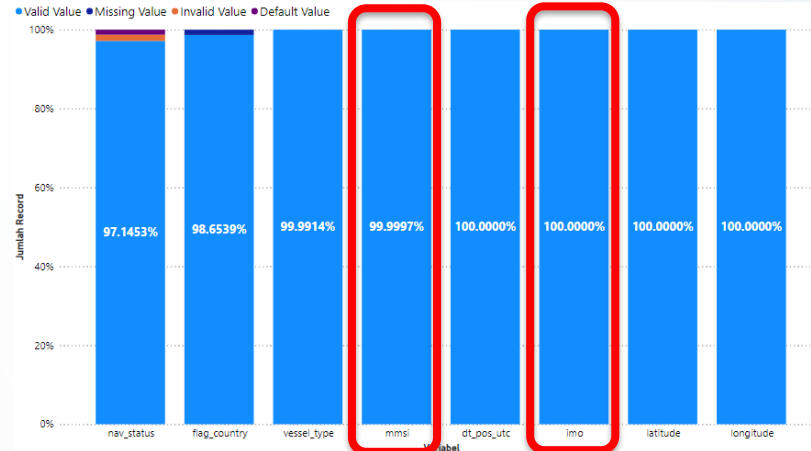


Keterangan

- Cocok dengan IMO
- Cocok dengan MMSI dan Nama Kapal
- Tidak Cocok

Gabungan Data AIS & Data IHS

Keterangan	Jumlah Data AIS
Pesan AIS cocok dengan Data IHS	1.696.875.705
Cocok berdasarkan IMO	1.656.571.464
Cocok berdasarkan MMSI & Nama Kapal	40.304.241
Tidak Cocok	70.022.067



Hasil Penelitian

Value Handling

Data AIS Match by IMO

imo	mmsi	vessel_name	vessel_type	imo_ihs	mmsi_ihs	ShipName	ShipTypeLevel5
9673020	538009727	VIKING BRAVERY	Cargo	9673020	538009727	VIKING BRAVERY	Vehicles Carrier
9852717	311000878	AFRICAN WARBLER	Cargo	9852717	311000878	AFRICAN WARBLER	General Cargo Shi...
9613446	566707000	DARANEE NAREE	Cargo	9613446	566707000	DARANEE NAREE	Bulk Carrier
9370824	370768000	SENDAI SPIRIT	Cargo	9370824	370768000	SENDAI SPIRIT	Wood Chips Carrier
9590058	414467000	XING YE	Tanker	9590058	414467000	XING YE	Crude Oil Tanker
9719381	538007025	TS GOLF	Cargo	9719381	538007025	TS GOLF	Bulk Carrier
9636371	372883000	AMIS DOLPHIN	Cargo	9636371	372883000	AMIS DOLPHIN	Bulk Carrier
9288760	257084660	SUNNY VICTORY	Tanker	9288760	257084660	SUNNY VICTORY	Chemical/Products...
9467421	372400000	MSC MARIA SAVERIA	Cargo	9467421	372400000	MSC MARIA SAVERIA	Container Ship (F...
9483267	636017690	VICTORIOUS	Cargo	9483267	636017690	VICTORIOUS	Bulk Carrier

only showing top 10 rows

Hasil Penelitian

Value Handling

Data AIS Match by MMSI & Vessel Name

imo	mmsi	vessel_name	vessel_type	imo_ihs	mmsi_ihs	ShipName	ShipTypeLevel5	similarity
9873589	412475079	SHEN LIAN CHENG 784	Fishing	9873589	412475079	SHEN LIAN CHENG 784	Fishing Vessel	1.0
8771198	525003046	BELEKOK	Dredging	8771198	525003046	BELEKOK	Drilling Ship	1.0
9041784	533019800	PROGRESS 2	Tanker	9041784	533019800	PROGRESS 2	Products Tanker	0.9999999999999998
8674340	416724000	YING YONG HSIANG	Fishing	8674340	416724000	YING YONG HSIANG	Fishing Vessel	1.0000000000000002
9865934	563124900	OCEAN PERKASA	Cargo	9865934	563124900	OCEAN PERKASA	Bulk Carrier	0.9999999999999998
9671735	432918000	SHOEI MARU NO.123	Fishing	9671735	432918000	SHOEI MARU NO. 123	Fishing Vessel	0.75
9041784	533019800	PROGRESS 2	Tanker	9041784	533019800	PROGRESS 2	Products Tanker	0.9999999999999998
9906647	412549163	HONG PU 3	Fishing	9906647	412549163	HONG PU 3	Fishing Vessel	1.0000000000000002
8686616	525007144	TB.TELUK BAGUS	Tug	8686616	525007144	TELUK BAGUS	Tug	0.8164965809277259
9910076	525900406	TB LL MULIA	Tug	9910076	525900406	LL MULIA	Tug	0.8164965809277259

only showing top 10 rows

Hasil Penelitian

After Value Handling

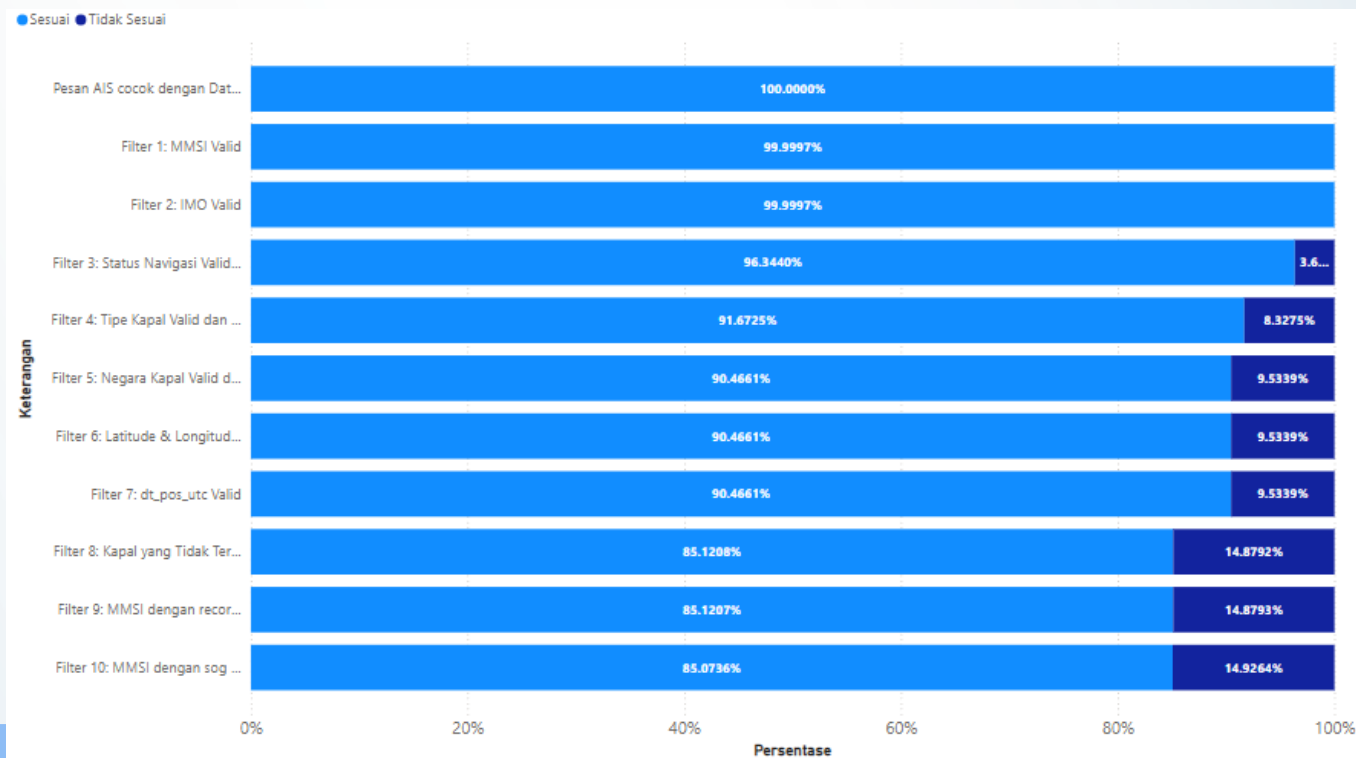
Filter Data AIS

Keterangan	Jumlah Data AIS
Pesan AIS cocok dengan Data IHS	1.696.875.705
Filter 1: MMSI Valid	1.696.870.933
Filter 2: IMO Valid	1.696.870.933
Filter 3: Status Navigasi Valid dan Relevan	1.634.838.227
Filter 4: Tipe Kapal Valid dan Relevan	1.555.568.122
Filter 5: Negara Kapal Valid dan Relevan	1.535.096.720
Filter 6: Latitude & Longitude Valid	1.535.096.720
Filter 7: dt_pos_utc Valid	1.535.096.720
Filter 8: Kapal yang Tidak Terindikasi Memiliki Pergerakan Anomali	1.444.393.573
Filter 9: MMSI dengan <i>record</i> ≥ 10	1.444.392.908
Filter 10: MMSI dengan sog > 3 berjumlah ≥ 20	1.443.592.577

Hasil Penelitian

After Value Handling

Filter Data AIS



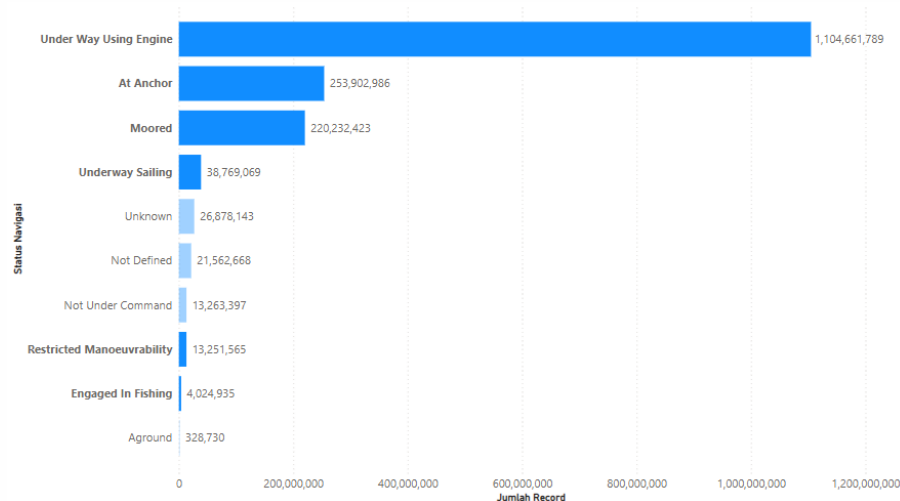
Hasil Penelitian

After Value Handling

Filter Data AIS

Keterangan	Jumlah Data AIS
Pesan AIS cocok dengan Data IHS	1.696.875.705
Filter 1: MMSI Valid	1.696.870.933
Filter 2: IMO Valid	1.696.870.933
Filter 3: Status Navigasi Valid dan Relevan	1.634.838.227
Filter 4: Tipe Kapal Valid dan Relevan	1.555.568.122
Filter 5: Negara Kapal Valid dan Relevan	1.535.096.720
Filter 6: Latitude & Longitude Valid	1.535.096.720
Filter 7: dt_pos_utc Valid	1.535.096.720
Filter 8: Kapal yang Tidak Terindikasi Memiliki Pergerakan Anomali	1.444.393.573
Filter 9: MMSI dengan <i>record</i> ≥ 10	1.444.392.908
Filter 10: MMSI dengan sog > 3 berjumlah ≥ 20	1.443.592.577

Record Data AIS berdasarkan Status Navigasi



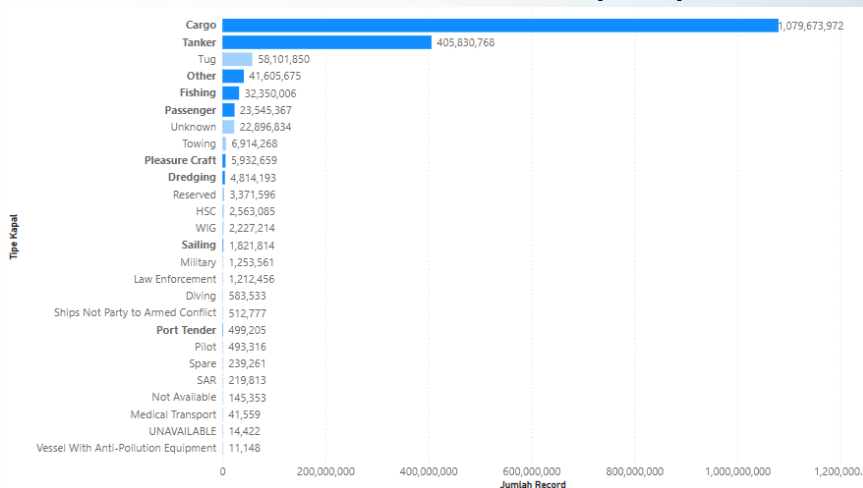
Hasil Penelitian

After Value Handling

Filter Data AIS

Keterangan	Jumlah Data AIS
Pesan AIS cocok dengan Data IHS	1.696.875.705
Filter 1: MMSI Valid	1.696.870.933
Filter 2: IMO Valid	1.696.870.933
Filter 3: Status Navigasi Valid dan Relevan	1.634.838.227
Filter 4: Tipe Kapal Valid dan Relevan	1.555.568.122
Filter 5: Negara Kapal Valid dan Relevan	1.535.096.720
Filter 6: Latitude & Longitude Valid	1.535.096.720
Filter 7: dt_pos_utc Valid	1.535.096.720
Filter 8: Kapal yang Tidak Terindikasi Memiliki Pergerakan Anomali	1.444.393.573
Filter 9: MMSI dengan <i>record</i> ≥ 10	1.444.392.908
Filter 10: MMSI dengan sog > 3 berjumlah ≥ 20	1.443.592.577

Record Data AIS berdasarkan Tipe Kapal



Hasil Penelitian

After Value Handling

Filter Data AIS

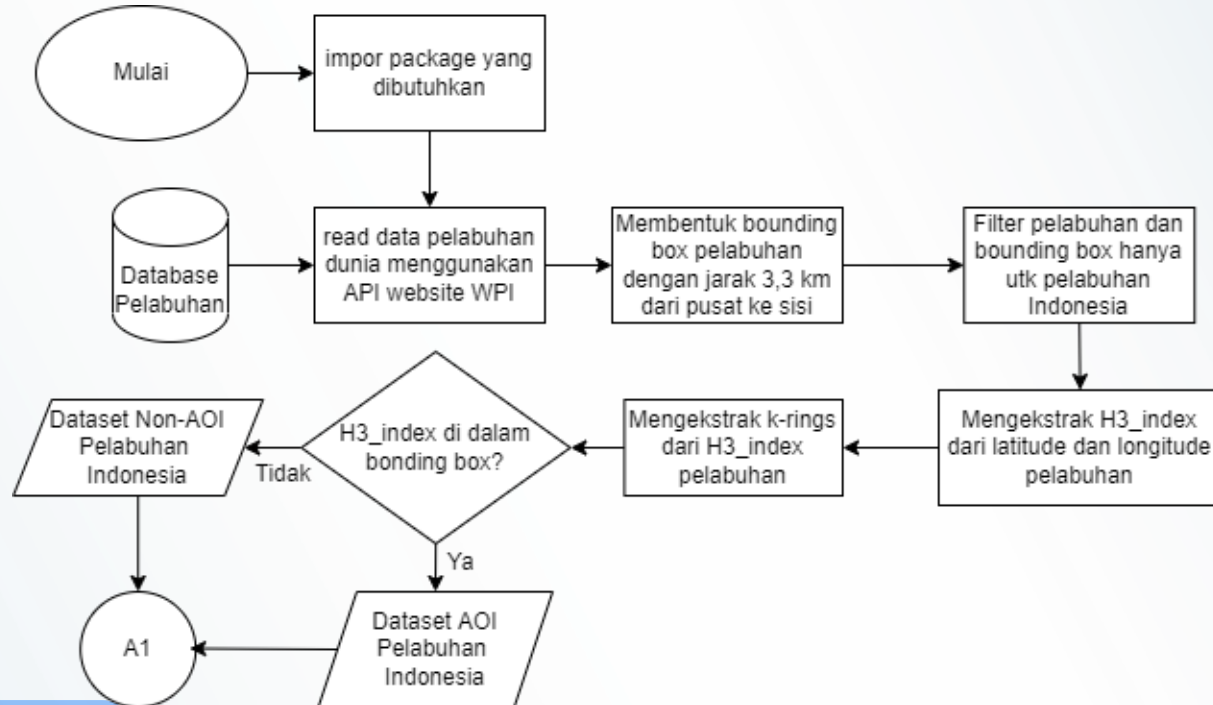
Keterangan	Jumlah Data AIS
Pesan AIS cocok dengan Data IHS	1.696.875.705
Filter 1: MMSI Valid	1.696.870.933
Filter 2: IMO Valid	1.696.870.933
Filter 3: Status Navigasi Valid dan Relevan	1.634.838.227
Filter 4: Tipe Kapal Valid dan Relevan	1.555.568.122
Filter 5: Negara Kapal Valid dan Relevan	1.535.096.720
Filter 6: Latitude & Longitude Valid	1.535.096.720
Filter 7: dt_pos_utc Valid	1.535.096.720
Filter 8: Kapal yang Tidak Terindikasi Memiliki Pergerakan Anomali	1.444.393.573
Filter 9: MMSI dengan <i>record</i> ≥ 10	1.444.392.908
Filter 10: MMSI dengan sog > 3 berjumlah ≥ 20	1.443.592.577

Record yang Terindikasi sebagai Pergerakan Anomali



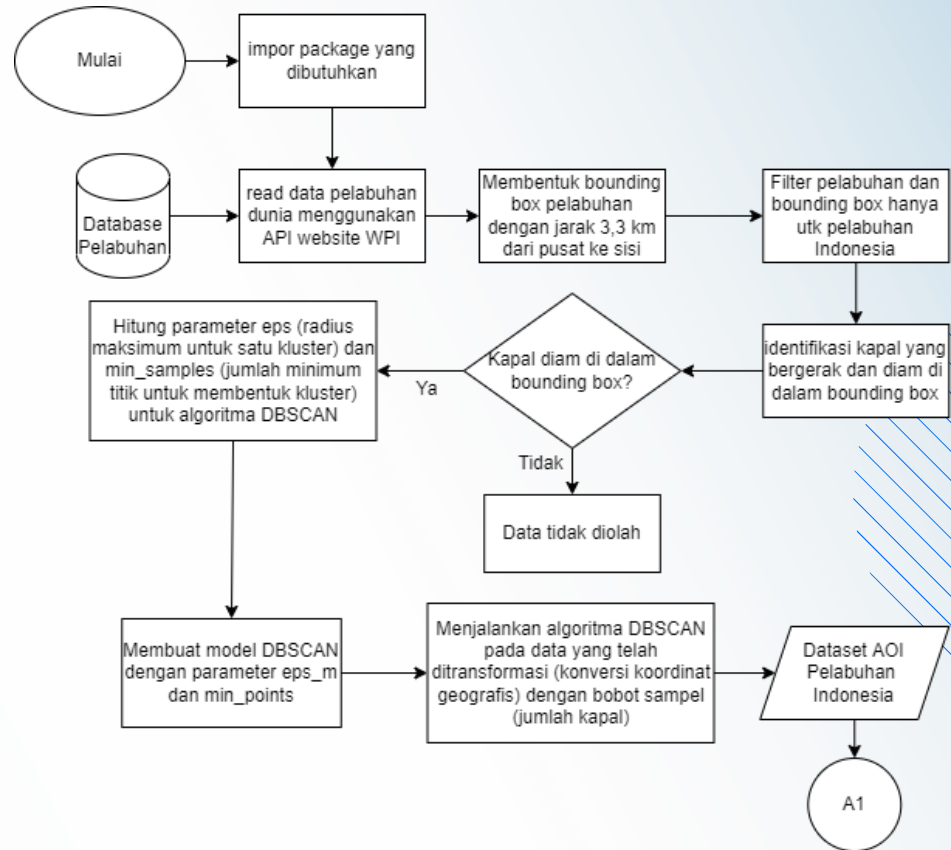
Hasil Penelitian (Algoritma Arus Masuk-Keluar Kapal di Pelabuhan Indonesia)

Penentuan Area of Interest dan Non Area of Interest dengan Distance-Based Area of Interest

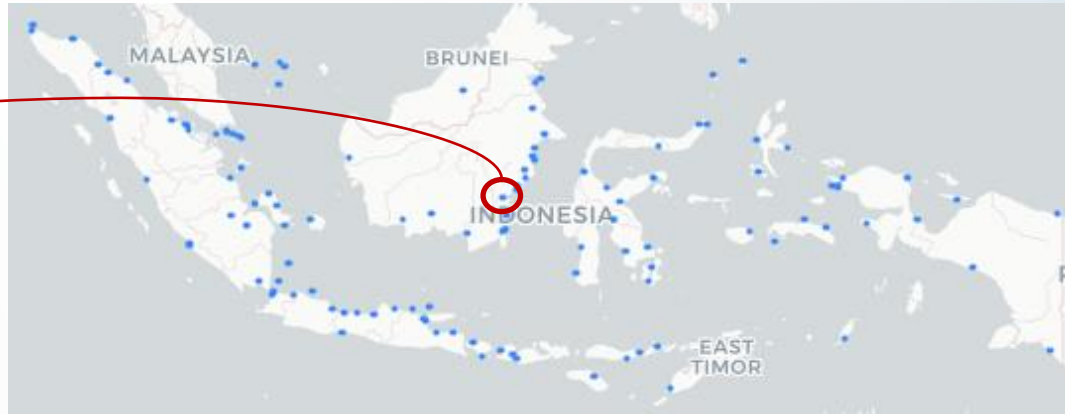


Hasil Penelitian (Algoritma Arus Masuk-Keluar Kapal di Pelabuhan Indonesia)

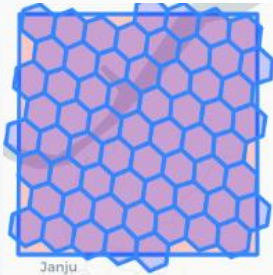
Penentuan *Area of Interest* dan *Non Area of Interest* dengan *Cluster-Based Area of Interest*



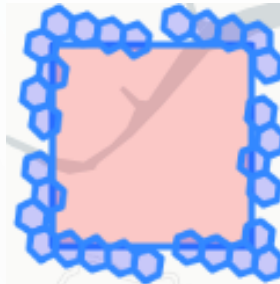
Hasil AOI & Non-AOI Pelabuhan Indonesia



Area of Interest

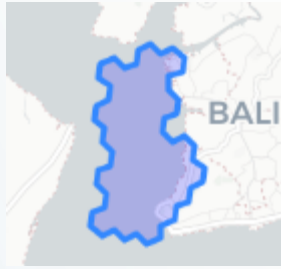


Non Area of Interest



Hasil AOI & Non-AOI Pelabuhan Indonesia

Area of Interest

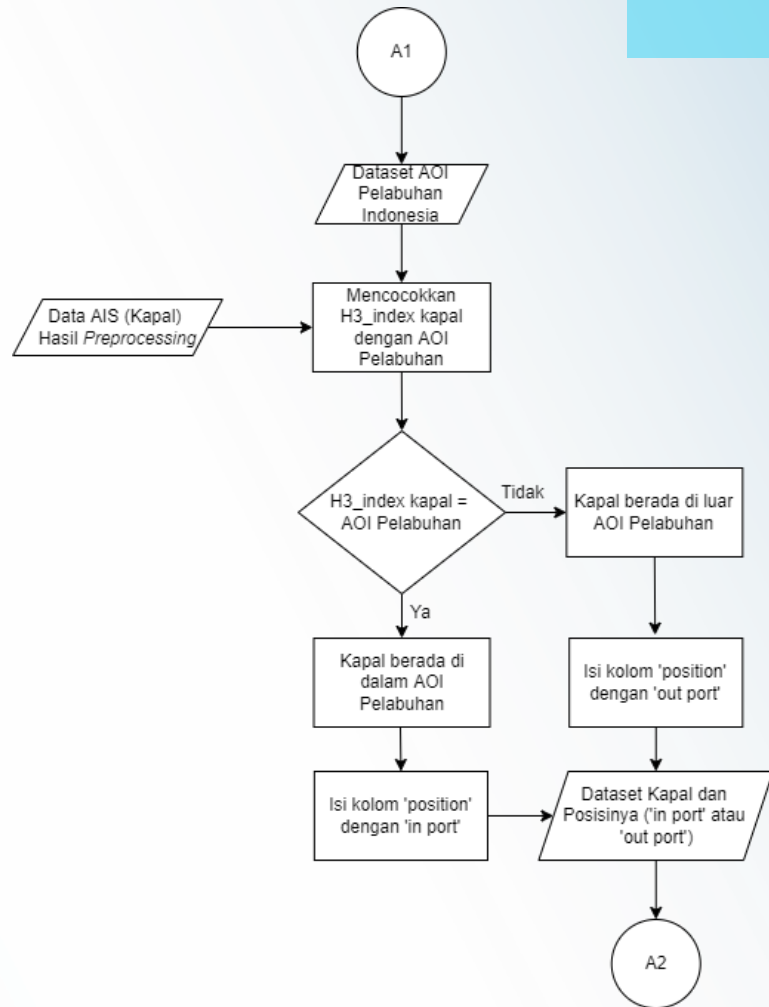


Hasil Penelitian

(Algoritma Arus Masuk-Keluar Kapal di Pelabuhan Indonesia)

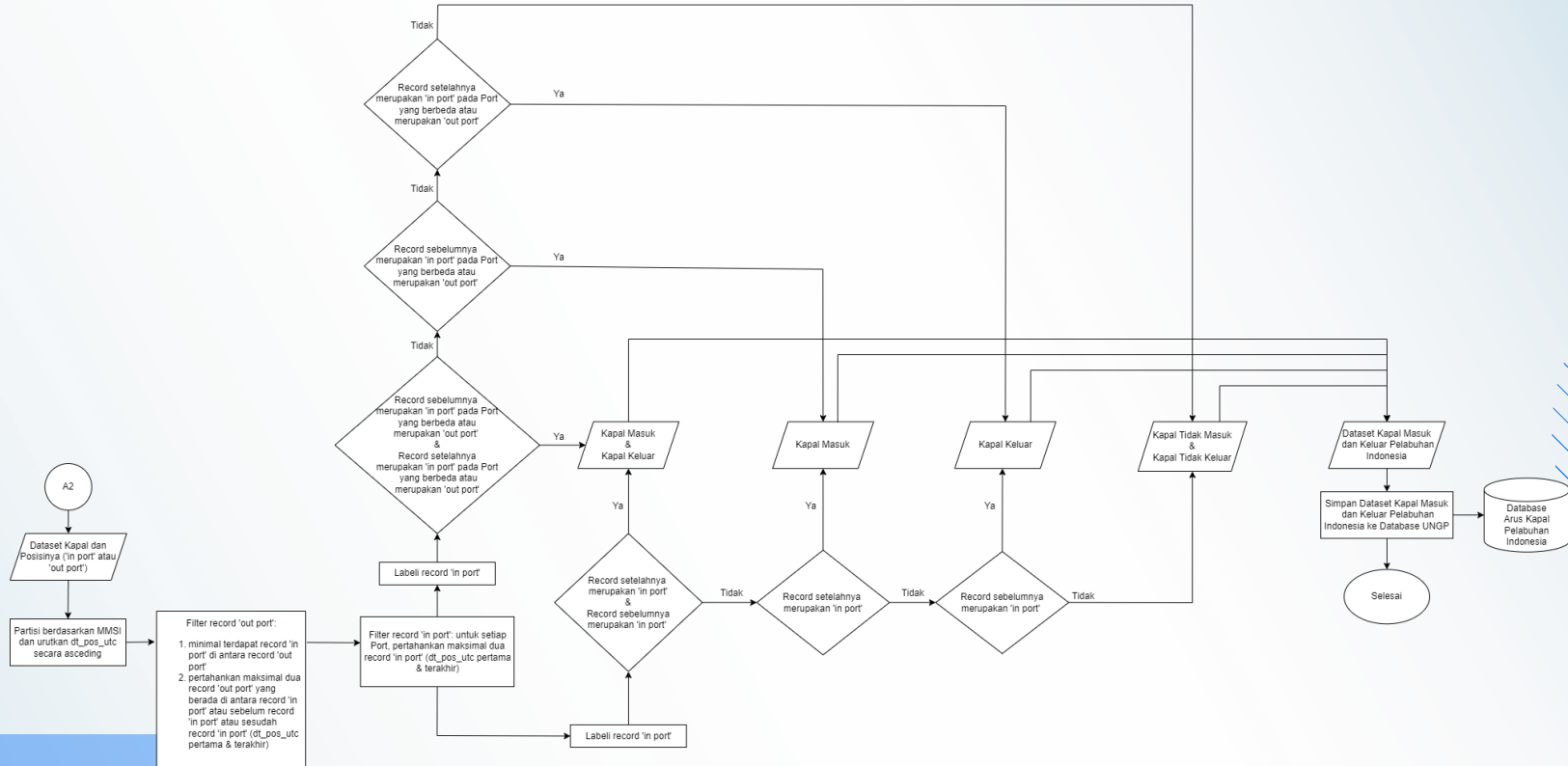
Pendeteksian Posisi Kapal

Posisi kapal yang dideteksi berfokus pada AOI dan Non-AOI yang telah ditentukan



Hasil Penelitian (Algoritma Arus Masuk-Keluar Kapal di Pelabuhan Indonesia)

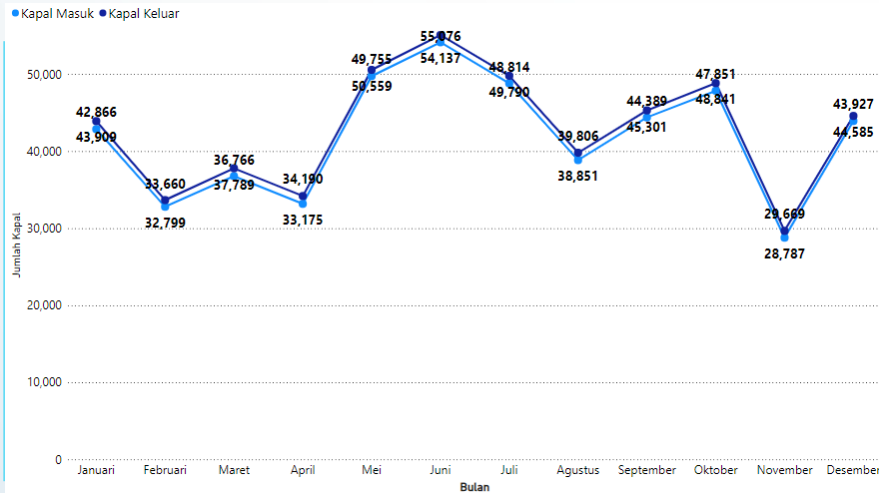
Penentuan Arus Masuk-Keluar Kapal



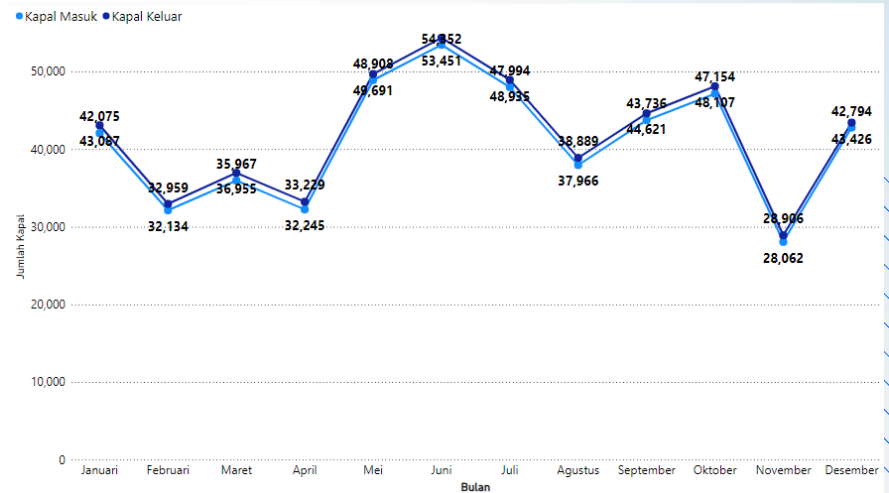
Hasil Penelitian

Jumlah Kapal Masuk-Keluar Pelabuhan Indonesia per Bulan

(Distance-Based)



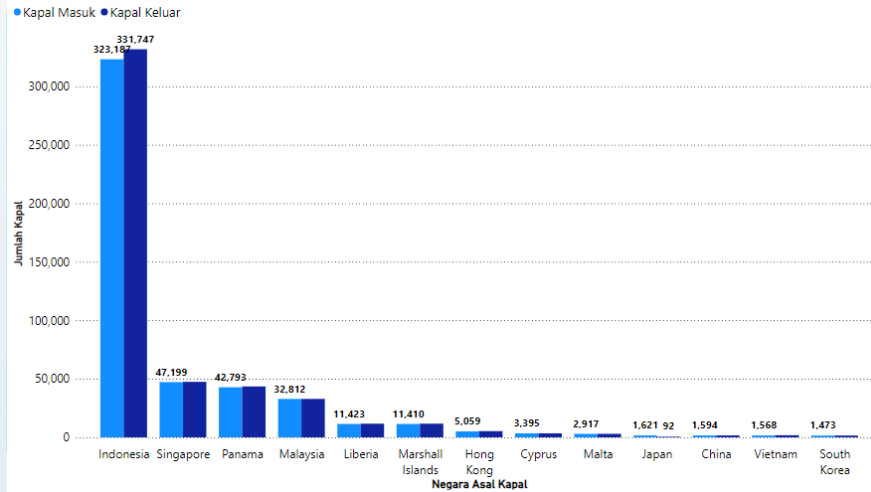
(Cluster-Based)



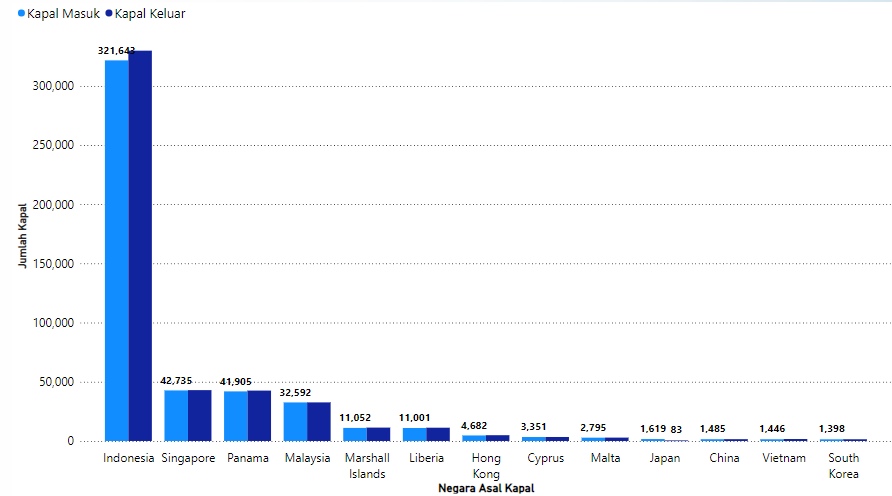
Hasil Penelitian

Jumlah Kapal Masuk-Keluar Pelabuhan Indonesia Menurut Negara Asal Kapal

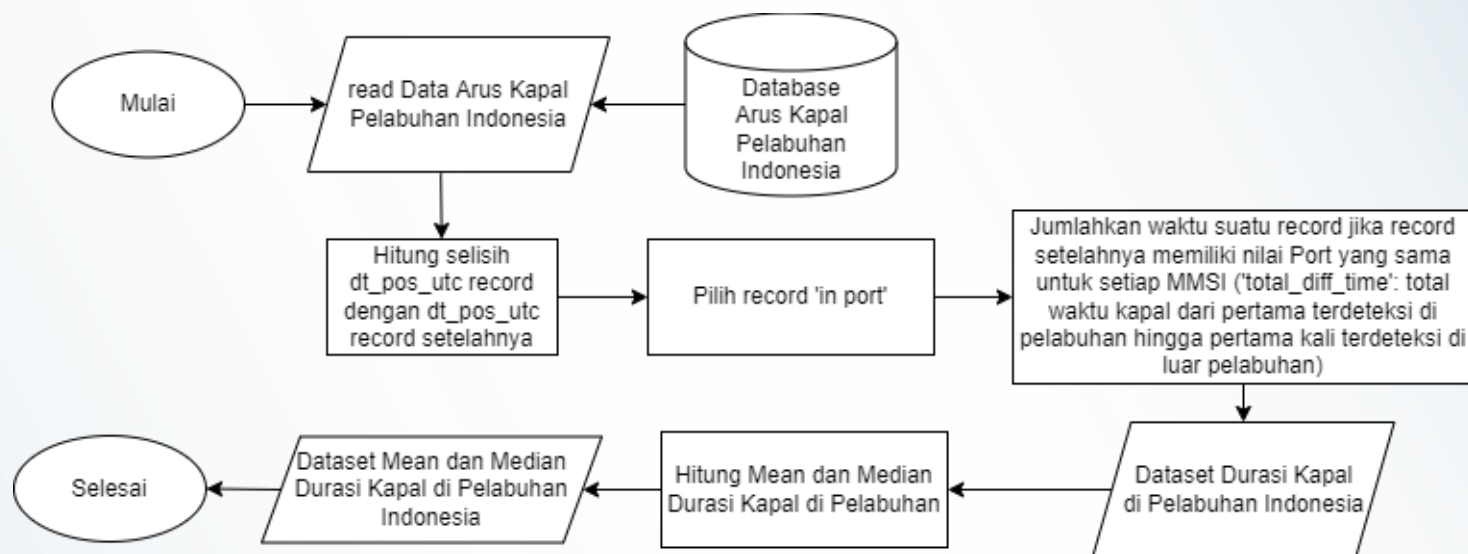
(Distance-Based)



(Cluster-Based)



Hasil Penelitian (Algoritma Durasi Kapal di Pelabuhan Indonesia)

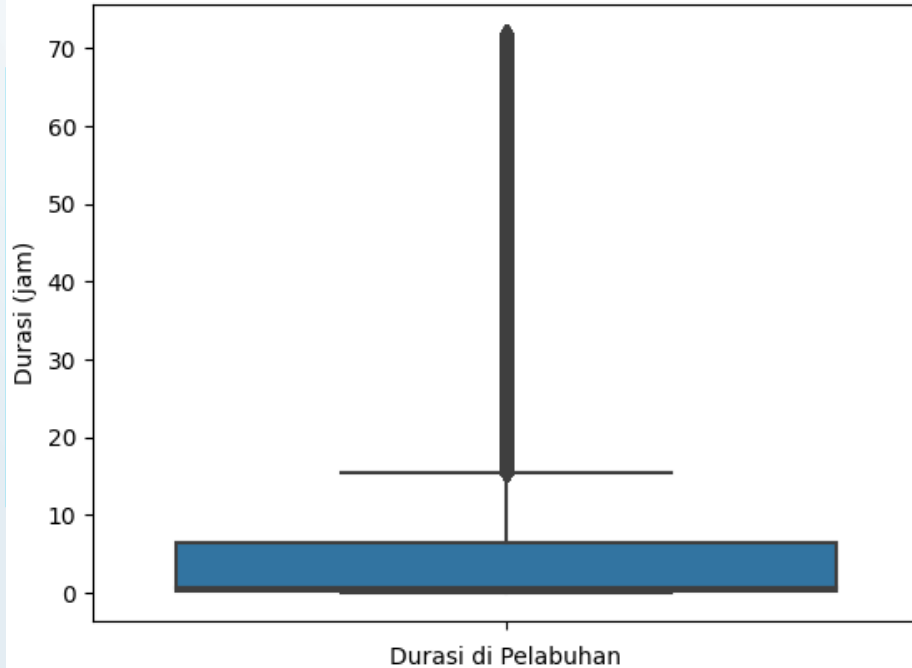


Hasil Penelitian

Distribusi Durasi Kapal (Jam) di Pelabuhan Indonesia

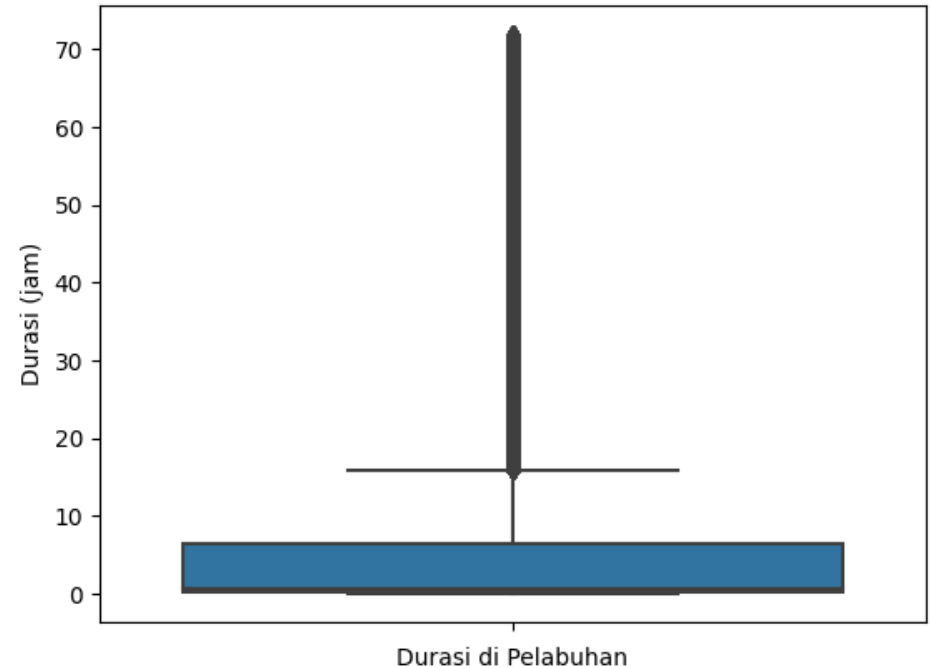
(Distance-Based)

Box Plot Durasi di Pelabuhan



(Cluster-Based)

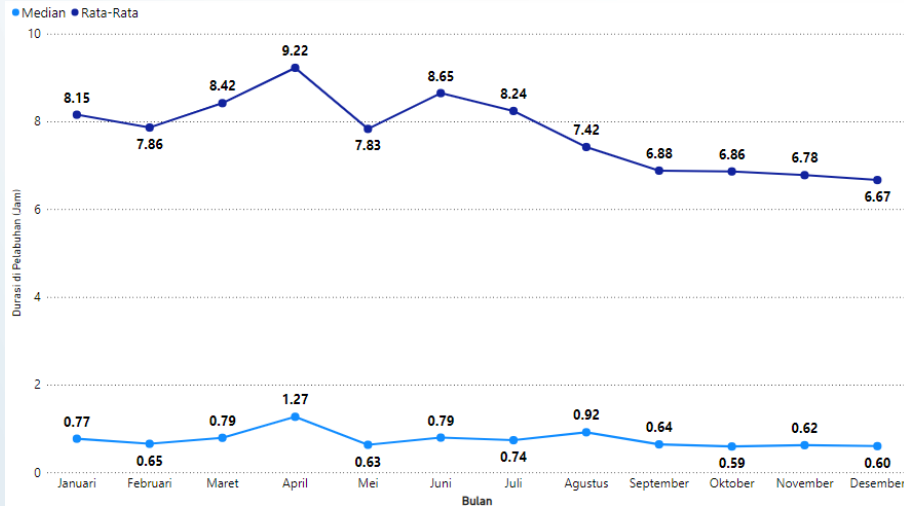
Box Plot Durasi di Pelabuhan



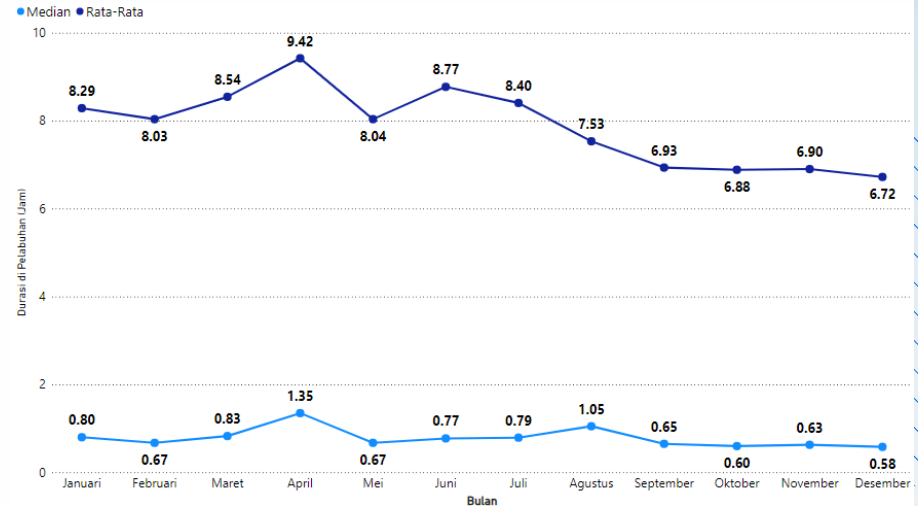
Hasil Penelitian

Durasi Kapal (Jam) di Pelabuhan Indonesia per Bulan

(Distance-Based)

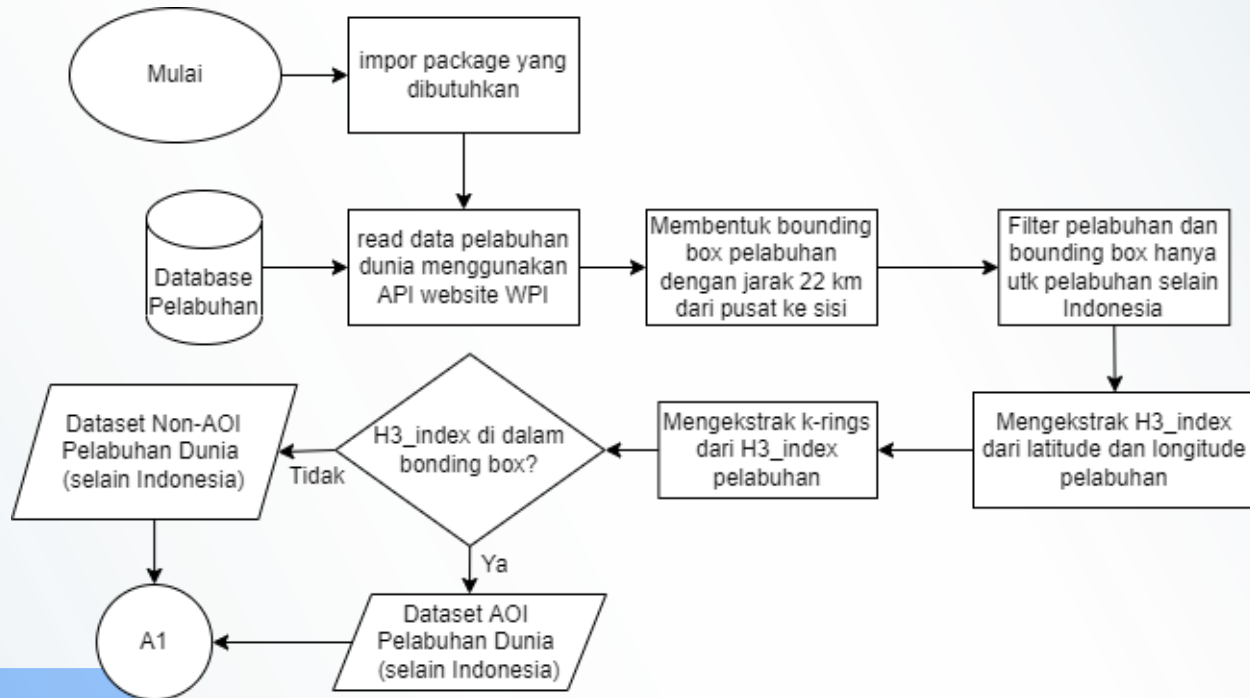


(Cluster-Based)



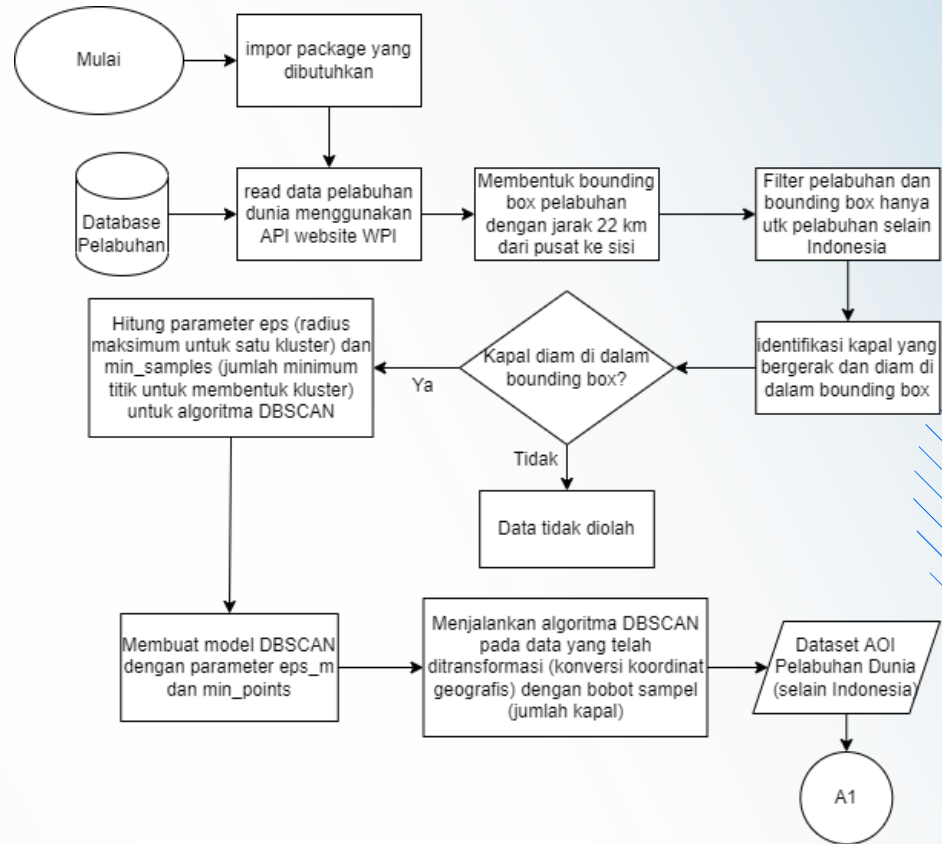
Hasil Penelitian (Algoritma Deteksi Kunjungan Indonesia ke Luar Negeri)

Penentuan *Area of Interest* dan *Non Area of Interest* dengan *Distance-Based Area of Interest*



Hasil Penelitian (Algoritma Deteksi Kunjungan Indonesia ke Luar Negeri)

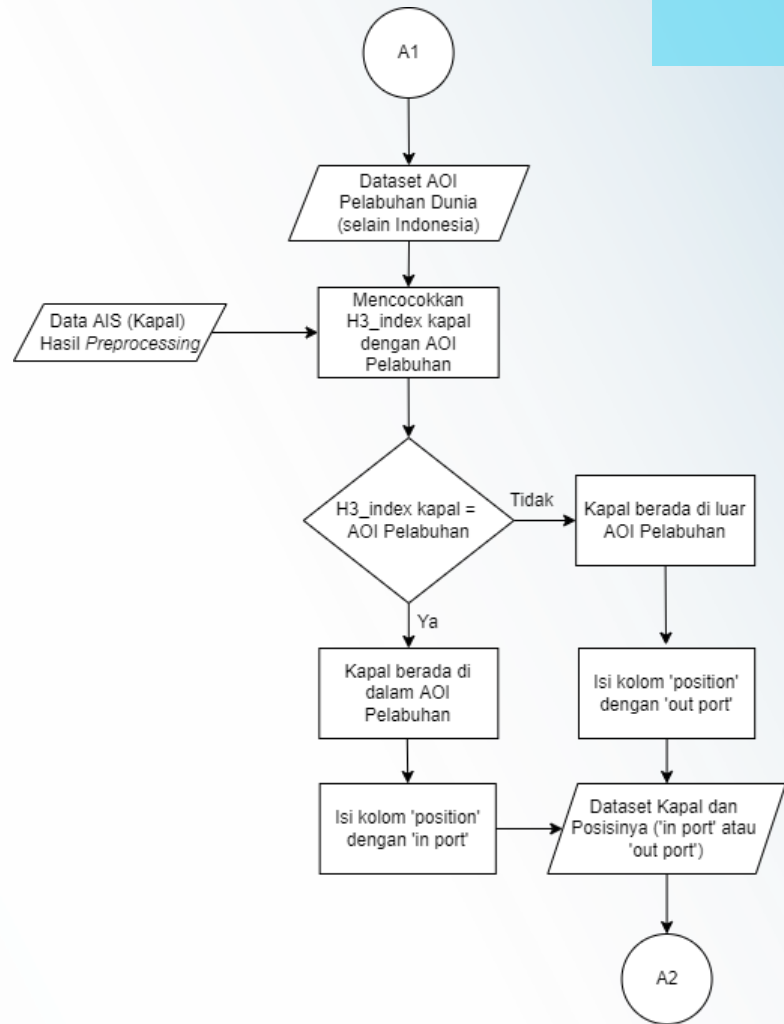
Penentuan *Area of Interest* dan *Non Area of Interest* dengan *Cluster-Based Area of Interest*



Hasil Penelitian (Algoritma Deteksi Kunjungan Indonesia ke Luar Negeri)

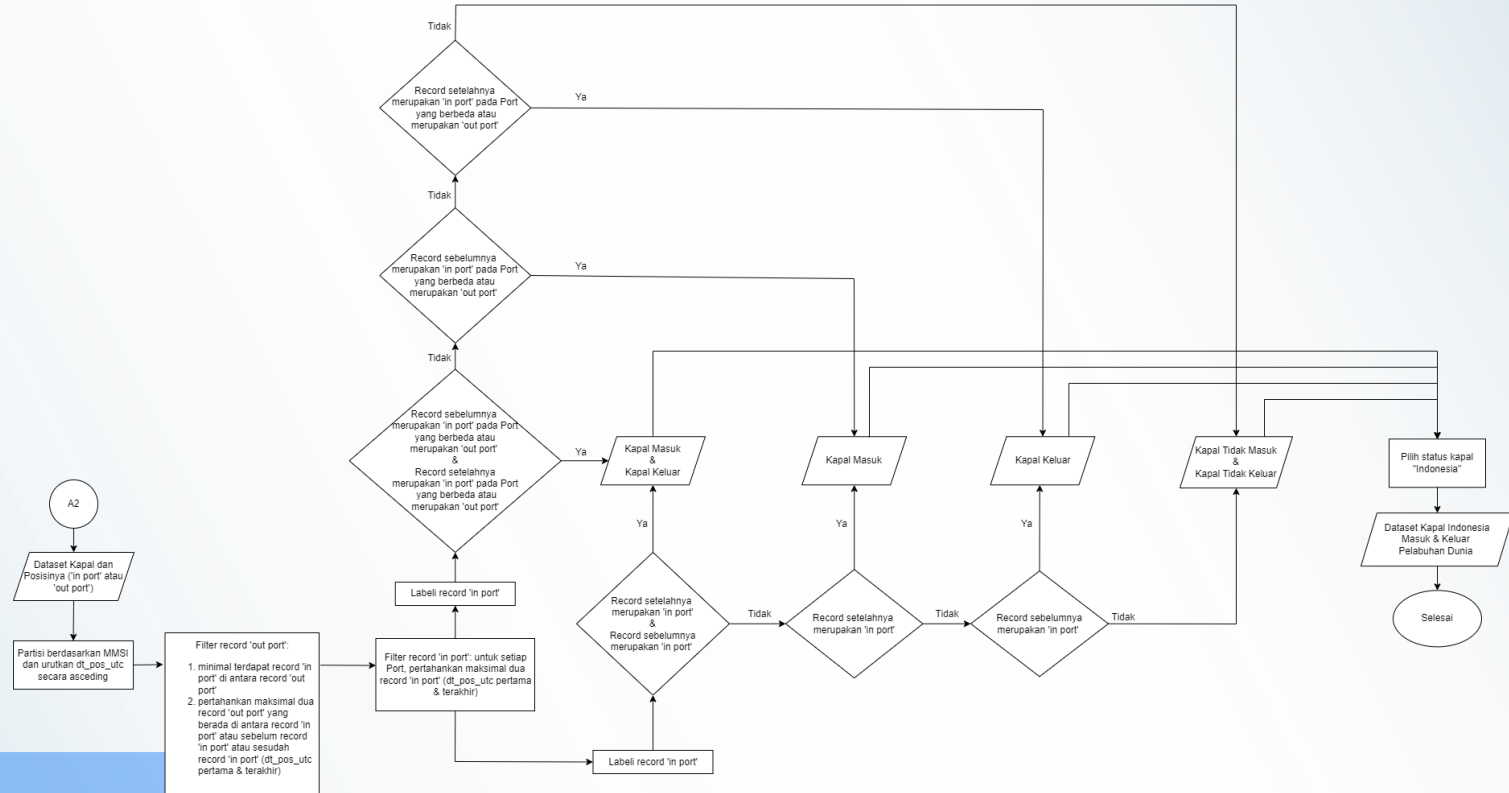
Pendeteksian Posisi Kapal

Posisi kapal yang dideteksi berfokus pada AOI dan Non-AOI yang telah ditentukan



Hasil Penelitian (Algoritma Deteksi Kunjungan Indonesia ke Luar Negeri)

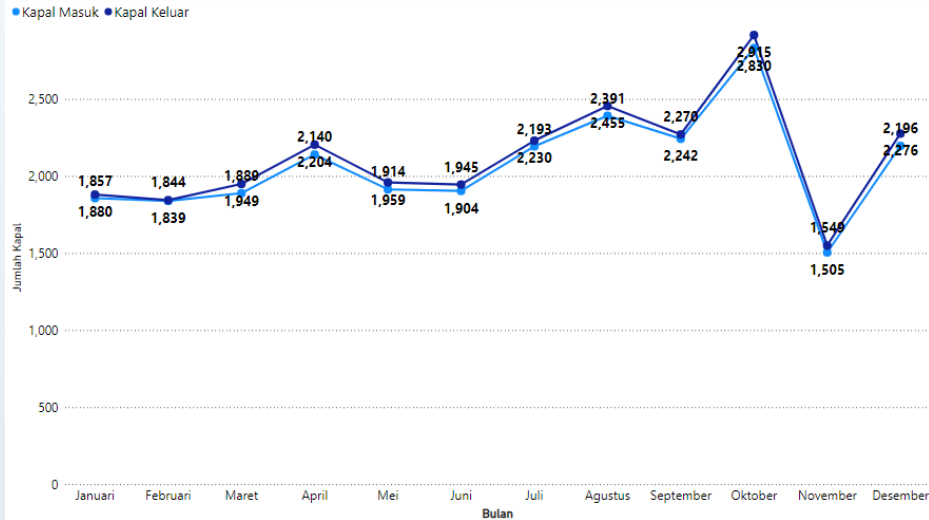
Penentuan Arus Masuk-Keluar Kapal



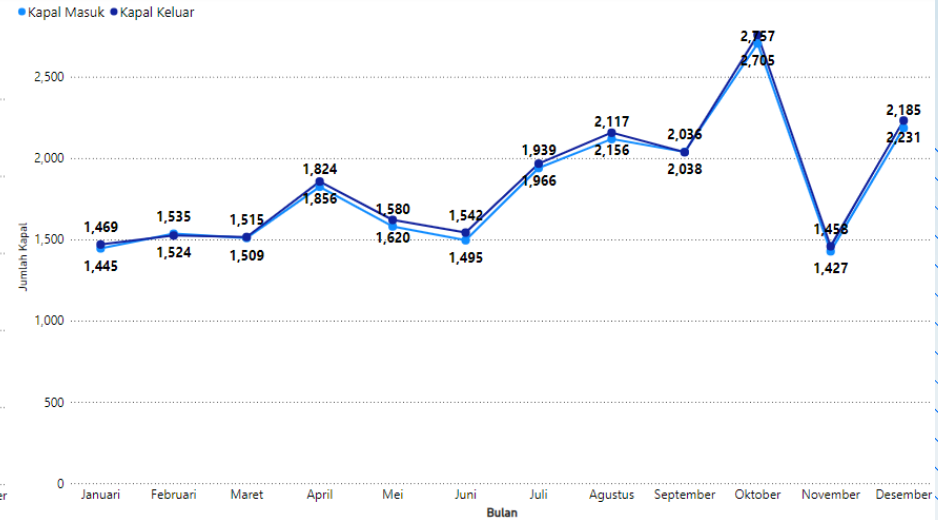
Hasil Penelitian

Jumlah Kunjungan Kapal Indonesia ke Luar Negeri per Bulan

(Distance-Based)



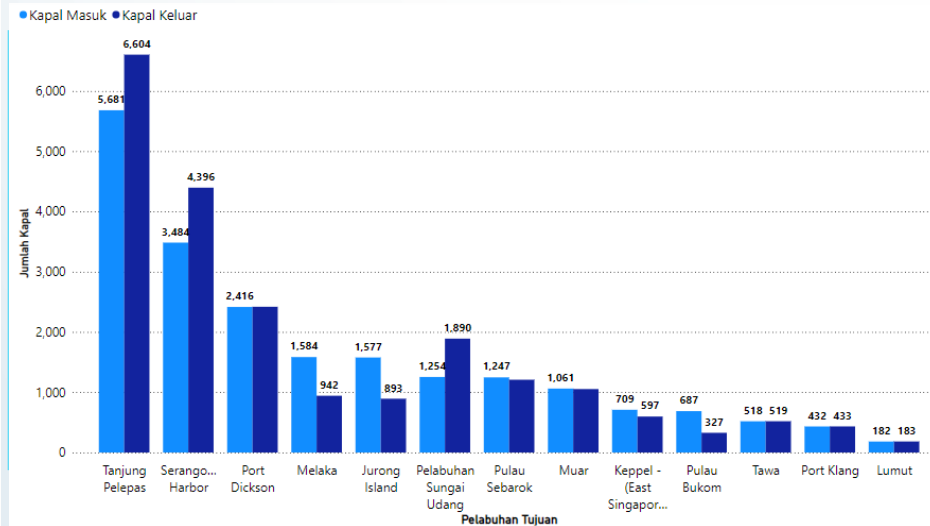
(Cluster-Based)



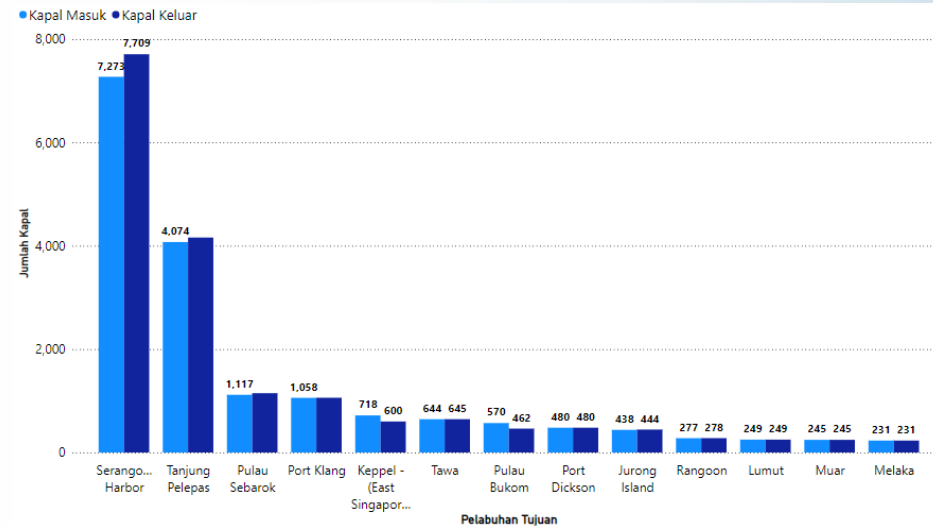
Hasil Penelitian

Jumlah Kunjungan Kapal Indonesia ke Luar Negeri Menurut Pelabuhan dan Negara Tujuan

(Distance-Based)



(Cluster-Based)



Evaluasi Kinerja Algoritma

01

Notasi *Big-O* dari algoritma ini adalah $O(n)$. Hal ini dikarenakan terdapat satu perulangan pada salah satu perintah.

02

Notasi *Big-O* dari algoritma ini adalah $O(1)$. Hal ini dikarenakan tidak terdapat perulangan pada salah satu perintah.

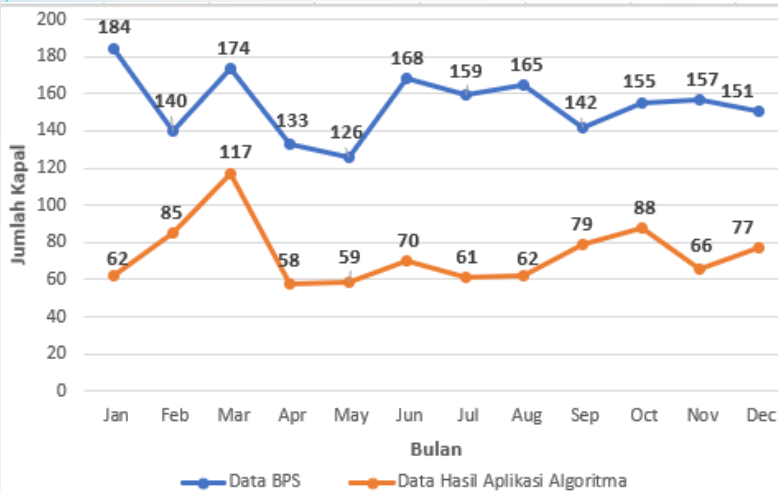
03

Notasi *Big-O* dari algoritma ini adalah $O(n)$. Hal ini dikarenakan terdapat satu perulangan pada salah satu perintah.

Evaluasi Performa Algoritma

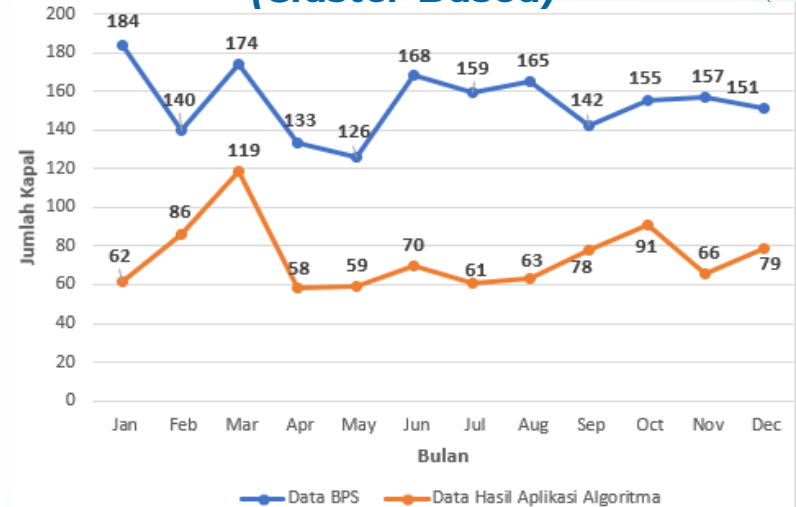
Kapal 'Cargo' dan 'Passenger' Teluk Bayur

(Distance-Based)



RMSE	83.31867
MAPE	52.07229

(Cluster-Based)



RMSE	82.76875
MAPE	51.65349

Evaluasi Performa Algoritma

Kapal 'Cargo' dan 'Passenger'

Pelabuhan yang Dikunjungi (1)	Distance-Based AOI		Cluster-Based AOI	
	RMSE (2)	MAPE (3)	RMSE (4)	MAPE (5)
Teluk Bayur	96,25443713	61,30353227	62,67043428	35,84239204
Cirebon	148,1350735	91,21597754	142,3294301	87,80385546
Banten	1603,965658	133,6675182	4895,368151	412,9450644
Benoa	611,4568668	788,3725617	603,4044387	780,3593745
Pontianak	215,3895695	83,25125159	311,8328879	131,1492983
Poso	11,13552873	68,36805556	13,40708768	85,86805556
Amamapare	83,7744989	400,9215371	127,3908029	612,0061837
70 Pelabuhan	3168090,269	16112,93984	2792095,592	14220.47038

Penutup

01

Dengan menerapkan Standar Operasional Prosedur (SOP) *preprocessing* yang tepat, hasil implementasi dari algoritma yang terbentuk dari data AIS dapat mendekati data statistik kunjungan kapal ke pelabuhan Indonesia.

02

Beberapa algoritma yang terbentuk dari data AIS, yaitu deteksi arus masuk-keluar kapal di pelabuhan Indonesia, penghitungan durasi kapal di pelabuhan Indonesia, dan deteksi kunjungan Indonesia ke luar negeri.

03

Algoritma yang terbentuk dari data AIS dapat digunakan sebagai alternatif data transportasi laut, seperti jumlah kunjungan kapal domestik dan luar negeri ke pelabuhan Indonesia, durasi kapal di pelabuhan Indonesia, dan jumlah kunjungan kapal Indonesia ke pelabuhan luar negeri.

04

Secara umum, *Distance-Based* AOI merupakan pendekatan terbaik untuk menghitung jumlah kunjungan kapal domestik dan luar negeri ke pelabuhan Indonesia. Namun, terdapat beberapa pelabuhan yang menghasilkan statistik yang lebih baik jika menggunakan Cluster-Based AOI.

Penutup

05

Menggunakan data AIS dari penyedia data lain selain exactEarth untuk melihat perbedaan pengolahan data sebelum disediakan kepada pengguna data.

06

SOP *preprocessing* data AIS perlu dikaji atau dikembangkan lebih lanjut, seperti mengidentifikasi karakteristik kapal diam lebih detail agar hasil perhitungan yang didapatkan lebih relevan.

07

Menggunakan metode pendekatan *Area of Interest* pelabuhan yang lain, seperti *Manual* AOI dengan pertimbangan data luas pelabuhan diketahui.

Terima Kasih

