



ANALISIS POSISI INDONESIA PADA DINAMIKA LOGISTIK DUNIA MENGGUNAKAN PENDEKATAN COMPLEX NETWORK

Wahyu Teri Aripin^{1,2}, Ernawati², Mamik M Fuadi^{3*}

¹ Management Science and Engineering Dalian University of Technology
No.2, Linggong Road, Ganjingzi District, Dalian City, Liaoning Province, PRC

¹wahyu@mail.dlut.edu.cn

² Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Cipasung
Jln. Cisinga KM 1 Padakembang Tasikmalaya

²ernawati@sttcipasung.ac.id

³mamik@sttcipasung.ac.id

Abstract— As a country comprised of thousands of islands spanning over 5.000 km from west to east, Indonesia's position in the Global Liner Shipping Network (GLSN) is of paramount importance. To determine its dynamic position within this network, an analysis was conducted utilizing three years of data from Alphaliner, encompassing over 157 countries worldwide. The resulting GLSN was built and assessed based on this data. The study employed basic topological properties to analyze Indonesia's position within the global logistics chain, specifically within the global liner shipping network. The findings revealed that several ports in Indonesia hold significant importance within the GLSN. However, in terms of degree and strength, the port of Tanjung Priok in Jakarta dominates the network in Indonesian port. Overall, this study underscores the crucial role of Indonesia's ports in facilitating international trade and positioning the country as a key player within the global liner shipping network.

Keywords— global liner shipping network; complex network, port, connectivity, degree, strength.

Abstrak— Sebagai negara yang terdiri dari ribuan pulau dan membentang lebih dari 5.000 km dari barat ke timur, mengetahui posisi Indonesia dalam Jaringan Pengiriman Kapal *Liner Global* (GLSN) sangatlah penting. Untuk menentukan posisi dinamisnya dalam jaringan ini, akan dilakukan analisis menggunakan data selama tiga tahun dari Alphaliner, yang mencakup lebih dari 157 negara di seluruh dunia. GLSN yang dihasilkan kemudian dibangun dan dievaluasi berdasarkan data tersebut. Secara keseluruhan, studi ini menekankan peran penting pelabuhan-pelabuhan di Indonesia dalam memfasilitasi perdagangan internasional dan menjadikan negara ini sebagai pemain kunci dalam jaringan pengiriman kapal *liner global*. Studi ini menggunakan sifat topologi dasar untuk menganalisis posisi Indonesia dalam rantai logistik global, khususnya dalam jaringan pengiriman kapal *liner global*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa pelabuhan di Indonesia memiliki posisi penting yang signifikan dalam GLSN. Namun, dari segi derajat dan kekuatan, pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta mendominasi jaringan di pelabuhan Indonesia.

Kata kunci— global liner shipping network; complex network, pelabuhan, connectivity, degree, strength.

I. PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan dengan sekitar 17.456 pulau, Indonesia mengalirkan sekitar 89% logistiknya melalui jalur laut (1). Namun, struktur rantai pasok di Indonesia tidak seimbang karena sebagian besar aliran logistik terjadi di wilayah barat negara ini. Akibatnya, perusahaan pelayaran di Indonesia sering kali mengangkut barang dari

barat ke timur, tetapi tidak sebaliknya. Hal ini menyebabkan biaya pengangkutan barang menjadi lebih mahal (2,3).

Namun, ada perkembangan positif dalam konektivitas jaringan maritim di Indonesia (3). Efisiensi jarak untuk kapal pengangkut kontainer telah berkurang sebesar 50%, yang sebagian disebabkan oleh layanan perintis yang diperkenalkan oleh pemerintah Indonesia (2). Selain itu, beberapa pelabuhan

di wilayah timur Indonesia mengalami peningkatan kapasitas (4). Secara sederhana, ini menunjukkan pertumbuhan ekonomi yang lebih baik di Indonesia, karena konektivitas industri maritim menjadi salah satu indikator pertumbuhan ekonomi (5). Dengan demikian, meskipun masih ada ketimpangan dalam struktur rantai pasok di Indonesia, adanya peningkatan konektivitas maritim memberikan harapan untuk perkembangan ekonomi yang lebih baik di masa depan.

Untuk mendukung pertumbuhan ekonomi, perlu dilakukan identifikasi posisi jaringan maritim Indonesia. Tujuannya adalah membangun jaringan maritim yang resilien, yaitu tetap beroperasi normal dalam situasi terganggu (6–8). Namun, penelitian tentang resiliensi sistem maritim di Indonesia masih terbatas. Beberapa penelitian lebih berfokus pada pemodelan, optimisasi efisiensi, dan perancangan jaringan maritim (1–3).

Penelitian ini akan membangun model jaringan pengiriman maritim Indonesia dan mengidentifikasi posisi jaringan tersebut pada tingkat regional dan global. Pada skala yang lebih besar, penelitian mengenai *Global Liner Shipping Network* (GLSN) juga menarik minat para peneliti. Contohnya, penelitian terbaru oleh Bai et al. (2023) mengkaji resiliensi GLSN menggunakan pendekatan dinamis dan statis (7). Xu et al. (2020) mengkaji struktur GLSN dan peran pelabuhan di seluruh dunia dengan menggunakan properti jaringan kompleks (9). Gu et al. (2023) melakukan tinjauan sistematis mengenai resiliensi GLSN (6)

II. LANDASAN TEORI

Penelitian mengenai *Global Liner Shipping Network* (GLSN) telah menarik minat banyak peneliti. Fokus penelitian tersebut beragam, mulai dari tinjauan literatur yang mengumpulkan informasi dari berbagai sumber (6), pemodelan jaringan GLSN dan estimasi perkembangannya di masa depan (10,11), pengelompokan atau identifikasi pola hubungan antar pelabuhan dalam jaringan (7), analisis kerentanan jaringan terhadap gangguan atau perubahan (12), hingga penelitian tentang resiliensi jaringan dalam menghadapi situasi terganggu atau terdisrupsi (13,14).

Literature review sebelumnya memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang struktur, dinamika, dan sifat-sifat penting dalam GLSN. Beberapa penelitian menggunakan pendekatan pemodelan untuk menganalisis bagaimana jaringan ini

berkembang seiring waktu (7,9,10), sementara yang lain fokus pada mengidentifikasi keterkaitan antara pelabuhan dan mengelompokkannya ke dalam komunitas atau kelompok tertentu (7). Ada juga penelitian yang melihat kerentanan jaringan terhadap risiko dan gangguan (13–15), serta penelitian yang mengkaji resiliensi jaringan dalam menghadapi situasi tidak normal. Penelitian-penelitian tersebut memberikan wawasan penting bagi pengembangan dan perbaikan GLSN, serta dapat menjadi dasar untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang terkait dengan aspek-aspek tersebut.

Pada skala yang lebih kecil, telah dilakukan beberapa penelitian terkait jaringan pengiriman di Indonesia, terutama dalam hal pemodelan jaringan maritim dalam berbagai kondisi (3,4) dan ketimpangan geografis antara Indonesia bagian barat dan timur (2). Namun, perlu diperhatikan bahwa masih terdapat kekosongan dalam penelitian mengenai posisi Indonesia dalam *Global Liner Shipping Network* (GLSN). Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada aspek tersebut untuk mengisi kesenjangan penelitian yang ada.

III. METODE PENELITIAN

A. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *global liner shipping routes network* yang diperoleh dari www.alphaliner.com. Data tersebut terdiri dari 3.000 pelabuhan dan 30.000 rute *liner* yang mencakup lebih dari 157 negara di dunia pada tahun 2019, 2020 dan 2021.

B. Metodologi Penelitian

Untuk mengetahui posisi Indonesia dalam dinamika logistik dunia dari perspektif jaringan pelayaran lintas global, kami akan digunakan pendekatan *multi-centrality assessment* yang merupakan bagian dari *complex network property*. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Membangun *network* (GLSN) berdasarkan data yang ada)

Proses pembangunan *Global Liner Shipping Network* (GLSN) mengikuti pendekatan *L-space*, di mana pelabuhan menjadi *node* dan rute yang menghubungkan satu pelabuhan ke pelabuhan lain menjadi *edge* (7,9,12). GLSN yang dibangun adalah *weighted directed graph* karena didasarkan

pada rute yang ada. Kemudian, bobotnya diukur berdasarkan jumlah kapasitas muatan dalam setiap rute tersebut. *Network* akan dibuat untuk setiap tahun, yaitu tahun 2019, 2020, dan 2021.

2. Menganalisis *network*

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang posisi Indonesia dalam konteks logistik global, diperlukan analisis yang mendalam terhadap jaringan tersebut. Analisis ini akan menggunakan *basic topological property* dari ilmu jaringan (*network science*) untuk mengkaji jaringan dengan lebih mendetail. Berikut adalah beberapa metrik yang akan digunakan dalam analisis tersebut:

a) *In-degree analysis*

In-degree analysis digunakan untuk menganalisis tingkat konektivitas masuk (*in-degree connectivity*) dari setiap *node* dalam jaringan. Dalam konteks jaringan pelayaran lintas global, *in-degree* merujuk pada jumlah rute pelayaran yang terhubung ke suatu pelabuhan. Dengan menganalisis *in-degree*, dapat diidentifikasi pelabuhan-pelabuhan yang menjadi pusat penting dalam jaringan, karena memiliki banyak rute yang terhubung kepadanya. Analisis *in-degree* juga dapat memberikan wawasan tentang sejauh mana suatu pelabuhan berperan sebagai *hub* atau pusat penting dalam distribusi kargo secara global (12,16). *In-degree* bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$D_{in} = \sum_{i \neq j} d_{ij} \quad (1)$$

b) *Out-degree analysis*

Out-degree analysis digunakan untuk menganalisis tingkat konektivitas keluar (*out-degree connectivity*) dari setiap *node* dalam jaringan. Dalam konteks jaringan pelayaran lintas global, *out-degree* merujuk pada jumlah rute pelayaran yang berasal dari suatu pelabuhan dan terhubung ke pelabuhan lain. Dengan menganalisis *out-degree*, dapat diidentifikasi pelabuhan-pelabuhan yang memiliki banyak rute yang menghubungkannya dengan pelabuhan lain, menunjukkan tingkat aktivitas ekspor dan distribusi kargo yang tinggi. Analisis *out-degree* juga dapat memberikan wawasan tentang peran suatu pelabuhan dalam menyediakan konektivitas keluar yang kuat dalam rangka menghubungkan Indonesia dengan pelabuhan-pelabuhan di dunia (12,16).

Out-degree bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$D_{out} = \sum_{i \neq j} d_{ji} \quad (2)$$

c) *Degree analysis*

Degree analysis digunakan untuk menganalisis tingkat konektivitas (*degree connectivity*) dari setiap *node* dalam jaringan pelayaran lintas global. Dalam analisis ini, *degree* mengacu pada jumlah rute pelayaran yang terhubung ke suatu pelabuhan, baik sebagai rute masuk (*in-degree*) maupun rute keluar (*out-degree*). Dengan melakukan *degree analysis*, kita dapat mengidentifikasi pelabuhan-pelabuhan yang memiliki tingkat konektivitas tinggi dalam jaringan tersebut. Pelabuhan-pelabuhan dengan *degree* yang tinggi menunjukkan tingkat kepentingan dan keaktifan dalam aktivitas logistik global, baik sebagai pusat pengumpulan dan distribusi kargo maupun sebagai titik transit penting dalam rantai pasok global. Analisis *degree* juga membantu dalam memahami struktur keseluruhan jaringan dengan melihat seberapa terhubung dan terintegrasi pelabuhan-pelabuhan dalam jaringan pelayaran lintas global. Hal ini memberikan wawasan tentang posisi Indonesia dalam jaringan tersebut dan peran negara ini dalam mendukung arus logistik global secara keseluruhan (12,16).

Degree bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$D_{all} = \sum_{i \neq j} (d_{ij} \text{ or } d_{ji}) \quad (3)$$

d) *In-strength analysis*

In-strength analysis digunakan untuk menganalisis kekuatan masuk (*in-strength*) dari setiap *node* dalam jaringan. Dalam konteks jaringan pelayaran lintas global, *in-strength* mengacu pada total kapasitas muatan yang diterima oleh suatu pelabuhan. Dengan *in-strength analysis*, kita dapat mengidentifikasi pelabuhan-pelabuhan dengan kekuatan masuk yang tinggi, yaitu pelabuhan-pelabuhan yang menerima kapasitas muatan yang besar dari pelabuhan lain dalam jaringan. Analisis ini membantu memahami peran dan potensi suatu pelabuhan sebagai pusat distribusi atau hub penting dalam rantai pasok global. Informasi *in-strength* juga berguna untuk mengevaluasi pengaruh suatu pelabuhan dalam mengarahkan arus logistik dan mempengaruhi ketersediaan dan efisiensi pengiriman kargo di wilayah tersebut.

Dengan demikian, *in-strength analysis* memberikan pemahaman lebih dalam tentang peran suatu pelabuhan, kapasitas muatan

yang diterima, dan dampaknya terhadap aktivitas logistik global (12,16). *In-strength* bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$S_{in} = \sum_{i \neq j} S_{ij} \quad (4)$$

e) *Out-strength analysis*

Out-strength analysis digunakan untuk menganalisis kekuatan keluar (*out-strength*) dari setiap *node* dalam jaringan. Dalam konteks jaringan pelayaran lintas global, *out-strength* mengacu pada total kapasitas muatan yang dikirimkan oleh suatu pelabuhan ke pelabuhan lain melalui rute-rute pelayaran yang terhubung. Analisis ini membantu mengidentifikasi pelabuhan-pelabuhan dengan kekuatan keluar yang tinggi, yang secara efektif mendistribusikan kargo ke tujuan akhir. Informasi mengenai *out-strength* juga berguna dalam mengevaluasi peran suatu pelabuhan sebagai pusat pengiriman kargo dalam rantai pasok global, dengan potensi untuk menghubungkan Indonesia dengan pelabuhan-pelabuhan di seluruh dunia dan mempengaruhi arus logistik global secara signifikan. Dengan demikian, *out-strength analysis* memberikan wawasan yang lebih dalam tentang peran suatu pelabuhan dalam distribusi kargo secara global dan kontribusinya terhadap aktivitas logistik global secara keseluruhan (12,16). *Out-strength* bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$S_{out} = \sum_{i \neq j} S_{ji} \quad (5)$$

f) *Closeness centrality analysis*

Closeness centrality analysis digunakan untuk menganalisis sentralitas kedekatan (*closeness centrality*) dari setiap *node* dalam jaringan pelayaran lintas global. Analisis ini membantu mengidentifikasi pelabuhan-pelabuhan dengan aksesibilitas yang tinggi dan jarak tempuh yang relatif pendek ke pelabuhan lain dalam jaringan. Pelabuhan-pelabuhan dengan sentralitas kedekatan yang tinggi memiliki potensi menjadi pusat penting dalam distribusi kargo dan arus logistik global. Informasi *closeness centrality* juga berguna dalam mengevaluasi peran suatu pelabuhan sebagai *hub* transit strategis, yang mendukung aliran kargo yang lancar antar pelabuhan di seluruh dunia. Dengan demikian, *closeness centrality analysis* memberikan pemahaman lebih mendalam tentang posisi pelabuhan dalam jaringan pelayaran lintas global dan kontribusinya terhadap konektivitas logistik global secara keseluruhan (7,9). *Closeness centrality* bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C_c(g) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n d(i,j)} \quad (6)$$

g) *Betweenness centrality analysis*

Betweenness centrality analysis digunakan untuk menganalisis sentralitas perantara (*betweenness centrality*) dari setiap *node* dalam jaringan pelayaran lintas global. Analisis ini membantu mengidentifikasi pelabuhan-pelabuhan yang menjadi perantara penting dalam aliran kargo antara pelabuhan lain dalam jaringan. Pelabuhan-pelabuhan dengan sentralitas perantara yang tinggi memiliki peran krusial dalam mengarahkan aliran logistik dan distribusi kargo secara global. Informasi mengenai *betweenness centrality* juga berguna untuk mengevaluasi peran suatu pelabuhan sebagai hub transit utama, yang menghubungkan berbagai jalur pelayaran dan memfasilitasi aliran kargo antar wilayah. Dengan demikian, melalui *betweenness centrality analysis*, kita dapat memperoleh pemahaman lebih mendalam tentang peran suatu pelabuhan dalam mengatur konektivitas logistik global dan dampaknya terhadap rantai pasok global secara keseluruhan (7,9).

Betweenness centrality bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$B_c(g) = \sum_{i \neq j \neq g} \frac{b_{ij}(g)}{b_{ij}} \quad (7)$$

3. *Multi-centrality analysis*

Multi-centrality analysis digunakan untuk menganalisis beberapa jenis sentralitas secara bersamaan dalam jaringan. Pendekatan ini memungkinkan kita untuk mempertimbangkan beberapa aspek penting dalam menganalisis posisi suatu entitas dalam konteks logistik global, seperti *in-degree*, *out-degree*, *closeness centrality*, *betweenness centrality*, atau metrik sentralitas lainnya. Dengan melakukan *multi-centrality analysis*, kita dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang peran dan posisi Indonesia dalam jaringan pelayaran lintas global. Analisis ini membantu dalam mengidentifikasi pelabuhan-pelabuhan yang memiliki kepentingan strategis, konektivitas yang kuat, peran perantara yang signifikan, dan aksesibilitas yang baik dalam aktivitas logistik global. Dengan demikian, *multi-centrality analysis* memberikan kerangka kerja yang holistik untuk memahami kompleksitas dinamika logistik dunia dan posisi Indonesia di dalamnya.

Multi-centrality bisa dihitung dengan menjumlahkan B_c , C_c , dan D_{all} setelah

semuanya unsur tersebut dinormalisasi terlebih dahulu. Cara menormalisasikannya menggunakan rumus:

$$\text{Norm}C_c(g) = \frac{(C_c(g) - \min(C_c)) / (\max(C_c) - \min(C_c))}{1} \quad (8)$$

4. Interpretasi hasil analisis

Seluruh analisis kemudian diinterpretasikan supaya lebih dapat dipahami oleh semua kalangan.

IV. HASIL PENELITIAN

1. Membangun *network*

Global liner shipping network dibangun dengan menggunakan pendekatan *L-space*, dimana pelabuhan sebagai *nodes* dan rute antar pelabuhan sebagai *edges*.



Figure 1. Global Liner Shipping Network

2. Menganalisis *network*

a) *In-Degree*

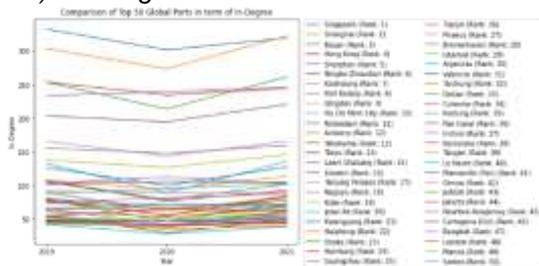


Figure 2. Ranking pelabuhan di dunia berdasarkan *In-degree* nya.

Persamaan 1 digunakan untuk menganalisis *In-degree* pada *Global Liner Shipping Network (GLSN)* yang sudah dibangun. Figure 2 menunjukkan ranking pelabuhan teratas di seluruh dunia. Karena keterbatasan ruang, maka yang ditampilkan pada figure 2 hanya grafik untuk GLSN tahun 2019 saja. Adapun untuk pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta menduduki peringkat 44 pada tahun 2019, 41 pada tahun 2020 dan 47 pada tahun 2021 berdasarkan kapasitas *in-degree*-nya.

b) *Out-Degree*

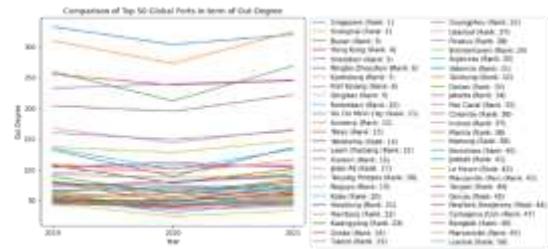


Figure 3. Rangkng pelabuhan di dunia berdasarkan *out-degree*nya

Persamaan 2 digunakan untuk menganalisis *out-degree* pada GLSN yang sudah dibangun. Figure 3 menunjukkan ranking pelabuhan berdasarkan hasil perhitungan jumlah *out-degree*-nya. Berdasarkan perhitungan tersebut salah satu pelabuhan di Indonesia yakni pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta menduduki peringkat ke 34 pada tahun 2019, 41 pada tahun 2020 dan 37 pada tahun 2021.

c) *Degree*

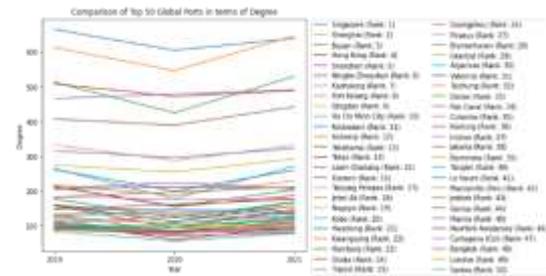


Figure 4 Rangkng pelabuhan di dunia berdasarkan *degree*nya

Persamaan 3 digunakan untuk menganalisis *degree* pada GLSN yang sudah dibangun. Figure 4 menunjukkan ranking pelabuhan berdasarkan hasil perhitungan jumlah total kapal masuk maupun keluar dari pelabuhan tersebut. Berdasarkan perhitungan tersebut salah satu pelabuhan di Indonesia yakni pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta menduduki peringkat ke 38 pada tahun 2019, 41 pada tahun 2020 dan 39 pada tahun 2021

d) *In-strength* dan *out-strength*

Tabel 1. Rangkng pelabuhan berdasarkan *In-strength* 2019 (kapasitas muatan kapal yang masuk pelabuhan tersebut)

Rank	Pelabuhan	Negara	In-Strength
1	Singapore	SGP	15,522,858
2	Shanghai	CHN	14,360,830
3	Shenzhen	CHN	13,333,693
4	Ningbo-Zhoushan	CHN	11,945,654



5	Busan	KOR	9,000,765
.
.
.
70	Jakarta	IDN	897,545

Tabel 1, 2 dan 3 merupakan hasil perhitungan menggunakan persamaan 4, yang berfungsi untuk menghitung total kapasitas kargo yang masuk pada tahun 2019, 2020 dan 2021. Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta menduduki ranking ke 70, 71 dan 84 secara berturut-turut pada tahun 2019, 2020 dan 2021. Pada tabel-tabel tersebut Singapore selalu menjadi ranking 1 dengan selalu mencatatkan kargo diatas 15 juta TEU kargo masuk setiap tahunnya.

Tabel 2. Ranking pelabuhan berdasarkan In-strength 2020 (kapasitas muatan kapal yang masuk pelabuhan tersebut)

Rank	Pelabuhan	Negara	In-Strength
1	Singapore	SGP	15,609,115
2	Shanghai	CHN	14,336,220
3	Ningbo-Zhoushan	CHN	11,538,630
4	Busan	KOR	8,732,940
5	Yantian	CHN	8,052,900
.
.
.
71	Jakarta	IDN	856,100

Tabel 3. Ranking pelabuhan berdasarkan In-strength 2021 (kapasitas muatan kapal yang masuk pelabuhan tersebut)

Rank	Pelabuhan	Negara	In-Strength
1	Singapore	SGP	17,002,464
2	Shanghai	CHN	15,526,042
3	Shenzhen	CHN	14,773,035
4	Ningbo-Zhoushan	CHN	12,702,590
5	Busan	KOR	9,496,127
.
.
.
84	Jakarta	IDN	699,035

Tabel 4 Ranking pelabuhan berdasarkan out-strength 2019 (kapasitas muatan kapal yang keluar pelabuhan tersebut)

Rank	Pelabuhan	Negara	Out-Strength
------	-----------	--------	--------------

1	Singapore	SGP	15,357,318
2	Shanghai	CHN	14,541,830
3	Shenzhen	CHN	13,081,213
4	Ningbo-Zhoushan	CHN	12,080,154
5	Busan	KOR	8,881,295
.
.
.
63	Jakarta	IDN	1,099,445

Tabel 5 Ranking pelabuhan berdasarkan out-strength 2020 (kapasitas muatan kapal yang keluar pelabuhan tersebut)

Rank	Pelabuhan	Negara	Out-Strength
1	Singapore	SGP	15,950,115
2	Shanghai	CHN	14,146,220
3	Ningbo-Zhoushan	CHN	11,588,630
4	Busan	KOR	8,458,940
5	Hong Kong	CHN	8,382,050
.
.
.
73	Jakarta	IDN	856,100

Tabel 4, 5 dan 6 merupakan hasil perhitungan menggunakan persamaan 5 yang berfungsi untuk menghitung total kapasitas kargo yang keluar pada tahun 2019, 2020 dan 2021. Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta menduduki ranking ke 63, 73 dan 76 secara berturut-turut pada tahun 2019, 2020 dan 2021. Pada tabel-tabel tersebut Singapore selalu menjadi ranking 1 dengan selalu mencatatkan kargo diatas 15 juta TEU kargo keluar setiap tahunnya.

Tabel 6 Ranking pelabuhan berdasarkan out-strength 2021 (kapasitas muatan kapal yang keluar pelabuhan tersebut)

Rank	Pelabuhan	Negara	Out-Strength
1	Singapore	SGP	17,002,464
2	Shanghai	CHN	15,301,682
3	Shenzhen	CHN	14,773,035
4	Ningbo-Zhoushan	CHN	12,892,590
5	Busan	KOR	9,478,797
.
.
.
76	Jakarta	IDN	807,395

e) *Closeness centrality* dan *betweenness centrality*

Persamaan 6 dan 7 digunakan untuk menghitung *closeness centrality* dan *betweenness centrality* yang hasilnya tersaji dalam Tabel 7-12. Tabel-tabel tersebut menjelaskan posisi pelabuhan di Indonesia dalam GLSN berdasarkan aksesibilitasnya. Pada tabel 7-9, semakin tinggi nilai *closeness centrality* berarti semakin *central* pula lokasi pelabuhan tersebut dalam GLSN. Pada Tabel 10-12, semakin tinggi nilai *betweenness centrality* artinya semakin *central* peran pelabuhan tersebut dalam mengarahkan alur logistik dunia.

Tabel 7 Ranking pelabuhan berdasarkan *closeness centrality* 2019

Rank	Pelabuhan	Negara	Closeness Centrality
1	Serui	IDN	1
2	Providenciales	TCA	1
3	Salten	NOR	1
4	Dudinka	RUS	1
5	Lembar	IDN	1
.
.
.
55	Jakarta	IDN	0.281840341

Tabel 8 Ranking pelabuhan berdasarkan *closeness centrality* 2020

Rank	Pelabuhan	Negara	Closeness Centrality
1	Singapore	SGP	0.372955289
2	Rotterdam	NLD	0.344931921
3	Algeciras	ESP	0.342685371
4	Port Kelang	MYS	0.332200097
5	Shanghai	CHN	0.329956585
.
.
.
39	Jakarta	IDN	0.299868479

Tabel 9 Ranking pelabuhan berdasarkan *closeness centrality* 2021

Rank	Pelabuhan	Negara	Closeness Centrality
1	Jayapura	IDN	1
2	Providenciales	TCA	1
3	Dudinka	RUS	1
4	Lembar	IDN	1

5	Tidore	IDN	1
.
.
.
52	Jakarta	IDN	0.279770445

Tabel 10 Ranking pelabuhan berdasarkan *betweenness centrality* 2019

Rank	Pelabuhan	Negara	Betweenness Centrality
1	Singapore	SGP	215403.6717
2	Rotterdam	NLD	152189.6883
3	Busan	KOR	80630.06973
4	Shanghai	CHN	72334.58361
5	Pan Canal	PAN	69739.8577
.
.
.
32	Surabaya	IDN	19900.62591
105	Jakarta	IDN	6280.785487

Tabel 11 Ranking pelabuhan berdasarkan *betweenness centrality* 2020

Rank	Pelabuhan	Negara	Betweenness Centrality
1	Singapore	SGP	141028.555
2	Busan	KOR	73227.5386
3	Rotterdam	NLD	70168.25829
4	Algeciras	ESP	50115.4283
5	Piraeus	GRC	48698.23024
.
.
.
271	Surabaya	IDN	836.9926957
290	Jakarta	IDN	741.3120159

Tabel 12 Ranking pelabuhan berdasarkan *betweenness centrality* 2021

Rank	Pelabuhan	Negara	Betweenness Centrality
1	Singapore	SGP	255892.7613
2	Rotterdam	NLD	186847.7948
3	Busan	KOR	130260.6697
4	Pan Canal	PAN	78052.115
5	Shanghai	CHN	71945.30673
.
.
.

17	Surabaya	IDN	32785.27374
143	Jakarta	IDN	4476.473461

f) *Multi-centrality*

Menggunakan persamaan 8 *multi-centrality* menggabungkan *degree centrality*, *closeness centrality* dan *betweenness centrality* untuk mengetahui pelabuhan mana yang dianggap lebih penting dan *central* pada GLSN. Tabel 13-15 menggambarkan posisi *multi-centrality* pelabuhan di Indonesia di antara pelabuhan lainnya di dunia. Ada beberapa pelabuhan di wilayah timur Indonesia yang secara *multi-centrality* menduduki 10 besar pelabuhan penting dunia.

Tabel 13 Ranking pelabuhan berdasarkan *multi-centrality*

Rank	Pelabuhan	Negara	Multi-centrality
1	Singapore	SGP	2.829836391
2	Shanghai	CHN	1.778372225
3	Rotterdam	NLD	1.708336524
4	Shenzhen	CHN	1.4147498
5	Busan	KOR	1.447850418
.
.
.
7	Serui	IDN	1.00699593
80	Jakarta	IDN	0.392199507

Tabel 14 Ranking pelabuhan berdasarkan *multi-centrality*

Rank	Pelabuhan	Negara	Multi-centrality
1	Singapore	SGP	4.115164927
2	Busan	KOR	2.559248946
3	Shanghai	CHN	2.481983492
4	Rotterdam	NLD	2.336212254
5	Ningbo-Zhoushan	CHN	1.952540636
.
.
.
68	Jakarta	IDN	0.939570743

Tabel 15 Ranking pelabuhan berdasarkan *multi-centrality*

Rank	Pelabuhan	Negara	Multi-centrality
1	Singapore	SGP	2.818578831
2	Rotterdam	NLD	1.759803508
3	Shanghai	CHN	1.682848518
4	Busan	KOR	1.613587999
5	Shenzhen	CHN	1.548729042
.
.
.
7	Jayapura	IDN	1.008174382
103	Jakarta	IDN	0.352590929

IV. PEMBAHASAN

Global liner shipping network (GLSN) merupakan miniatur dari pertumbuhan perekonomian dan perdagangan dunia (17). Pada studi ini GLSN dibangun dengan lebih dari 3.000 pelabuhan dan 30.000 rute pelayaran yang menjangkau lebih dari 157 negara di dunia. Dari GLSN tersebut ditemukan bahwa pelabuhan-pelabuhan di Indonesia memiliki peran yang berbeda-beda. Berdasarkan *degree* dan *strength* nya pelabuhan Tanjung Priok Jakarta selalu menduduki posisi teratas dibanding dengan semua pelabuhan di Indonesia. Namun kendati demikian posisi pelabuhan Jakarta tersebut masih berada dikisaran ranking 70-an diantara semua pelabuhan di dunia. Artinya baik kapasitas maupun konektivitas masih perlu ditingkatkan untuk bisa sejajar dengan pelabuhan Singapore yang secara konsisten selalu menduduki peringkat pertama dari semua aspek.

Hal menarik ditemukan pada aspek *closeness centrality* dan *betweenness centrality*. Pada aspek tersebut posisi pelabuhan Jakarta hampir selalu ada di bawah pelabuhan lain di Indonesia seperti Pelabuhan Serui, Jayapura, Surabaya dan beberapa pelabuhan lainnya di kawasan timur Indonesia. Bahkan dari aspek *Closeness centrality* pelabuhan Serui dan Jayapura menduduki peringkat pertama pada tahun 2019 dan 2021. Artinya secara geografis, pelabuhan-pelabuhan tersebut memiliki lokasi yang *central* atau mudah dijangkau dari semua pelabuhan yang ada di dunia. Namun kedua pelabuhan tersebut masih sangat



lemah baik dari sisi *degree* maupun *strength* nya.

V. KESIMPULAN

Sebagai negara yang memiliki puluhan ribu pulau yang membentang dari barat ke timur sejauh 5.000 km, Indonesia harus memiliki jaringan logistik maritim yang kuat. Untuk mengkaji hal tersebut, data rute pelayaran *alphaliner* dari tahun 2019-2021 yang menjangkau lebih dari 157 negara di dunia digunakan untuk kemudian dibangun GLSN dan dianalisis propertinya.

Dari hasil analisis tersebut pelabuhan beberapa pelabuhan di Indonesia menduduki posisi teratas khususnya dalam aspek *closeness centrality*. Pelabuhan-pelabuhan yang menduduki posisi teratas tersebut sebagian besar terletak di wilayah timur Indonesia. Namun kendati demikian untuk aspek *degree* dan *strength* pelabuhan di Indonesia masih didominasi oleh pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta, meskipun posisinya masih jauh di bawah pelabuhan Singapore atau Shanghai yang secara konsisten selalu menduduki posisi teratas pada hampir semua aspek. Dengan kelebihan geografis yang ditunjukkan dengan *closeness centrality* pelabuhan di Indonesia bisa terus dikembangkan supaya bisa lebih bersaing lagi dengan pelabuhan-pelabuhan lainnya di dunia.

Study ini masih fokus pada kajian dasar tentang posisi pelabuhan Indonesia pada GLSN. Pada penelitian selanjutnya bisa lebih ditingkatkan dengan menggunakan metode-metode yang lebih komprehensif dan dengan menambahkan variable lain seperti volume perdagangan antar negara yang pengiriman barangnya melalui pelabuhan-pelabuhan tersebut.

Referensi

1. Destyanto AR, Huang Y, Verbraeck A. Examining the spatiotemporal changing pattern of freight maritime transport networks in Indonesia during COVID-19 outbreaks. *ACM Int Conf Proceeding Ser.* 2021;590–7.
2. Verhaeghe R, Halim RA, Tavasszy L. Chapter 6 - Optimizing the efficiency of the future maritime transport network of Indonesia. In: Kourounioti I, Tavasszy L, Friedrich H, editors. *Freight Transport Modeling in Emerging Countries* [Internet]. Elsevier; 2021. p. 109–34. (World Conference on Transport Research Society). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012821268400006X>
3. Komarudin, Triastika A, Rahman I. Designing liner shipping network in Indonesia with demand uncertainty. *Int J GEOMATE.* 2017;13(36):87–93.
4. Tu N, Adiputranto D, Fu X, Li ZC. Shipping network design in a growth market: The case of Indonesia. *Transp Res Part E Logist Transp Rev* [Internet]. 2018;117(October 2017):108–25. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.10.001>
5. United Nations. Review of Maritime Transport 2020. United Nation Conference on Trade and Development. 2020.
6. Gu B, Liu J. A systematic review of resilience in the maritime transport. *Int J Logist Res Appl* [Internet]. 2023;0(0):1–22. Available from: <https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2165051>
7. Bai X, Ma Z, Zhou Y. Data-driven static and dynamic resilience assessment of the global liner shipping network. *Transp Res Part E Logist Transp Rev* [Internet]. 2023;170(January):103016. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103016>
8. Calatayud A, Mangan J, Palacin R. Vulnerability of international freight flows to shipping network disruptions: A multiplex network perspective. *Transp Res Part E Logist Transp Rev.* 2017;108(November):195–208.
9. Xu M, Pan Q, Muscoloni A, Xia H, Cannistraci CV. Modular gateway-ness connectivity and structural core organization in maritime network science. *Nat Commun* [Internet]. 2020;11(1):1–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-16619-5>
10. Xu M, Pan Q, Xia H, Masuda N. Estimating international trade status of countries from global liner shipping networks: Shipping network and International trade. *R Soc Open Sci.* 2020;7(10).
11. Liu Z, Meng Q, Wang S, Sun Z. Global intermodal liner shipping network design. *Transp Res PART E* [Internet]. 2014;61:28–39. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2013.10.006>
12. Liu H, Tian Z, Huang A, Yang Z. Analysis of vulnerabilities in maritime supply chains. *Reliab Eng Syst Saf* [Internet]. 2018;169(June 2016):475–84. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.09.018>
13. Dirzka C, Acciaro M. Global shipping network dynamics during the COVID-19 pandemic's initial phases. *J Transp Geogr.* 2022;99:103265.
14. Notteboom T, Pallis T, Rodrigue JP. Disruptions and resilience in global container shipping and ports: the COVID-19 pandemic versus the 2008–2009 financial crisis [Internet]. Vol. 23, *Maritime Economics and Logistics*. Palgrave Macmillan UK; 2021. 179–210 p. Available from: <https://doi.org/10.1057/s41278-020-00180-5>
15. Xu M, Li T, Zhu Y, Deng W, Shen Y. Assessing the efficiency and vulnerability of global liner shipping network. 2023;(December 2022):1–27.
16. Vespignani A, Barrat A, Barthe M, Data WN. The architecture of complex weighted networks. 2004;
17. Kosowska-Stamirowska Z. Network effects govern the evolution of maritime trade. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2020;117(23):12719–28.