

Aplikasi Graf dalam Menentukan Jalur Perikanan di Indonesia

Doddy Aditya Wiranugraha 13517008¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13517008@std.stei.itb.ac.id

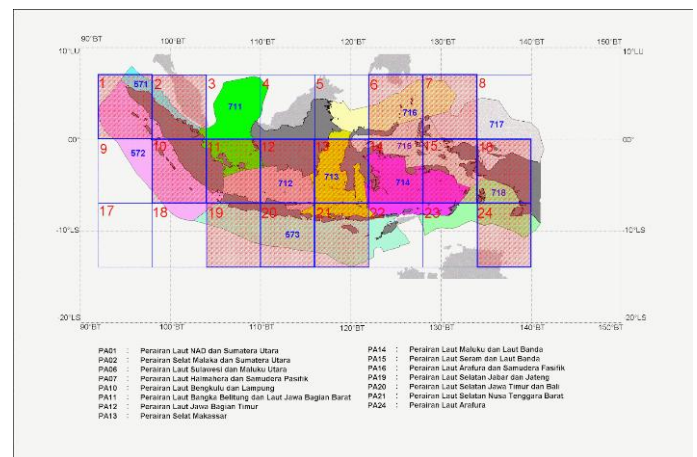
Abstrak—Perikanan merupakan suatu jenis kegiatan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya hayati di perairan. Industri perikanan merupakan sumber ekonomi maritim terbesar di Indonesia. Untuk memaksimalkan potensi industri perikanan di Indonesia, maka digunakan Zona Potensi Penangkapan Ikan. Jalur perikanan di Indonesia memiliki banyak jalur yang dapat menghubungkan suatu daerah dengan zona perikanan, serta suatu zona perikanan dengan zona perikanan lain. Dengan mengaplikasikan teori graf, penentuan jalur perikanan dapat dibuat sehingga jalur perikanan akan lebih efisien.

Kata Kunci—Graf, Jalur, Perikanan, Zona.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia dengan memiliki 17.499 pulau dari Sabang hingga Merauke. Indonesia juga merupakan Negara Maritim dengan luas perairan lebih besar dari pada luas daratan dengan luas total wilayah Indonesia adalah 7.810.000 km² yang terdiri dari 2.010.000 km² daratan, 3.250.000 km² lautan, serta 2.550.000 km² Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE)^[1]. Luasnya lautan memisahkan pulau-pulau yang ada di Indonesia, oleh karena itu dibutuhkan suatu transportasi, salah satu transportasi yang dapat melewati laut sebagai penghubung antar suatu pulau adalah kapal. Untuk mencapai suatu tujuan tentu dibutuhkan arah atau petunjuk. Kapal-kapal yang berlayar tentu akan memiliki suatu jalur. Jalur tersebut dapat dinyatakan sebagai graf dengan sisi menyatakan suatu jalur yang dilewati oleh sebuah kapal, dan simpul merupakan suatu pelabuhan yang berada di suatu daerah dan suatu titik di zona potensi perikanan.

Jalur perikanan ini tentunya merupakan sebuah hal yang banyak digunakan oleh para nelayan di Indonesia, baik nelayan kecil maupun nelayan dengan skala yang besar. Berikut ini adalah contoh sebuah zona perikanan yang ada di Indonesia.



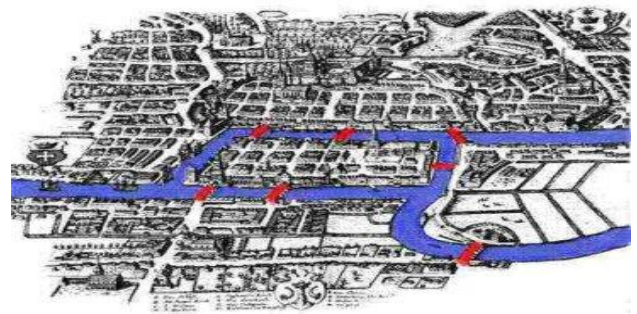
Gambar 1.1 Zona Potensi Penangkapan Ikan^[2]

II. TEORI DASAR

A. Graf

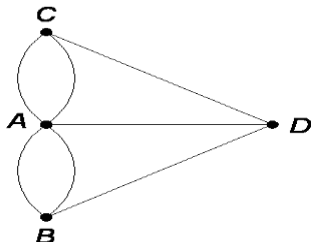
1. Sejarah Graf

Graf ditemukan pada tahun 1736 oleh matematikawan Swiss, L.Euler. Hal itu didasari oleh masalah jembatan Königsberg, di kota Königsberg, sekarang bernama Kaliningrad, terdapat sungai Pregal yang mengalir mengitari pulau Kneiphof dan bercabang menjadi dua buah anak sungai. Ada tujuh buah jembatan yang menghubungkan daratan yang dibelah oleh sungai tersebut. Masalah utama jembatan Königsberg adalah mungkin tidaknya melewati ketujuh jembatan yang berada di kota Königsberg ini masing-masing tepat satu kali dan kembali lagi ditempat semula.



Gambar 2.1 Jembatan Königsberg

Leonard Euler akhirnya menemukan jawaban masalah itu dengan pembuktian sederhana. Ia memodelkan masalah ini ke dalam graf. Daratan (titik-titik yang dihubungkan oleh jembatan) dinyatakan sebagai titik (noktah) yang disebut simpul (*vertex*) dan jembatan dinyatakan sebagai garis yang disebut sisi (*edge*). Setiap titik diberi label huruf A,B,C, dan D. Graf yang dibuat oleh Euler diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Graf yang merepresentasikan jembatan Königsberg

Jawaban yang dikemukakan oleh Euler adalah orang tidak mungkin melalui ketujuh jembatan itu masing-masing satu kali dan kembali lagi ke tempat asal keberangkatan jika derajat setiap simpul tidak seluruhnya genap. dengan derajat adalah banyaknya garis yang bersisian dengan noktah. Sebagai contoh, simpul C memiliki derajat 3 karena ada tiga buah garis yang bersisian dengannya.. simpul B dan D juga berderajat dua, sedangkan simpul A berderajat 5. Karena tidak semua simpul berderajat genap, maka tidak mungkin dilakukan perjalanan berupa sirkuit (yang dinamakan dengan sirkuit Euler) pada graf tersebut (Munir, 2005 : 354).

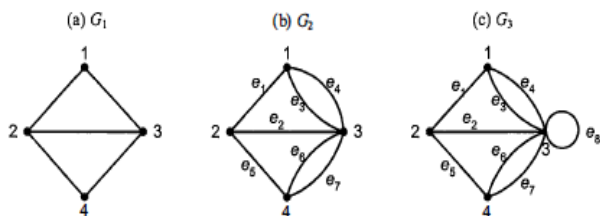
2. Definisi Graf

Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V,E), ditulis dengan notasi

$$G = (V,E)$$

yang dalam hal ini V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul. dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul.

Berikut adalah contoh dari graf :



Gambar 2.3

Pada gambar 2.3, G1 adalah graf dengan himpunan simpul V dan himpunan sisi E :

$$V = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$E = \{(1,2), (1,3), (2,3), (2,4), (3,4)\}$$

G2 adalah graf dengan himpunan simpul V dan himpunan sisi E :

$$V = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$E = \{(1,2), (1,3), (1,3), (2,3), (2,4), (3,4), (3,4)\}$$

G1 adalah graf dengan himpunan simpul V dan himpunan sisi E :

$$V = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$E = \{(1,2), (1,3), (1,3), (2,3), (2,4), (3,3), (3,4), (3,4)\}$$

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka secara umum graf digolongkan menjadi dua jenis :

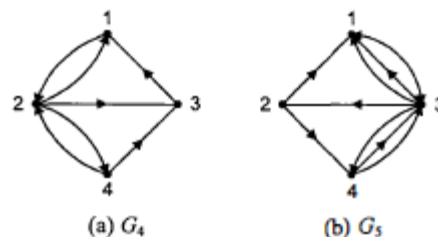
a. Graf sederhana (*simple graph*)

Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda dinamakan graf sederhana, seperti pada graf G1 pada gambar 2.3(a).

b. Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*)

Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana. Ada dua macam graf tak-sederhana, yaitu :

- **Graf ganda** (*multigraph*) adalah graf yang mengandung sisi ganda. Sisi ganda yang menghubungkan sepasang simpul bias lebih dari dua buah, seperti pada graf G2 pada gambar 2.3(b).
- **Graf semu** (*pseudograph*) adalah graf yang mengandung gelang(*loop*), seperti pada graf G3 pada gambar 2.3(c), terdapat sisi e8 yang merepresentasikan gelang(*loop*).



Gambar 2.4 (a)Graf berarah, (b)Graf ganda berarah

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan menjadi dua jenis :

1. Graf tak-berarah (*undirected graph*)

Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah. Pada graf tak-berarah, urutan pasang simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Tiga buah graf pada gambar 2.3 adalah graf sederhana.

2. Graf berarah (*directed graph*)

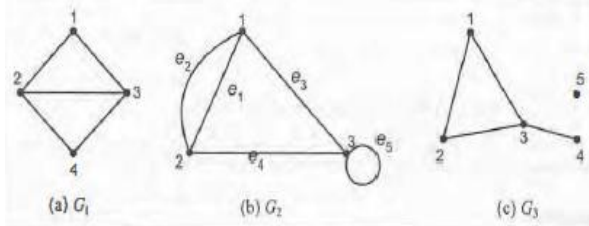
Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah. G4 pada gambar 2.4(a) adalah contoh graf berarah. Graf berarah sering dipakai untuk menggambarkan aliran proses. Pada graf berarah, gelang diperbolehkan, tetapi sisi ganda tidak.

Untuk lebih jelasnya, berikut tabel yang meringkas jenis-jenis graf :

Jenis	Sisi	Sisi ganda dibolehkan?	Sisi gelang dibolehkan?
Graf sederhana	Tak-berarah	Tidak	Tidak
Graf ganda	Tak-berarah	Ya	Tidak
Graf semu	Tak-berarah	Ya	Ya
Graf berarah	Berarah	Tidak	Ya
Graf-ganda berarah	Berarah	Ya	Ya

Tabel 2.1 Jenis-jenis graf

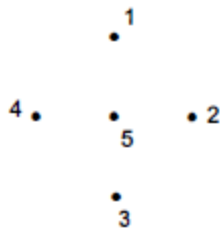
3. Terminologi Graf



Gambar 2.5 Tiga buah graf G_1 , G_2 , dan G_3

Ada beberapa terminologi atau istilah yang berkaitan dengan graf, berikut contohnya :

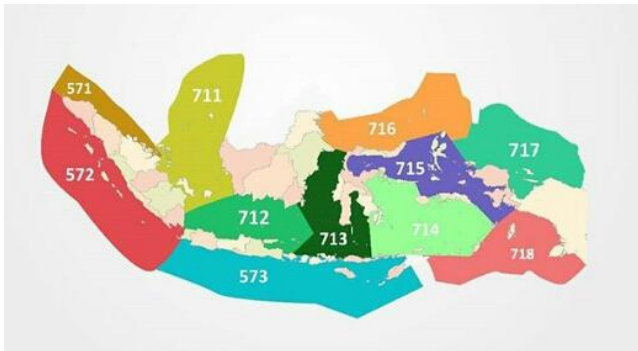
- Bertetangga (*Adjacent*)**
Pada graf tak berarah G dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung dengan sebuah sisi. Pada graf berarah G_4 pada Gambar 2.4(a), simpul 1 bertetangga dengan simpul 2, dan simpul 2 dikatakan tetangga dari simpul 1.
- Bersisian (*Incident*)**
Untuk sembarang sisi $e = (u, v)$, sisi e dikatakan bersisian dengan simpul u dan simpul v . Pada Gambar 2.5(a), sisi $(2, 3)$ bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, sisi $(2, 4)$ bersisian dengan simpul 2 dan simpul 4, tetapi sisi $(1, 2)$ tidak bersisian dengan simpul 4.
- Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)**
Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya, atau dapat juga dinyatakan bahwa simpul terpencil adalah simpul yang tidak satupun bertetangga dengan simpul-simpul lainnya. Pada Gambar 2.5(c), simpul 5 adalah simpul terpencil.
- Graf Kosong (*Null Graph* atau *Empty Graph*)**
Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong disebut sebagai graf kosong dan dapat ditulis sebagai N_n , yang dalam hal ini n adalah jumlah simpul.



Gambar 2.6 Graf kosong N_5

- Derajat (*Degree*)**
Derajat suatu simpul pada graf tak-berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Notasi $d(v)$ menyatakan derajat simpul v . Pada Gambar 8.5(a), $d(1) = d(4) = 2$, $d(2) = d(3) = 3$. Simpul terpencil adalah simpul dengan $d(v) = 0$, karena tidak ada satupun sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Pada gambar 8.5(c), $d(5) = 0$. Sisi gelang (*loop*) dihitung berderajat dua. Jadi, graf pada Gambar 8.5(b), $d(2) = 4$.
- Lintasan (*Path*)**
Lintasan dengan panjang n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$.
- Sirkuit (*Circuit*)**
Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sirkuit. Pada Gambar 2.5(a), 1, 2, 3, 1 adalah sebuah sirkuit, dengan panjang sebesar 3.
- Terhubung (*Connected*)**
Dua buah simpul u dan simpul v dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari u ke v . Graf tak-berarah dikatakan graf terhubung jika untuk setiap pasang simpul u dan v di dalam himpunan V terdapat lintasan dari u ke v yang juga harus ada lintasan dari v ke u . Pada graf berarah G dikatakan terhubung jika graf tak-berarahnya terhubung (graf tak-berarah dari G diperoleh dengan menghilangkan arahannya).
- Upagraf (*Subgraph*)**
Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. Maka $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf (*subgraph*) dari G jika V_1 adalah himpunan bagian dari V dan E_1 adalah himpunan bagian dari E .
- Upagraf Merentang (*Spanning Subgraph*)**
Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dari $G = (V, E)$ dikatakan upagraf merentang jika simpul G_1 (V_1) mengandung semua simpul dari G (V).
- Cut-Set**
Cut-set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung. Jadi, cut-set selalu menghasilkan dua buah komponen terhubung.
- Graf Berbobot (*Weighted Graph*)**
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot), istilah lainnya adalah graf berlabel.

III. PENERAPAN GRAF UNTUK MENENTUKAN JALUR PERIKANAN



Gambar 3.2 Zona Potensi Penangkapan Ikan^[4]

Pada kasus penentuan jalur perikanan, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu jarak antar pelabuhan dengan zona potensi penangkapan ikan dan waktu tempuh.

Untuk memodelkan jalur perikanan yang ada di Indonesia, penulis merepresentasikan jalur tersebut sebagai graf, dengan simpul menyatakan pelabuhan perikanan dan zona potensi penangkapan ikan serta sisi menyatakan jalur yang dilewati oleh kapal.

Kasus yang dimodelkan dari persoalan ini adalah kapal harus melewati zona tertentu dikarenakan zona tersebut merupakan tempat jenis perikanan yang berbeda antar zona yang satu dengan yang lainnya.

Langkah-langkah pemodelan graf pada kasus ini adalah mirip seperti mencari lintasan terpendek (*shortest path*), graf yang digunakan adalah graf berbobot, yaitu graf yang setiap sisinya diberikan nilai, dalam hal ini bobot menyatakan waktu yang ditempuh oleh kapal untuk melakukan suatu perjalanan dari pelabuhan ke zona penangkapan ikan maupun ke pelabuhan lain. Semua nilai yang digunakan pada bobot graf yang akan dibuat penulis adalah bernilai positif.

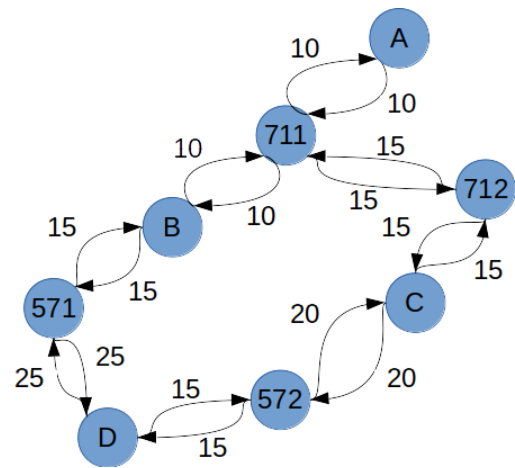
Ada beberapa macam persoalan mengenai lintasan terpendek, antara lain :

1. Lintasan terpendek antara 2 buah simpul
2. Lintasan terpendek antara semua pasangan simpul
3. Lintasan terpendek dari simpul tertentu ke simpul yang lain
4. Lintasan terpendek antara dua buah simpul yang melalui beberapa simpul tertentu

Dalam hal ini penulis akan membahas mengenai masalah persoalan ke 4, dan memodelkannya dalam bentuk graf, dengan notasi sebagai berikut $G = (V,E)$, dengan rincian sebagai berikut

$$V = \{ (A, B, C, D, 571, 572, 711, 712) \}$$

$$E = \{ (A, 711), (711, A), (711, 712), (712, 711), (712, C), (C, 712), (C, 572), (572, C), (572, D), (D, 572), (D, 571), (571, D), (571, B), (B, 571), (B, 711), (711, B) \}$$



Gambar 3.3 Representasi Graf

- A : Pelabuhan 1
- B : Pelabuhan 2
- C : Pelabuhan 3
- D : Pelabuhan 4
- 571 : Zona 571
- 572 : Zona 572
- 711 : Zona 711
- 712 : Zona 712

Dengan menggunakan graf berbobot berupa waktu tempuh perjalanan, dalam graf ini sesuai gambar 3.3, ukuran waktu tempuh yang digunakan adalah dalam satuan jam, maka akan dapat ditentukan jalur tercepat untuk menempuh perjalanan.

IV. PENENTUAN JALUR PERIKANAN BERDASARKAN GRAF

Berdasarkan Gambar 3.3 penulis telah memodelkan jalur perikanan, maka akan ditentukan jalur tersebut dengan memakan waktu tempuh yang paling singkat.

Penentuan titik awal dilakukan secara *random*, misalkan kita pilih pelabuhan 1 dan akan menuju pelabuhan 4 kemudian kembali ke tujuan awal yaitu pelabuhan 1, penulis membuat suatu kondisi permasalahan dimana syarat kapal untuk menuju ke pelabuhan 4 adalah harus mengangkut sebuah komoditi ikan yang terdapat di zona 712 dan zona 571, terdapat beberapa alternatif jalur yang dapat ditempuh yaitu :

1. A-711-712-711-B-571-D-571-B-711-A
2. A-711-712-711-B-571-D-572-C-712-711-A
3. A-711-B-571-B-711-712-C-572-D-571-B-711-A
4. A-711-B-571-B-711-712-C-572-D-572-C-712-711-A

Untuk alternatif **pertama**, waktu yang diperlukan untuk menempuh seluruh perjalanan adalah sebagai berikut :

Jalur	Waktu (Jam)
Pelabuhan 1 – Zona 711	10
Zona 711 – Zona 712	15
Zona 712 – Zona 711	15
Zona 711 – Pelabuhan 2	10
Pelabuhan 2 – Zona 571	15
Zona 571 – Pelabuhan 4	25
Pelabuhan 4 – Zona 571	25
Zona 571 - Pelabuhan 2	15

Pelabuhan 2 – Zona 711	10
Zona 711 – Pelabuhan 1	10
Total	150

Untuk alternatif **kedua**, waktu yang diperlukan untuk menempuh seluruh perjalanan adalah sebagai berikut :

Jalur	Waktu (Jam)
Pelabuhan 1 – Zona 711	10
Zona 711 – Zona 712	15
Zona 712 – Zona 711	15
Zona 711 – Pelabuhan 2	10
Pelabuhan 2 – Zona 571	15
Zona 571 – Pelabuhan 4	25
Pelabuhan 4 – Zona 572	15
Zona 572 - Pelabuhan 3	20
Pelabuhan 3 – Zona 712	15
Zona 712 – Zona 711	15
Zona 711 – Pelabuhan 1	10
Total	165

Untuk alternatif **ketiga**, waktu yang diperlukan untuk menempuh seluruh perjalanan adalah sebagai berikut :

Jalur	Waktu (Jam)
Pelabuhan 1 – Zona 711	10
Zona 711 – Pelabuhan 2	15
Pelabuhan 2 – Zona 571	15
Zona 571 – Pelabuhan 2	15
Pelabuhan 2 – Zona 711	10
Zona 711 – Zona 712	15
Zona 712 – Pelabuhan 3	15
Pelabuhan 3 – Zona 572	20
Zona 572 – Pelabuhan 4	15
Pelabuhan 4 – Zona 571	25
Zona 571 – Pelabuhan 2	15
Pelabuhan 2 – Zona 711	10
Zona 711 – Pelabuhan 1	10
Total	190

Untuk alternatif **keempat**, waktu yang diperlukan untuk menempuh seluruh perjalanan adalah sebagai berikut :

Jalur	Waktu (Jam)
Pelabuhan 1 – Zona 711	10
Zona 711 – Pelabuhan 2	10
Pelabuhan 2 – Zona 571	15
Zona 571 – Pelabuhan 2	15
Pelabuhan 2 – Zona 711	10
Zona 711 – Zona 712	15
Zona 712 – Pelabuhan 3	15
Pelabuhan 3 – Zona 572	20
Zona 572 – Pelabuhan 4	15
Pelabuhan 4 – Zona 572	15
Zona 572 – Pelabuhan 3	20
Pelabuhan 3 – Zona 712	15

Zona 712 – Zona 711	15
Zona 711 – Pelabuhan 1	10
Total	200

Dari keempat alternatif yang telah dibuat oleh penulis, model alternatif pertama merupakan jalur yang paling efisien oleh sebuah kapal untuk pergi dari pelabuhan 1 ke pelabuhan 4 dengan masalah yang dimisalkan dengan harus melewati zona tertentu, yaitu zona 712 dan 571.

Pada dunia nyata, hal-hal lain yang perlu diperhatikan dalam menentukan jalur perikanan yaitu :

1. Kapasitas penyimpanan (*storage*)

Untuk perjalanan yang membutuhkan kapasitas penyimpanan ikan dengan jumlah besar maka dibutuhkan kapal yang mungkin akan lebih besar dibandingkan dengan perjalanan yang membutuhkan kapasitas penyimpanan ikan dengan jumlah yang lebih sedikit.

2. Jenis kapal

Apakah kapal tersebut jelas mampu melewati suatu medan di jalur tersebut atau tidak. Hal ini berhubungan dengan nomor 1, dimana kapal yang memiliki kapasitas penyimpanan yang besar akan dialokasikan untuk menempuh perjalanan yang membutuhkan kapasitas besar pula.

Jadi, penentuan jalur perikanan didalam kehidupan nyata tidak akan sesederhana seperti yang penulis contohkan dalam makalah ini, namun tetap bisa diaplikasikan dengan teori graf.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pemaparan diatas adalah sebagai berikut :

- Teori graf memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari dan juga dalam berbagai bidang, dalam hal ini penulis memilih dalam bidang perikanan.
- Jalur perikanan yang dibuat oleh penulis dapat ditentukan dengan membuat graf dengan simpul yang merepresentasikan pelabuhan dan zona yang dilewati oleh kapal, serta sisi yang merepresentasikan jalur yang dilewati oleh kapal.
- Teori graf dapat digunakan untuk penentuan jalur perikanan dan dapat juga untuk menentukan waktu tempuh perjalanan yang paling singkat untuk jalur perikanan di Indonesia.
- Dalam hal ini penulis memberikan contoh pada makalah dengan hal yang sederhana. Pada kehidupan nyata, banyak hal-hal penting yang perlu diperhatikan, namun bukan berarti teori graf tidak dapat digunakan, hanya saja penulis kurang mampu untuk memodelkan permasalahan seperti di dunia nyata.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan sebesar-besarnya kepada orang tua penulis, yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dimanapun dan kapanpun. Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Dra. Harlili M.Sc, Dr. Ir. Rinaldi Munir M.T., dan Drs. Judhi Santoso M.Sc. sebagai dosen mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit atas bimbingannya dalam menyelesaikan mata kuliah ini dan makalah ini, serta teman-teman yang telah memberikan dukungannya kepada saya selama ini.

DAFTAR REFERENSI

- [1] <https://kkp.go.id/artikel/2233-maritim-indonesia-kemewahan-yang-luar-biasa> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [2] <http://tivalgodoras.blogspot.com/2011/05/zona-potensi-penangkapan-ikan-zppi.html> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [3] <https://www.scribd.com/doc/51801211/SEJARAH-LAHIRNYA-TEORI-GRAPH> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [4] <http://perikananku-id.blogspot.com/2017/10/pembagian-wilayah-pengelolaan-perikanan.html> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [5] Munir, Rinaldi. 2005. Matematika Diskrit. Bandung.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 8 Desember 2018



Doddy Aditya Wiranugraha
13517008