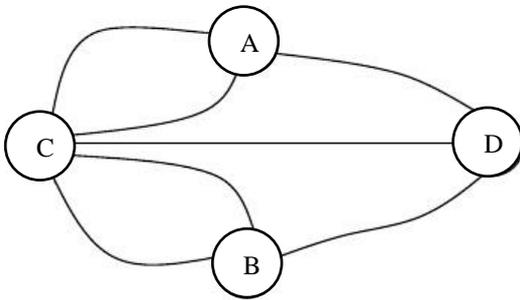


Gambar 2.1 Jembatan Königsberg<sup>[1]</sup>

Leonard Euler secara singkat menjelaskan dalam tulisannya bahwa permasalahan tersebut dapat digambarkan sebagai apa yang kita sebut sekarang sebagai graf. Gambar 2.2 menunjukkan gambaran yang dibuat oleh Leonard Euler.



Gambar 2.2 Desain Graf Euler untuk Jembatan Königsberg

(Sumber: <https://html1-f.scribdassets.com/12awww3ri84a14h0/images/2-7309e0daa7.jpg>)

Leonard Euler menjelaskan bahwa dalam permasalahan tersebut, terdapat dua daratan dan dua tepian yang dinyatakan sebagai simpul (tepiian A, tepiian B, daratan C, daratan D). Garis yang menghubungkan antar sisi merupakan jembatan yang menghubungkan antar daratan dan tepiian. Euler mengemukakan teoremanya yang mengatakan bahwa perjalanan yang diinginkan di atas (yang kemudian dikenal sebagai perjalanan Euler) akan ada apabila graf terhubung dan banyaknya garis yang datang pada setiap titik (derajat simpul) adalah genap.

## 2. Definisi Graf

Graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan

$G = (V, E)$ , dalam hal ini :

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$$

$$E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$$

$V$  merupakan himpunan tidak kosong simpul-simpul, sedangkan  $E$  adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul.

$E$  boleh saja kosong, sedangkan  $V$  tidak boleh kosong. Hal ini dapat dihubungkan dengan masalah transportasi di perkotaan, tidak mungkin ada jalan dibuat tanpa memiliki tempat yang ingin dihubungkan. Tetapi dapat saja suatu tempat tidak memiliki akses ke tempat lainnya.

## 3. Terminologi Graf

Ada beberapa terminologi atau istilah-istilah yang digunakan dalam teori graf, diantaranya adalah:

### a) Bersisian

Bersisian berarti suatu sisi menghubungkan antara dua buah simpul. Sisi tersebut dikatakan bersisian dengan dua buah simpul yang dihubungkan olehnya, atau dengan kata lain untuk sembarang sisi  $e = (v_i, v_j)$ , sisi  $e$  bersisian dengan simpul  $v_i$  dan simpul  $v_j$ .

### b) Bertetangga

Bertetangga berarti misal ada dua buah simpul yang terhubung langsung oleh sebuah sisi. Maka dua simpul tersebut dikatakan bertetangga.

### c) Graf Kosong

Graf yang isinya tidak mempunyai sisi sama sekali. Graf kosong bisa berbentuk graf yang mengandung banyak simpul atau tidak ada simpul namun tidak terhubung oleh satu sisi pun.

### d) Graf Berbobot

Graf yang setiap sisinya memiliki bobot, nilai, atau harga yang menunjukkan suatu ukuran tertentu seperti jarak, waktu atau harga. Graf ini dapat menjadi representasi dari sistem transportasi yang biasanya bobotnya berupa jarak.

### e) Derajat

Derajat adalah jumlah sisi yang terhubung atau bersisian dengan suatu simpul.

### f) Terhubung

Dua simpul dapat dikatakan terhubung apabila terdapat lintasan diantara kedua simpul.

### g) Lintasan

Barisan selang-seling antara simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk  $v_1, e_1, v_2, e_2, \dots, v_n$ .

### h) Sirkuit/siklus

Lintasan yang berupa sirkuit, yaitu lintasan yang

berawal dari suatu simpul dan berakhir pada simpul yang sama.

i) Simpul terpencil

Simpul yang tidak terhubung sama sekali ke simpul lainnya, atau simpul yang sama sekali tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.

j) Cut Set

Cut set dari graf terhubung  $G$  adalah himpunan sisi yang dibuang dari  $G$  menyebabkan  $G$  menjadi tidak terhubung.

k) Upagraf (*Sub-Graph*)

Misalkan  $G = (V, E)$  merupakan sebuah graf.  $G_1 = (V_1, E_1)$  adalah upagraf dari  $G$  jika  $V_1$  merupakan himpunan bagian dari  $V$  dan  $E_1$  merupakan himpunan bagian dari  $E$ .

l) Gelang

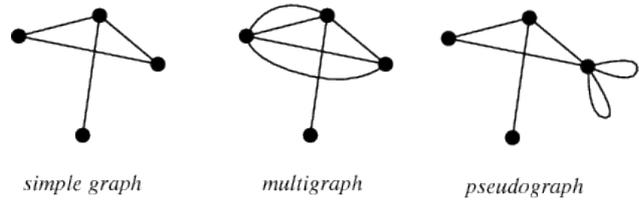
Garis dari suatu simpul yang terhubung dari simpul tersebut dan kembali terhubung kepada dirinya sendiri.

4. Jenis-Jenis Graf

Jenis-jenis graf dapat dikelompokkan berdasarkan ada atau tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, dan berdasarkan orientasi arah pada sisi yang dimiliki oleh suatu graf.

Berdasarkan ada atau tidaknya gelang atau sisi pada suatu graf, graf dapat digolongkan menjadi graf sederhana (*simple graph*) dan graf tidak sederhana (*unsimple graph*). Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda, sedangkan graf tidak sederhana mengandung gelang atau sisi ganda. Graf tidak sederhana terbagi lagi menjadi graf ganda (*multigraph*) dan graf semu (*pseudograph*). Graf ganda dapat mengandung sisi ganda, sedangkan graf semu dapat memiliki gelang maupun sisi ganda.

Berdasarkan orientasi arah yang dimiliki oleh sisi-sisi pada graf, graf dapat digolongkan menjadi graf tak-berarah dan graf berarah. Graf berarah memiliki sisi yang berbentuk panah. Simpul pada graf berarah terbagi dua menjadi simpul asal (*initial vertex*) dan simpul terminal (*terminal vertex*). Graf berarah dapat memiliki sisi gelang, graf ganda berarah dapat memiliki sisi ganda maupun sisi gelang. Graf tidak berarah adalah graf biasa, yaitu graf yang sisi-sisinya hanya berupa garis yang tidak punya penunjuk.



Gambar 2.3 Jenis-Jenis Graf

(Sumber : [http://mathworld.wolfram.com/images/eps-gif/GraphsSimple\\_800.gif](http://mathworld.wolfram.com/images/eps-gif/GraphsSimple_800.gif))

5. Alur-Pelayaran di Indonesia

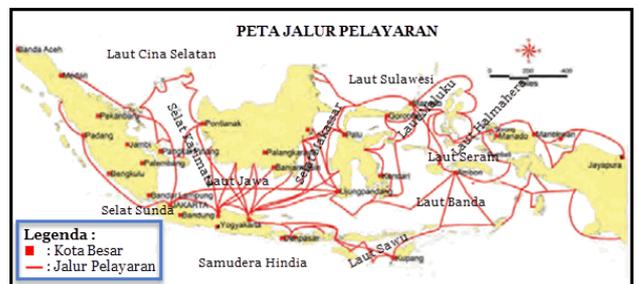
Alur pelayaran di laut Indonesia telah diatur oleh Menteri Perhubungan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 129 Tahun 2016 tentang alur-pelayaran di laut dan bangunan dan/atau instalasi di perairan.

Peraturan ini mempengaruhi penentuan jalur atau rute perairan yang dapat dilewati oleh kapal dalam mencapai tujuan.

Dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa dalam menentukan rute harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut<sup>[6]</sup>:

- Keberadaan sistem rute di area yang akan ditetapkan
- Keadaan *traffic* kapal dan kemungkinan perubahan kondisi *traffic*
- Keberadaan area penangkapan ikan
- Keberadaan serta kemungkinan perkembangan eksplorasi lepas pantai, eksploitasi *sea bed* dan *subsoil*
- Keandalan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran, *Hydrographic survey* dan peta laut
- Keadaan geografis
- Keberadaan serta kemungkinan perkembangan daerah konservasi.

Gambar 2.3 memperlihatkan gambaran bagaimana rute pelayaran yang ada di Indonesia.

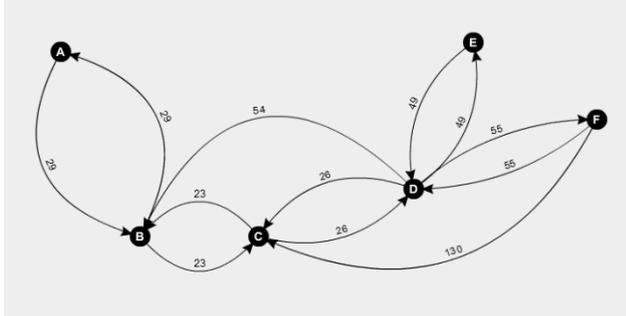


Gambar 2.4 Peta Jalur Pelayaran Indonesia

(Sumber: [http://2.bp.blogspot.com/-cwJS2BO6rBc/VVTPdEXPdHI/AAAAAAAAACfk/MVp1\\_FcbtVE/s1600/jalur\\_pelayaran.gif](http://2.bp.blogspot.com/-cwJS2BO6rBc/VVTPdEXPdHI/AAAAAAAAACfk/MVp1_FcbtVE/s1600/jalur_pelayaran.gif))

### III. PENGGUNAAN GRAF DALAM MENENTUKAN JALUR PELAYARAN KAPAL DI PERAIRAN INDONESIA

Peta jalur pelayaran yang terdapat di Indonesia pada beberapa pelabuhan-pelabuhan strategis di Indonesia dapat diubah menjadi graf sebagai berikut.



Gambar 3.1 Jalur Pelayaran

- A : Pelabuhan Belawan
- B : Pelabuhan Tanjung Priok
- C : Pelabuhan Surabaya
- D : Pelabuhan Makassar
- E : Pelabuhan Bitung
- F : Pelabuhan Sorong

Dengan menggunakan graf berbobot (dalam satuan jam) kita dapat menentukan rute perjalanan tercepat yang dapat dilalui. Bobot yang digunakan adalah waktu perjalanan, karena pada pelabuhan yang ramai, waktu tempuhnya akan lebih lama jika dibanding dengan berangkat atau menuju ke pelabuhan yang lebih sepi, dikarenakan pengaturan *traffic* kapal yang akan berlabuh dan kapal yang akan menepi.

### IV. PENENTUAN JALUR PELAYARAN BERDASARKAN GRAF

Berdasarkan gambar 3.1, akan ditentukan contoh perjalanan yang ingin dilakukan jika ingin menempuh perjalanan dari suatu pelabuhan ke pelabuhan tujuan dan menentukan rute yang memakan waktu paling singkat.

Jika kita berada di pelabuhan Tanjung Priok dan akan menuju ke Pelabuhan Bitung dan kembali lagi ke Tanjung Priok kembali dengan terlebih dahulu ke pelabuhan Sorong, ada beberapa alternative lintasan yang dapat ditempuh, yaitu :

- B-C-D-E-D-F-D-C-B
- B-C-D-E-D-F-C-B
- B-C-D-E-D-F-D-B

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

Rute	Waktu (jam)
Tj. Priok - Surabaya	23
Surabaya - Makassar	26

Makassar - Bitung	49
Bitung - Makassar	49
Makassar - Sorong	55
Sorong - Makassar	55
Makassar - Surabaya	26
Surabaya - Tj. Priok	23
Total	306

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

Rute	Waktu (Jam)
Tj. Priok - Surabaya	23
Surabaya - Makassar	26
Makassar - Bitung	49
Bitung - Makassar	49
Makassar - Sorong	55
Sorong - Surabaya	130
Surabaya - Tj. Priok	23
Total	355

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

Rute	Waktu (Jam)
Tj. Priok - Surabaya	23
Surabaya - Makassar	26
Makassar - Bitung	49
Bitung - Makassar	49
Makassar - Sorong	55
Sorong - Makassar	55
Makassar - Tj. Priok	54
Total	311

Jadi dapat disimpulkan bahwa lintasan yang paling singkat waktu tempuhnya adalah lintasan alternatif pertama. Hal ini karena terdapat jalur yang transit terlebih dahulu, ada jalur yang tidak transit.

Mengapa jalur transit memakan waktu lebih sedikit? Menurut pendapat saya pribadi berdasarkan peraturan sistem alur-pelayaran Indonesia bahwa *traffic* kedua kapal yang transit dan tidak transit berbeda. Kapal yang tidak transit mengambil jalan yang relative lebih panjang karena ada pulau pulau diantara jalur tersebut, seperti di jalur pelayaran dari pelabuhan Sorong ke Pelabuhan Surabaya, terdapat Pulau Seram dan Sulawesi di jalur pelayaran jika mengamil garis lurus.

### V. KESIMPULAN

Teori graf dapat digunakan untuk menjelaskan penentuan jalur pada pelayaran di Indonesia serta dapat juga untuk menentukan jalur pelayaran tercepat dengan waktu tempuh yang paling singkat untuk sistem pelayaran di Indonesia.

### VII. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan syukur dan terima kasih kepada Allah SWT karena makalah ini telah terselesaikan. Penulis

juga mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. dan Dra. Harlili S., M.Sc. atas bimbingannya. Serta terimakasih kepada pihak lain yang turut membantu dalam pembuatan makalah ini.

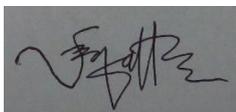
#### REFERENCES

- [1] Wibawandika, Rahadian, 2016, "Teori Dasar Graf 1", [https://www.academia.edu/10367476/TEORI\\_DASAR\\_GRAF\\_1/](https://www.academia.edu/10367476/TEORI_DASAR_GRAF_1/), diakses tanggal 9 Desember 2016.
- [2] PresidenRI.go.id, "Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia", <http://presidenri.go.id/maritim/indonesia-sebagai-poros-maritim-dunia.html/>, diakses tanggal 9 Desember 2016.
- [3] Portal Nasional Republik Indonesia, 2016, "Geografi Indonesia", [http://indonesia.go.id/?page\\_id=479&lang=id/](http://indonesia.go.id/?page_id=479&lang=id/), diakses tanggal 9 Desember 2016.
- [4] Sumadi, Budi karya, 2016, "Peraturan Menteri Perhubungan", [http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2016/PM\\_129\\_Tahun\\_2016.pdf/](http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2016/PM_129_Tahun_2016.pdf/), diakses pada tanggal 9 Desember 2016.
- [5] Fkpmaritim.org, 2015, "Kepentingan Indonesia dalam ASEAN Maritim", <http://www.fkpmaritim.org/kepentingan-indonesia-dalam-asean-maritime-forum-2/>, diakses tanggal 9 Desember 2016.
- [6] Mikirbae.com, 2015, "Sarana dan Prasarana Mobilitas Penduduk", <http://www.mikirbae.com/2015/05/sarana-dan-prasarana-mobilitas-penduduk.html>, diakses tanggal 9 Desember 2016.
- [7] Oktaviani, Andra, 2012, "Menikmati Kenyamanan Membelah Laut Jawa", <http://jabar.tribunnews.com/2012/10/31/menikmati-kenyamanan-membelah-laut-jawa/>, diakses tanggal 9 Desember 2016.
- [8] Weisstein, Eric W. "Graph." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/Graph.html/> diakses tanggal 9 Desember 2016.

#### 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, 9 Desember 2016



Vigor Akbar  
13515031