

# Aplikasi Traveling Salesman Problem dalam Pembuatan Jalur Monorail yang Melewati Semua Pantai di Pulau Belitung

Ricky Yuliawan 13517025<sup>1</sup>  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
<sup>1</sup>13517025@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Indonesia merupakan negara kepulauan, sehingga di Indonesia tersimpan banyak pantai-pantai yang menyimpan keindahan alamnya yang memesona. Pantai adalah salah satu destinasi wisata yang paling banyak dikunjungi pada saat akhir pekan dan liburan. Daerah yang memiliki banyak pantai-pantai yang memiliki keindahan alamnya adalah Pulau Belitung, salah satunya adalah Pantai Tanjung Tinggi, pantai yang ditampilkan keindahannya melalui film Indonesia yang sangat menginspirasi, Laskar Pelangi. Selain itu masih banyak lagi pantai-pantai yang memiliki keindahan alamnya. Untuk meningkatkan sarana dan prasarana dalam mengunjungi pantai-pantai tersebut diperlukan monorail yang melewati seluruh pantai. Makalah ini akan menjelaskan bagaimana aplikasi traveling salesman problem untuk pembuatan jalur *monorail* yang menghubungkan semua pantai di Pulau Belitung.

**Kata Kunci**—pantai, *monorail*. Graf, TSP, hamilton, simpul, jalur, sirkuit, Belitung

## I. PENDAHULUAN

Pulau Belitung adalah salah satu pulau yang ada di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pulau ini berada di sebelah timur Sumatra dan sebelah barat Kalimantan, serta diapit oleh Selat Gaspar dan Selat Karimata. Pulau Belitung terbagi menjadi 2 kabupaten yaitu Kabupaten Belitung dan Kabupaten Belitung Timur. Kabupaten Belitung beribukota di Tanjung Pandan, sedangkan Kabupaten Belitung Timur beribukota di Manggar. Secara geografis, Pulau Belitung terletak pada  $107^{\circ}31,5'$  -  $108^{\circ}18'$  Bujur Timur dan  $2^{\circ}31,5'$ - $3^{\circ}6,5'$  Lintang Selatan. Secara keseluruhan luas Pulau Belitung mencapai 4.801 km<sup>2</sup>. Pulau Belitung di sebelah utara dibatasi oleh Laut Cina Selatan, sebelah timur berbatasan dengan selat Karimata, sebelah selatan berbatasan dengan Laut Jawa dan sebelah barat berbatasan dengan selat Gaspar.<sup>[1]</sup>

Pariwisata di Belitung mulai tumbuh pada awal 2000an, sekarang pariwisata Pulau Belitung mulai mengalami peningkatan yang pesat sejak tayangnya film Laskar Pelangi pada tahun 2008, destinasi wisata di Pulau Belitung seperti Gantung, Pantai Tanjung Tinggi, Tanjung Kelayang, dan Pulau Lengkuas.



Gambar 1.1. Pulau Belitung di peta

Pantai adalah daerah perbatasan antara daratan dengan lautan yang terdiri dari pasir dan terdapat di pesisir laut. Di Indonesia sendiri, terdapat banyak sekali pantai yang sudah dikenal oleh masyarakatnya, hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara maritim, dimana Indonesia adalah negara yang sebagian besar berupa perairan. Sekarang juga pantai-pantai di Indonesia sudah mulai dikenal oleh orang-orang dari luar Indonesia, hal ini juga membuat banyak wisatawan dari bangsa-bangsa lain datang ke Indonesia untuk menikmati keindahan pantai di Indonesia. Pantai merupakan wilayah dengan nilai ekonomis tinggi, dan terkadang menjadi aset penting bagi suatu negara.<sup>[2]</sup> Salah satu daerah di Indonesia yang memiliki banyak pantai-pantai dengan keindahan alamnya yang terkenal adalah Pulau Belitung. Pantai-pantai di Pulau Belitung menjadi andalan para wisatawan. Pantai-pantai di Belitung memiliki air laut yang jernih berwarna biru dengan ombak yang tenang, seperti kolam renang raksasa. Selain itu juga, terdapat nampak bebatuan besar tersebar secara tidak beraturan di tepiannya yang membuat pemandangannya menjadi indah dan mengagumkan. Dalam meningkatkan sarana dan prasarana untuk destinasi wisata pantai di Belitung, diperlukanlah transportasi yang sekiranya lebih membantu para wisatawan untuk berkunjung dari satu tempat wisata ke tempat wisata lainnya dengan cepat, seperti *monorail*.

*Monorail* atau Rel Kecil adalah sebuah metro atau rel dengan jalur yang terdiri dari rel tunggal, berlainan dengan rel tradisional yang memiliki dua rel paralel dan dengan

sendirinya, kereta lebih lebar daripada relnya. Biasanya rel terbuat dari beton dan roda keretanya terbuat dari karet, sehingga tidak sebingas kereta konvensional.<sup>[3]</sup> Kelebihan dari *monorail* adalah membutuhkan ruang yang kecil baik ruang vertikal maupun horizontal, terlihat lebih ringan daripada kereta konvensional, tidak berisik, serta lebih aman karena dengan kereta yang memegang rel, risiko terguling jauh lebih kecil dan juga risiko menabrak pejalan kaki pun sangat minim.



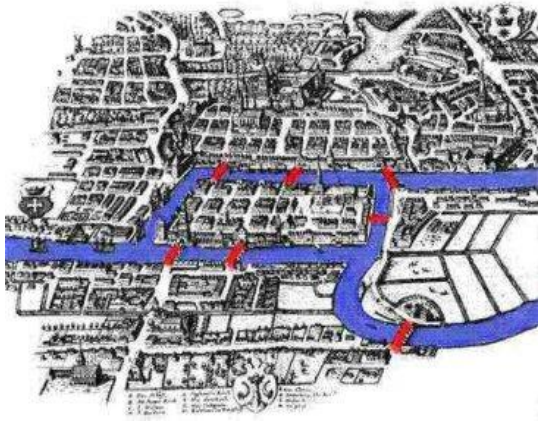
Gambar 1.2. Monorail

## II. LANDASAN TEORI

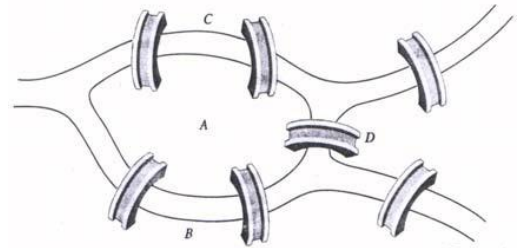
### 2.1. Teori Graf

Graf adalah himpunan benda-benda yang disebut "simpul" (vertex atau node) yang terhubung oleh "sisi" (*edge*) atau "busur" (*arc*). Biasanya graf digambarkan sebagai kumpulan titik-titik (melambangkan "simpul") yang dihubungkan oleh garis-garis (melambangkan "sisi") atau garis berpanah (melambangkan "busur"). Suatu sisi dapat menghubungkan suatu simpul dengan simpul yang sama. Sisi yang demikian dinamakan "gelang" (*loop*).<sup>[4]</sup>

Teori graf pertama kali ditulis oleh seorang matematikawan Swiss yang bernama Leonard Euler pada tahun 1736. Saat itu teori tersebut dibuat untuk menyelesaikan masalah jembatan Königsberg. Dalam merepresentasikan jembatan Königsberg dengan graf, simpul (*vertex*) pada graf tersebut menyatakan daratan, sedangkan sisi (*edge*) pada graf tersebut menyatakan jembatannya.



Gambar 2.1. Jembatan Königsberg



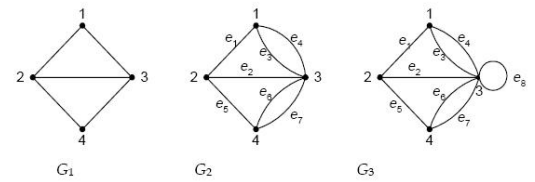
Gambar 2.2. Graf yang merepresentasikan Jembatan Königsberg

#### 2.1.1. Definisi Graf

Graf  $G = (V, E)$ , dimana

$V$  adalah himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (*vertices*) =  $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

$E$  adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul =  $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$



(G<sub>1</sub>) graf sederhana, (G<sub>2</sub>) multigraf, dan (G<sub>3</sub>) multigraf

Gambar 2.3. Contoh Graf

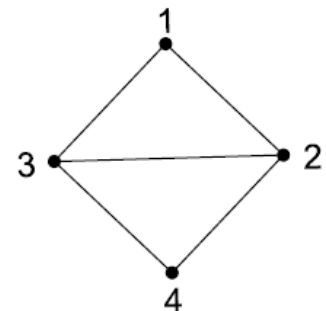
Sisi dari graf juga ada yang namanya sisiganda (*multiple edges*) dan gelang (*loop*). Contoh dari sisiganda adalah sisi  $e_3 = (1, 3)$  dan sisi  $e_4 = (1, 3)$  pada  $G_2$ , karena kedua sisi ini menghubungkan dua buah simpul yang sama, yaitu simpul 1 dan simpul 3. Sedangkan contoh gelang adalah sisi  $e_8 = (3, 3)$  pada  $G_3$ , karena sisi tersebut berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

#### 2.1.2. Jenis-jenis Graf

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

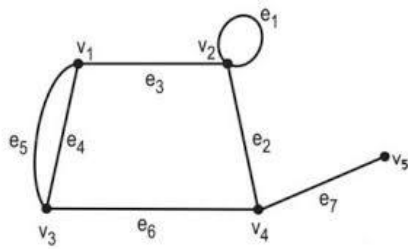
1. Graf sederhana (*simple graph*).

Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi-ganda.<sup>[5]</sup>



Gambar 2.4. Graf Sederhana

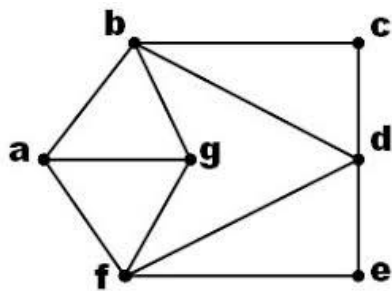
- Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*).  
Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda atau gelang.<sup>[5]</sup>



Gambar 2.5. Graf Tak-Sederhana

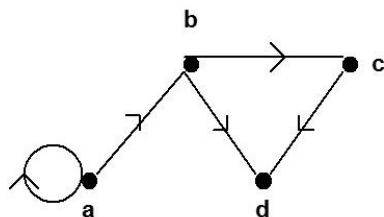
Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan atas 2 jenis:

- Graf tak-berarah (*undirected graph*)  
Graf tak-berarah adalah graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah.<sup>[5]</sup>



Gambar 2.6. Graf Tak-Berarah

- Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*)  
Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah.<sup>[5]</sup>



Gambar 2.7. Graf Berarah

### 2.1.3. Terminologi Graf

- Ketetanggaan (*Adjacent*)  
Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung.<sup>[5]</sup>
- Bersisian (*Incidency*)  
Untuk sembarang sisi  $e = (v_j, v_k)$  dikatakan  $e$  bersisian dengan simpul  $v_j$ , atau  $e$  bersisian dengan simpul  $v_k$ .<sup>[5]</sup>
- Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)  
Simpul terpencil adalah simpul yang sama sekali tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya.<sup>[5]</sup>
- Graf Kosong (*null graph* atau *empty graph*)  
Graf yang sama sekali tidak mempunyai himpunan sisi atau kosong ( $N_n$ ).
- Derajat (*Degree*)

Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.<sup>[5]</sup>

Notasi:  $d(v)$ .

- Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya  $n$  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  $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$  sedemikian sehingga  $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$  adalah sisi-sisi dari graf  $G$ .<sup>[5]</sup>

- Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sirkuit atau siklus. Panjang sirkuit adalah jumlah sisi dalam sirkuit tersebut.<sup>[5]</sup>

- Terhubung (*Connected*)

Dua buah simpul  $v_1$  dan simpul  $v_2$  disebut terhubung jika terdapat lintasan dari  $v_1$  ke  $v_2$ . Suatu graf dikatakan graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul  $v_i$  dan  $v_j$  dalam himpunan  $V$  terdapat lintasan dari  $v_i$  ke  $v_j$ . Jika tidak, maka  $G$  disebut graf tak-terhubung (*disconnected graph*).

Graf berarah  $G$  dikatakan terhubung jika graf tidak berarahnya terhubung (graf tidak berarah dari  $G$  diperoleh dengan menghilangkan arahnya).

Dua simpul,  $u$  dan  $v$ , pada graf berarah  $G$  disebut terhubung kuat (*strongly connected*) jika terdapat lintasan berarah dari  $u$  ke  $v$  dan juga lintasan berarah dari  $v$  ke  $u$ .

Jika  $u$  dan  $v$  tidak terhubung kuat tetapi terhubung pada graf tidak berarahnya, maka  $u$  dan  $v$  dikatakan terhubung lemah (*weakly connected*).

Graf berarah  $G$  disebut graf terhubung kuat (*strongly connected graph*) apabila untuk setiap pasang simpul sembarang  $u$  dan  $v$  di  $G$ , terhubung kuat. Kalau tidak,  $G$  disebut graf terhubung lemah.<sup>[5]</sup>

- Upagraf (*Subgraph*) dan Komplemen Upagraf

Misalkan  $G = (V, E)$  adalah sebuah graf.  $G_1 = (V_1, E_1)$  adalah upagraf (*subgraph*) dari  $G$  jika  $V_1 \subseteq V$  dan  $E_1 \subseteq E$ .

Komplemen dari upagraf  $G_1$  terhadap graf  $G$  adalah graf  $G_2 = (V_2, E_2)$  sedemikian sehingga  $E_2 = E - E_1$  dan  $V_2$  adalah himpunan simpul yang anggota-anggota  $E_2$  bersisian dengannya.

Komponen graf (*connected component*) adalah jumlah maksimum upagraf terhubung dalam graf  $G$ . Pada graf berarah, komponen terhubung kuat (*strongly connected component*) adalah jumlah

maksimum upagraf yang terhubung kuat. <sup>[5]</sup>

10. Upagraf Rentang (*Spanning Subgraph*)  
Upagraf  $G_1 = (V_1, E_1)$  dari  $G = (V, E)$  dikatakan upagraf rentang jika  $V_1 = V$  (yaitu  $G_1$  mengandung semua simpul dari  $G$ ). <sup>[5]</sup>
11. *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. <sup>[5]</sup>
12. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)  
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot). <sup>[5]</sup>

#### 2.1.4. Beberapa Graf Khusus

1. Graf Lengkap (*Complete Graph*)  
Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap simpulnya mempunyai sisi ke semua simpul lainnya. Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari  $n$  buah simpul adalah  $n(n-1)/2$ . <sup>[5]</sup>
2. Graf Lingkaran  
Graf lingkaran adalah graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua. <sup>[5]</sup>
3. Graf Teratur (*Regular Graphs*)  
Graf teratur adalah graf yang setiap simpulnya mempunyai derajat yang sama. Jumlah sisi pada graf teratur adalah  $nr/2$ . <sup>[5]</sup>
4. Graf Bipartite (*Bipartite Graph*)  
Graf bipartit adalah graf  $G$  yang himpunan simpulnya dapat dipisah menjadi dua himpunan bagian  $V_1$  dan  $V_2$ , sedemikian sehingga setiap sisi pada  $G$  menghubungkan sebuah simpul di  $V_1$  ke sebuah simpul di  $V_2$ . <sup>[5]</sup>

#### 2.1.5. Graf Isomorfik

Dua buah graf yang saling isomorfik adalah dua buah graf yang sama tetapi secara geometri berbeda. Dua buah graf,  $G_1$  dan  $G_2$  dikatakan isomorfik jika terdapat korespondensi satu-satu antara simpul-simpul keduanya dan antara sisi-sisi keduanya sedemikian sehingga hubungan kebersisian tetap terjaga.

Dua buah graf yang isomorfik adalah graf yang sama, kecuali penamaan simpul dan sisinya saja yang berbeda. Ini benar karena sebuah graf dapat digambarkan dalam banyak cara.

Dari definisi graf isomorfik dapat dikemukakan bahwa dua buah graf isomorfik memenuhi ketiga syarat berikut [DEO74]:

1. Mempunyai jumlah simpul yang sama.
2. Mempunyai jumlah sisi yang sama.
3. Mempunyai jumlah simpul yang sama berderajat tertentu. <sup>[5]</sup>

#### 2.1.6. Graf Planar dan Graf Bidang

Graf planar adalah graf yang dapat digambarkan pada bidang datar dengan sisi-sisi tidak saling memotong (bersilangan), jika tidak, maka graf tersebut dikatakan graf tak-planar. Graf planar yang digambarkan dengan sisi-sisi yang tidak saling berpotongan disebut graf bidang (*plane graph*).

Sisi-sisi pada graf bidang membagi bidang datar menjadi beberapa wilayah (*region*) atau muka (*face*).

Hubungan antara jumlah simpul ( $n$ ), jumlah sisi ( $e$ ), dan jumlah wilayah ( $f$ ) pada graf bidang:  
 $n - e + f = 2$  (Rumus Euler).

Pada graf planar sederhana terhubung dengan  $f$  buah wilayah,  $n$  buah simpul, dan  $e$  buah sisi ( $e > 2$ ) selalu berlaku:  $e \leq 3n - 6$ .

Ketidaksamaan Euler dapat digunakan untuk menunjukkan keplanaran suatu graf sederhana kalau graf planar, maka ia memenuhi ketidaksamaan Euler, sebaliknya jika tidak planar maka ketidaksamaan tersebut tidak dipenuhi.

Ketidaksamaan  $e \leq 3n - 6$  tidak berlaku untuk  $K_{3,3}$  karena  $e = 9, n = 6 \quad 9 \leq (3)(6) - 6 = 12$  (jadi,  $e \leq 3n - 6$ ) padahal graf  $K_{3,3}$  bukan graf planar.

Buat asumsi baru: setiap daerah pada graf planar dibatasi oleh paling sedikit empat buah sisi,

Dari penurunan rumus diperoleh:  $e \leq 2n - 4$ . <sup>[5]</sup>

#### 2.1.7. Teorema Kuratowski

Teorema Kuratowski berguna untuk menentukan dengan tegas keplanaran suatu graf.

Sifat graf Kuratowski adalah:

1. Kedua graf Kuratowski adalah graf teratur.
2. Kedua graf Kuratowski adalah graf tidak-planar.
3. Penghapusan sisi atau simpul dari graf Kuratowski menyebabkannya menjadi graf planar.
4. Graf Kuratowski pertama adalah graf tidak-planar dengan jumlah simpul minimum, dan graf Kuratowski kedua adalah graf tidak-planar dengan jumlah sisi minimum.

Graf  $G$  bersifat planar jika dan hanya jika ia tidak mengandung upagraf yang isomorfik dengan salah satu graf Kuratowski atau homeomorfik (*homeomorphic*) dengan salah satu dari keduanya. <sup>[5]</sup>

#### 2.1.8. Lintasan dan Sirkuit Euler

Lintasan Euler adalah lintasan yang melalui masing-masing sisi di dalam graf tepat satu kali. Sirkuit Euler adalah sirkuit yang melewati masing-masing sisi tepat satu kali.



Graf yang mempunyai sirkuit Euler disebut graf Euler (*Eulerian graph*). Graf yang mempunyai lintasan Euler dinamakan juga graf semi-Euler (semi-Eulerian graph).

Graf tidak berarah memiliki lintasan Euler jika (graf semi-Euler) dan hanya jika terhubung dan memiliki dua buah simpul berderajat ganjil atau tidak ada simpul berderajat ganjil sama sekali.

Graf tidak berarah  $G$  adalah graf Euler (memiliki sirkuit Euler) jika dan hanya jika setiap simpul berderajat genap.

Graf berarah  $G$  memiliki sirkuit Euler jika dan hanya jika  $G$  terhubung dan setiap simpul memiliki derajat-masuk dan derajat-keluar sama.  $G$  memiliki lintasan Euler jika dan hanya jika  $G$  terhubung dan setiap simpul memiliki derajat-masuk dan derajat-keluar sama kecuali dua simpul, yang pertama memiliki derajat-keluar satu lebih besar derajat-masuk, dan yang kedua memiliki derajat-masuk satu lebih besar dari derajat-keluar.<sup>[5]</sup>

#### 2.1.9. Lintasan dan Sirkuit Hamilton

Lintasan Hamilton ialah lintasan yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali. Sirkuit Hamilton ialah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali, kecuali simpul asal (sekaligus simpul akhir) yang dilalui dua kali.

Graf yang memiliki sirkuit Hamilton dinamakan graf Hamilton, sedangkan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton.<sup>[5]</sup>

#### 2.1.10. Traveling Salesperson Problem

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah permasalahan yang sudah cukup tua di dunia optimasi. Pada permasalahan ini, ada sebuah kota awal dan sejumlah  $n$  kota untuk dikunjungi. Seorang salesman dituntut memulai perjalanan dari kota awal ke seluruh kota yang harus dikunjungi tepat satu kali.

Secara ringkas, berikut adalah karakteristik dari permasalahan TSP:

- Perjalanan berawal dan berakhir dari dan ke kota awal
- Ada sejumlah kota yang semuanya harus dikunjungi tepat satu kali
- Perjalanan tidak boleh kembali ke kota awal sebelum semua kota tujuan dikunjungi
- Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total jarak yang ditempuh salesman dengan mengatur urutan kota yang harus dikunjungi.<sup>[20]</sup>

## 2.2. Pantai di Belitung

Pantai adalah salah satu destinasi wisata

yang paling banyak dikunjungi pada saat akhir pekan dan liburan. Daerah yang memiliki banyak pantai-pantai yang memiliki keindahan alamnya adalah Pulau Belitung. Pantai-pantai di Pulau Belitung menjadi andalan para wisatawan. Pantai-pantai di Belitung memiliki air laut yang jernih berwarna biru dengan ombak yang tenang, seperti kolam renang raksasa. Selain itu juga, terdapat nampak bebatuan besar tersebar secara tidak beraturan di tepiannya yang membuat pemandangannya menjadi indah dan mengagumkan.

Berikut adalah pantai-pantai yang ada di Pulau Belitung :

#### 1) Pantai Tanjung Kelayang

Pantai Tanjung Kelayang terletak di Kecamatan Sijuk, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Jarak Pantai Tanjung Kelayang sekitar 37 km dari pusat Kota Tanjung Pandan.

Tanjung Kelayang bisa dibilang adalah primadona di Pulau Belitung. Sesuai karakteristik pantai di Pulau Belitung, Tanjung Kelayang juga memiliki bebatuan besar di tepinya. Kontras sekali dengan lautan yang berwarna biru terhampar luas.<sup>[6]</sup>



**Gambar 2.8.** Pantai Tanjung Kelayang

#### 2) Pantai Tanjung Binga

Pantai Tanjung Binga terletak di Kecamatan Sijuk, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai Tanjung Binga berjarak sekitar 22 km dari Kota Tanjung Pandan.

Tanjung Binga adalah destinasi wisata kuliner yang mantap di Belitung. Tak jauh dari tepi pantai di Tanjung Binga ada Bukit Berahu, tempat berdirinya resort mewah dan restoran dengan pemandangan laut.<sup>[6]</sup>



**Gambar 2.9.** Pantai Tanjung Binga

### 3) Pantai Tanjung Pendam

Pantai Tanjung Binga terletak di Kota Tanjung Pandan, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai Tanjung Pendam dekat dengan pusat Kota Tanjung Pandan.

Di Pantai Tanjung Pendam, pengunjung biasanya menikmati suasana pantai dengan ombaknya yang tidak terlalu besar. Selain itu juga, pengunjung juga dapat menikmati suasana taman hiburan yang ada di sekitar pantai. Pengunjung juga bisa berjalan santai memutar area sekitar pantai sambil melihat galeri-galeri lukisan dan kerajinan tangan, serta menikmati deretan rumah makan yang menjajakan masakan Belitung seperti gangan dan aneka menu seafood.<sup>[7]</sup>



**Gambar 2.10.** Pantai Tanjung Pendam

### 4) Pantai Pulau Leebong

Pantai Pulau Leebong terletak di Kecamatan Petaling, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai Pulau Leebong berjarak sekitar 32 km dari Kota Tanjung Pandan.

Di Pantai Pulau Leebong, pengunjung bisa menikmati gusong pasir dengan berbagai fasilitas yang dibangun di atasnya, seperti permainan kayak, jetski, banana boat hingga sepeda. Di tempat ini juga dilengkapi dengan restoran, cottage, rumah pohon, gazebo, track, kedai kopi hingga minimarket.<sup>[8]</sup>



**Gambar 2.11.** Pantai Pulau Leebong

### 5) Pantai Panyabong

Pantai Panyabong Kecamatan Membalong, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 67 km dari Kota Tanjung Pandan.

Pantai Panyabong memiliki keindahan pantai pasir putih dan bebatuan granitnya yang tidak kalah dengan pantai lainnya, serta pepohonan di Pantai Panyabong begitu rindang.<sup>[9]</sup>



**Gambar 2.12.** Pantai Panyabong

### 6) Pantai Punai

Pantai Punai terletak di Desa Tanjung Kelumpang, Kecamatan Simpang Pesak, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 93 km dari Kota Tanjung Pandan.

Pantai ini ramai dikunjungi oleh wisatawan terutama pada hari libur. Pemandangan alam di Pantai Punai ini masih terasa alami dan sangat indah. Pantai ini memiliki pantai berpasir putih dan bebatuan granit. Selain itu kontur pasir pantai yang landai, ombak yang tenang, serta air laut yang jernih dan bersih menjadikan pantai ini dapat dijadikan tempat untuk berenang.<sup>[10]</sup>



**Gambar 2.13.** Pantai Punai

### 7) Pantai Batu Buyong

Pantai Batu Buyong terletak di Kecamatan Simpang Pesak, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 59 km dari Kota Manggar.

Batu Buyong merupakan tempat wisata menarik di Belitung Timur yang menghadirkan sebuah batu ajaib dan unik. Batu Buyong ini memang bukan batu biasa, sebab dilihat dari letak dan ukurannya, batu yang diyakini dibawa dari Pulau Jawa tersebut memiliki hal yang tidak masuk akal. Dengan segala sajian yang ada, maka Batu Buyong akan bisa menjadi sajian mengesankan bagi setiap wisatawan.<sup>[11]</sup>



**Gambar 2.14.** Pantai Batu Buyong

8) Pantai Mudong

Pantai Mudong terletak di Kecamatan Gantung, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai Mudong berjarak 9km dari Kota Manggar.

Sama seperti pantai lain yang berada di Pulau Belitung, pantai ini berciri khas dengan pasir putih dan air laut yang jernih, kontur pantai yang landai dan ombak yang kecil. Hal tersebut menjadikan pantai ini aman untuk berenang. Selain itu, pemandangan cakrawala di Pantai Mudong ini juga banyak disaksikan oleh banyak orang, menjadikan pantai ini selalu ramai dikunjungi pada sore hari.<sup>[12]</sup>



**Gambar 2.15.** Pantai Mudong

9) Pantai Nyiur Melambai

Pantai Nyiur Melambai terletak di Kota Manggar, Kabupaten Belitung Tim., Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak tidak jauh dari pusat Kota Manggar.

Pantai Nyiur Melambai memiliki pemandangan hijaunya pepohonan di Bukit Samak bisa dilihat di sebelah kiri Pantai Nyiur Melambai. Selain itu, pengunjung juga dapat menikmati pemandangan para pemancing yang berjajar di pinggir pantai. Di sekitar pantai ini, juga terdapat panggung yang sering menggelar pertunjukan kesenian khas Belitung. Selain itu, ada pula sarana wall climbing yang dapat digunakan pengunjung yang memiliki hobi memanjat.<sup>[13]</sup>



**Gambar 2.16.** Pantai Nyiur Melambai

10) Pantai Olivier

Pantai Olivier berada di Desa Lalang, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak tidak jauh dari pusat Kota Manggar.

Pantai Olivier menjadi obyek wisata di Belitung Timur yang menawarkan panorama pantai dengan laut biru dan ombaknya yang tenang, serta pemandangan matahari terbit yang bisa disaksikan dari dermaga sepanjang 200 meter.<sup>[14]</sup>



**Gambar 2.17.** Pantai Olivier

11) Pantai Serdang

Pantai Serdang terletak di Kota Manggar, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak tidak jauh dari pusat Kota Manggar.

Pantai Serdang menawarkan suasana yang teduh dan menenangkan berkat pohon pinus. Rumput juga tumbuh di sekitar pohon tersebut. Selanjutnya, pasir pantainya sama seperti pantai Belitung lainnya, pantai ini memiliki pasir putih dan lembut. Padahal, air laut memiliki ombak yang kuat.<sup>[15]</sup>



**Gambar 2.18.** Pantai Serdang

12) Pantai Tambak

Pantai Tambak terletak di Desa Sukamandi, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 17 km dari pusat Kota Manggar.



Pantai Tambak memiliki air yang jernih dengan pasir putih dan ombak kecil, garis pantai terpanjang se-kabupaten Belitung Timur yaitu sekitar 2-3 km, serta suasananya damai dan tepat untuk kegiatan relaksasi.<sup>[16]</sup>



**Gambar 2.19.** Pantai Tambak

### 13) Pantai Burung Mandi

Pantai Burung Mandi terletak di Kecamatan Damar, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 19 km dari pusat Kota Manggar.

Pantai Burung Mandi memiliki pasir yang putih layaknya pantai-pantai Belitung lainnya. Menariknya di pantai ini anda tidak bisa melihat batu-batu granit yang menjadi ciri khas pantai di Belitung. Di depan pantai pengunjung dapat menyaksikan gunung Burung Mandi.<sup>[17]</sup>



**Gambar 2.20.** Pantai Burung Mandi

### 14) Pantai Sengaran

Pantai Sengaran terletak di Kecamatan Kelapa Kampit, Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 38 km dari pusat Kota Manggar.

Air di Pantai Sengaran sangat jernih. Jika air sedang pasang, akan kesulitan merasakan halusnnya pasir di Pantai Sengaran. Hampir seluruh area pantainya tertutup air. Namun, ketika air surut, Pantai Sengaran akan terlihat sangat luas.<sup>[18]</sup>



**Gambar 2.21.** Pantai Sengaran

### 15) Pantai Batu Bedil

Pantai Batu Bedil terletak di Desa

Sungaipadang, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 41 km dari pusat Kota Tanjung Pandan.

Di Pantai Batu Bedil terdapat suara seperti bedil atau meriam saat air laut pasang. Selain itu juga, ada tiga gugusan bebatuan yang memiliki formasi mirip meriam. Pantai ini juga memiliki pasir putih, air yang jernih dan bebatuan granit yang besar.<sup>[19]</sup>



**Gambar 2.22.** Pantai Batu Bedil

### 16) Pantai Tanjung Tinggi

Pantai Tanjung Tinggi terletak di Kecamatan Sijuk, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pantai ini berjarak sekitar 27 km dari pusat Tanjung Pandan.

Pantai ini sempat dijadikan sebagai lokasi syuting film Laskar Pelangi. Pantai Tanjung Tinggi dilengkapi dengan fasilitas yang bagus seperti penginapan dan pusat kuliner. Pengunjung bisa mengintip kehidupan bawah laut dengan snorkeling.<sup>[6]</sup>



**Gambar 2.23.** Pantai Tanjung Tinggi

## III. PENERAPAN TSP DALAM PEMBUATAN JALUR MONORAIL YANG MELEWATI SEMUA PANTAI DI PULAU BELITUNG

Dengan menerapkan sifat dari Sirkuit Hamilton pada pembuatan jalur monorail untuk menghubungkan semua pantai di Belitung, kita bisa semua menemukan semua kemungkinan jalur yang bisa dibuat untuk jalur monorail tersebut. Namun, kita memerlukan jalur yang memiliki jumlah total panjang jalurnya paling minimum. Ada beberapa langkah yang bisa dilakukan untuk membuat jalur tersebut dengan menggunakan graf :

1. Kita tandai semua pantai yang ada di Pulau Belitung sebagai simpul.
2. Kemudian kita buat menjadi graf lengkap, dengan sisinya sebagai jalur yang menghubungkan antar pantai, beserta bobotnya yang berupa jarak antar pantai tersebut.
3. Setelah graf lengkap, kita perlu menemukan jalur yang tepat dengan aplikasi TSP.



4. Jalur yang dibuat adalah jalur dengan total bobotnya paling minimum.

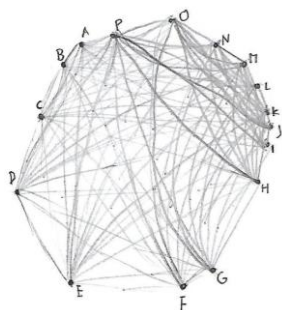
#### IV. PENYELESAIAN PEMBUATAN JALUR MONORAIL YANG MELEWATI SEMUA PANTAI DI PULAU BELITUNG DENGAN MENGGUNAKAN TSP

Penyelesaian pembuatan jalur monorail yang menghubungkan semua pantai di Pulau Belitung dengan memanfaatkan TSP sebenarnya cukup mudah untuk dimengerti. Berikut adalah penyelesaiannya :



**Gambar 4.1.** Graf kosong yang merepresentasikan Pantai di Belitung

Pertama kita buat graf kosong dengan simpul grafnya adalah pantai-pantai yang ada di Pulau Belitung.



**Gambar 4.2.** Graf Lengkap yang merepresentasikan jalur dan pantai di Pulau Belitung

Kemudian, kita buat graf lengkap yang merepresentasikan jalurnya, dengan sisi yang menyatakan jalurnya. Graf tersebut terdapat 16 simpul, sehingga akan ada 120 sisi.

Dari graf lengkap tersebut, dapat kita cari banyaknya sirkuit hamilton dalam graf tersebut, dengan 16 buah simpul, maka akan didapat :

$$n = 16$$

$$\text{Jumlah sirkuit hamilton} = \frac{(n-1)!}{2} = \frac{(16-1)!}{2} = \frac{15!}{2} = 6,54 \times 10^{11}$$

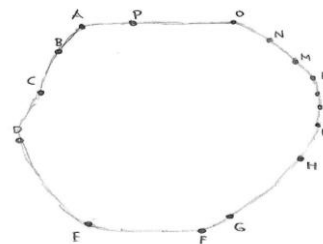
Tapi, kita hanya memerlukan 1 sirkuit hamilton dengan bobot minimum. Agar lebih mudah, kita hanya perlu menghubungkan setiap simpul tersebut ke simpul yang lain dekat, tapi kita tidak boleh ke simpul yang sudah dilewati, kecuali simpul awal untuk dijadikan simpul akhir.

Kita mulai dari simpul A, simpul A terdekatnya adalah simpul B, simpul B terdekatnya adalah simpul C, simpul C terdekatnya adalah simpul D, simpul D terdekatnya adalah simpul E, simpul E terdekatnya adalah simpul F, simpul F terdekatnya adalah simpul G, simpul G terdekatnya adalah simpul H, simpul H terdekatnya adalah simpul I, simpul I terdekatnya adalah simpul J, simpul J terdekatnya adalah simpul K, simpul K terdekatnya adalah simpul L, simpul L terdekatnya adalah simpul M, simpul M terdekatnya adalah simpul N, simpul N terdekatnya adalah simpul O, simpul O terdekatnya adalah simpul P. Kemudian dari simpul P kembali ke simpul awal, yaitu simpul A. Maka didapatlah sirkuit hamiltonnya yang memiliki bobot minimum, yaitu :

A – B – C – D – E – F – G – H – I – J – K – L – M – N – O – P – A

Jika diubah ke aslinya menjadi :

Tanjung Kelayang – Tanjung Binga – Tanjung Pendam – Pulau Leebong – Panyabong – Punai – Batu Buyong – Mudong – Nyiur Melambai – Olievier – Serdang – Tambak – Burung Mandi – Sengaran – Batu Bedil – Tanjung Tinggi – Tanjung Kelayang



**Gambar 4.3.** Graf yang merepresentasikan jalur monorail yang menghubungkan pantai-pantai di Belitung

Jadi, jalur monorail yang efektif untuk menghubungkan pantai-pantai di Pulau Belitung adalah sebagai berikut.

Tanjung Kelayang – Tanjung Binga – Tanjung Pendam – Pulau Leebong – Panyabong – Punai – Batu Buyong – Mudong – Nyiur Melambai – Olievier – Serdang – Tambak – Burung Mandi – Sengaran – Batu Bedil – Tanjung Tinggi – Tanjung Kelayang

#### V. KESIMPULAN

Dalam merancang jalur monorail yang bisa menghubungkan semua pantai di Pulau Belitung, aplikasi graf, seperti TSP (Travelling Salesperson Problem) dapat digunakan. Melalui graf, kita bisa menetapkan pantai-pantainya sebagai simpul, lalu jalurnya sebagai sisi, serta nilai bobotnya sebagai jarak antar pantainya. Dimulai dari menghubungkan semua simpul menjadi graf lengkap, kita bisa menemukan jalur yang efektif dengan menggunakan TSP. Sehingga terbentuklah jalur monorail yang menghubungkan pantai-pantai di Pulau Belitung. Dengan adanya jalur ini, para wisatawan dapat lebih mudah dalam mengunjungi semua pantai di Belitung ketika pergi berlibur.

#### VI. LAMPIRAN

- [1] Gambar 1.1 diambil dari <https://babelinternas.wordpress.com/pulau-belitung/>
- [2] Gambar 1.2 diambil dari <https://www.travelandleisure.com/travel-news/disney-world-monorail-open-door>
- [3] Gambar 2.1 diambil dari <https://animath1994.wordpress.com/2018/01/05/kisah-7-jembatan-konigsberg/>
- [4] Gambar 2.2 diambil dari <https://ekamei08.wordpress.com/2016/10/03/teori-graf/>
- [5] Gambar 2.3 diambil dari <http://athayaniimtinan.blogspot.com/2017/12/pewarnaan-graf.html>
- [6] Gambar 2.4 diambil dari <http://rabbitjeyek.blogspot.com/2011/12/teori-graf-3.html>
- [7] Gambar 2.5 diambil dari <https://eprints.uny.ac.id/28787/2/c.BAB%20II.pdf>
- [8] Gambar 2.6 diambil dari

- <http://rangkum-ilmu.blogspot.com/2014/01/lintasan-dan-sirkuit-hamilton.html>
- [9] Gambar 2.7 diambil dari <https://strukturdata01.wordpress.com/2015/01/26/graph/>
- [10] Gambar 2.8 diambil dari <https://www.pegipegi.com/travel/pantai-tanjung-kelayang-belitung/>
- [11] Gambar 2.9 diambil dari <https://www.asiawisata.com/desa-tanjung-binga/>
- [12] Gambar 2.10 diambil dari <https://www.pedomanwisata.com/wisata-bahari-pantai/pantai-pasir-putih/pantai-tanjung-pendam-tempat-menyaksikan-sunset-yang-indah-di-belitung>
- [13] Gambar 2.11 diambil dari <https://merahputih.com/post/read/villa-pohon-zarra-dan-eksotis-pulau-leebong-di-bangka-belitung>
- [14] Gambar 2.12 diambil dari <http://ngayauduluk.blogspot.com/2016/08/pantai-penyabong-belitung-island.html>
- [15] Gambar 2.13 diambil dari <https://contenttugas.wordpress.com/pantai-pulau-punai/>
- [16] Gambar 2.14 diambil dari <http://imamanakbelitung.blogspot.com/2010/08/misteri-batu-buyong.html>
- [17] Gambar 2.15 diambil dari <https://wisata-budaya-babel.blogspot.com/2013/01/pantai-mudong-atau-di-sebut-jugapantai.html>
- [18] Gambar 2.16 diambil dari <https://zonalibur.com/pantai-nyiur-melambai-bangka-belitung/>
- [19] Gambar 2.17 diambil dari <http://id-manggar.blogspot.com/2017/02/pantai-olivier-siapa-yang-tidak-tau.html>
- [20] Gambar 2.18 diambil dari <https://www.belitungparadise.com/portofolio/details/pantai-serdang/>
- [21] Gambar 2.19 diambil dari [https://www.belitungisland.com/bic\\_destination.php?id=81](https://www.belitungisland.com/bic_destination.php?id=81)
- [22] Gambar 2.20 diambil dari <http://bangkatour.com/pantai-burung-mandi-belitung-timur/>
- [23] Gambar 2.21 diambil dari <https://www.pedomanwisata.com/wisata-bahari-pantai/pantai-pasir-putih/pantai-senganan-di-belitung-pantai-yang-unik-dengan-hutan-mangrove-yang-indah>
- [24] Gambar 2.22 diambil dari [https://www.tripadvisor.co.id/Attraction\\_Review-g668845-d8783103-Reviews-Batu\\_Bedil\\_Beach-Belitung\\_Island\\_Bangka\\_Belitung\\_Islands\\_Sumatra.html](https://www.tripadvisor.co.id/Attraction_Review-g668845-d8783103-Reviews-Batu_Bedil_Beach-Belitung_Island_Bangka_Belitung_Islands_Sumatra.html)
- [25] Gambar 2.23 diambil dari <https://travel.kompas.com/read/2016/08/27/113800127/Pantai.Tanjung.Tinggi.Destinas.Wisata.Favorit.di.Belitung>
- [2] Hidayati, Nurin. 2017. *Dinamika Pantai*. Malang : UB Press.
- [3] <http://www.monorails.org/>
- [4] Biggs, N.; Lloyd, E.; Wilson, R. (1986), *Graph Theory, 1736–1936*, Oxford University Press.
- [5] [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20\(2015\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20(2015).pdf)
- [6] <https://travelingyuk.com/pantai-belitung/23314/>
- [7] <https://www.indonesiakaya.com/jelajah-indonesia/detail/pantai-tanjung-pendam-pantai-indah-di-pusat-kota-belitung>
- [8] <https://www.msn.com/id-id/travel/ideperjalanan/sempat-tak-dianggap-menjual-pulau-leebong-kini-jadi-satu-destinasi-populer-di-bangka-belitung/ar-BBLyD4p>
- [9] [https://travel.detik.com/dtravelers\\_stories/u-2945585/pantai-penyabong-satu-lagi-pantai-cantik-di-belitung](https://travel.detik.com/dtravelers_stories/u-2945585/pantai-penyabong-satu-lagi-pantai-cantik-di-belitung)
- [10] <https://ksmtour.com/informasi/tempat-wisata/kepulauan-bangka-belitung/pantai-punai-wisata-eksotis-kepulauan-bangka-belitung.html>
- [11] [https://www.belitungisland.com/bic\\_destination.php?id=53](https://www.belitungisland.com/bic_destination.php?id=53)
- [12] [https://utiket.com/id/obyek-wisata/tanjung\\_pandan/304-pantai\\_mudong\\_.html](https://utiket.com/id/obyek-wisata/tanjung_pandan/304-pantai_mudong_.html)
- [13] <https://www.indonesiakaya.com/jelajah-indonesia/detail/menikmati-pantai-berpasir-putih-nyiur-melambai>
- [14] <https://petalokasi.org/Kabupaten-Belitung-Timur/Pantai-Olivier-137911/>
- [15] <https://www.pedomanwisata.com/wisata-bahari-pantai/pantai-pasir-putih/pantai-serdang-di-belitung-timur-pantai-pasir-putih-dengan-deretan-pohon-pinus-yang-indah>
- [16] [https://www.belitungisland.com/bic\\_destination.php?id=81](https://www.belitungisland.com/bic_destination.php?id=81)
- [17] <http://bangkatour.com/pantai-burung-mandi-belitung-timur/>
- [18] <https://www.pedomanwisata.com/wisata-bahari-pantai/pantai-pasir-putih/pantai-senganan-di-belitung-pantai-yang-unik-dengan-hutan-mangrove-yang-indah>
- [19] [https://www.belitungisland.com/bic\\_destination.php?id=71](https://www.belitungisland.com/bic_destination.php?id=71)
- [20] <https://staff.blog.ui.ac.id/komarudin74/traveling-salesman-problem-tsp/>

## 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, 7 Desember 2018



Ricky Yulianawan 13517025

## VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah swt. atas segala nikmat yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan makalah ini tepat pada waktunya. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang pernah mengajari penulis, khususnya kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. yang telah mengajar kelas K-01 selama satu semester ini dan memberikan ilmu kepada penulis, serta Ibu Dra. Harlili S., M.Sc. yang juga pernah mengajar kelas K-01 menggantikan Bapak Rinaldi Munir selama beliau menunaikan ibadah haji. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman penulis yang telah memberikan motivasi dan mengirimkan doa kepada penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.belitungkab.go.id/module.php?id=sejarah1>