

Desain Rute Pelayaran Sistem *Hub and Spoke* (Studi Kasus: Wilayah Papua, Indonesia)

Christine Natalia, Mia Audina Agus

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, INDONESIA
Email : chrisnatalia@atmajaya.ac.id¹, mia.audina.agus@gmail.com²

Received 2 October 2016; Accepted 10 November 2016

Abstract

Currently Indonesia's government policy is focusing on designing its marine transportation and port development for logistics distribution in Indonesia to take advantage of the sea lanes. This maritime transportation concept that called sea highway is a strategy to improve connectivity and revitalize national logistic system thoroughly, in the form of organizing a scheduled big vessel regularly from western to eastern Indonesia and vice versa. One of the route is a sea highway towards Papua. This route starts from the port of Tanjung Perak that carry goods to be distributed to other ports, including the port of Manokwari (Papua). Distribution of goods in Papua region is largely use airlines and some use the sea transport. The distribution pattern by ship in Papua using "point to point" pattern. This pattern of distribution is sending goods from one point to another without regard to the overall network shipping, causing the logistics' cost to be expensive due to the inequality in the distribution. The purpose of this study is to design the sea shipping network for distribution of goods in Papua with the distribution pattern of "hub and spoke". The design of this sea shipping network using 11 ports comprising 3 hub ports and 8 feeder ports in Papua. This study resulted routes that can deliver the goods from hub port to the spokes and vice versa with optimal total distance and cost. The design of routes using a Genetic Algorithm with the help of software Matlab in order to produce either an optimal hub and spoke and a minimum cost for its network.

Keywords: Sea highway, Optimization, Sea Shipping Network, Hub and Spoke, Genetic Algorithm, Papua

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki lebih dari 17.000 pulau. Total luas wilayah Indonesia adalah 7,9 juta km² yang terdiri dari 1,8 juta km² wilayah daratan dan 3,2 juta km² wilayah laut teritorial serta 2,9 juta km² laut perairan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE), dengan demikian total wilayah perairan Indonesia adalah 77% dari seluruh luas Indonesia, atau tiga kali luas wilayah daratan Indonesia (Suhaidi, 2004). Di Indonesia, terdapat ketidakseimbangan dalam pengiriman barang antara Indonesia Bagian Barat dengan Indonesia Bagian Timur. Kebanyakan aktivitas perdagangan dilakukan di wilayah sekitar Pulau Jawa, karena daerah ini lebih berkembang dan sebagian besar perdagangan dari luar Indonesia tiba di sana. Sementara wilayah pinggir Indonesia (terutama bagian timur) kurang berkembang karena jarak yang besar dan juga rendahnya permintaan dan penawaran dari daerah ini. Sehingga Pemerintah Indonesia berupaya untuk menyeimbangkan perekonomian antara Indonesia Bagian Barat

dengan Indonesia Bagian Timur yaitu dengan program Tol Laut.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya disparitas harga yang cukup tinggi antara wilayah barat dan timur. Pertumbuhan ekonomi yang terpusat di Pulau Jawa mengakibatkan transportasi laut di Indonesia tidak efisien dan mahal karena tidak adanya muatan balik dari wilayah-wilayah yang pertumbuhan ekonominya rendah, khususnya di Kawasan Timur Indonesia. Saat ini dicanangkanlah konsep tol laut. Pengertian tol laut disini bukanlah membangun tol diatas laut melainkan konektivitas laut yang efektif berupa adanya kapal yang melayari secara rutin dan terjadwal dari barat sampai ke timur Indonesia. Mendistribusikan barang melalui jalur laut mempunyai keistimewaan yang lebih bila dibandingkan dengan jalur darat maupun udara. Melalui lautan, kita dapat mendistribusikan barang-barang dalam volume yang sangat besar dalam sekali angkut. Dengan adanya konsep tol laut dan pengoptimalisasian komoditas pengiriman barang

melalui jalur laut diharapkan dapat menjadi solusi pemerataan pembangunan di seluruh Indonesia selain itu dapat menekan biaya logistik untuk pulau-pulau yang terjauh. Sehingga, harga-harga barang dan kebutuhan sehari-hari bisa sama rata atau tidak berbeda jauh harganya antar wilayah di Indonesia.

Wilayah Indonesia Bagian Timur khususnya Papua merupakan salah satu wilayah yang mendapat perhatian khusus dari Pemerintah karena sulitnya mendistribusikan barang ke wilayah tersebut yang mengakibatkan harga barang – barang khususnya barang sembako menjadi mahal. Wilayah Papua merupakan kepulauan yang cukup strategis dan juga sangat kaya dengan berbagai potensi sumber daya alam. Potensi yang dimiliki Papua antara lain pada sektor perikanan laut (tuna dan cakalang), perkebunan (kakao, pala, ubi jalar, sagu) tetapi ketersediaan akses transportasi menyebabkan distribusi komoditas ini belum di distribusikan secara optimal. Program tol laut adalah cara untuk menghubungkan pelabuhan besar dan kecil seluruh Nusantara agar terciptanya kelancaran distribusi barang hingga ke pelosok. Dengan adanya tol laut diharapkan arus barang dari lokasi asal bisa dipasarkan ke kota yang membutuhkan. Saat ini di Papua sudah ada rute laut yang membawa barang dari wilayah lain, tetapi pendistribusian di Papua sebagian besar masih menggunakan jalur udara. Harga bahan bakar pesawat yang mahal menjadi salah satu alasan mengapa harga barang – barang di Papua menjadi sangat mahal. Belum terdapat rute pelayaran yang tetap untuk pendistribusian barang menggunakan kapal laut di Papua.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang rute transportasi laut dalam pendistribusian barang di Papua dengan mengembangkan jaringan yang terdiri dari jaringan pengiriman *hub and spoke* untuk memperlancar proses pengiriman barang ke wilayah yang sulit dijangkau. Hsu dan Heish (2007) menjelaskan istilah “*hub and spoke*” dalam maritim adalah pelabuhan utama biasanya dipilih sebagai “*hub*” berdasarkan lokasi mereka dan permintaan muatan pengiriman sementara pelabuhan lain berperan sebagai “*spoke*”. Kapal besar digunakan untuk distribusi muatan antar *hub*. Pendistribusian antar *hub* ini disebut *main line*. Sementara itu kapal berukuran lebih kecil digunakan untuk mendistribusikan barang dari *hub* ke *spoke* atau sebaliknya. Jaringan pengiriman laut ini diharapkan dapat mendistribusikan muatan yang dibawa dari luar Papua. Penentuan rute optimal adalah salah satu masalah yang dapat diselesaikan dengan teknik pencarian heuristik, yakni sebuah teknik yang mengembangkan efisiensi dalam proses pencarian. Terdapat berbagai jenis metode heuristik yang sering digunakan antara lain : Metode (1-0) *Insertion Intra Route* (Rahman dan Susanty, 2015),

Ant Colony Optimization (Gunawan, Maryati, Wibowo, 2012), metode *Tabu Search* (Natalia, Sugioko, dan Anne, 2015) dan Algoritma genetik (Fachrurrazi, 2015). Algoritma genetik merupakan metode optimasi yang banyak digunakan di dalam penentuan rute optimal dalam suatu jaringan, baik jaringan transportasi darat (Akbaridin, 2013), (Saptono dan Hidayat, 2007) maupun jaringan transportasi laut (Adi dan Nurcahyawati, 2012). Perancangan rute laut ini menggunakan metode Algoritma Genetika dengan bantuan *software* MATLAB, sehingga akan didapatkan *output* pasangan *hub and spoke* yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Logistik Nasional

Satu diantara komponen pembentuk konektivitas nasional adalah sistem logistik nasional. Salah satu prasyarat adalah penciptaan konektivitas antar wilayah Indonesia yang diwujudkan dalam bentuk : a) realisasi sistem yang terintegrasi antara sistem logistik nasional, sistem transportasi nasional, pengembangan wilayah, dan sistem komunikasi dan informasi, b) identifikasi simpul-simpul transportasi dan pusat-pusat distribusi, c) penguatan konektivitas intra dan antar koridor dan konektivitas internasional, serta d) peningkatan jaringan komunikasi dan teknologi informasi. Kondisi yang ingin dicapai yaitu terwujudnya sistem logistik yang mampu meningkatkan daya saing produk baik di pasar domestik, pasar regional ataupun di pasar global dan juga menjamin ketersediaan barang sehingga mudah untuk mendapatkan barang tersebut dengan harga yang terjangkau dan juga mempersempit disparitas harga antar wilayah di Indonesia. Peningkatan sistem logistik nasional dapat dicapai salah satunya melalui peningkatan jaringan transportasi laut. Penelitian terkait dengan jaringan pelayaran antara lain adalah yang dilakukan oleh Kristiana dkk (2015) yang membahas kerjasama strategis diantara pelaku usaha *shipping company* serta penelitian Natalia dkk (2016) yang membahas tentang pemetaan pelaku-pelaku logistik di dalam struktur jaringan pelayaran kapal laut.

2.2 Perancangan Jaringan

Masalah yang dihadapi oleh transportasi laut adalah bagaimana cara mengoptimalkan jaringan yang ada. Jaringan yang telah terbentuk masih harus dioptimalkan agar menghasilkan rute yang optimum. Yang dan Chen (2010) menyatakan bahwa rute pengiriman ada tiga macam, antara lain : circle shipping line, pendulum shipping line, dan hub and spoke shipping line. Untuk circle shipping line, kapal kontainer berlayar dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain dalam satu arah. Dalam satu perjalanan, masing-masing pelabuhan hanya dilalui

sekali. Untuk *pendulum line*, kapal berlayar ke pelabuhan tujuan satu per satu dan kemudian berlayar kembali pada arah yang berlawanan. Sedangkan untuk *hub and spoke line*, kapal berlayar diantara dua benua dan hanya ada satu *hub* di masing-masing benua dan beberapa kontainer dimuat dan dibongkar lebih dari dua kali.

Banyak peneliti yang meneliti untuk mengoptimalkan rute pengiriman kontainer agar dapat meminimumkan total biaya atau memaksimalkan keuntungan, dan beberapa peneliti juga meneliti dengan tujuan untuk menemukan jalur operasi yang terpendek. Brown *et al* (1987) meneliti jalur pengiriman dan menentukan jadwal pelayaran dengan metode pencacahan. Dia membangun *elastic set partitioning* model untuk menghemat biaya perusahaan pelayaran. Perancangan jaringan ialah bagaimana kita menentukan pelabuhan mana yang akan dijadikan sebagai pengumpul (*hubs*) dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti biaya operasional, perencanaan armada jangka panjang dalam hal rute dan frekuensi armada. Keputusan untuk menentukan pelabuhan mana yang akan ditetapkan sebagai pelabuhan pengumpul (*hubs*) yang akan mencerminkan pertimbangan mengenai *hub* dan *spoke* untuk pengiriman ke berbagai tujuan.

2.3 Sistem “Hub and Spoke”

Sistem “*Hub and Spoke*” dikembangkan dengan memperhatikan keseluruhan titik asal dan titik tujuan pengiriman barang. Dengan sistem ini, efisiensi dapat dicapai melalui frekuensi pengiriman barang menjadi lebih rendah dan tingkat penggunaan armada menjadi lebih baik karena dapat disesuaikan dengan volumenya.

Sebuah “*hub port*” adalah salah satu komoditas tiba di angkut dengan kapal besar yang seterusnya akan diangkut melalui kapal – kapal kecil untuk berbagai pelabuhan kecil untuk berbagai pelabuhan tujuan. *Hub port* memiliki *spoke* yang menghubungkan keduanya, jaringan ini biasanya dikenal dengan sebutan “rute pengumpul” dalam arti bahwa mereka mengalirkan muatan dari pelabuhan besar ke pelabuhan yang lebih kecil.

2.4 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) merupakan suatu metode optimasi berbasis pengetahuan biosains, yang mengadopsi sifat seleksi alam seperti sifat pindah silang, mutasi, pewarisan generasi atau keturunan, dan lainnya. AG merupakan algoritma pencarian yang berdasarkan pada seleksi alam dan genetika alam. AG berguna untuk masalah yang memerlukan pencarian yang efektif dan efisien, dan dapat digunakan secara meluas untuk aplikasi bisnis, pengetahuan, dan dalam ruang lingkup teknik. AG dapat digunakan untuk mendapatkan solusi yang tepat untuk masalah satu atau banyak variabel.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian kuantitatif, karena dalam penelitian ini dilakukan beberapa analisis terhadap data numerik. Pada penelitian ini data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan mendatangi langsung Kementerian Perhubungan bagian Tol Laut yakni pada Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Laut (Ditlala) dan Direktorat Pengembangan Pelabuhan (Ditpelpeng), serta Balai Penelitian Kementerian Perhubungan. Wawancara dilakukan dengan Kepala Seksi yang khusus menangani tol laut untuk mendapatkan konsep rute laut sesungguhnya, trayek laut yang berlaku saat ini, data karakteristik masing-masing pelabuhan baik pelabuhan utama (*hub*) maupun pelabuhan pengumpul (*spoke*), sistem pengiriman barang, biaya kontainer masing-masing pelabuhan, informasi kapal yang digunakan. Sementara data sekunder diperoleh dengan mengambil data yang sudah tersedia di Kementerian Perhubungan dan website seperti data jarak antar pelabuhan yang dikaji, data komoditi barang yang dikirim, volume barang yang harus diangkut kapal dalam pengiriman, ukuran kapal yang digunakan untuk mengirim barang. Pelabuhan yang digunakan terdiri dari 3 pelabuhan utama dan 8 pelabuhan pengumpul. Hampir semua barang yang didistribusikan di wilayah Papua merupakan komoditas pokok, yakni kebutuhan sembako. Barang dikirim menggunakan petikemas ukuran 20 feet, dan kapal petikemas yang digunakan adalah berukuran 700 TEU dikarenakan setiap pelabuhan terkait dapat menampungnya.

Terdapat 3 asumsi dalam penelitian ini yakni bahwa tidak terdapat penumpukan kapal dalam pelabuhan, pengiriman dilakukan satu kali untuk masing-masing pelabuhan, serta harga bahan bakar kapal (MFO) Rp 8700,00/liter sesuai data harga saat pengumpulan data dilakukan. Setelah seluruh data yang dibutuhkan telah terkumpul, maka selanjutnya dilakukan pengolahan data pada penelitian ini. Pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode Algoritma Genetika dengan bantuan Matlab. Sebelum mengolahnya pada Matlab, terlebih dahulu mengumpulkan data yang selanjutnya akan dimasukkan pada *software*. Yang menjadi variabel masukan antara lain muatan, biaya kontainer di pelabuhan pengumpul, biaya kontainer di pelabuhan utama, jarak, dan biaya per kilometer pengiriman. Perhitungan biaya per kilometer pengiriman dilakukan untuk mendapatkan biaya yang harus dikeluarkan untuk pendistribusian barang dengan menggunakan kapal 700 TEU per kilometer pengirimannya.

Setelah itu menentukan model matematis berupa fungsi tujuan dan fungsi batasan yang selanjutnya akan diolah pada Matlab, kemudian mengkodekan pelabuhan – pelabuhan yang menjadi

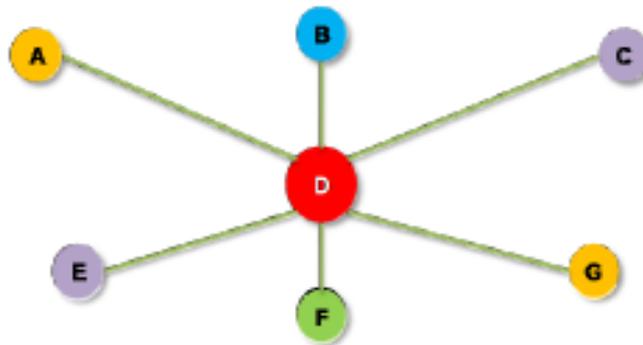
objek penelitian, dan memasukkan data – data tersebut dengan melakukan *import* data dari file excel ke file Matlab. Langkah selanjutnya adalah membuat *script* (m-file). *Script* ini berisi fungsi tujuan yang telah dijabarkan secara lebih mendetail. Fungsi tujuan atau yang biasa disebut sebagai *fitness function* dijabarkan menjadi tiga (3) yaitu biaya transport, biaya dermaga dan biaya total. Setelah memasukkan semua data yang dibutuhkan untuk dapat diolah dengan Matlab selanjutnya adalah menjalankan program dengan cara klik kanan pada file-m kemudian run. Simulasi pengolahan data untuk penelitian ini tidak membutuhkan waktu lama karena proses iterasi, *crossover* dan mutasi dilakukan satu satu kali saja. Hal ini dikarenakan populasi yang tidak begitu banyak sehingga dapat dengan cepat didapatkan hasilnya. Hubungan penggunaan metode Algoritma Genetika dengan Matlabnya adalah saat *software* mencari pelabuhan pengumpul mana dijadikan pasangan terbaik untuk pelabuhan utama dengan mempertimbangkan biaya yang minimum. Biaya minimum ini didapatkan dengan kondisi membawa muatan yang sesuai dengan data muatan yang dimasukkan dalam Matlab.

Hasil yang didapatkan dari keluaran Matlab adalah berupa pernyataan mengenai pasangan *hub*

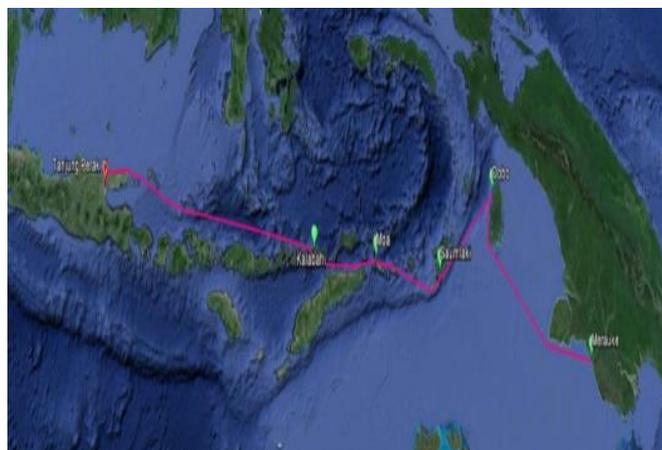
and spoke terbaik beserta biayanya. Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan pemetaan terhadap hasil pasangan *hub and spoke* yang optimal pada peta Papua.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Papua merupakan salah satu wilayah yang sulit di jangkau khususnya oleh jalur darat. Kondisi ini membuat Papua menjadi salah satu Pulau yang tertinggal bila dibandingkan dengan pulau – pulau lain di Indonesia. Oleh karena itu, saat ini fokus ditujukan untuk memajukan Papua, salah satunya adalah dengan transportasi laut yang melayani rute menuju ke daerah Papua untuk muatan kontainer. Rute ini selanjutnya diharapkan dapat membantu perekonomian di Papua. Jaringan pelayaran digunakan untuk mendistribusikan barang - barang dari daerah penghasil khususnya untuk barang – bahan pokok (sembako). Hal ini diharapkan untuk mengurangi kesenjangan harga barang di wilayah timur Indonesia. Papua memiliki beberapa pelabuhan yang terdiri dari pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpul. Pelabuhan-pelabuhan inilah yang menjadi dermaga bagi kapal-kapal yang mendistribusikan barangnya dari pelabuhan di luar Papua.



Gambar 1. Sistem “Hub and Spoke”
(Sumber : Kementerian Perdagangan, 2013)



Gambar 2. Pemetaan Jaringan Awal Trayek Menuju Papua
(Sumber : Dirjen. Perhubungan Laut-Kementerian Perhubungan)

Berdasarkan dari gambar 3 diatas, kapal berlayar pertama kali dari pelabuhan tanjung perak. Kapal kontainer ini berlayar dengan membawa barang (*loading container*) dari pelabuhan tanjung perak. Pelabuhan tanjung perak (Surabaya) merupakan salah satu pelabuhan yang termasuk dalam pelabuhan *loading port*. *Loading port* disini diartikan sebagai pelabuhan – pelabuhan besar yang berfungsi sebagai pelabuhan untuk memuat barang yang selanjutnya akan didistribusikan ke pelabuhan yang lebih kecil yang terdapat di wilayah lain. Pelabuhan yang termasuk ke dalam kategori *loading port* adalah pelabuhan tanjung priok (Jakarta), pelabuhan tanjung perak (Surabaya), pelabuhan tanjung emas (Semarang), dan pelabuhan Makassar (Makassar). Jika dilihat dari pemetaan awal, maka dapat dilihat bahwa kebutuhan pokok (sembako) dibawa/diangkut dari pelabuhan Tanjung Perak kemudian didistribusikan ke wilayah lain melalui pelabuhan Kalabahi, pelabuhan Moa, pelabuhan Saumlaki, pelabuhan Dobo, dan yang terakhir adalah pelabuhan Merauke. Trayek ini merupakan salah satu trayek yang bersifat tetap dan dijalankan saat ini. Rute dengan pengiriman seperti ini sudah terjadwal dan terus – menerus dilakukan. Tetapi kelemahan rute ini adalah hanya mengirimkan barang sampai di pelabuhan Merauke dan selanjutnya adalah mendistribusikan barang ke wilayah lain dengan menggunakan transportasi udara. Hal inilah juga yang menyebabkan harga barang menjadi sangat mahal, karena biaya transportasi yang tinggi. Selain itu mendistribusikan melalui jalur udara juga tidak dapat mengangkut muatan dalam jumlah yang banyak sehingga membuang biaya yang besar dalam pendistribusian barangnya. Kondisi cuaca yang tidak menentu juga terkadang menjadi penghalang dalam pendistribusian barang. Dengan adanya rute yang melayani pendistribusian barang di Papua dengan memanfaatkan pelabuhan – pelabuhan yang ada di Papua, maka seharusnya pendistribusian barang di Papua tidak menjadi masalah lagi. Harga – harga barang di Papua juga tidak lagi berbeda jauh dengan wilayah lain di Papua. Dengan melalui laut, barang yang akan diangkut bisa dalam jumlah yang banyak dalam sekali pengirimannya sehingga lebih efisien dan efektif.

Pada penelitian ini, dirancang rute lanjutan dari rute ini. Barang yang sudah mencapai pelabuhan Merauke, harus didistribusikan ke wilayah terpencil lain di Papua melalui pelabuhan kecil. Jaringan yang dirancang berupa jaringan *hub and spoke*. Pelabuhan yang digunakan terdiri dari 3 pelabuhan utama dan 8 pelabuhan pengumpul. Pelabuhan utama sebagai *hub* terdiri dari pelabuhan Jayapura, Sorong dan Merauke. Pelabuhan pengumpul sebagai *spoke* terdiri dari pelabuhan Timika, Nabire, Kaimana, Wasior, Fak-Fak, Serui, Biak dan Manokwari.

Berikut adalah langkah-langkah beserta hasil yang diperoleh dengan menerapkan metode Algoritma Genetika di dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini :

1. Penentuan Formulasi Model Matematis (*Fitness Function* dan *Constraints*)

Penentuan jaringan pelayaran dengan menggunakan algoritma genetik diawali dengan pengembangan model matematis untuk menentukan *fitness function* beserta batasan-batasannya. Berikut notasi – notasi yang digunakan, yaitu

i = Pelabuhan pengumpul (*Spoke*)

j = Pelabuhan utama (*Hub*)

Bks = Biaya per kontainer di pelabuhan pengumpul (*spoke*)

Bkh = Biaya per kontainer di pelabuhan utama (*hub*)

Mt = muatan (TEU)

Bb = biaya per kilometer

jarak_{ij} = jarak pelabuhan utama (*hub*) dan pelabuhan pengumpul (*spoke*) (km)

Selanjutnya model matematis untuk fungsi tujuan adalah sebagai berikut :

Meminimumkan :

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=3}^3 \text{jarak}_{ij} \times \text{bb} (\text{biaya per kilometer}) + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^3 \text{Mt}_i \times \text{Bks}_i + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^3 \text{Mt}_i \times \text{Bks}_{ij} \tag{1}$$

Adapun batasan – batasan yang digunakan dalam model ini sebagai berikut :

a. Keseimbangan Aliran Pengiriman di Pelabuhan

$$\sum_{i=1}^8 \text{Mt}_i = \sum_{j=1}^3 \text{Mt}_j \tag{2}$$

Persamaan ini mengartikan bahwa jumlah yang dikirim dari pelabuhan utama (*hub*) harus sama dengan jumlah yang diterima di pelabuhan pengumpul (*spoke*)

b. Pelabuhan Pengumpul (*Spoke*) Hanya Di Singgahi Satu Kali

$$\sum_{i=1}^8 i = 1 \tag{3}$$

Kontainer dari pelabuhan utama (*hub*) hanya dapat dikirimkan ke pasangan pelabuhan pengumpul (*spoke*) yang terpilih sehingga kontainer tidak dapat dikirimkan ke lokasi pelabuhan pengumpul yang sama

c. Pelabuhan Utama (*Hub*) Hanya Di Singgahi Satu Kali

$$\sum_{j=1}^3 j = 1 \tag{4}$$

Pelabuhan utama (*hub*) hanya dapat mengirimkan kontainer ke pasangan pelabuhan pengumpul (*spoke*) yang terpilih sehingga

kontainer tidak dapat dikirimkan dari pelabuhan utama yang sama

Batasan bahwa decision variable yang dihasilkan harus bilangan bulat atau integer

$$1 \leq i \leq 8 \quad \text{dan } i = \text{integer} \quad (5)$$

$$1 \leq j \leq 3 \quad \text{dan } j = \text{integer} \quad (6)$$

2. Mengkodekan Pelabuhan Hub dan Spoke

Notasi i adalah untuk pelabuhan pengumpul (spoke)
 $i = 1, \dots, 8$

Pelabuhan Manokwari = i (1)

Pelabuhan Biak = i (2)

Pelabuhan Serui = i (3)

Pelabuhan Fak – Fak = i (4)

Pelabuhan Wasior = i (5)

Pelabuhan Kaimana = i (6)

Pelabuhan Nabire = i (7)

Pelabuhan Timika = i (8)

Sedangkan notasi j adalah pelabuhan utama (hub)

$j = 1, \dots, 3$

Pelabuhan Jayapura = j (1)

Pelabuhan Sorong = j (2)

Pelabuhan Merauke = j (3)

3. Menentukan Inputan yang Menjadi Masukan Matlab

Yang menjadi masukan dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah muatan pada masing – masing pelabuhan (Mt), jarak antar pelabuhan utama (hub) dan pelabuhan pengumpul (spoke), biaya kontainer di pelabuhan utama (Bkh), biaya kontainer di pelabuhan pengumpul (Bks) dan yang terakhir adalah biaya per kilometer pengiriman. Semua data ini telah tersimpan dalam file excel yang telah dibuat.

4. Melakukan Import data dari excel ke workspace Matlab

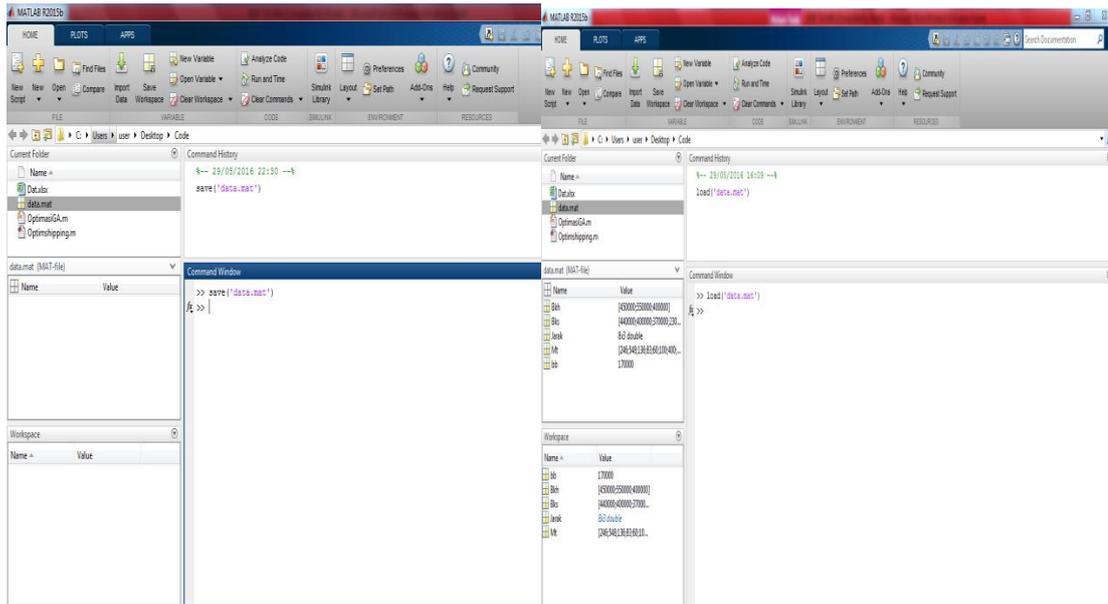
Data yang telah kita simpan pada excel harus di import terlebih dahulu pada software. Caranya adalah dengan men-drag data per bagian pada excel kemudian pilih numeric matrix pada kolom imported data selanjutnya adalah memberi nama bagian data tersebut sesuai dengan notasi yang telah kita tentukan dan yang terakhir adalah memilih import selection.

5. Save dan Load data

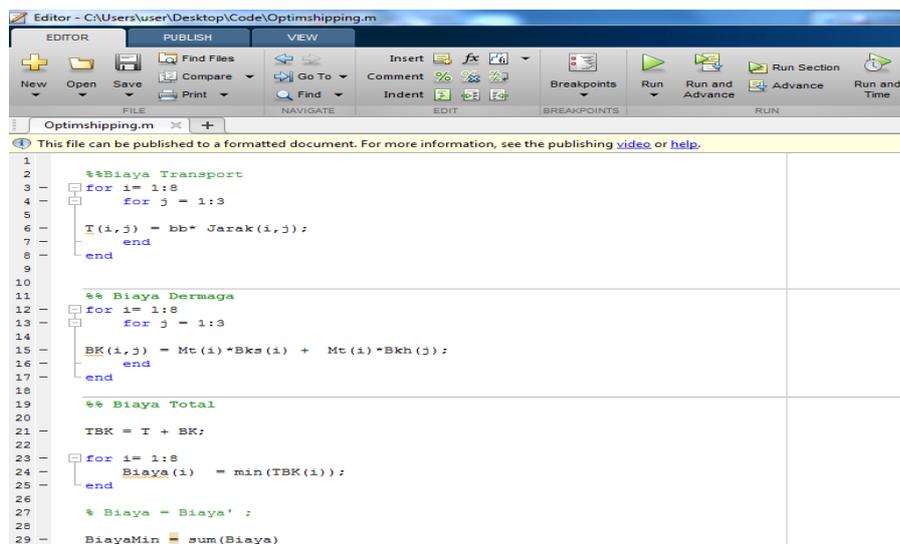
Setelah melakukan import data, langkah selanjutnya adalah melakukan save data. Save data dilakukan agar data yang sebelumnya telah kita import dari excel ke Matlab dapat disimpan pada Matlab. Cara melakukan save data adalah dengan mengetikkan perintah `save('data.mat')` pada jendela command window. Kemudian data akan secara otomatis tersimpan pada software Matlab. Setelah melakukan perintah `save`, file excel akan berubah secara otomatis menjadi file Matlab dengan nama `data.mat`. Data yang sebelumnya kita import akan muncul secara otomatis pada jendela detail (MAT –file). Setelah melakukan `save` data, langkah selanjutnya adalah melakukan load data. Perintah ini dilakukan agar data yang telah kita masukkan sebelumnya dapat di jalankan oleh program. Sama seperti `save` data perintah `load` data juga diketikkan pada jendela command window. Perintah yang diketikkan adalah `load('data.mat')`. Data yang sudah di load akan muncul pada jendela workspace, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.

Port	Jayapura	Sorong	Merauke
Tanjung pe...	3.4193e+03	1.6432e+03	3.0726e+03
Manokwari	835.8800	247.2800	2.0060e+03
Biak	656.4200	1.5380e+03	2.2206e+03
Serui	300	1.6938e+03	1253
Fak-fak	890	406.4100	763
Wasior	943	1.2829e+03	3.1092e+03
Kaimana	1.9001e+03	1.4561e+03	1.0228e+03
Nabire	470	1.5958e+03	1375
Timika	3.0769e+03	2.0992e+03	843.1100

Gambar 3. Import Data Jarak



Gambar 4. Save dan Load Data



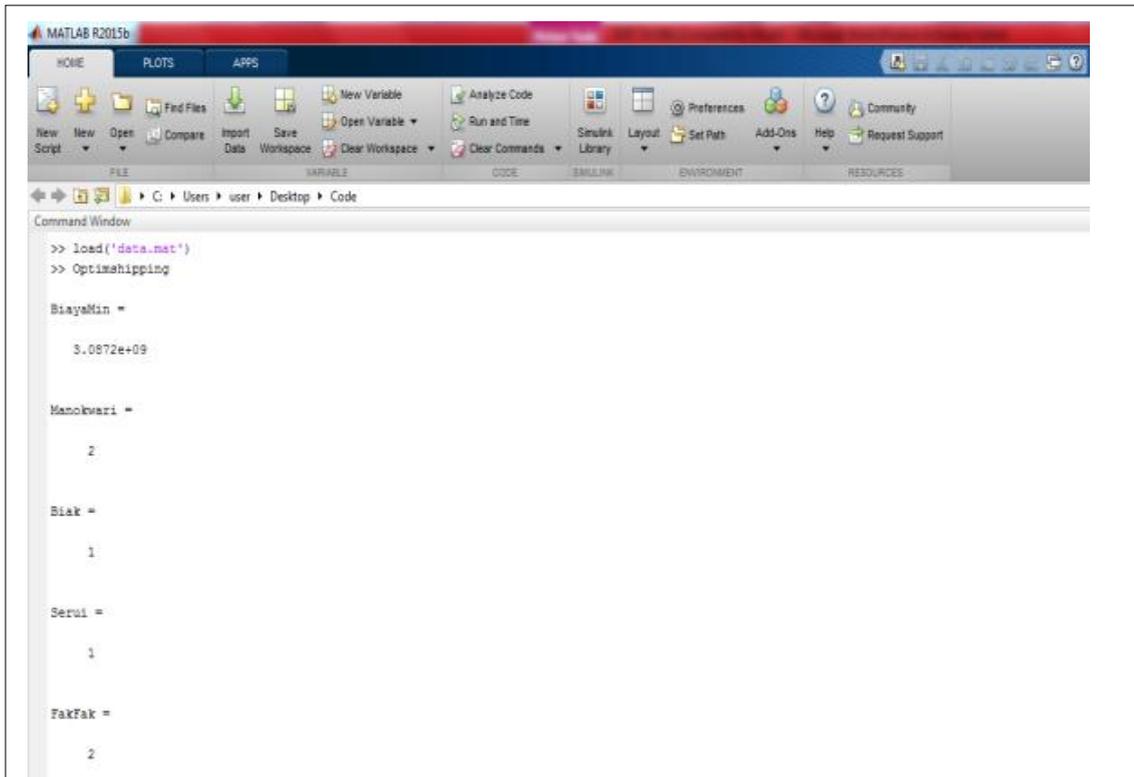
Gambar 5. Script Matlab

6. Membuat Script Matlab Untuk Fungsi Tujuan

Setelah melakukan langkah diatas, selanjutnya adalah membuat *script*. *Script* adalah sederetan perintah Matlab (dalam bentuk m-file) yang dituliskan secara berurutan sebagai sebuah file. Hasil dari file yang dibuat akan memiliki ekstensi m yang menandakan bahwa file yang dibuat adalah file Matlab. Pada penelitian ini, terdapat 3 perintah bagian yaitu biaya transport, biaya dermaga dan biaya total. Ketiga perintah bagian tersebut adalah penjabaran dari fungsi tujuan (*fitness function*) yang sebelumnya telah kita tentukan. Gambar 5 menunjukkan perintah – perintah dalam *script* yang dibuat.

7. Mencari Total Biaya Minimum dan Pemilihan Pasangan *Hub and Spoke* Terbaik dengan GA (Output)

Pencarian total biaya minimum dilakukan secara otomatis menggunakan *software* sehingga langsung mendapatkan hasil terbaik dari pencarian biaya pengiriman yang paling minimum. Begitu juga dengan pencarian pasangan *hub and spoke*, hasil pasangan terbaik langsung didapatkan bersama dengan biaya total. Untuk menjalankan pengolahan data di Matlab, pertama – tama kita melakukan *load* data kemudian menjalankan *script* yang telah kita buat sebelumnya dengan menekan F9 atau klik *run* pada *command window*. Hasil pengolahan data dengan menggunakan Algoritma Genetika dalam program Matlab ditunjukkan Gambar 6.



The screenshot shows the MATLAB R2015b Command Window with the following code and output:

```
>> load('data.mat')
>> Optimahipping

BiayaMin =

    3.0872e+09

Manokwari =

     2

Biak =

     1

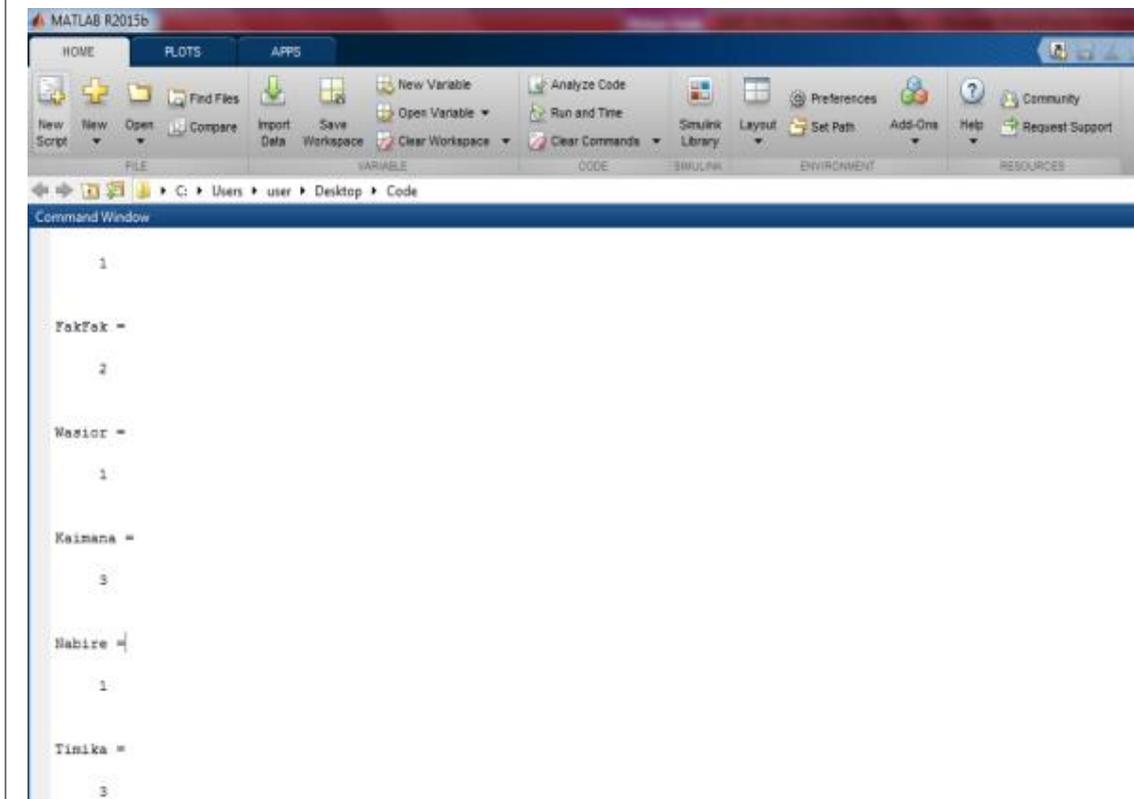
Serui =

     1

FakFak =

     2
```

(a)



The screenshot shows the MATLAB R2015b Command Window with the following code and output:

```
1.

FakFak =

     2

Wasior =

     1

Kaimana =

     3

Nabire =

     1

Timika =

     3
```

(b)

Gambar 6. Hasil Keluaran Matlab (a) dan (b)

RUTE 1			RUTE 2			RUTE 3		
Jayapura	Biak	Jayapura	Sorong	Manokwari	Sorong	Merauke	Kaimana	Merauke
Jayapura	Serui	Jayapura	Sorong	FakFak	Sorong	Merauke	Timika	Merauke
Jayapura	Wasior	Jayapura						
Jayapura	Nabire	Jayapura						

Gambar 7. Rute jaringan pelayaran *hub and spoke*

Gambar 8. Pemetaan Rute Pendistribusian Barang di Papua

Hasil yang diperoleh adalah berupa pasangan *hub and spoke* dan biaya yang dikeluarkan dengan menggunakan pasangan rute tersebut. Pasangan *hub and spoke* yang didapatkan adalah secara otomatis setelah kita memasukkan data pada Matlab dan memasukkan *fitness function* yang diperlukan. Terdapat tiga rancangan rute pasangan *hub and spoke* yang optimum. Rute pengiriman ini memanfaatkan pelabuhan – pelabuhan pengumpul agar dapat mendistribusikan barang ke daerah terpencil yang tidak dapat dijangkau oleh jalur darat. Rute optimum tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.

Rute – rute tersebut menjadi rute terbaik dan juga menghasilkan biaya yang paling optimum yaitu 3.08 milyar untuk biaya pengiriman dengan mempertimbangkan muatan yang dibawa kapal, harga bahan bakar, dan biaya kontainer. Selanjutnya pemetaan jaringan ini dilakukan dengan memberikan tanda pada peta Pulau Papua dimana letak pelabuhan utama (*Hub*) dan pelabuhan pengumpul (*Spoke*) yang selanjutnya diberikan garis – garis penghubung yang merupakan jaringan berdasarkan hasil pengolahan data.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Rute jaringan pasangan pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpul yang terbaik adalah Jayapura – Biak, Jayapura – Serui, Jayapura – Wasior, Jayapura – Nabire, Sorong – Manokwari, Sorong – FakFak, Merauke – Kaimana, Merauke – Timika
2. Biaya minimum yang diperoleh berdasarkan keluaran dari Matlab adalah 3.08 M dengan kondisi data seperti pada pengumpulan data
3. Pengiriman dengan sistem *hub and spoke* memiliki kelebihan dapat mengirimkan barang dari *hub* ke *spoke*, *spoke* ke *hub* dan dari *hub* ke *hub* secara lebih maksimal.
4. Pola distribusi *hub and spoke* lebih menjamin pemerataan dalam pendistribusian barang dan juga menghemat biaya.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, salah satunya adalah hanya mencakup wilayah Papua. Pengembangan penelitian dapat dilakukan antara lain dengan : Memperluas cakupan pelabuhan yang akan menjadi objek penelitian, memperluas wilayah penelitian, maksudnya adalah dapat menggabungkan beberapa pulau di Indonesia, dan juga dengan memperluas parameter optimasi yang digunakan dalam perancangan rute pendistribusian barang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adi B.J., IDM., Nurcahyawati, V. 2012. Penentuan Jarak Terpendek Pada Jalur Distribusi Barang Di Pulau Jawa Dengan Menggunakan Algoritma Genetika, *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*. Vol.1, No. 3.
2. Akbardin, J. 2013. Optimalisasi Sistem Jaringan Distribusi Pergerakan Barang Angkutan Jalan Raya Berdasarkan Jarak Distribusi Terpendek (Studi Kasus Pergerakan Barang Pokok dan Strategis Internal Regional Jawa Tengah). *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 KoNTekS*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
3. Brown, G. G., Graves, G. W., David, R..1987. Scheduling Ocean Transportation of Crude Oil, *Management Science*. 33(3): 335-346.
4. Fachrurrazi, S. 2015. Penerapan Algoritma Genetika dalam Optimasi Pendistribusian Pupuk di PT. Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara. *JT-FTI*. Vol.2, No.1: 47-66.
5. Gunawan, Maryati, I., Wibowo, H.K. 2012. Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang dengan Ant Colony Optimization. *Jurnal Nasional Semantik*. Vol 2 No. 1
6. Han, M.M, Guolong, L., Bin, Y. 2011. A Linear Programming Model For Short Sea Shipping And Multimodal Inland Transportation In Myanmar. *Report and Opinion 2011*. 3(1):37-43
7. Hsu, C. I., Heish, Y. P. .2005. Direct Versus hub-and-spoke Routing on A Maritime Container Network, *Journal of Marine Science and Technology*. 13(3) : 209-217.
8. Kristiana, S.P.D, Natalia, C., Silalahi, A., Aldi, B.E. 2015. Strategic Collaboration with Shipping Companies. The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE). Vol. 5, No 12 :37-45.
9. Natalia, C., Kristiana, S.P.D., Aldi, B.E., Silalahi, A. 2016. Mapping Actors in The Modelling of Logistics Sea Shipping Networks Structures . The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE). Vol.6, No.1 : 77-88.
10. Natalia, C., Sugioko, A., Anne, C. 2015. Lean and Green Approach in Devising Optimization Program to Determine Distribution Routes by Using Tabu Search Method . Prosiding Seminar Internasional 8th ISIEM. Malang. Indonesia
11. Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 86/M-DAG/PER/12/2012. Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus (DAK) Bidang Sarana Perdagangan Tahun Anggaran 2013 (www.kemendag.go.id). Diakses tanggal 20 November 2015.
12. Rahman, A., Susanty, S. 2015. Penentuan Rute Distribusi Tabung Gas Menggunakan Metode (1-0) Insertion Intra Route. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. Reka Integra. No.01 | Vol.03 Januari 2015
13. Saptono, F., Hidayat, T. 2007 Perancangan Algoritma Genetika untuk Menentukan Jalur Terpendek. *Prosiding Seminar SNATI 2007*. Yogyakarta.
14. Suhaid. 2004. *Perlindungan Terhadap Lingkungan Laut dari Pencemaran yang Bersumber dari Kapal : Konsekuensi Penerapan Hak Pelayaran Internasional Melalui Perairan Indonesia*. Jakarta: Pustaka Bangsa Press.
15. Yang, Z., Chen, K. 2010. Optimization of Shipping Network of Trunk and Feeder Lines for Inter-Regional and Intra-Regional Container Transport. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. 8: 694-705.