

OPTIMALISASI JARINGAN LOGISTIK UDARA DI PEGUNUNGAN TENGAH PROVINSI PAPUA BERDASARKAN ANALISIS *ANT COLONY SYSTEM*

AIR LOGISTICS NETWORK OPTIMIZATION SYSTEM IN THE CENTRAL PAPUA MOUNTAINS BASED ON ANALYSIS OF ANT COLONY

Windra Priatna Humang

Prodi Teknik Sipil Universitas Andi Djemma

Jl. Tandi Pau No. 5 Palopo 91914

[Email: windrahumang@gmail.com](mailto:windrahumang@gmail.com)

Diterima: 30 Juni 2016, Revisi 1: 27 Juli 2016, Revisi 2: 9 Agustus 2016, Diterima: 19 Agustus 2016

ABSTRAK

Pola jaringan transportasi logistik di Provinsi Papua masih memiliki tantangan yang besar. Berbagai faktor penyebabnya diantaranya keterbatasan jaringan prasarana dan pelayanan transportasi, pola penyebaran penduduk yang terpencar-pencar, kondisi geografi, topografi serta cuaca. Tujuan penelitian ini adalah analisis pola distribusi logistik udara di Pegunungan Tengah, dan rute pelayanan angkutan barang yang efektif berdasarkan model *ant colony system*. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan tiga metode yaitu analisis pola distribusi dan rantai pasok, analisis prediksi permintaan muatan barang, dan analisis Jaringan Distribusi dengan pendekatan *Ant Colony System (ACS)*. Hasil analisis menunjukkan bahwa saat ini distribusi logistik di wilayah selatan Provinsi Papua masuk melalui Pelabuhan Pomako Timika, kemudian melewati tahap bongkar muat dan diangkut ke Bandar Udara Mozes Kilangin menggunakan transportasi darat. Barang tersebut diangkut melalui transportasi udara dengan menggunakan pesawat perintis jenis *twin otter*, *pilatus* dan *caravan* ke wilayah Pegunungan Tengah. Kebutuhan muatan barang di Pegunungan Tengah rata-rata sebesar 413.531 kg per bulan. Angkutan udara eksisting berupa penerbangan perintis di nilai sudah tidak efisien karena biaya yang dibutuhkan sangat mahal mencapai Rp. 24.000 – Rp. 35.000 per kg. Ditemukan 3 jaringan yang cocok untuk diterapkan yaitu: Rute 1 : Timika → Tigi → Paniai Timur → Homeyo Biandoga → Supaga → Timika, Rute 2 : Timika → Ilaga → Beoga → Agadugume → Doufu → Wangbe → Sinak → Timika, dan Rute 3 : Timika → Mapenduma → Keeyam → Dekai → Timika.

Kata Kunci: *Ant Colony System*, Logistik, Papua.

ABSTRAK

The pattern of transport logistics network in Papua province still have a big challenge. Various contributing factors are the limitations of the network infrastructure and transport services, scattered population, geography, topography and weather. The purpose of this research is to analyze the needs of rotary wing aircraft (helicopters) for the distribution of goods from Timika to the Pegunungan Tengah, and to determine the effectiveness of freight services with rotary wing aircraft. The approach used is quantitative descriptive. This study uses three analytical methods such as an analysis of distribution patterns and supply chains, an analysis of cargo demand forecast, and an analysis of Distribution Network using Ant Colony System (ACS) approach. The data shows that the existing logistics distribution in southern of Papua Province start from Port Pomako Timika, then passed to Timika Airport using land transportation, and then transported to Pegunungan Tengah region via air transportation using pioneer type aircraft such as Twin Otter, Pilatus and Caravan. The average need of cargo in the Pegunungan Tengah is 413.531 kg per month. Existing air transport in the form of fixed wing aircraft is not efficient because the costs involved are very expensive, upto Rp. 24,000 - Rp. 35,000 per kg. There are 3 matching networks for the implemented that are Route 1 : Timika → Tigi → Paniai Timur → Homeyo → Biandoga → Supaga → Timika, Route 2 : Timika → Ilaga → Beoga → Agadugume → Doufu → Wangbe → Sinak → Timika, and Route 3 : Timika → Mapenduma → Keeyam → Dekai → Timika.

Key Word : *Ant Colony System*, Logistic, Papua

PENDAHULUAN

Permintaan kebutuhan bahan pokok di Kawasan Pegunungan Tengah sangat besar. Hal ini disebabkan wilayah Pegunungan Tengah memiliki jumlah penduduk terpadat di Provinsi Papua. Data Tahun 2008 menunjukkan penduduk di Kawasan Pegunungan Tengah Papua berjumlah 1,2 Juta jiwa atau sekitar 60 % dari jumlah penduduk di Provinsi Papua (BPS Provinsi Papua 2009). Wilayah Pegunungan Tengah merupakan daerah terisolasi/tertinggal karena satu-satunya moda ke daerah tersebut adalah transportasi udara (Badan Pengelolaan Infrastruktur Provinsi Papua, 2009).

Pintu masuk barang logistik melalui akses laut di Provinsi Papua meliputi Jayapura dan Nabire untuk Papua bagian utara, serta Merauke dan Timika untuk Papua bagian selatan. Posisi Timika yang berbatasan langsung dengan wilayah Pegunungan Tengah menjadikan Timika berpotensi sebagai hub transportasi logistik di Provinsi Papua dengan mengembangkan sistem transportasi yang mendukung akses ke wilayah Pegunungan Tengah baik transportasi jalan, sungai dan udara. Sistem transportasi logistik eksisting di Timika masih sangat memprihatinkan dengan sarana dan prasarana sangat terbatas dengan frekuensi dan *load faktor* yang rendah.

Distribusi logistik dari Pulau Jawa masuk ke Provinsi Papua bagian selatan melalui Pelabuhan Pomako Timika kemudian melewati tahap bongkar muat dan diangkut ke Bandar Udara Mozes Kilangin Timika menggunakan transportasi darat. Barang tersebut diangkut melalui transportasi udara dengan menggunakan pesawat perintis jenis *Twin Otter*, *Pilatus* dan *Caravan*. Waktu tempuh pengiriman barang dari pulau Jawa ke Timika dan didistribusikan ke kawasan Pegunungan Tengah memakan waktu paling cepat 15 hari.

Data *World Bank* Tahun 2007 menyebutkan bahwa, biaya subsidi angkutan udara untuk

Kabupaten Jayawijaya Rp. 350 Milyar/tahun atau sekitar 47% dari APBD Kabupaten Jayawijaya. Sebagai perbandingan, harga semen sesuai data Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Papua Tahun 2014 di Timika sebesar Rp. 2000/Kg sedangkan di kabupaten Puncak Jaya sebesar Rp. 46.980/kg (Badan Pengelolaan Infrastruktur Provinsi Papua, 2009).

Pola jaringan transportasi logistik di Provinsi Papua masih memiliki tantangan yang sangat berarti, berbagai faktor penyebabnya diantaranya adalah i) keterbatasan jaringan prasarana dan pelayanan transportasi baik jalan, sungai, laut dan udara, ii) pola penyebaran penduduk yang terpencar-pencar, iii) kondisi geografi, topografi serta cuaca. Kendala ini cukup berarti khususnya untuk pelayanan distribusi logistik dan barang strategis ke wilayah Pegunungan Tengah karena harus menggunakan moda transportasi udara.

Perkembangan jumlah penduduk berimplikasi terhadap kebutuhan barang logistik yang pada akhirnya mempunyai konsekuensi terhadap upaya peningkatan infrastruktur transportasi dalam mendukung distribusi logistik di Provinsi Papua. Untuk itu kebijakan pengaturan dan pengolahan sistem jaringan infrastruktur transportasi khususnya udara ke Pegunungan Tengah sangat dibutuhkan, sehingga infrastruktur yang terbangun tepat sasaran, bermanfaat dan menghemat sumber daya.

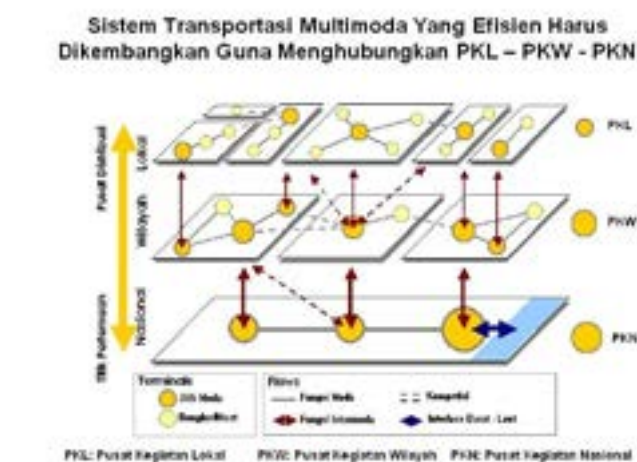
Kebijakan yang harus dilakukan adalah penyediaan sistem jaringan infrastruktur transportasi dengan kualitas yang baik. Adanya konektivitas ini akan menyebabkan kawasan tersebut menjadi mudah dicapai dan orang akan mulai mau tinggal di wilayah tersebut. Seterusnya setelah wilayah tersebut berkembang yang menyebabkan terbentuknya kebutuhan akan pergerakan yang cukup besar, barulah sistem jaringan infrastruktur transportasinya ditingkatkan sesuai dengan

peramalan kebutuhan akan pergerakan pada masa yang akan datang. Berdasarkan kondisi tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi logistik udara di Pegunungan Tengah, dan menentukan rute pelayanan angkutan barang logistik udara yang efektif berdasarkan model *ant colony system*.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Jaringan Transportasi Multimoda

Sistem transportasi multimoda mengintegrasikan skala geografi yang berbeda dari pelayanan transportasi regional ke lokal. Gambar 3 mengilustrasikan hirarki pergerakan dari suatu koridor sistem transportasi multi moda, terdiri dari suatu rangkaian pusat/ hub yang berkompetisi yang menyatukan jaringan transportasi lokal dan regional.



Sumber: Rodrigue, 2009

Gambar 1. Pengaturan Hirarki Pergerakan Sistem Transportasi Multi Moda

Berdasarkan skala geografinya, regulasi/ pengaturan lalu lintas dikoordinasikan pada tingkatan lokal oleh pusat distribusi, yang biasanya terdiri dari satu simpul transportasi, atau ditingkat regional dimana terdapat simpul transportasi utama yang memiliki fungsi intermoda.

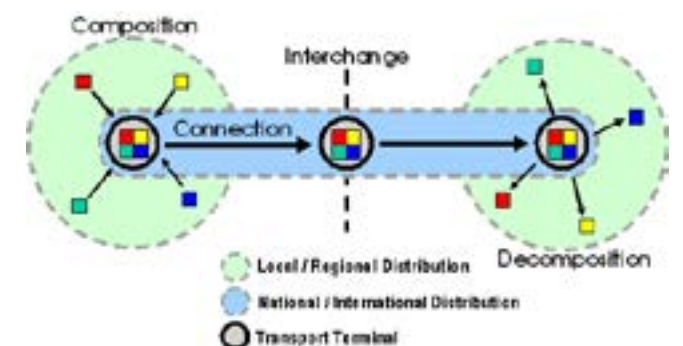
Konsep Jaringan Transportasi Antarmoda

Pengembangan transportasi antarmoda umumnya didasarkan pada sejumlah konsep berikut: a) Sifat alamiah dan kuantitas komoditi/ penumpang yang

dipindahkan, b) Moda transportasi yang digunakan, c) Asal tujuan perjalanan, d) Waktu dan biaya perjalanan, dan e) Nilai komoditas/ penumpang dan frekuensi perjalanannya. (Bowersox, D, 1978).

Terdapat 4 definisi fungsi utama dalam transportasi keterpaduan intermoda (Rodrigue, 2009), yakni:

- 1) **Komposisi.** Pengumpulan dan konsolidasi barang/ penumpang di suatu simpul yang memungkinkan terjadinya *interface* intermoda antara sistem distribusi lokal/regional dan sistem distribusi nasional/internasional.
- 2) **Koneksi.** Pengaliran barang/ penumpang diantaranya minimal dua terminal/simpul. Efisiensi koneksi umumnya diperoleh dari *economics of scale*.
- 3) **Perpindahan/ Interchange.** Proses perpindahan moda di simpul. Fungsi utama dari intermoda dilakukan di simpul yang berperan menyediakan kontinuitas pergerakan dalam rantai transportasi.
- 4) **Dekomposisi.** Proses pemisahan barang/ penumpang di simpul terdekat dari tujuan dan ditransfer ke dalam jaringan distribusi lokal/regional.



Gambar 2. Rantai Transportasi Intermoda (Rodrigue 2009)

Ant Colony Optimization

Ant based techniques pertama kali digunakan oleh Dorigo et. al (1996) dengan menggunakan ACO untuk menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP). Dalam ACO, setiap semut dalam kawanan yang berjalan akan meninggalkan pheromone

(semacam zat kimia) pada jalur yang dilaluinya. Pheromone ini menjadi semacam sinyal bagi sesama semut. Jalur yang pendek akan menyisakan sinyal yang lebih kuat. Semut berikutnya, pada saat memutuskan jalur mana yang harus dipilih, biasanya akan cenderung memilih untuk mengikuti jalur dengan sinyal yang paling kuat, sehingga jalur terpendek akan ditemui karena lebih banyak semut yang akan melewati jalur tersebut. Semakin banyak semut yang lewat suatu jalur, semakin kuat sinyal di jalur itu.

Perilaku Semut

Seekor semut k pada simpul i akan memilih simpul j yang dituju pada layer berikutnya dengan probabilitas

$$p_{i,j} = \begin{cases} \frac{\tau_{i,j}^\alpha}{\sum_{j \in N_i^{(k)}} \tau_{i,j}^\alpha}, & \text{jika } j \in N_i^{(k)} \\ 0, & \text{jika } j \notin N_i^{(k)} \end{cases}$$

dimana α menunjukkan derajat kepentingan *pheromone* dan $N_i^{(k)}$ adalah pilihan yang dimiliki semut k (*neighborhood*) pada saat ia berada pada simpul i . *Neighborhood* dari semut k pada simpul i akan mengandung semua simpul yang bisa dituju yang tersambung secara langsung ke simpul i , kecuali simpul yang sudah dikunjungi sebelumnya.

Penambahan dan Penguapan *Pheromone*

Seekor semut k ketika melewati ruas akan meninggalkan *pheromone*. Jumlah *pheromone* yang terdapat pada ruas ij setelah dilewati semut k diberikan dengan rumus

$$\tau_{i,j} \leftarrow \tau_{i,j} + \Delta\tau^k$$

Dengan meningkatnya nilai *pheromone* pada ruas $i-j$, maka kemungkinan ruas ini akan dipilih lagi pada iterasi berikutnya semakin besar. Setelah sejumlah simpul dilewati maka akan terjadi penguapan *pheromone* dengan aturan sebagai berikut

$$\tau_{i,j} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{i,j}; \forall (i,j) \in$$

dimana $\rho \in (0, 1)$ adalah parameter tingkat penguapan dan A menyatakan segmen atau ruas yang sudah dilalui oleh semut k sebagai bagian dari lintasan dari sarangnya menuju ke makanan. Penurunan jumlah *pheromone* memungkinkan semut untuk mengeksplorasi lintasan yang berbeda selama proses pencarian. Ini juga akan menghilangkan kemungkinan memilih lintasan yang kurang bagus. Selain itu, ini juga membantu membatasi nilai maksimum yang dicapai oleh suatu lintasan *pheromone*. Jumlah *pheromone* yang ditambahkan pada ruas $i - j$ oleh semut k diberikan sebagai

$$\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = \frac{Q}{L_k}$$

dimana Q adalah konstanta dan L_k adalah lintasan terpendek yang dilalui semut k . Nilai Q biasanya ditentukan oleh user. Atau bisa juga diimplementasikan dengan cara berikut

$$\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, \\ 0, \end{cases}$$

Awalnya ACO diterapkan oleh penemunya untuk menyelesaikan persoalan Traveling Salesman Problem (TSP).

METODE PENELITIAN

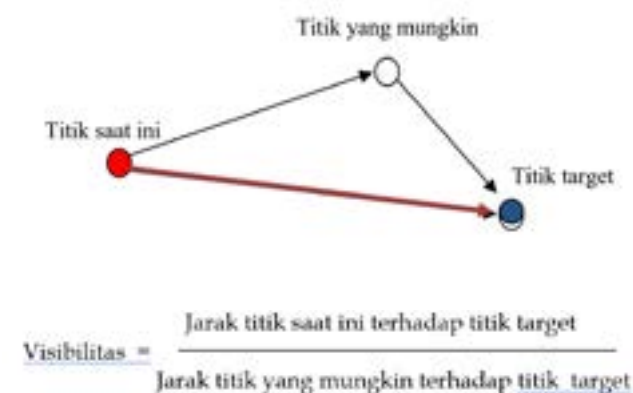
Pengambilan data dilakukan pada Agustus 2015. Teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

- Pelaksanaan survey lapangan di Pelabuhan Pomako dan Bandara Moses Kilangin
- Pengumpulan data sekunder khususnya terkait dengan produktivitas barang dari bandara yang terdistribusi ke kawasan Pegunungan Tengah, sosio ekonomi wilayah, dan operasional moda transportasi lain yang beroperasi (simpul dan ruas). Selain itu juga dikoleksi data dari berbagai studi yang pernah dilakukan sebelumnya.
- Pelaksanaan wawancara dengan para pelaku usaha, otoritas bandara, operator penerbangan,

otoritas pelabuhan, pemerintah (dinas terkait) dan tokoh masyarakat yang memahami permasalahan di Pegunungan Tengah.

Teknik analisis yang digunakan:

- Analisis pola distribusi dan rantai pasok, pola distribusi dilihat dari kondisi eksisting bagaimana rute/jalur pendistribusian barang logistik dari Timika ke Pegunungan Tengah yang kemudian digambarkan dalam bentuk garis distribusi (non skala).
- Analisis prediksi permintaan muatan barang, dilakukan dengan membuat model prediksi matematis dengan pendekatan polynomial berdasarkan data produktivitas barang di Bandara Mozes Kilangin,
- Analisis Jaringan Distribusi dengan pendekatan *Ant Colony System (ACS)*. Analisis ini menentukan parameter rute terpendek berdasarkan probabilitas (nilai visibilitas) yaitu sebuah ukuran yang ditujukan untuk memberikan pengaruh pada masing-masing semut dalam bergerak ke arah titik target selanjutnya dengan jarak garis lurus. Penentuan visibilitas suatu titik relative terhadap titik target adalah sebagai berikut:



Probabilitas pemilihan rute berdasarkan perilaku dan preferensi didasarkan pada skor nilai yang diperoleh dari model Conjoint untuk setiap ruas jalan. Nilai skor preferensi dari Conjoint relatif terhadap skor maksimal yang mungkin. Aspek ini disebut penerimaan dan nilainya diperoleh yaitu

Preferensi = skor preferensi conjoint

Parameter feromon. Feromon merupakan jejak yang ditinggalkan oleh semut lain yang sebelumnya melewati ruas garis tersebut. Nilai Feromon yang lebih besar memiliki probabilitas pemilihan rute yang lebih besar. Dengan menggunakan ketiga parameter tersebut maka probabilitas penerimaan rute diperoleh sebagai berikut :

$$\text{Prob} = \frac{(\text{Feromon})^\alpha * (\text{Prefrensi})^\beta * (\text{visibilitas})^\gamma}{\sum (\text{Feromon})^\alpha * (\text{Prefrensi})^\beta * (\text{visibilitas})^\gamma}$$

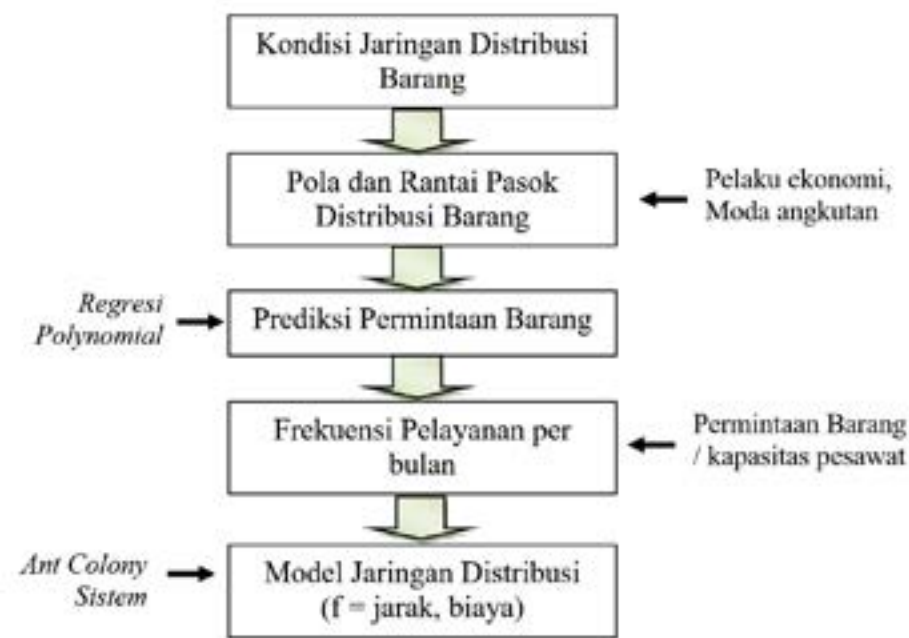
```

For setiap Titik(i) do
    tentukan nilai feromon = 0
end

For k = 1 to m do
    Letakkan Semut(k) pada setiap titik secara acak
    Tentukan nilai Lk untuk jarak tempuh Semut(k) dan Tk untuk himpunan titik yang dikunjungi semut(k)
end
-- ulangi --
For iterasi = 1 to iterasi maksimal do
    For k = 1 to m do
        Hitung titik yang dikunjungi Semut(k) dengan menerapkan rumus probabilitas
        Prob = (Feromon)α * (Prefrensi)β * (visibilitas)γ / Σ (Feromon)α * (Prefrensi)β * (visibilitas)γ
        Nilai probabilitas terbesar adalah titik yang dipilih semut
        Tambahkan titik yang dikunjungi semut k ke dalam himpunan Tk
    End for k
    For k = 1 to m do
        Hitung panjang Lintasan Lk yang dikunjungi setiap Semut(k)
    End for k
    For setiap Titik(i) do
        Update nilai feromon
    End for k
End for iterasi
Tampilkan rute pada semut dari himpunan asal ke himpunan tujuan

```

Kerangka konsep penelitian dijelaskan pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 3. Konsepsi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola dan Rantai Pasok Distribusi Barang dari Bandara Mozes Kilangin Ke Pegunungan Tengah

Pergerakan barang logistik di Provinsi Papua umumnya melalui 5 pintu utama yaitu Jayapura, Nabire, Timika, Biak dan Merauke. Sebagian besar barang logistik yang masuk di Kabupaten Timika berasal dari Jakarta (Tj. Priok), Surabaya (Tj. Perak) dan Makassar. Barang yang masuk melalui Pelabuhan Pomako selanjutnya dibawa melalui akses darat ke Bandara Mozes

Kilangin dan kemudian terdistribusi ke wilayah Pegunungan Tengah. Ada 6 rute distribusi utama melalui udara dari Timika ke Pegunungan Tengah yaitu Tigi, Paniai Timur, Homeyo, Ilaga, Keeyam dan Dekai. Dari distrik tersebut kemudian terdistribusi kembali melalui udara ke distrik lain disekitarnya. Barang tersebut diangkut melalui transportasi udara dengan pesawat perintis jenis *Twin Otter*, *Pilatus* dan *Caravan*. Waktu tempuh pengiriman barang dari pulau Jawa ke Timika dan di distribusikan ke Kawasan Pegunungan Tengah memakan waktu paling cepat 15 hari. Rute distribusi tersebut mengikuti rute reguler

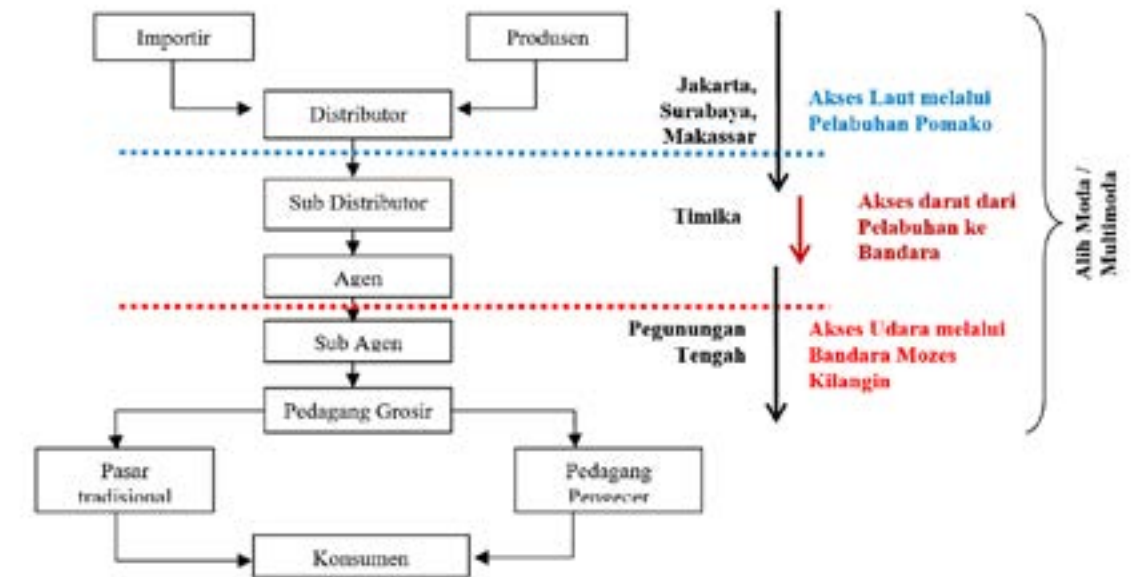


Gambar 4. Pola Distribusi Barang ke Wilayah Pegunungan Tengah

yang telah ditetapkan oleh pihak swasta (operator penerbangan).

Komponen terbesar terhadap besarnya biaya barang pokok adalah fungsi dari jarak dan biaya

angkutan. Rantai pasok di Pegunungan Tengah sangat panjang dilihat dari banyaknya pelaku ekonomi (mulai produsen sampai konsumen) dan mahal biaya angkut.



Gambar 5. Rantai Pasok distribusi logistik ke Wilayah Pegunungan Tengah

Konsekuensi dari penggunaan angkutan udara menjadi penyebab utama besarnya biaya angkut

barang yang ditanggung masyarakat di wilayah Pegunungan Tengah.



Gambar 6. Biaya Angkut Barang Melalui Udara ke Pegunungan Tengah (/kg)

Prediksi Muatan Barang Dari Bandara Mozes Kilangin ke Pegunungan Tengah

Wilayah Pegunungan Tengah yang menjadikan Timika (Bandara Mozes Kilangin) sebagai hub distribusi meliputi 6 kabupaten yaitu Kabupaten

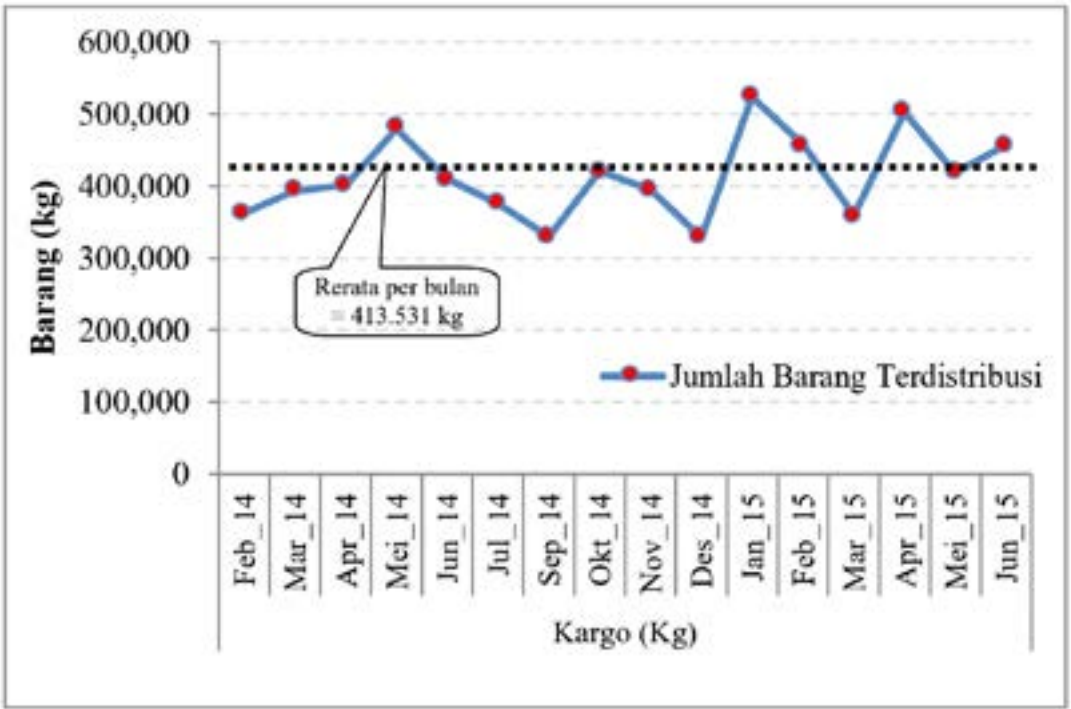
Deiyai (Distrik Tigi), Kabupaten Intan Jaya (Distrik Supaga, Biandoga, Homeyo), Kabupaten Nduga (Distrik Keeyam & Mapenduma), Kabupaten Paniai (Distrik Paniai Timur), Kabupaten Puncak (Distrik Agadugume, Beoga, Doufu, Ilaga, Sinak & Wangbe), Kabupaten Yahukimo (Distrik Dekai).

Tabel 1.Distribusi Barang di Dari Bandara Mozes Kilangin Timika ke Wilayah Pengunungan Tengah

No	Distrik	Jumlah Barang (Kg)																Jumlah	Rata2/ bulan
		Feb_14	Mar_14	Apr_14	Mei_14	Jun_14	Jul_14	Sep_14	Okt_14	Nov_14	Des_14	Jan_15	Feb_15	Mar_15	Apr_15	Mei_15	Jun_15		
1	Tigi	-	-	-	-	-	2,357	3,097	2,500	2,439	9,190	3,407	3,187	748	3,155	4,570	4,853	39,503	3,591
2	Sugapa	29,225	19,644	30,017	25,126	14,893	27,865	21,998	22,872	30,223	29,917	26,740	18,174	16,481	20,139	19,315	19,706	372,335	23,271
3	Biandoga	-	567	510	1,100	1,050	-	1,573	-	1,038	-	1,130	2,478	1,100	-	-	1,100	11,646	1,165
4	Homeyo	3,483	6,097	2,448	1,344	2,393	846	5,356	2,149	5,597	3,662	1,947	5,559	9,357	5,797	4,606	1,780	62,421	3,901
5	Kenyam	3,384	9,740	13,213	11,979	10,474	7,828	18,269	7,860	7,116	3,231	-	4,437	1,146	3,326	1,757	1,430	105,190	7,013
6	Mapen- duma	852	728	1,093	2,178	1,288	1,276	916	4,264	5,625	1,319	8,988	8,813	1,611	3,580	1,908	1,311	45,750	2,859
7	Paniai Timur	6,795	9,649	9,913	7,602	4,937	7,419	5,683	4,022	3,655	11,519	5,245	6,103	4,480	3,330	6,159	2,494	99,005	6,188
8	Agadu- gume	5,265	4,897	4,112	-	2,299	4,385	-	5,370	4,908	3,256	14,392	3,400	3,161	782	838	1,366	58,431	4,174
9	Beoga	56,739	56,057	54,256	94,854	65,291	33,394	20,562	31,133	37,752	43,172	35,780	24,744	30,524	41,925	37,580	57,124	720,887	45,055
10	Doufu	9,256	4,269	2,030	-	8,397	3,135	6,584	3,027	534	-	-	4,521	910	850	537	1,174	45,224	3,479
11	Ilaga	214,742	216,449	235,498	282,775	223,957	243,364	203,163	302,149	267,981	186,099	375,883	337,317	258,964	372,572	298,398	322,774	4,342,085	271,380
12	Sinak	30,773	39,822	31,894	33,155	59,716	34,714	29,355	19,948	23,633	29,557	42,605	31,563	24,805	38,744	39,014	39,736	549,034	34,315
13	Wangbe	2,546	18,623	10,314	8,143	7,171	1,829	2,302	7,439	4,343	5,800	7,141	3,906	5,194	6,214	1,943	1,421	94,329	5,896
14	Dekai	-	6,992	6,331	11,883	8,458	7,324	10,506	8,449	728	1,896	-	2,945	1,006	1,988	1,224	929	70,659	5,047
	Jumlah	363,060	393,534	401,629	480,139	410,324	375,736	329,364	421,182	395,572	328,618	523,258	457,147	359,487	502,402	417,849	457,198	6,616,499	413,531

Sumber: Bandar Udara Mozes Kilangin, Timika, 2015

Dari data muatan barang di Bandara Mozes Kilangin (Angkasa Pura I, 2015), kebutuhan muatan barang masyarakat rata-rata sebesar 413.531 kg per bulan. Tercatat data muatan barang kargo pada bulan februari 2014 sampai juni 2015 berfluktuasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Jumlah Barang Yang Terdistribusi ke Pegunungan Tengah Melalui Bandara Mozes Kilangin Timika

Dengan pendekatan regresi polynomial, prediksi distrik dapat dijelaskan sebagai berikut. permintaan kebutuhan barang bulanan setiap

Tabel 2. Prediksi Permintaan Kebutuhan Barang Bulanan ke Pegunungan Tengah Melalui Bandara Mozes Kilangin Timika

No	Distrik	Model Prediksi Regresi Polynomial		Rerata per bulan (kg)
		Persamaan	R ²	
1	Tigi	$y = 0.3203x^5 - 10.646x^4 + 107.27x^3 - 274.68x^2 - 126.25x + 467.87$	0.5953	3,591
2	Sugapa	$y = -0.1774x^6 + 9.9036x^5 - 207.62x^4 + 2012.2x^3 - 8925.8x^2 + 15124x + 19143$	0.3960	23,271
3	Biandoga	$y = 0.0765x^6 - 3.6841x^5 + 67.002x^4 - 570.42x^3 + 2275.8x^2 - 3621.5x + 1965.9$	0.4181	1,165
4	Homeyo	$y = -0.1267x^6 + 6.25x^5 - 119.73x^4 + 1110.3x^3 - 4976.2x^2 + 9179.7x - 1156.4$	0.4961	3,901
5	Kenyam	$y = -0.1965x^6 + 9.7152x^5 - 185.62x^4 + 1757.8x^3 - 8925.9x^2 + 23319x - 12432$	0.7486	7,013
6	Mapenduma	$y = 0.0896x^6 - 3.9442x^5 + 62.971x^4 - 448.98x^3 + 1460.5x^2 - 1777.5x + 1428$	0.5529	2,859
7	Paniai Timur	$y = -0.1128x^6 + 6.4437x^5 - 143.86x^4 + 1569.8x^3 - 8503.4x^2 + 20057x - 6376.6$	0.4889	6,188

8	Agadugume	$y = 0.0525x^6 - 1.6136x^5 + 9.5078x^4 + 104.18x^3 - 1047.6x^2 + 1672.1x + 4615.5$	0.4395	4,174
9	Beoga	$y = 0.9198x^6 - 43.597x^5 + 766.47x^4 - 6005.7x^3 + 19233x^2 - 16760x + 55784$	0.5988	45,055
10	Doufu	$y = 0.1914x^6 - 10.785x^5 + 237.22x^4 - 2556.1x^3 + 13814x^2 - 34196x + 32607$	0.6167	3,479
11	Ilaga	$y = 1.5383x^6 - 74.731x^5 + 1345.5x^4 - 10975x^3 + 39702x^2 - 46503x + 227899$	0.4599	271,380
12	Sinak	$y = 0.5812x^6 - 29.766x^5 + 578.09x^4 - 5241.3x^3 + 21909x^2 - 35887x + 50877$	0.3103	34,315
13	Wangbe	$y = -0.3709x^6 + 20.707x^5 - 453x^4 + 4866.8x^3 - 26161x^2 + 62305x - 37099$	0.7925	5,896
14	Dekai	$y = -0.0304x^6 + 1.1633x^5 - 17.097x^4 + 171.48x^3 - 1667.3x^2 + 8956.3x - 6981.4$	0.8006	5,047

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Model Jaringan Distribusi Logistikke Pegunungan Tengah

Penentuan model jaringan distribusi barang dilakukan dengan pendekatan *Vehicle Routing Problem* Berbasis *Ant Colony System*. *Vehicle Routing Problem (VRP)* adalah suatu model yang memiliki banyak varian, yang menggambarkan

masalah transportasi sebagai modelgrafik, bertujuan untuk menemukan rute dengan biaya minimum untuk pengiriman suatu produk kepada sejumlah customer di beberapa lokasi yang berbeda. Penentuan model jaringan tersebut didasarkan pada fungsi jarak (tabel 4) dan kebutuhan frekuensi pelayanan pesawat tiap wilayah yang akan dilayani (tabel 3).

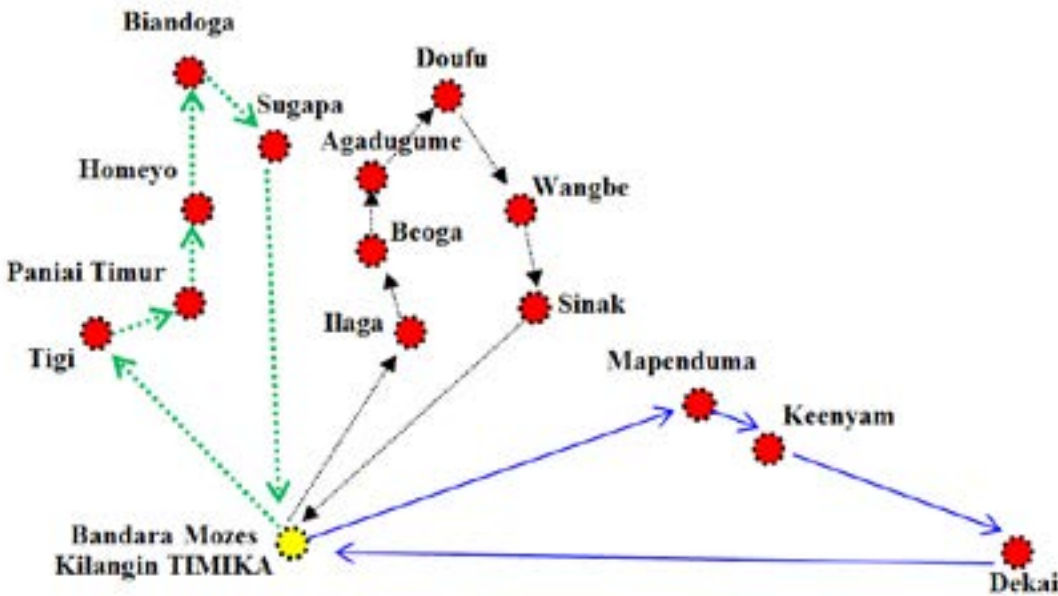
Tabel 3. Jarak Antar Distrik di Pegunungan Tengah

Distrik	Jarak Antar Distrik (km)														
	Timika	Tigi	Supaga	Biandoga	Homeyo	Kenyam	Mapendu- ma	Paniai Timur	Agadu- gume	Beoga	Doufu	Ilaga	Sinak	Wangbe	Dekai
Timika	-														
Tigi	89	-													
Sugapa	90	91	-												
Biandoga	102	87	18	-											
Homeyo	86	72	21	19	-										
Kenyam	166	242	178	195	195	-									
Mapenduma	119	198	139	156	153	48	-								
Paniai Timur	87	18	75	71	56	234	189	-							
Agadugume	122	118	34	31	47	185	153	101	-						
Beoga	95	124	35	52	56	145	109	109	43	-					
Doufu	154	146	67	60	77	201	173	128	34	70	-				
Ilaga	108	148	62	77	82	123	92	135	64	27	81	-			
Sinak	128	173	85	100	106	108	86	159	82	50	93	24	-		
Wangbe	115	141	51	63	71	142	112	125	44	20	62	20	38	-	
Dekai	290	368	298	315	317	125	172	360	301	263	309	239	220	257	-

Sumber: Google Earth, 2016

Optimasi digunakan untuk menerapkan model dengan fungsi jarak dan biaya. Penentuan rute dilakukan dengan menggunakan program Delphi 7. Nilai probabilitas penentuan rute terbaik dilakukan dengan menggunakan perkalian visibilitas jarak terpendek dan dikalikan dengan skor preferensi (biaya) yang diperoleh dari penerapan rumus yang diperoleh dari model *Conjoint*. Hasil

optimasi model pemilihan rute seperti gambar 10. Ditemukan 3 rute (jaringan) yang optimal yaitu:
Rute 1 : Timika → Tigi → Paniai Timur → Homeyo → Biandoga → Supaga → Timika
Rute 2 : Timika → Ilaga → Beoga → Agadugume → Doufu → Wangbe → Sinak → Timika
Rute 3 : Timika → Mapenduma → Keeyam → Dekai → Timika



Gambar 7. Model Jaringan Distribusi Barang Ke Pegunungan Tengah

KESIMPULAN

Distribusi logistik yang masuk ke bagian selatan Provinsi Papua saat ini melalui Pelabuhan Pomako Timika, dimana barang kemudian diangkut ke Bandar Udara Mozes Kilangin Timika menggunakan transportasi darat. Selanjutnya barang tersebut diangkut melalui transportasi udara dengan menggunakan pesawat perintis jenis *Twin Otter*, *Pilatus* dan *Caravan*. Kebutuhan muatan barang di Pegunungan Tengah rata-rata sebesar 413.531 kg per bulan. Angkutan udara eksisting berupa penerbangan perintis di nilai sudah tidak efisien karena biaya yang dibutuhkan sangat mahal mencapai Rp. 24.000 – Rp. 35.000 per kg. Ditemukan 3 jaringan yang cocok untuk meningkatkan kinerja jaringan pelayanan dengan pendekatan model *ant colony system* yaitu: Rute

1: Timika → Tigi → Paniai Timur → Homeyo → Biandoga → Supaga → Timika, Rute 2 : Timika → Ilaga → Beoga → Agadugume → Doufu → Wangbe → Sinak → Timika dan Rute 3 : Timika → Mapenduma → Keeyam → Dekai → Timika.

SARAN

Adapun saran terkait hasil penelitian ini yaitu perlu penambahan variabel lain selain jarak dan biaya untuk menentukan model jaringan yang paling optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr.-Ing. M. Yamin Jinca, M.STr yang memberikan

arahan dan masukan pada penelitian ini. Selain itu ucapan terima kasih juga kepada Asnadi A. Machmud ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma yang selalu memotivasi penulis untuk terus melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson Jr, Charles R., and Frederick G. Lindzey. "Moose sightability model developed from helicopter surveys." *Wildlife Society Bulletin* (1996): 247-259.
- Arsyad, Lincolin, 2008, "*Ekonomi Manajerial*", Edisi empat, BPFE, Yogyakarta. Badan Pusat Statistik, 2008, "*D.I Yogyakarta dalam Angka*".
- BPS Provinsi Papua, 2009. Provinsi Papua Dalam Angka Tahun 2009.
- Badan Pengelolaan Infrastruktur Provinsi Papua, 2009, Studi Pengembangan Jaringan Transportasi Terpadu di Kawasan Pegunungan Tengah Provinsi Papua, Jayapura.
- Balitbang Kemhub, 2010, *Studi Jaringan Transportasi Logistik di Kawasan Timur Indonesia Termasuk Daerah Perbatasan, Terpencil dan Pedesaan*, Laporan Akhir, Balitbang Perhubungan, Jakarta.
- Bowersox, Donald J, 1978, *Logistics Management 2*, Second Edition, Terjemahan oleh Hasyim Ali, Bumi Aksara, Jakarta
- Dorigo, Marco Thomas Stutzle, 1996. *Ant Colony Optimization*, A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
- Frankema, S. P. G., et al. "Beneficial effect of helicopter emergency medical services on survival of severely injured patients." *British Journal of Surgery* 91.11 (2004): 1520-1526.
- Frid, Alejandro. "Dall's sheep responses to overflights by helicopter and fixed-wing aircraft." *Biological Conservation* 110.3 (2003): 387-399.
- Gardi, A., Sabatini, R. & Ramasamy, S., 2016. *Multi-Objective Optimisation of Aircraft Flight Trajectories in the ATM and Avionics Context*. *Journal of Progress in Aerospace Sciences*, Issue 83, pp. 1 - 36.
- Hirshleifer, Jack and Glazer, Amihai, 1992, "*Price Theory and Application*", Fifth Edition, Prentice Hall.
- Krebs, Matthew B., Guohua Li, and Susan P. Baker. "Factors related to pilot survival in helicopter commuter and air taxi crashes." *Aviation, space, and environmental medicine* 66.2 (1995): 99-103
- Nicholson, Walter, 2002, "*Mikroekonomi Intermediate dan Aplikasinya*", AlihBahasa, Edisi Kedelapan, Erlangga, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan NO. KM 15 Tahun 2010. *Tentang Cetak Biru Transportasi Antarmoda/ Multimoda* Tahun 2010-2030. 2010. Jakarta
- Rodrigue Jean-Paul, 2009, *Intermodal Terminals, Mega Port and Mega Logistic*, Department of Global Studies & Geography Hofstra University Hempstead, New York
- Supranto, J., 2004, "*Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi*", Rineka Cipta, Jakarta
- https://id.wikipedia.org/wiki/Eurocopter_AS332_Super_Puma, diakses pada tanggal 20 agustus 2016
- https://id.wikipedia.org/wiki/Mil_Mi-17, diakses pada tanggal 20 agustus 2016
- https://id.wikipedia.org/wiki/Bell_412, diakses pada tanggal 20 agustus 2016
- http://www.indomiliter.com/mil-mi-17-v5-helikopter-angkut-multi-peran-andalan_puspenerbad/, diakses pada tanggal 20 agustus 2016
- <http://www.indomiliter.com/nbell-412-sphpep-tulang-punggung-kavaleri-udara-tni-ad/>, diakses pada tanggal 20 agustus 2016