

# **Analisis dan Optimasi Pada Jaringan Kabel Fiber Optik ke Rumah (*Fiber to The Home*) di Surabaya Timur Menggunakan Metode *Integer Linier Programming***

Reza Tianto<sup>1\*</sup>, Nurhadi Siswanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

E-mail:

<sup>1</sup>[siswanto@ie.its.ac.id](mailto:siswanto@ie.its.ac.id), <sup>2</sup>[rzatianto@gmail.com](mailto:rzatianto@gmail.com),

## **ABSTRAK**

Fungsi jaringan Internet saat ini sangat besar dan mendukung perkembangan teknologi informasi yang semakin berkembang. Pada penelitian ini bertujuan untuk membantu perusahaan *provider* internet untuk mendesain jaringan FTTH di Kec. Panjang Jiwo. Permasalahan pada Jaringan FTTH di Panjang Jiwo adalah bagaimana membuat desain jaringan FTTH yang baik dan biaya minimum sehingga mengurangi gangguan jaringan dan biaya pemeliharaan. Berdasarkan permasalahan itu diperlukan optimisasi dengan metode *Integer Linier Programming–Hub to spoke*. Dengan memperhatikan biaya pekerja, biaya bahan, nilai redaman pada rambatan kabel dan *insertion loss. Hub to Spoke*. Dengan metode *Hub to Spoke* menghasilkan nilai proyek lebih rendah 13,01% atau Rp 5.739.780 lebih murah daripada nilai *existing*. Penggunaan ODP yang disesuaikan dengan *demand* berdasarkan perhitungan dengan metode *Hub to Spoke* sangat mengurangi biaya proyek sehingga lebih efisien. Disarankan kepada pihak manajemen perusahaan tetap menggunakan ODP 1:8 karena akan lebih murah dan ringkas dalam pelaksanaan proyek Jaringan FTTH Panjang Jiwo Tahap I.

**Kata Kunci:** ODP, Biaya, *Integer Linier Programming, Hub to Spoke*

## **ABSTRACT**

*High-speed internet acces infrastructure needs in the telecommunications sector is currently very large and supports the development of information technology In this study aims to help the Internet access service provider company's to design a FTTH network in the Jl.Panjangjiwo.The problems on the FTTH network in the Jl.Panjangjiwo district this is how to make good FTTH network design and with minimum cost. Also can reduce network failure and maintenance costs in the future. The problems that needed optimization with Integer Linear Programming-Hub to spoke*

method with due respect to labor costs, material costs, value propagation cable attenuation and insertion loss. This method can measure lower value of the project is about 13.01% or Rp 5.739.780 cheaper than the existing value. The implementation of ODP that is based on the calculation method Spoke to the Hub greatly reduce project costs making it more efficient. We recommend to the company management still uses ODP 1: 8 as it will be cheaper and quick project implementation FTTH Network Long Jiwo Stage I

**Keywords:** ODP, Cost, Integer Linear Programming, Hub to Spoke

## PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan di Kec. Panjang Jiwo yang bertujuan untuk membantu proyek tahap satu yaitu memigrasikan jaringan ADSL (kabel Tembaga) menjadi jaringan FTTH (*Fiber Optik*) milik PT. Telkom Indonesia. Permasalahan pada penelitian ini termotivasi pada kasus aplikasi dunia nyata pada PT. Telkom Indonesia. Berdasarkan hasil wawancara dengan praktisi lapangan menurut praktisi pada tahun 2010 hingga 2014 tingkat komplain pelanggan perbulan hanya mencapai puluhan kasus gangguan pada jaringan internet kini tahun 2015 hingga tahun 2016 tingkat gangguan pada jaringan internet mencapai ribuan kasus perbulannya. Dengan melihat permasalahan yang ada dalam penelitian ini melakukan desain jaringan yang optimal dan berbiaya minimal. Kondisi jaringan telekomunikasi baik kabel tembaga dan FTTH pada proyek sebelumnya tidak terinstalasi dengan rapi pada Jl. Panjang Jiwo Besar, Jl. Panjang Jiwo II-A, dan seluruh Gang SD yang di ilustrasikan dalam Gambar 1 Sebagai berikut:

**Gambar 1**  
**Kondisi Jaringan Existing**



Pada Kelurahan Panjang Jiwo selama ini dalam pelaksanaan proyek tidak pernah memperhitungkan jumlah panjang kabel *fiber optik* yang digunakan sehingga terlalu banyak biaya penggunaan kabel *fiber optik*. Pemasangan kabel optik selama ini yang menuju pelanggan menggunakan metode *one tube one core* yang disambung langsung dari kantor pusat (OLT) menuju pelanggan tanpa melalui ODC dan ODP. Metode *one tube one core* ini sangat baik apabila rumah pelanggan berdekatan dengan kantor pusat (OLT) sehingga kualitas transmisi data sangat baik. Metode *one tube one core* memiliki kelemahan apabila untuk transmisi jarak jauh. Metode *one tube one core* membutuhkan banyak kabel dan bila di-implementasikan maka terlalu banyak kabel yang tersambung sehingga merusak estetika tata ruang dan kedepannya sangat sulit melakukan perbaikan

dan perawatan jaringan karena terlalu banyak kabel. Agar tetap bisa bersaing dengan kompetitor penyedia akses internet *broadband* peneliti diharapkan dapat membantu mengurangi tingkat gangguan pada jaringan Internet PT. Telkom Indonesia dengan cara terminasi ulang kabel FTTH yang baru desain jaringan yang baru. Pada penelitian ini menganalisa dan mengoptimasi penggunaan kabel dan menentukan letak pelanggan baru yang diizinkan oleh perusahaan untuk menjadi obyek penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan berkaitan dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang topik riset operasi, khususnya optimasi. Kokangul & Ari, (2011) melakukan optimasi terhadap penggunaan ODP dan ODC pada perencanaan jaringan serat optik perusahaan *Turkish Telecom Company*. Penelitian mereka menangani masalah perencanaan PON yang teradapat tiga *sub-problem*, (i) mereka menentukan jumlah total pons yang diperlukan (*splitter*), (ii) menghubungkan unit jaringan optik ke *splitter*, (iii) relokasi posisi *splitter* hingga mencapai yang biaya optimal. Mereka menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* dan pemrograman algoritma genetika berdasarkan pada struktur kompleksitas masalah *sub-problem*.

Lokasi penelitian berada di Kelurahan Panjang Jiwo Surabaya Timur. Untuk mendapatkan peta lokasi kami menggunakan fasilitas *Google Maps* sebagai sarana mendapatkan peta Kelurahan Panjang Jiwo yang menjadi lokasi penelitian ini. Pada gambar 4.1 akan menggambarkan Jalur kabel yang akan di instalasikan sesuai keputusan manajemen proyek FTTH Panjang Jiwo Tahap I.

**Gambar 2**  
**Skema Jaringan Saat Ini**



Pada Gambar 2, jalur yang dilalui kabel FTTH terbagi menjadi tiga jalur. Pada setiap jalur memiliki panjang rute yang disajikan dalam Tabel 4.1 sebagai berikut

**Tabel 1**  
**Tabel Panjang Kabel FTTH**

Jalur	Panjang Kabel(Meter)
1	671,46
2	577,27

Jalur	Panjang Kabel(Meter)
3	448,32
<b>Total</b>	1697,05

Menurut Tabel 4.1 pada proyek jaringan FTTH di Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I membutuhkan sepanjang 1679,05 meter kabel optik. Nilai panjang kabel optik ini bertujuan untuk mencari nilai material, jasa, *core* per meter dalam Rupiah yang akan dimasukkan dalam model.

*Maximal Covering Location Problem* (MCLP) adalah masalah klasik dalam analisis lokasional dengan aplikasi baik dalam jumlah medan, seperti kesehatan, perencanaan darurat, ekologi, klasifikasi statistik, keamanan tanah air. Rafael, Emilio, & Boglárka, (2015) dalam penelitiannya melakukan studi tentang penggunaan metode yang mengarah menuju *Mixed Integer Linier Programing* (MINLP) untuk mengkaji (MCLP). Lokasi dari fasilitas-fasilitas p sepanjang ujung jaringan sehingga yang diharapkan kebutuhan konsumen ter-cover maksimal, dimana permintaan terus didistribusikan disampai ujung jaringan.

Bahar *et. al* (2015) di *green field Turki*, mereka mendesain ulang jaringan kabel tembaga karena akan dimigrasikan ke jaringan *fiber optik*. Masalah kedua pihak perusahaan penyedia internet manganjurkan jaringan kabel tembaga tetap ada. Bahar di instruksikan bagaimana membuat desain jaringan *fiber optik* dengan *bandwith* kecepatan tinggi dari kantor pusat sampai ke-pelanggan yang membutuhkan di *green field* dengan biaya rendah. Kemudian bahar melakukan optimasi yang memperhatikan *insertion loss*, redaman dalam skala “db”, biaya pekerja, dan semua harga dan kebutuhan bahan. Setelah terbentuk model matematis dan perhitungan berdasarkan data *real* maka model tersebut dapat diterapkan untuk mendesain jaringan di *Green Field Turki*.

Pada obyek penelitian ini adalah studi kasus proyek FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I. PT. Telkom Indonesia akan melakukan perbaikan dan memperluas jaringan baru untuk memperlebar untuk menjangkau konsumen di Kelurahan Panjang Jiwo. Pada Proyek FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I lokasi perencanaan dibagi tiga jalur jalur. Jalur tersebut dijelaskan pada Tabel 1.1 yang berisi lokasi jalur yang akan instalasi jaringan FTTH sebagai berikut:

**Tabel 2**  
**Lokasi Jalur FTTH Kel.Panjang Jiwo Tahap I**

Jalur	Alamat Lokasi
1	Jl.Raya Prapen – Jl.Panjang Jiwo I – Jl. Gang SD Kelurahan Panjang Jiwo
2	Jl. Panjang Jiwo Besar – Jl. Panjang Jiwo IIA – Jl. Panjang Jiwo Gg.SD-I
3	Jl.Panjang Jiwo – Jl.Panjang Jiwo No.52

Pada Kelurahan Panjang Jiwo selama ini dalam pelaksanaan proyek tidak pernah memperhitungkan jumlah panjang kabel *fiber optik* yang digunakan sehingga terlalu

banyak biaya penggunaan kabel *fiber optik*. Pemasangan kabel optik selama ini yang menuju pelanggan menggunakan metode *one tube one core* yang disambung langsung dari kantor pusat (OLT) menuju pelanggan tanpa melalui ODC dan ODP. Metode *one tube one core* ini sangat baik apabila rumah pelanggan berdekatan dengan kantor pusat (OLT) sehingga kualitas transmisi data sangat baik. Metode *one tube one core* memiliki kelemahan apabila untuk transmisi jarak jauh. Metode *one tube one core* membutuhkan banyak kabel dan bila di-implementasikan maka terlalu banyak kabel yang tersambung sehingga merusak estetika tata ruang dan kedepannya sangat sulit melakukan perbaikan dan perawatan jaringan karena terlalu banyak kabel. Agar tetap bisa bersaing dengan kompetitor penyedia akses internet *broadband* peneliti diharapkan dapat membantu mengurangi tingkat gangguan pada jaringan Internet PT. Telkom Indonesia dengan cara terminasi ulang kabel FTTH yang baru desain jaringan yang baru. Pada penelitian ini menganalisa dan mengoptimasi penggunaan kabel dan menentukan letak pelanggan baru yang diizinkan oleh perusahaan untuk menjadi obyek penelitian ini.

Dalam membangun Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I menggunakan Model *Integer Linier Programming–Hub to Spoke*. Pemilihan Model ini berdasarkan lokasi pelanggan dan desain jaringan yang ditetapkan oleh manajemen perusahaan. Klinecwinz (1998) mengatakan bahwa dalam konteks riset operasi, jaringan telekomunikasi terdiri dari kumpulan node dan satu set link bergabung beberapa pasang *node*. *Node* ini adalah poin permintaan yang mengirim atau menerima pesan berupa informasi seperti suara, data, dan transmisi video. Transmisi selesai melalui hubungan komunikasi.

### Rumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan posisi ODC dan ODP yang tersebar dan penempatan pelanggan di ODP. ODP yang telah tersambung dengan pelanggan ke ODC, sehingga biaya kabel, pekerja, sambungan, dan biaya *splitting* menjadi minimum hingga jaringan menjadi berguna?

### Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian bertujuan untuk membantu:

1. Menentukan titik sambung pelanggan baru ke-ODP dan ODP ke ODC, sehingga penggunaan kabel fiber optik minimum.
2. Membuat model *Hub Location Problem* Proyek jaringan FTTH Kec. Panjang Jiwo tahap satu.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjaga reputasi PT.Telkom Indonesia agar tetap menjadi *market leader* dipasar penyedia layanan Internet.
2. Memperluas jaringan FTTH PT. Telkom Indonesia untuk siap menampung kebutuhan permintaan dimasa depan.
3. Dengan desain jaringan FTTH yang efektif dapat mempermudah dan menekan biaya pemeliharaan.
4. Membantu PT. Telkom Indonesia untuk memigrasikan jaringan ADSL (tembaga) ke jaringan FTTH (*fiber optik*).
5. Mereduksi biaya Instalasi Jaringan FTTH.

### Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT. Telkom Indonesia dan lokasi perencanaan di kelurahan Panjang Jiwo Surabaya Timur.
2. Penelitian ini hanya menjangkau dari ODC menuju ODP.
3. Nilai hambatan kabel tidak menjadi pembatas pada fungsi batasan (*constrain*)

### Asumsi Penelitian

Adapun asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Setiap pelanggan hanya dapat tersambung di *Optical Distribution Point* (ODP).
2. Setiap ODP hanya dapat terbagi menjadi 8.
3. Standar redaman serat optik adalah 0,23/Km; 0,01/sambungan dan redaman aman 5.2 db sudah terpenuhi.
4. Maksimal *splitting* adalah 32.
5. Semua ODP yang terhubung di pelanggan terhubung dengan ODC.
6. Diasumsikan hanya untuk melayani 20 pelanggan baru.

### KAJIAN PUSTAKA

Untuk mendesain infrastruktur jaringan telekomunikasi membutuhkan beberapa disiplin ilmu seperti Riset Operasi, *Electric Electronic Engineering*, dan *Computer Science* agar dapat memeriksa dan menjelaskan dengan perspektif masing masing. Klincewincz (1998) mengatakan dalam konteks Riset Operasi, jaringan telekomunikasi terdiri dari serangkaian *nodes* yang terhubung dan berkaitan. Pada literatur Riset Operasi, desain jaringan dan link telekomunikasi bahwa permasalahan desain jaringan telekomunikasi adalah menemukan konfigurasi antar *node* yang tepat untuk memenuhi permintaan pelanggan. Kriteria desain jaringan yang harus dipenuhi adalah biaya jaringan, kapasitas, kehandalan, performa dan pola permintaan.

Pemrograman bilangan bulat atau pemrograman linier integer (*Integer Linier Programing/ ILP*) pada intinya berkaitan dengan program-program linier dimana beberapa atau semua variabel memiliki nilai-nilai integer (bulat) atau diskrit. Menurut (Hillier, 1995) banyak sekali penerapan pemrograman bilangan bulat yang merupakan perluasan dari suatu pemrograman linier. Akan tetapi bidang penerapan lain yang mungkin lebih penting adalah masalah yang menyangkut sejumlah "keputusan ya atau tidak" yang saling berhubungan. Dalam keputusan seperti ini, hanya ada dua pilihan kemungkinan yaitu ya atau tidak. Sebagai contoh, apakah kita harus mengerjakan suatu proyek tertentu. Dengan hanya dua pilihan ini, kita hanya dapat menyatakan keputusan-keputusan seperti itu dengan peubah keputusan yang dibatasi hanya pada dua nilai, misalkan nol dan satu. Jadi, keputusan ya atau tidak ke  $j$  akan dinyatakan dengan  $x_j$  sedemikian sehingga,

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{jika keputusan adalah "ya"} \\ 0, & \text{jika keputusan adalah "tidak"} \end{cases}$$

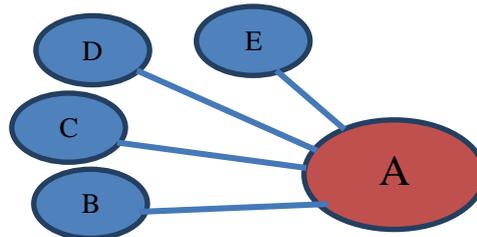
peubah-peubah seperti ini disebut peubah biner (atau peubah 0 atau 1).

### Hub to Node

Banyak sistem logistik seperti jaringan *less-than-truck-load*, jaringan maskapai, antar-moda pengiriman, jaringan antar karyawan dan *spoke system*. Sistem ini dirancang

untuk memanfaatkan kapasitas yang lebih besar atau kendaraan lebih cepat atau mode pengiriman ketujuan yang jaraknya jauh. Akibatnya, sistem ini mengurangi biaya rata-rata transportasi per-satuan jarak atau jumlah waktu pengiriman (Daskin, 1995). Dalam sistem *multiple-hub* mempunyai keuntungan setiap *hub* atau *node* dapat berguna dengan baik. Dalam sebuah jaringan yang setiap node terhubung langsung dengan satu ikatan (*spoke*) dan semua saling terkoneksi dengan satu hub, ilustrasi ini di gambarkan di Gambar 2.1 sebagai berikut:

**Gambar 3**  
**Jaringan Hub-and-Spoke dengan 5 Nodes**



Pada Gambar 3 mengilustrasikan sistem yang melayani 5 kota dengan 1 kota sebagai hub, hub pada Gambar 3 diwakili oleh kota A. Pada Gambar 2 dimulai dengan memformulasikan model lokasi yang sederhana untuk *single hub*. Kami meminimasi jumlah biaya permintaan terboboti terkait dengan menyambungkan semua *node* ke satu hub seperti pada Gambar 3. Untuk memformulasikan model *single hub*, kami jelaskan pada persamaan sebagai berikut:

$h_{ij}$  = Permintaan diantara kota asal ke- $i$  dan kota tujuan ke- $j$

$c_{ij}$  = biaya untuk pengiriman antara node ke- $i$  menuju ke- $j$  (bukan hub ke hub)

Variabel Keputusan

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{jika hub diletakan pada node } j \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika node tersambung ke-hub terlokasi di node } j \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Dengan persamaan ini, model *single-hub* dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Minimize:} \quad \sum_i \sum_j \sum_k h_{ik} (c_{ij} + c_{jk}) Y_{ij} Y_{kj} \quad (1)$$

Persamaan 1 menjelaskan bahwa meminimasi jumlah biaya yang terkait dengan transport yang melalui hub. Aliran permintaan dari “ $i$ ” ke node “ $j$ ” ( $h_{ij}$ ) dikalikan dengan biaya dari node  $i$  ke hub pada node  $k$  dan dari sana ke node tujuan  $j$  ( $c_{ik} + c_{kj}$ ). Ini adalah biaya permintaan yang terboboti yang terhitung jika ada hub pada lokasi  $k$ .

$$\text{Subject to:} \quad \sum_j X_j = 1 \quad (2)$$

Konstrain ditetapkan hanya pada satu hub.

$$Y_{ij} - X_{ij} = 1 \quad \forall i, j \quad (3)$$

Konstrain 3 menyatakan *demand* node  $i$  tidak dapat di sambungkan ke node di  $j$ , kecuali menempatkan hub di  $j$ .

$$X_j = 0,1 \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$Y_{ij} = 0,1 \quad \forall i, j \quad (5)$$

Pada persamaan 4 dan 5 adalah standar keutuhan konstrain.

## METODOLOGI PENELITIAN

Data-data yang dikumpulkan terdiri dari data jarak ODC terhadap ODP, jarak rumah pelanggan terhadap ODP, Harga kabel per-meter, jumlah biaya *splicing*, biaya tenaga kerja yang diproduksi, data komponen biaya biaya yang timbul, data ketersediaan lahan, dan juga tentu saja data permintaan/ demand pada periode bulan Januari–Maret 2016.

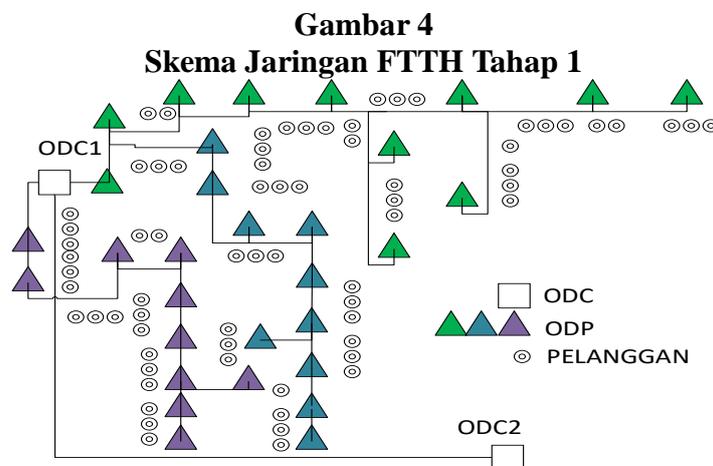
### Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diperoleh dari pembukuan perusahaan maupun dari hasil wawancara dengan para PT. Telkom Indonesia tersebut. Pengumpulan data dilakukan di PT. Telkom Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Jenis *passive splitter*.
2. Data Jarak rumah pelanggan terhadap ODP didapatkan dengan pengukuran manual menggunakan alat *roll meter*.
3. Data Jarak ODP terhadap ODC didapatkan dengan pengukuran manual menggunakan alat *roll meter*.
4. Data biaya operasional, biaya tenaga kerja, biaya *splicing* dan biaya *splitting* didapatkan dari *Bill of Quality Project*.

### Membentuk Model ILP

Model umum dari *Integer Linear Programming* yang berdasarkan dengan tujuan penelitian serta batasan-batasan masalah yang ada di perusahaan. Skema jaringan *fiber optik* Kec. Panjang Jiwo pada Gambar 4 sebagai berikut:



Pada Gambar 4 mengilustrasikan jaringan FTTH tahap 1 dan terkoneksi pada jaringan FTTH. Adapun komponen utama dalam pengembangan model *Integer Linear Programming* adalah sebagai berikut:

### Index

*Index* adalah definisi penamaan yang akan digunakan pada variabel keputusan, adapun *index* yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

**Tabel 2**  
**Index Dalam Penelitian**

<i>Index</i>	Definisi
<i>I</i>	Pelanggan
<i>J</i>	ODP
<i>K</i>	ODC

### Parameter Penelitian

Parameter penelitian berisi tentang data data perencanaan FTTH yang ada dalam penelitian ini. Adapun parameter yang digunakan yang tabulasikan dalam Tabel 3 adalah sebagai berikut:

**Tabel 3**  
**Index Notasi dan Variabel**

Variabel	Notasi	Definisi
<i>Cost</i>	<i>C</i>	Biaya kabel dan Jasa <i>core</i> per meter
	<i>C<sub>fs</sub></i>	Biaya <i>casing</i> dan penyambungan setiap sambungan
<i>Distance</i>	<i>L<sub>ij</sub></i>	Jarak Pelanggan ke- <i>i</i> dengan ODP
	<i>L<sub>jk</sub></i>	Jarak ODP ke- <i>j</i> dengan ODC ke- <i>k</i>
<i>Assignment</i>	<i>X<sub>ijk</sub></i>	<i>Assignment</i> antara pelanggan ke- <i>i</i> terhadap ODP ke- <i>j</i>
	<i>Y<sub>jk</sub></i>	<i>Assignment</i> antara ODP ke- <i>j</i> terhadap ODC ke- <i>k</i>

### Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat. Adapun variabel keputusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika pelanggan ke-} i \text{ tersambung di ODP ke-} j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$Y_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{jika ODP ke-} j \text{ terkoneksi ODC} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Dimana:

*i* = Pelanggan ke-*i*

$j = \text{ODP ke-}j$   
 $k = \text{ODC ke-}k$

**Perumusan Fungsi Tujuan**

Fungsi Tujuan dari penelitian ini adalah meminimalkan biaya dan mencangkup semua pelanggan yang ada di Kel. Panjang Jiwo. Adapun formulasi fungsi tujuannya sendiri adalah sebagai berikut merfer pada persamaan1 fungsi tujuan untuk desain jaringan FTTH Kec. Panjang Jiwo di ditulis pada persamaan 6 sebagai berikut:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} \left( C \times L_{ijk} + C_{fs} \left( \frac{L_{ijk}}{a} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} \left( C \times L_{jk} + C_{fs} \left( \frac{L_{jk}}{a} \right) \right) \quad (6)$$

Persamaan 6 adalah fungsi tujuan untuk meminimasi panjang kabel, biaya pekerja, biaya bahan dan biaya sambungan. “a” adalah panjang kabel *fiber optik* yang tersedia.

**Perumusan Fungsi Kendala**

Kendala merupakan pembatas yang harus diperhatikan dalam penelitian ini, artinya untuk mencapai tujuan terdapat beberapa batasan-batasan yang tidak bisa dilanggar sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^n X_{ijk} = 1 \quad ; \quad \forall j, k \quad (7)$$

Pada persamaan 7 menyatakan setiap pelanggan harus *assignment* hanya pada satu ODP. Kemudian membuat fungsi batasan untuk *port* yang tersedia ditulis ke dalam persamaan 8 sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} \leq b, \quad \forall i, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

Pada persamaan 8 menjelaskan bahwa ODP hanya bisa menampung sebanyak “b” pelanggan kemudian kami membuat fungsi batasan untuk *assignment* ODC yang ditulis pada persamaan 9.

$$\sum_{k=1}^s Y_{jk} = 1, \quad \forall k, \quad k = 1, 2, \dots, s \quad (9)$$

Pada persamaan 9 menyatakan ODP<sub>j</sub> harus tersambung ke ODC<sub>k</sub>. Untuk menyambungkan ODP<sub>j</sub> kepelanggan ke-i mempunyai batasan jarak yang ditulis ke dalam persamaan 10 sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} L_{ij} \leq z \quad (10)$$

Pada persamaan 3.5 menjelaskan bahwa ODP yang sudah tersambung dengan pelanggan tidak lebih dari “z” meter.

**Pengolahan Data**

Data-data yang didapat dari hasil pengumpulan data kemudian diolah dengan bantuan suatu program. Pengolahan data untuk optimasi sendiri yang menggunakan *Linear Programming* dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Lingo 11.0*

Langkah awal adalah mendeskripsikan parameter-parameter dalam penelitian kedalam bahasa pemrograman Lingo, kemudian memasukan data data seperti jarak pelanggan ke ODP dan jumlah sisa *port* yang tersedia setelah fungsi tujuan dan fungsi kendala dibuat, langkah berikutnya adalah memasukkan formulasi matematis tersebut kedalam program tersebut agar didapatkan solusi optimumnya. Kemudian melakukan analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui akibat yang mungkin terjadi dari perubahan-perubahan tersebut dapat diketahui dan diantisipasi sebelumnya.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada lokasi Kelurahan terdapat 30 ODP yang akan menggantikan jaringan kabel tembaga dan terdapat 20 pelanggan baru yang potesial di lambangkan dengan angka 1 sampai 20. Penamaan ODP diberi nama dengan huruf mulai huruf A hingga AD. Data jarak pelanggan terhadap ODP dan ODP ke ODC terdapat Tabel 4.3 kemudian diolah menggunakan metode *Hub Location Problem*. Model *Hub Location Problem* pada penelitian yang dilakukan oleh Kokangul & Ari pada tahun 2011 menjadi dasar dalam model seperti yang tercantum dalam persamaan 11 dibawah ini. Fungsi tujuan untuk desain jaringan FTTH Kec. Panjang Jiwo di tulis pada persamaan 11 sebagai berikut:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} \left( C \times L_{ij} + C_{fs} \left( \frac{L_{ij}}{2000} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jkk} \left( C \times L_{jk} + C_{fs} \left( \frac{L_{jk}}{2000} \right) \right) \quad (11)$$

Batasan-batasan yang tidak bisa dilanggar sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^n X_{ijk} = 1 \quad ; \quad \forall j, k \quad (12)$$

Pada persamaan 12 menyatakan setiap pelanggan harus *assignment* hanya pada satu ODP. Kemudian membuat fungsi batasan untuk *port* yang tersedia ditulis ke dalam persamaan 13 dibawah ini:

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} \leq 8, \quad \forall i, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

Pada persamaan 13 menjelaskan bahwa ODP hanya bisa menampung maksimal 8 pelanggan kemudian kami membuat fungsi batasan untuk *assignment* ODC yang ditulis pada persamaan 14 dibawah ini:

$$\sum_{k=1}^s Y_{jkk} \geq 1, \quad \forall j, \quad k = 1, 2, \dots, s \quad (14)$$

Pada persamaan 5.4 menyatakan ODP<sub>j</sub> harus tersambung ke ODC<sub>k</sub>. Untuk menyambungkan ODP<sub>j</sub> ke pelanggan ke-i mempunyai batasan jarak yang ditulis ke dalam persamaan 3.5 sebagai berikut:

$$X_{ijk} L_{ij} \leq 100, \quad \forall i, j, k \quad (15)$$

Pada persamaan 15 menjelaskan bahwa ODP yang sudah tersambung dengan pelanggan tidak lebih dari 100 meter. Pada setiap parameter dalam model terdapat nilai yang akan menentukan lokasi pelanggan dan nilai proyek pembangunan jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I. Parameter pada model instalasi jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo di tabelkan dalam Tabel 4 sebagai berikut:

**Tabel 4**  
**Nilai dari Parameter**

Parameter	Nilai
$C_{fs}$	52.000
$C$	3646
$L_{ij}$	Nilai $L_{ij}$ dapat dilihat di Tabel 4.6 di Bab IV

Nilai  $C$  sebesar 3646 beserta biaya sambungan menggunakan *fussion splicing* ( $C_{fs}$ ) sebesar Rp 52.000,00 disubstitusikan ke dalam model fungsi tujuan Sebagai berikut:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} \left( 3646 \times L_{ij} + 52000 \left( \frac{L_{ij}}{2000} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} \left( 3646 \times L_{jk} + 52000 \left( \frac{L_{jk}}{2000} \right) \right) \quad (16)$$

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} (3672L_{ij}) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} (3672L_{jk}) \quad (17)$$

Setelah mendapatkan model matematis yang ditulis di persamaan 17 maka model tersebut akan digunakan dalam pemrograman lingo untuk pengolahan data.

### Implementasi Model

Setelah mendapatkan fungsi tujuan dan fungsi batasan yang berdasarkan penelitian lapangan untuk penelitian ini maka data pada penelitian ini diolah dengan menggunakan *software Lingo 11* dengan bahasa pemrograman sebagai berikut:

sets:

Pelanggan/1..20/: JumlahPelanggan;  
 ODP/1..10/: JumlahODP;  
 ODC/1..3/: AssignmentODC;  
 Gabungan(Pelanggan, ODP, ODC): Distance, X;  
 Gabungan2(ODP, ODC): Assignment, Y;

endsets

DATA:

JumlahPelanggan = @OLE('D:\Thesis\tabeljarak', 'pelangganbr');  
 JumlahODP = @OLE('D:\Thesis\tabeljarak', 'ODP');  
 AssignmentODC = @OLE('D:\Thesis\tabeljarak', 'ODC');  
 Distance =

Kemudian mendeklarasikan fungsi batasan dan fungsi tujuan sebagai berikut:

ENDDATA

min= @sum(Gabungan(i,j,k): X(i,j,k) \* 3672\* Distance(i,j,k)) +  
@Sum(Gabungan2(j,k): Y(j,k) \* 3672\* Assignment(j,k));

@for(pelanggan(i):  
@Sum(ODC(k):@SUM(ODP(j):X(i,j,k)))= 1);

@for(Gabungan(i,j,k): Distance(i,j,k)\*X(i,j,k)<=100);

@for(Gabungan2(j,k):

@SUM(ODC(k):Y(j,k))>=1);

@for(Gabungan2 (j,k):

@Sum(Pelanggan(i):X(i,j,k))<=8);

End

Hasil dari pengolahan data menggunakan *software* Lingo 11 menghasilkan *output* sebagai berikut:

Global optimal solution found.

Objective value: 0.3839065E+08

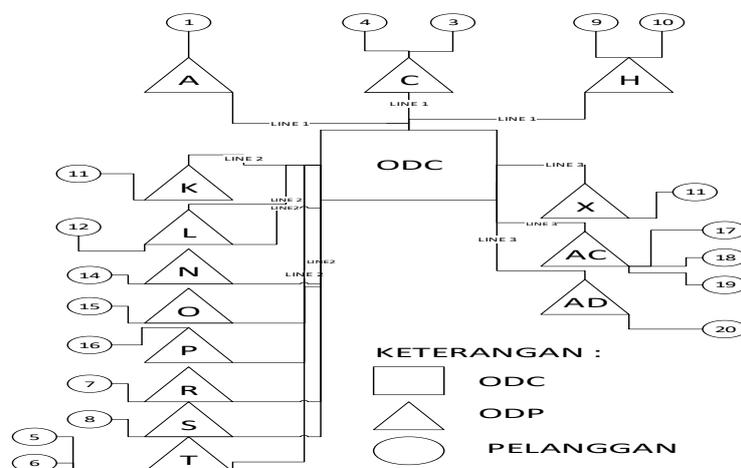
Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 20

Dapat diketahui untuk mengolah data menggunakan Lingo 11 membutuhkan dan melakukan iterasi sebanyak 20 kali dan membutuhkan biaya sebesar Rp. 38.390.650.

Penentuan letak pelanggan ke-i ke ODP ke-j maka langkah selanjutnya membuat skema pemasangan jaringan FTTH yang di gambarkan pada Gambar 4 sebagai berikut:

**Gambar 4**  
**Skema Penyambungan FTTH**



Pada Gambar 4 menggambarkan skema instalasi jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I yang berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan bantuan

software Lingo 11 yang ditabulasikan pada Tabel 5. Instalasi jaringan FTTH dan penempatan pelanggan ke-i pada ODP ke-j dan ODP-j ke Jalur ODC ke-k seperti gambar 5.3 dan di tabulasikan pada tabel 5.2 sebagai berikut:

**Tabel 4**  
**Assignment ODC-ODP-Pelanggan**

JALUR (k)	ODP (j)	PELANGGAN (i)	JALUR (k)	ODP (j)	PELANGGAN (i)
1	A (1)	1	2	P (16)	16
	C (3)	4, 3		R (18)	7
	H (8)	9,10		S (19)	8
2	K (11)	11		T (20)	5, 6
	L (12)	12	3	X (24)	11
	N (14)	14		AC (29)	17, 18, 19
	O (15)	15		AD (30)	20

Pada tabel 5.3 menjelaskan bahwa ODC melayani ODP A,C,H di Jalur 1 dan melayani pelanggan 1, 3, 4, 9, 10. Kemudian pada Jalur 2 ODC melayani ODP K, L, N, O, P, R, S, dan T untuk melayani pelanggan 11, 12, 14, 15, 16, 7, 8, 5, dan 6. Pada Jalur 3 ODC melayani ODP X, AC, AD yang bertugas melayani pelanggan 11, 17, 18, 19, dan 20. Dalam membangun jaringan FTTH pada gambar membutuhkan Rp. 63.494.100 dengan kondisi *existing*. Ketika membangun dengan metode *Location Problem* biaya instalasi jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo membutuhkan biaya Rp. 38.390.650 jika di persentasikan maka:

$$\text{Selisih Nilai Proyek} = \frac{63.494.100 - 38.390.650}{63.494.100} = 0,3954 \approx 39,54\% \quad (18)$$

Berdasarkan perhitungan 18 diketahui bahwa dengan metode *Hub Location Problem* lebih murah 39,54 % lebih murah daripada perhitungan biaya membangun jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I *existing*.

## KESIMPULAN

Setelah melakukan pengolahan data pada Bab V dapat ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan metode *Hub Location Problem* dapat mengurangi penggunaan ODP. Ini disebabkan perhitungan dalam model berdasarkan *demand subscriber* dan batasan (*constrain*) yang ditetapkan oleh pihak manajemen perusahaan. Dengan metode *Hub Location Problem* dapat menghasilkan nilai pekerjaan instalasi jaringan lebih murah yang disebabkan pada model ini hanya menghitung ODP yang terpilih yaitu sebanyak 14 ODP 1:8 sehingga dapat menekan biaya pengadaan ODP 1:8.
2. Pengurangan biaya dengan metode pada pembangunan proyek Jaringan FTTH

Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I sebesar 39,54 %. Dengan efisiensi biaya sebesar 39,54% pihak manager proyek dapat menggunakannya untuk membangun proyek jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap II.

3. Lokasi pelanggan sangat menentukan penyambungan pelanggan ke ODP. Tidak hanya itu *Port* yang tersedia sangat menentukan penempatan pelanggan di ODP.
4. Titik sambung pelanggan ke ODP hingga ODC di tabelkan dalam tabel 5.3 pada Bab V dimana ODC melayani ODP A,C,H di jalur 1 dan melayani pelanggan 1, 3, 4, 9, 10. Kemudian pada jalur 2 ODC melayani ODP K, L, N, O, P, R, S, dan T untuk melayani pelanggan 11, 12, 14, 15, 16, 7, 8, 5, dan 6. Pada *line* 3 ODC melayani ODP X, AC, AD yang bertugas melayani pelanggan 11, 17, 18, 19, dan 20.

## **REFERENSI**

- Agrawal, G. (2002). *Fiber-optic Communication Systems* (3 ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Basak Yazar, Okan Arslan, Oya Ekin Karasan, & Bahar Y.Kara. (2015). Fiber optical network design problems : A case for Turkey. *Omega*, 23-40.
- Daskin, M. S. (1995). *Network and Discrete Location Models, Algorithms, and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Gaspers, V. D. (2002). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: Vincent Foundation dan PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hillier S, F., & Lieberman J. , G. (1995). *Introduction to Operations Research*. New York: Mc Graw-Hill Inc.
- Klincewincz, J. G. (1998). Hub location in backbone/tributary network design: a review. *Location Science*, 307–335.
- Kokangul, A., & Ari, A. (2011). Optimization of passive optical network planning. *Aplied Mathematical Modelling*, 3345–3354.
- Rafael , B., Emilio , C., & Boglárka , G-T. (2015). Maximal Covering Location Problems on networks with. *Elsivier*, 1-9.