

PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* PERUMAHAN HARMONY RESIDENCE JANGLI MENGUNAKAN ALGORITMA *K-MEANS CLUSTERING*

Nicholas Audric Adriel^{*)}, Teguh Prakoso dan Imam Santoso

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: nicholasaudric.adriel@gmail.com

Abstrak

Fiber To The Home (FTTH) merupakan infrastruktur jaringan akses yang menghubungkan pusat penyedia layanan telekomunikasi dengan rumah pengguna layanan menggunakan media transmisi serat optik. Perancangan jaringan akses FTTH saat ini masih memiliki kendala berupa penentuan lokasi penempatan Optical Distribution Point (ODP) secara manual tanpa metode sistematis, serta tidak terdapat daftar keanggotaan rumah calon pelanggan untuk suatu ODP berdasarkan jarak terdekat. Penggunaan algoritma K-Means Clustering pada perancangan jaringan akses FTTH untuk mengelompokkan rumah calon pelanggan menjadi beberapa kelompok sejumlah K berdasarkan jarak rumah terhadap ODP terdekat dapat menjadi solusi terhadap kendala tersebut. Perancangan tersebut dilakukan di Perumahan Harmony Residence Jangli Semarang. Hasil yang diperoleh yaitu penggunaan algoritma K-Means Clustering dengan nilai K=4 merupakan perancangan yang paling tepat untuk diimplementasikan berdasarkan okupasi ODP, koreksi lokasi penempatan ODP, panjang kabel serat optik maksimal, link power budget, serta biaya implementasi. Nilai tertinggi link power budget yang diperoleh yaitu 23,85 dB dan telah memenuhi ketentuan link power budget dari PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. sebesar ≤ 25 dB. Perancangan tersebut juga memiliki kelebihan berupa persentase okupasi ODP yang lebih tinggi dan biaya implementasi yang lebih murah jika dibandingkan dengan perancangan manual.

Kata Kunci: Fiber To The Home, Optical Distribution Point, K-Means Clustering, Link Power Budget.

Abstract

Fiber To The Home (FTTH) is an access network infrastructure that connects telecommunication central access point and customer's home using optical fiber transmission. Currently, designing FTTH still has various problems such as Optical Distribution Point (ODP) manual placement method and there is no membership list of customer's home for each ODP. The use of K-Means Clustering algorithm in designing FTTH can be a solution to group customer's home with a number of K based on the closest distance between ODP and customer's home. Designing FTTH with K-Means Clustering algorithm was done at Harmony Residence Jangli Semarang. The result shows that the use of K-Means Clustering algorithm in designing FTTH with a value of K=4 is the best design to be implemented. The result is based on ODP occupation, ODP placement correction, the maximum length of optical fiber, link power budget, and implementation cost. The highest value of link power budget from the design is 23,85 dB and it has fulfilled PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. standard value of link power budget which is ≤ 25 dB. The design also has several advantages such as higher percentage of ODP occupation and lower implementation cost if it is compared with the manual design.

Keywords: Fiber To The Home, Optical Distribution Point, K-Means Clustering, Link Power Budget.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi yang pesat mendorong terjadinya peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap layanan informasi dan komunikasi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dibutuhkan suatu rancangan jaringan akses telekomunikasi yang mampu menyediakan layanan tersebut dengan kinerja jaringan yang memenuhi standar bersifat andal. Jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH) merupakan suatu infrastruktur jaringan

akses yang menghubungkan pusat penyedia layanan telekomunikasi dengan rumah pengguna layanan menggunakan media transmisi serat optik. Perancangan jaringan akses FTTH yang dilakukan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. pada saat ini masih memiliki beberapa kendala berupa penentuan lokasi penempatan *Optical Distribution Point* (ODP) secara manual tanpa sebuah metode sistematis dan tidak terdapat daftar keanggotaan rumah calon pelanggan untuk suatu ODP berdasarkan jarak terdekat. Masalah tersebut dapat

menyebabkan suatu rumah pelanggan dihubungkan dengan sebuah ODP yang jaraknya jauh, sehingga bertambahnya nilai redaman serat optik berdasarkan panjang kabel dan menyebabkan distribusi kabel yang menjadi tidak beraturan. Perancangan jaringan lokal akses fiber yang menjadi referensi untuk makalah ini [1]-[4] telah menerapkan beberapa metode yang digunakan untuk menentukan lokasi penempatan perangkat-perangkat jaringan akses FTTH.

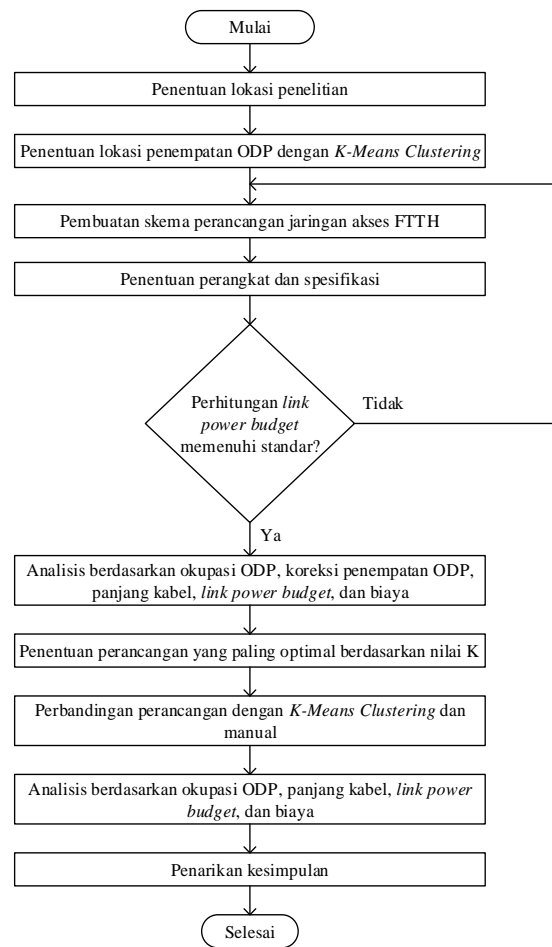
Makalah ini berfokus untuk memberikan sebuah solusi untuk menanggulangi kendala yang ada pada proses perancangan jaringan akses FTTH yaitu penggunaan algoritma *K-Means Clustering* [5] pada perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli Semarang. Penggunaan algoritma *K-Means Clustering* memberikan suatu keuntungan yaitu lokasi penempatan ODP tidak perlu ditentukan secara manual oleh perancang, tetapi ODP langsung ditempatkan di lokasi yang menjadi titik pusat suatu kelompok dengan anggota rumah-rumah calon pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan ODP tersebut. Tujuan dari makalah ini yaitu merancang dan menganalisis jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli, menentukan jumlah dan lokasi penempatan ODP yang optimal, serta mengelompokkan rumah calon pelanggan berdasarkan jarak terdekat terhadap suatu ODP menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.

2. Metode

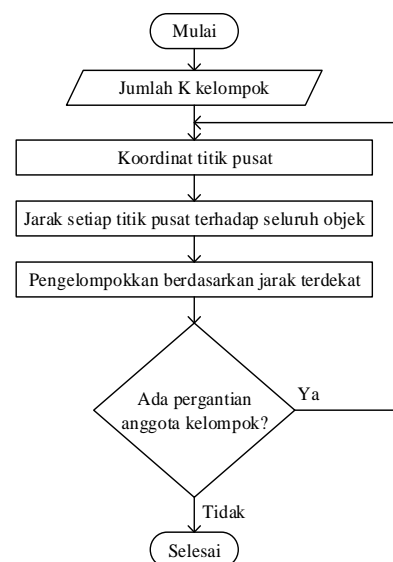
Perencanaan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1 yang ditampilkan dalam bentuk tahapan-tahapan sistematis. Perancangan jaringan akses FTTH dilakukan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dan secara manual. Langkah-langkah penggunaan algoritma *K-Means Clustering* ditunjukkan pada Gambar 2. Perancangan tersebut masing-masing terdiri dari dua tahap yaitu menentukan lokasi penempatan ODP dan pembuatan skema jaringan akses FTTH menggunakan *software* Google Earth 7.

2.1. Perancangan Jaringan Akses FTTH Menggunakan Algoritma *K-Means Clustering*

Langkah awal yang harus dilakukan untuk menentukan lokasi penempatan ODP, adalah mengetahui letak seluruh rumah yang ada di Perumahan Harmony Residence Jangli. Pemetaan seluruh rumah yang terdapat di Perumahan Harmony Residence Jangli berdasarkan *site plan* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Diagram alir perancangan.



Gambar 2. Diagram alir algoritma *K-Means Clustering*.



Gambar 3. Pemetaan rumah.

Jumlah calon pelanggan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli diasumsikan sama dengan jumlah seluruh rumah yang ada di perumahan tersebut yaitu 51 calon pelanggan. Terdapat dua jenis ODP yang digunakan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. yaitu kapasitas 8 pelanggan menggunakan satu *passive optical splitter* 1:8 dan kapasitas 16 pelanggan menggunakan dua *passive optical splitter* 1:8. Berdasarkan dua jenis ODP tersebut, rentang jumlah ODP yang dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan layanan jaringan akses FTTH di perumahan tersebut dan tidak bersifat boros yaitu 4 hingga 7 ODP. Setelah penentuan jumlah ODP, langkah selanjutnya yaitu penentuan lokasi penempatan ODP menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K = 4, 5, 6,$ dan 7 .

Penentuan lokasi penempatan ODP dilakukan pada perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K = 4$ terlebih dahulu. Iterasi 0 diawali dengan menentukan koordinat 4 ODP sebagai titik pusat awal yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat ODP pada iterasi 0 dengan $K=4$.

Titik Pusat	Objek	Koordinat garis lintang	Koordinat garis bujur
ODP 1	Rumah A5	-7,037912°	110,437829°
ODP 2	Rumah B3	-7,037739°	110,437908°
ODP 3	Rumah F6	-7,037217°	110,437972°
ODP 4	Rumah G4	-7,037088°	110,438127°

Perhitungan jarak *Euclidean* antara koordinat 4 ODP dengan koordinat seluruh rumah dilakukan setelah

penentuan koordinat 4 ODP tersebut. Perhitungan jarak dilakukan sesuai Persamaan 1.

$$D = \sqrt{(ODP_{1_{lintang}} - Rumah A1_{lintang})^2 + (ODP_{1_{bujur}} - Rumah A1_{bujur})^2} \quad (1)$$

Pengelompokkan rumah dilakukan berdasarkan hasil perhitungan jarak pada iterasi 0. Setiap kelompok terdiri dari beberapa anggota rumah yang memiliki jarak terdekat dengan ODP pada kelompok tersebut. Hasil pengelompokkan iterasi 0 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengelompokkan pada iterasi 0 dengan $K=4$.

Titik Pusat	Blok dan nomor rumah
ODP 1	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9
ODP 2	B1, B2, B3, B4, B5, B6, C1, C2, C3, C4, E1, E2, E3, E4
ODP 3	D1, D2, D3, D4, D5, D6, E5, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10
ODP 4	F1, F2, G1, G2, G3, G4, G5, H1, H2, H3, H4, H5, H6

Pengelompokkan dilanjutkan menjadi iterasi 1 untuk memastikan bahwa letak penempatan ODP sudah optimal atau belum bagi rumah yang menjadi anggota dari ODP tersebut. Tujuan lain dari pengelompokkan kembali dengan iterasi 1 yaitu memastikan bahwa keanggotaan rumah pada setiap ODP berubah atau sudah tetap. Iterasi 1 diawali dengan menentukan koordinat 4 ODP yang baru. Koordinat 4 ODP pada iterasi 1 ditunjukkan pada Tabel 3. Contoh perhitungan sebagai berikut:

Koordinat garis lintang ODP 1

$$= \left(\frac{(A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9)_{lintang}}{9} \right)$$

$$= \left(\frac{-63,341193}{9} \right)$$

$$= -7,037910333^\circ$$

Koordinat garis bujur ODP 1

$$= \left(\frac{(A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9)_{bujur}}{9} \right)$$

$$= \left(\frac{993,940434}{9} \right)$$

$$= 110,437826^\circ$$

Tabel 3. Koordinat ODP pada iterasi 1 dengan $K=4$.

Titik Pusat	Koordinat garis lintang	Koordinat garis bujur
ODP 1	-7,037910333°	110,437826°
ODP 2	-7,037636643°	110,437957°
ODP 3	-7,0372954°	110,4379546°
ODP 4	-7,037039538°	110,4381809°

Iterasi 1 dilanjutkan dengan menghitung jarak antara koordinat 4 ODP yang baru dengan koordinat seluruh rumah. Berdasarkan hasil perhitungan jarak, iterasi 1 menunjukkan bahwa keanggotaan rumah pada setiap ODP berbeda dengan iterasi 0, sehingga pengelompokkan dilanjutkan menjadi iterasi 2. Hasil pengelompokkan iterasi 2 menunjukkan bahwa keanggotaan rumah pada setiap ODP sama dengan iterasi 1, sehingga

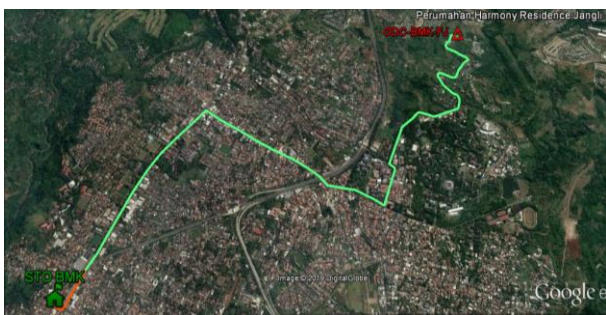
pengelompokkan selesai setelah dilakukan 3 iterasi meliputi iterasi 0, 1, dan 2. Hasil pengelompokkan iterasi 2 sebagai hasil akhir pengelompokkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil akhir pengelompokkan dengan K=4.

Titik Pusat	Blok dan nomor rumah
ODP 1	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9
ODP 2	B1, B2, B3, B4, B5, B6, C1, C2, C3, C4, E1, E2, E3, E4, E5
ODP 3	D1, D2, D3, D4, D5, D6, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10
ODP 4	G1, G2, G3, G4, G5, H1, H2, H3, H4, H5, H6

Langkah yang sama diterapkan pada pengelompokkan rumah calon pelanggan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K = 5, 6, \text{ dan } 7$. Hasil pengelompokkan rumah calon pelanggan dan penentuan lokasi penempatan ODP digunakan untuk membuat skema jaringan akses FTTH.

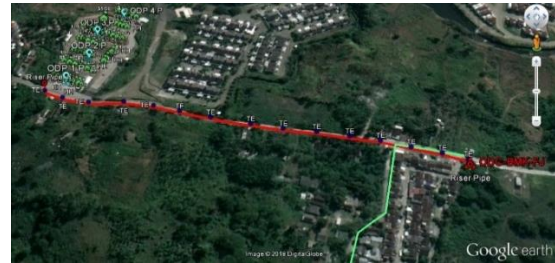
Berdasarkan data dari PT Telkom Indonesia Witel Semarang, perancangan jaringan akses FTTH Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan OLT yang berada di STO Banyumanik. ODC yang digunakan untuk perancangan jaringan tersebut yaitu ODC-BMK-FJ. Kode BMK merupakan kode STO yang terhubung dengan ODC tersebut yaitu STO Banyumanik, sedangkan kode FJ merupakan nama dari ODC tersebut. ODC-BMK-FJ dipilih oleh PT Telkom Indonesia Witel Semarang karena jarak ODC yang dekat dengan Perumahan Harmony Residence Jangli, serta kapasitas ODC yang masih mencukupi untuk perancangan jaringan akses FTTH di perumahan tersebut. Kabel *feeder* yang digunakan yaitu kabel serat optik G.652.D [6]. Jumlah *core* kabel *feeder* yang digunakan yaitu tiga *core*. Pemetaan STO, ODC, dan rute kabel *feeder* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. STO, ODC, dan rute kabel *feeder*.

Kabel distribusi yang digunakan dari ODC hingga Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan instalasi atas tanah (*aerial*). Pihak pengembang Perumahan Harmony Residence Jangli membutuhkan perancangan jaringan akses FTTH dengan instalasi bawah tanah (*duct*) di perumahan tersebut, sehingga instalasi kabel distribusi dari ODC hingga seluruh ODP menggunakan dua jenis instalasi kabel distribusi. Kabel distribusi yang digunakan

yaitu kabel serat optik G.652.D. Jumlah *core* kabel distribusi yang digunakan yaitu 12 *core*. Pemetaan rute kabel distribusi *aerial* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rute kabel distribusi *aerial*.

Perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli dilanjutkan dengan penempatan beberapa perangkat yang digunakan dalam arsitektur FTTH. Beberapa perangkat tersebut meliputi *riser pipe, closure, handhole, rute kabel distribusi duct, rute pipa HDPE* untuk kabel distribusi *duct* dan kabel *drop*, serta rute penggalian.

Riser pipe digunakan sebagai pipa peralihan dari penggunaan kabel serat optik *duct* menjadi kabel serat optik *aerial* atau sebaliknya. Fungsi dari *closure* yaitu sebagai tempat penyambungan kabel serat optik. Kabel serat optik yang disambungkan yaitu kabel serat optik *duct* dan *aerial*. *Handhole* digunakan sebagai tempat keluar dan masuk kabel serat optik dari bawah tanah ke atas tanah atau sebaliknya. Fungsi pipa HDPE yaitu sebagai pipa pelindung kabel serat optik *duct*. Rute penggalian dibutuhkan sebagai jalur penggalian tanah yang akan digunakan untuk menempatkan kabel distribusi *duct* dan kabel *drop* di perumahan tersebut.

Pembuatan skema perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli dilakukan menggunakan *software* Google Earth 7. Skema hasil perancangan jaringan akses FTTH menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ ditunjukkan pada Gambar 6, perancangan dengan nilai $K=5$ ditunjukkan pada Gambar 7, perancangan dengan nilai $K=6$ ditunjukkan pada Gambar 8, dan perancangan dengan nilai $K=7$ ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 6. Skema perancangan dengan nilai $K=4$.

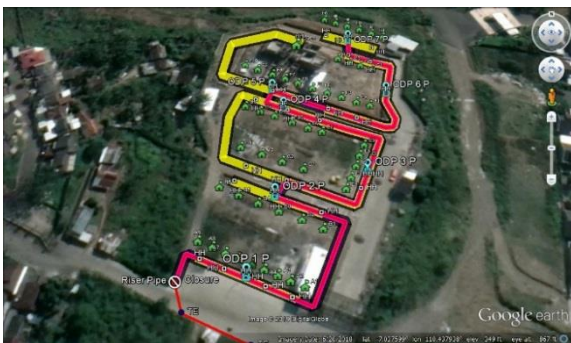


Gambar 7. Skema perancangan dengan nilai K=5.

Perancangan dilanjutkan dengan pengukuran selisih jarak antara ODP dari algoritma *K-Means Clustering* dan ODP dari hasil penyesuaian lokasi, pengumpulan data berupa jumlah *passive optical splitter* 1:8 yang digunakan pada setiap ODP, pengukuran panjang kabel distribusi *duct*, dan pengukuran jarak antara ODP dengan *handhole* terjauh untuk menentukan panjang kabel *drop* G.657.A1 [7] yang akan digunakan.



Gambar 8. Skema perancangan dengan nilai K=6.



Gambar 9. Skema perancangan dengan nilai K=7.

2.2. Perancangan Jaringan Akses FTTH Secara Manual

Perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli dilakukan oleh PT Telkom Indonesia Witel Semarang secara manual namun belum diimplementasikan. Pemilihan lokasi penempatan ODP,

penentuan jumlah ODP yang digunakan, serta pemilihan ODP yang akan dihubungkan dengan rumah calon pelanggan ditentukan oleh perancang. Perancangan secara manual tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.

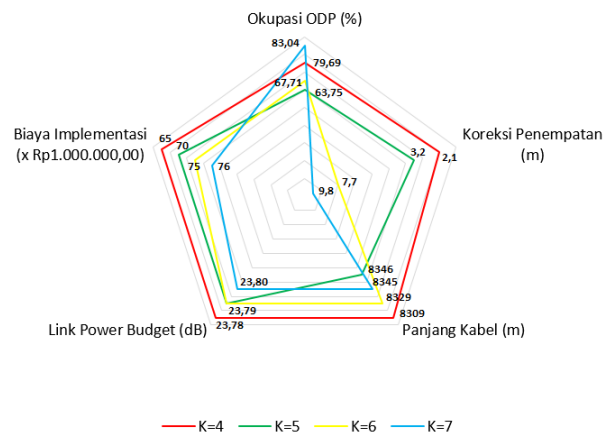


Gambar 10. Skema perancangan manual.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Perancangan Jaringan Akses FTTH Menggunakan Algoritma *K-Means Clustering*

Lima parameter digunakan untuk menganalisis hasil erancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Parameter tersebut meliputi okupasi ODP, koreksi lokasi penempatan ODP, panjang kabel serat optik, *link power budget*, dan biaya implementasi. Grafik perbandingan hasil analisis seluruh perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* berdasarkan lima parameter tersebut ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan hasil analisis perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.

3.1.1. Okupasi ODP

Analisis okupasi ODP bertujuan untuk mengetahui persentase penggunaan ODP berdasarkan jumlah rumah calon pelanggan yang menjadi anggota kelompok ODP tersebut. Analisis okupasi ODP dilakukan dengan cara

membandingkan jumlah rumah calon pelanggan yang menjadi anggota kelompok suatu ODP dengan kapasitas total rumah calon pelanggan yang dapat dilayani berdasarkan jumlah *passive optical splitter* 1:8 yang digunakan.

Hasil perhitungan rata-rata okupasi ODP pada setiap perancangan yaitu 79,69% pada perancangan dengan nilai $K=4$, 63,75% pada perancangan dengan nilai $K=5$, 67,71% pada perancangan dengan nilai $K=6$, dan 83,04% pada perancangan dengan nilai $K=7$. Semakin tinggi nilai rata-rata persentase okupasi ODP maka semakin ekonomis jumlah *passive optical splitter* 1:8 yang digunakan berdasarkan hasil pengelompokan rumah calon pelanggan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*, sehingga menguntungkan PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. sebagai penyedia layanan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli.

3.1.2. Koreksi Lokasi Penempatan ODP

Analisis koreksi lokasi penempatan ODP bertujuan untuk mengetahui perbandingan selisih jarak antara ODP dari algoritma *K-Means Clustering* dan ODP dari hasil penyesuaian lokasi pada setiap perancangan. Rata-rata koreksi lokasi penempatan ODP pada setiap perancangan yaitu 2,1 m pada perancangan dengan nilai $K=4$, 3,2 m pada perancangan dengan nilai $K=5$, 7,7 m pada perancangan dengan nilai $K=6$, dan 9,8 m pada perancangan dengan nilai $K=7$. Semakin rendah nilai rata-rata koreksi lokasi penempatan ODP maka semakin efisien penggunaan algoritma *K-Means Clustering* dalam menentukan lokasi penempatan ODP.

3.1.3. Panjang Kabel Serat Optik

Analisis panjang kabel serat optik bertujuan untuk mengetahui panjang kabel serat optik maksimal yang dibutuhkan dari STO hingga rumah calon pelanggan terjauh pada perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli. Panjang kabel serat optik maksimal pada setiap perancangan yaitu 8309 m pada perancangan dengan nilai $K=4$, 8346 m pada perancangan dengan nilai $K=5$, 8329 m pada perancangan dengan nilai $K=6$, dan 8345 m pada perancangan dengan nilai $K=7$. Semakin pendek kabel serat optik yang digunakan maka semakin efisien penggunaan algoritma *K-Means Clustering* dalam penentuan rute kabel serat optik yang digunakan pada perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli, sehingga menguntungkan pihak PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. sebagai penyedia layanan jaringan akses FTTH di perumahan tersebut.

3.1.4. Link Power Budget

Analisis perhitungan *link power budget* dilakukan berdasarkan spesifikasi perangkat jaringan akses FTTH

yang digunakan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. Nilai-nilai redaman perangkat yang digunakan dalam analisis *link power budget* sesuai dengan panduan desain FTTH PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. [8] dan informasi tambahan dari PT Telkom Indonesia Witel Semarang. *Link power budget* dihitung menggunakan Persamaan 2 [9].

$$P_T = N_c \times \text{rugi-rugi konektor} + \alpha \times L + N_s \times \text{rugi-rugi penyambungan} + \text{rugi-rugi lain} + \text{margin sistem} \quad (2)$$

dengan:

P_T = *Link power budget* atau *optical power loss* (dB)

N_c = Jumlah konektor

α = Redaman serat optik (dB/km)

L = Panjang serat optik (km)

N_s = Jumlah sambungan

Hasil perhitungan *link power budget* menunjukkan bahwa nilai tertinggi yang diperoleh yaitu sebesar 23,85 dB. Nilai *link power budget* tersebut dimiliki oleh rumah G5 pada perancangan menggunakan 5 ODP, rumah G1 pada perancangan menggunakan 6 ODP, dan rumah H1 pada perancangan menggunakan 7 ODP. Hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh perancangan telah memenuhi ketentuan nilai *link power budget* dari PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. yaitu ≤ 25 dB.

Rata-rata *link power budget* pada setiap perancangan yaitu 23,78 dB pada perancangan dengan nilai $K=4$, 23,79 dB pada perancangan dengan nilai $K=5$, 23,79 dB pada perancangan dengan nilai $K=6$, dan 23,80 dB pada perancangan dengan nilai $K=7$. Semakin rendah nilai rata-rata *link power budget* maka semakin baik kinerja jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli yang telah dirancang, sehingga menguntungkan pihak calon pelanggan layanan jaringan akses FTTH di perumahan tersebut.

3.1.5. Biaya Implementasi

Analisis perhitungan biaya implementasi dilakukan berdasarkan daftar harga satuan pekerjaan *outside plant – fiber optic* (OSP -FO) pada jaringan akses FTTH yang telah ditetapkan PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. untuk wilayah Jawa Tengah. Biaya yang digunakan dalam perhitungan meliputi biaya material dan biaya jasa. Biaya implementasi setiap perancangan yaitu Rp65.105.916,00 untuk perancangan dengan nilai $K=4$, Rp70.270.986,00 untuk perancangan dengan nilai $K=5$, Rp75.843.536,00 untuk perancangan dengan nilai $K=6$, dan Rp76.390.610,00 untuk perancangan dengan nilai $K=7$. Semakin murah biaya implementasi perancangan maka semakin ekonomis perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli, sehingga menguntungkan pihak PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. sebagai penyedia layanan jaringan akses FTTH di perumahan tersebut.

3.2. Perancangan Jaringan Akses FTTH Secara Manual

Empat parameter digunakan untuk menganalisis hasil erancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Parameter tersebut meliputi okupasi ODP, panjang kabel serat optik, *link power budget*, dan biaya implementasi.

Hasil perhitungan *link power budget* berdasarkan spesifikasi perangkat jaringan akses FTTH yang digunakan oleh PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. menunjukkan bahwa nilai tertinggi yang diperoleh yaitu sebesar 23,78 dB. Nilai *link power budget* tersebut dimiliki oleh rumah F10, G5, dan H6. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil perancangan telah memenuhi ketentuan nilai *link power budget* dari PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. yaitu ≤ 25 dB. Rata-rata *link power budget* yang diperoleh pada perancangan manual yaitu 23,77 dB.

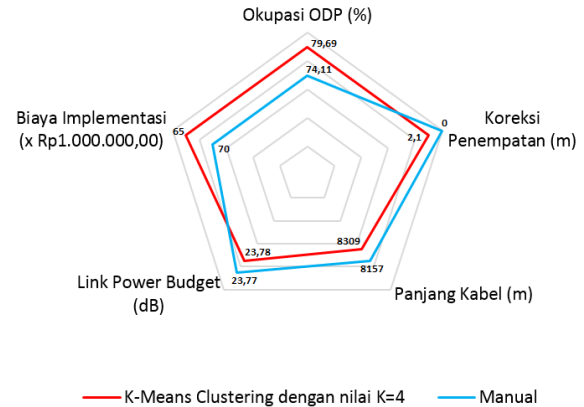
Rata-rata okupasi ODP yang diperoleh pada perancangan manual yaitu sebesar 74,11%. Panjang kabel serat optik maksimal yang dibutuhkan yaitu 8157 m. Biaya implementasi yang dibutuhkan berdasarkan daftar harga satuan pekerjaan *outside plant – fiber optic* (OSP -FO) pada jaringan akses FTTH yang telah ditetapkan PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. untuk wilayah Jawa Tengah yaitu Rp70.944.827,00.

3.3. Perbandingan Hasil Analisis Perancangan Menggunakan Algoritma *K-Means Clustering* dan Perancangan Manual

Perbandingan hasil analisis dilakukan antara perancangan jaringan akses FTTH menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dan perancangan secara manual oleh pihak PT Telkom Indonesia Witel Semarang. Perancangan dengan nilai $K=4$ atau perancangan menggunakan 4 ODP merupakan perancangan yang paling tepat untuk diimplementasikan berdasarkan parameter rata-rata koreksi lokasi penempatan ODP, panjang kabel serat optik maksimal, perhitungan rata-rata *link power budget*, dan perhitungan biaya implementasi. Kekurangan dari perancangan menggunakan 4 ODP yaitu pada parameter persentase okupasi ODP. Perancangan menggunakan 7 ODP merupakan perancangan yang paling tepat untuk diimplementasikan berdasarkan parameter persentase okupasi ODP. Perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* yang dibandingkan dengan perancangan manual yaitu perancangan dengan nilai $K=4$.

Parameter yang digunakan pada perbandingan hasil analisis antara perancangan jaringan akses FTTH menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ dan perancangan secara manual yaitu persentase rata-rata okupasi ODP, rata-rata koreksi lokasi penempatan ODP, panjang kabel serat optik maksimal, perhitungan

rata-rata *link power budget*, dan perhitungan biaya implementasi. Grafik perbandingan hasil analisis perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan perancangan manual berdasarkan empat parameter tersebut ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan hasil analisis perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan perancangan manual.

Rata-rata persentase okupasi ODP pada perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ menunjukkan nilai 79,69%, sedangkan perancangan manual menunjukkan nilai 74,11%. Pada perancangan manual tidak dilakukan koreksi lokasi penempatan ODP. Panjang kabel serat optik maksimal pada perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ menunjukkan nilai 8309 m, sedangkan perancangan manual menunjukkan nilai 8157 m. Perhitungan rata-rata *link power budget* pada perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ menunjukkan nilai 23,78 dB, sedangkan perancangan manual menunjukkan nilai 23,77 dB. Perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ membutuhkan biaya implementasi sebesar Rp65.105.916,00, sedangkan perancangan manual membutuhkan biaya sebesar Rp70.944.827,00.

Berdasarkan seluruh perbandingan hasil analisis, kelebihan perancangan secara manual yaitu pada panjang kabel serat optik maksimal, tidak terdapat koreksi lokasi penempatan ODP, dan rata-rata *link power budget*. Kelebihan perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai $K=4$ yaitu pada persentase rata-rata okupasi ODP dan biaya implementasi. Kelebihan lain yang dapat dipertimbangkan yaitu terdapat daftar keanggotaan rumah calon pelanggan pada setiap ODP yang menentukan ODP yang akan dihubungkan pada setiap rumah calon pelanggan, sehingga memudahkan proses perancangan dan instalasi jaringan akses FTTH dan membuat rute kabel *drop* yang digunakan lebih beraturan. Berdasarkan hasil perbandingan, maka perancangan jaringan akses FTTH menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai

K=4 lebih tepat untuk diimplementasikan di Perumahan Harmony Residence Jangli.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dilakukan dengan nilai K=4, 5, 6, dan 7. Perancangan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai K=4 merupakan perancangan yang paling tepat untuk diimplementasikan berdasarkan hasil analisis koreksi lokasi penempatan ODP, panjang kabel serat optik maksimal yang digunakan, *link power budget*, serta perhitungan biaya implementasi. Lokasi penempatan ODP yang optimal pada perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai K=4 berdasarkan koordinat garis lintang dan garis bujur yaitu (-7,037942°, 110,437814°) untuk ODP 1, (-7,037636°, 110,437970°) untuk ODP 2, (-7,037285°, 110,437971°) untuk ODP 3, dan (-7,036970°, 110,438184°) untuk ODP 4. Daftar keanggotaan rumah pada setiap ODP untuk perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai K=4 yaitu rumah pada blok A untuk ODP 1, rumah pada blok B, C, dan E untuk ODP 2, rumah pada blok D dan F untuk ODP 3, dan rumah pada blok G dan H untuk ODP 4. Perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai K=4 memiliki kelebihan dibandingkan dengan perancangan secara manual berupa persentase rata-rata okupasi ODP yang lebih tinggi dan biaya implementasi yang lebih murah. Kekurangannya yaitu rata-rata *link power budget* yang lebih rendah dan kabel serat optik yang lebih pendek. Kelebihan lain dari perancangan jaringan akses FTTH di Perumahan Harmony Residence Jangli menggunakan algoritma *K-Means Clustering* yaitu terdapat daftar keanggotaan rumah calon pelanggan pada setiap ODP yang memudahkan proses perancangan dan instalasi jaringan akses FTTH serta membuat rute kabel *drop* yang digunakan lebih beraturan. Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan yaitu penentuan lokasi penempatan ODP selanjutnya dapat dilakukan menggunakan algoritma pengelompokkan selain *K-Means Clustering* seperti *hierarchical clustering* atau *fuzzy clustering*, serta perancangan jaringan akses FTTH menggunakan algoritma *K-Means Clustering* selanjutnya dapat dilakukan pada perumahan dengan jumlah rumah yang lebih banyak.

Referensi

- [1]. P. Kumar, "Optimization of Optical Network using Genetic Algorithm," *International Journal of Photonics and Optical Technology*, vol. 2, no. 1, hal. 5-8, Mar, 2016.
- [2]. S. P. van Loggerenberg, M. J. Grobler, dan S. E. Terblanche, "Optimization of PON Planning for FTTH Deployment Based on Coverage," North-West University, Potchefstroom Campus, South Africa, 2012.
- [3]. A. Agata dan K. Nishimura, "Suboptimal PON Network Designing Algorithm for Minimizing Deployment Cost of Optical Fiber Cables," KDDI R&D Laboratories Inc., Japan, 2012.
- [4]. W. Hu, K. Wu, P. P. Shum, N. Zheludev, dan C. Soci, "Using Nonlinear Optical Networks for Optimization: Primer of the Ant Colony Algorithm," Nanyang Technological University dan University of Southampton, 2014.
- [5]. K. Teknomo, "K-Means Clustering Tutorial", 2007. [Online]. Tersedia: <https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/kMean/index.html>
- [6]. *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*, ITU-T Standard G.652, 2016.
- [7]. *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable*, ITU-T Standard G.657, 2016.
- [8]. *Panduan Desain FTTH*, PT Telekomunikasi Indonesia Tbk., Indonesia, 2012.
- [9]. G. Keiser, *Optical Communication Essentials*, New York, USA: McGraw-Hill, 2003.