
PERANCANGAN JARINGAN FTTH KONFIGURASI BUS DUAL STAGE PASSIVE SPLITTER UNDERGROUND ACCESS DI CLUSTER MISSISIPI, JAKARTA GARDEN CITY

Alven Delano
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
alvendelano.alven@gmail.com

Dian Widi Astuti
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
dian.widiastuti@mercubuana.ac.id

Abstrak— Provider telekomunikasi di Indonesia mulai gencar meningkatkan penetrasi fixed broadband melalui kabel fiber optik dengan teknologi passive optical network (PON). Tantangan penyediaan fixed broadband ini membutuhkan kecepatan dan juga pembangunan jaringan broadband yang handal untuk meminimalisir biaya dan juga redaman (loss). Metodologi yang digunakan dalam perancangan jaringan akses FTTH dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi bus dikarenakan memiliki kelebihan dalam kemudahan instalasi serta menggunakan dual stage passive splitter karena dapat memaksimalkan panjang kabel hingga 20 km. Hasil penelitian ini didapatkan link budget untuk high level design sebesar 22,65 dB upstream dan 21,54 dB downstream, low level design sebesar 22,74 dB upstream dan 22,59 dB downstream, dan as built sebesar 22,62 dB upstream dan 22,49 dB downstream. Sedangkan untuk daya sensitivitas yang didapatkan untuk high level design sebesar -23,39 dBm upstream, -22,35 dBm downstream, low level design -23,44 dBm upstream, -22,38 dB downstream, dan as built sebesar -23,43 dBm upstream, -22,37 dBm downstream. Jika dilihat dari biaya untuk high level design terhadap as built terjadi perubahan sebesar 22%, low level design terhadap as built terjadi perubahan sebesar -1%, atau meningkat 1% dari perancangan low level design.

Kata Kunci— PON, GPON, fiber to the home, Passive Splitter, Link Budget

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan layanan pada masa kini tidak hanya pada suara, gambar maupun data serta juga video dalam satu paket layanan sehingga diperlukan jaringan handal yang mampu memberikan bandwidth yang tinggi sehingga memberikan dampak perkembangan teknologi broadband setiap tahunnya [1]. Keberadaan teknologi tembaga dalam jaringan akses telekomunikasi saat ini sudah tidak mampu melayani kebutuhan arus data yang tinggi sehingga menyebabkan inovasi di bidang teknologi yang melahirkan teknologi fiber optik yang mampu melayani kebutuhan bandwidth yang tinggi termasuk data, suara dan video dalam skenario jaringan akses

fiber to the home [2,3]. Perkembangan broadband pun dapat memberikan dampak peningkatan pendapatan pada masyarakat dalam bidang usaha sehingga secara keseluruhan dapat menghasilkan kontribusi ke suatu negara pada pertumbuhan Gross Domestic Product (GDP) [4]. Hal ini didukung pula oleh hasil penelitian International Telecommunication Union (ITU) tahun 2011 yang disadur oleh McKinsey Indonesia yang menyebutkan setiap 10 persen peningkatan penetrasi jaringan pita lebar (broadband) berdampak positif pada pertumbuhan Gross Domestic Product (GDP) sebesar 1,21 – 1,38 persen. Sedangkan penelitian Akamai Technologies pada kuartal keempat tahun 2015 menyebutkan rata-rata kecepatan internet Indonesia berada di angka 3.9 Mbps atau peringkat ke 92 dari 115 negara yang di survei. Dalam laporan Akamai di Fourth Quarter 2015 State of the Internet Report, peringkat pertama sampai kelima untuk rata-rata kecepatan internet tercepat ditempati oleh Korea Selatan (26.7 Mbps), Swedia (19.1 Mbps), Norwegia (18,8 Mbps), Jepang (17.4, Mbps), dan Belanda (17.0 Mbps) yang merupakan mayoritas negara negara maju [5]. Selain itu, jumlah penetrasi fixed broadband di Indonesia ternyata masih sangat rendah, dari 60 juta rumah tangga yang ada di Indonesia, tingkat penetrasi fixed broadband di Indonesia baru mencapai 5% atau sekitar tiga juta sambungan dibandingkan dengan jumlah penduduk, angka tersebut jauh lebih kecil lagi, yakni baru 1,3% atau berada pada ranking 122 di dunia. Angka penetrasi broadband ini jelas masih sangat jauh dibandingkan negara tetangga seperti Filipina (2,6%; ranking 110 dunia), Malaysia (8,2%; ranking 79 dunia) atau Korea (38%; ranking 6 dunia) [6].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Izuma Sankawa dkk. perihal biaya dan analisis terhadap topologi double star passive optical network (PON) yang menyatakan bahwa ; 1). Outside plan yang menggunakan ribbon fiber dan OLT mempunyai perbedaan dependansi biaya terhadap split

pada tiap poin di segmen distribusi, 2). Jumlah split yang optimum akan meminimalisir biaya terhadap dependansi service penetration [7]. 3) Hasil analisis juga masih memenuhi standar PON. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Tomas Prefier dkk. menggunakan konfigurasi one stage splitter (1:64) pada jaringan fiber to the building menggunakan topologi bus dan hasil ukur terhadap hasil pembangunan masih dalam batas standar spesifikasi teknis ITU T GPON 984 [8]. Sehingga dalam penelitian ini, penulis melakukan penelitian untuk merancang jaringan akses fiber to the home (FTTH) melalui saluran pencatu bawah tanah (SPBT) atau yang lebih dikenal Underground Acces FTTH Network Deployment dengan konfigurasi bus dikarenakan jaringan konfigurasi bus memiliki kelebihan dalam kemudahan instalasi jaringan, menggunakan dual stage passive splitter karena dengan dual stage passive splitter dapat memaksimalkan panjang kabel hingga 20 km menggunakan teknologi gigabit passive optical network (GPON) di PT Telkom Indonesia studi kasus di Cluster Missisipi, Jakarta Garden City untuk melihat analisis terhadap biaya dari perancangan dan juga spesifikasi teknis berdasarkan hasil pembangunan dan satu tahun setelah pembangunan. Cluster Missisipi, Jakarta Garden City dijadikan studi kasus karena merupakan area yang pertumbuhan pembangunan rumah cukup tinggi dan potensi demand area di sekitar Cluster Missisipi menjadi bahan pertimbangan dalam merancang jaringan akses fiber to the home.

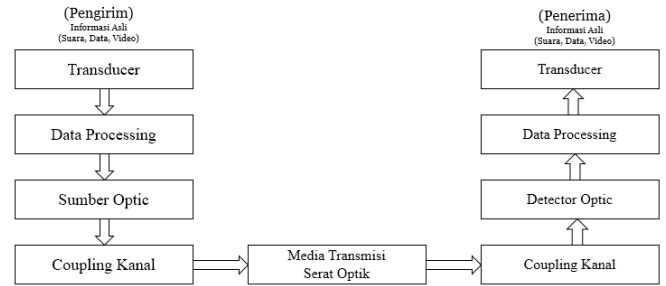
II. LANDASAN TEORI

A. Serat Optik

Serat optik merupakan salah satu alternatif media transmisi komunikasi yang cukup handal dibanding media lainnya. Sistem komunikasi serat optik memanfaatkan cahaya sebagai gelombang informasi yang akan dikirimkan. Pada bagian pengirim terdapat sebuah sumber optik yang berfungsi mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik yaitu berupa berkas cahaya. Kemudian diteruskan ke kanal informasi yang terbuat dari serat optik. Kanal ini berfungsi sebagai pemandu gelombang yang mentransmisikan berkas cahaya hingga ke penerima. Pada bagian penerima, berkas cahaya diterima oleh detektor optik yang berfungsi mengubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik kembali. Proses transmisi sinyal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut [9].

Transducer mengubah informasi asli yang berupa suara, video, dan data menjadi sinyal informasi elektrik. Pada *data processing*, sinyal disesuaikan agar dapat dimodulasikan pada sumber optik. Sumber optik mengubah sinyal informasi elektrik menjadi sinyal informasi optik. Sejumlah daya

diberikan oleh *coupling* kanal (masukan) ke media transmisi serat optik. Sinyal informasi optik diubah kembali menjadi sinyal informasi elektrik, dan setelah disesuaikan, sinyal informasi elektrik diubah menjadi informasi aslinya oleh suatu *transducer*.



Gambar 1 Diagram Komunikasi Serat Optik

Sumber serat optik berfungsi sebagai pemancar cahaya yang membawa informasi. Sumber tersebut harus memenuhi persyaratan di antaranya adalah (Zanger, 1991, Thomas 1995) [10]:

- a. Cahaya yang dihasilkan harus mendekati monokromatis
- b. Mempunyai keluaran cahaya yang berintensitas tinggi sehingga mampu mengatasi redaman di sepanjang saluran serat
- c. Mudah dimodulasi oleh sinyal informasi
- d. Memiliki dimensi yang kecil dan mudah dihubungkan dengan serat

Sumber optik yang umum digunakan pada sistem komunikasi serat optik adalah LED (*Light Emitting Diode*) dan LD (*Laser Diode*). Keduanya merupakan susunan semi konduktor sambungan P-N yang apabila diberi bias maju akan memancarkan energi optik dalam bentuk foton. Besar energi foton yang dipancarkan adalah (Zanger, 1991);

$$E_p = h \cdot f \quad (2.1)$$

Konstanta Planck adalah h dengan satuan ($6,626 \times 10^{-34}$ J-s) dan f adalah frekuensi gelombang cahaya yang dipancarkan. Selain itu panjang gelombang yang dipancarkan (Zanger, 1991) dapat dihitung dengan;

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_g} \quad (2.2)$$

E_g merupakan *energi band gap* (celah bidang) dan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s).

Kemudian selanjutnya ada *coupling* kanal yang merupakan alat penghubung antara sumber serat optik dan detektor optik. Rugi daya yang terjadi pada coupling kanal umumnya disebabkan oleh dua hal. Pertama adalah adanya perbedaan antara luas permukaan aktif sumber optik (A_s) dengan permukaan *core* serat optik (A_{core}). Yaitu A_{core}

lebih kecil dari A_s . Rugi ini dinyatakan dengan (Zanger, 1991);

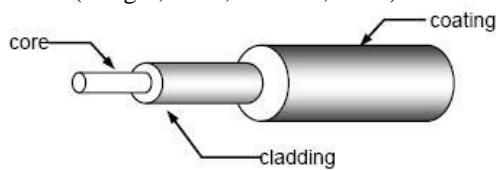
$$\text{Loss area} = 10 \times \log \frac{A_{\text{core}}}{A_s} \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk permukaan yang berbentuk lingkaran

$$\text{Loss area} = 10 \times \log \frac{D_{\text{core}}}{D_s} \quad (2.4)$$

D_{core} adalah diameter *core* serat optik dan D_s merupakan diameter aktif sumber optik. Jika A_{core} lebih besar dari A_s , maka rugi ini tidak akan terjadi. Penyebab kedua adalah perbedaan *Numerical Aperture* (NA) antara sumber dan serat optik, yaitu sudut penerimaan serat yang lebih kecil dari sudut yang diradiasikan sumber.

Serat optik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu *core*, *cladding* dan *coating*. *Core* merupakan bagian utama dari serat optik karena pada *core* ini informasi yang berupa pulsa cahaya ditransmisikan (Zanger, 1991, Thomas, 1995).

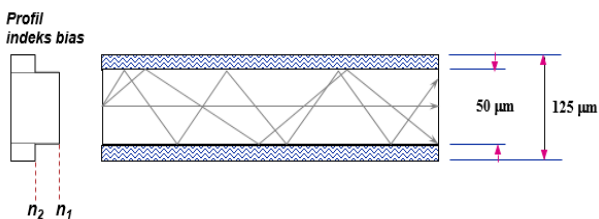


Gambar 2 Struktur Serat Optik

Core dan *cladding* terbuat dari bahan silika, kaca atau plastik berkualitas tinggi dan bebas air. *Core* memiliki indeks bias yang lebih besar daripada *cladding* ($n_1 > n_2$) hingga pada batas kritis, sehingga memungkinkan terjadinya pembiasan dalam total (*total internal reflection*). Sehingga cahaya akan selalu merambat dalam *core* hingga ke ujung serat. *Coating* atau jacket berfungsi sebagai pelindung *core* dan *cladding* dari tekanan fisik luar, terbuat dari bahan plastik yang sangat berkualitas (Zanger, 1991, Thomas, 1995, Samuel, 1988)[10]. Serat optik umumnya diklasifikasikan menjadi (Samuel, 1988);

a. *Multimode Step Index*

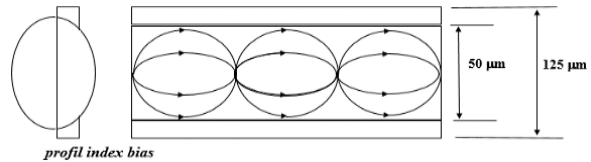
Pada tipe serat optik seperti Gambar 3 ini memiliki kriteria yaitu; indeks bias *core* konstan, ukuran *core* besar dan dilapisi *cladding* yang sangat tipis, penyambungan kabel lebih mudah karena memiliki *core* yang besar, terjadinya dispersi, hanya digunakan untuk jarak pendek, data *bit rate* rendah.



Gambar 3 Multimode Step Index

b. *Multimode Graded Index*

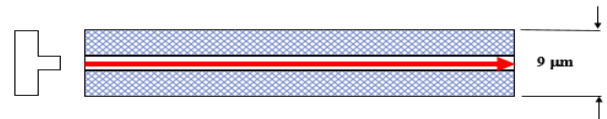
Pada tipe serat optik seperti Gambar 4 ini memiliki kriteria; cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada *core*, sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat, *core* terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki indeks bias yang berbeda beda, indeks bias tertinggi terdapat pada pusat *core* dan berangsur angsur turun sampai ke batas *cladding*



Gambar 4 Multimode Graded Index

c. *Monomode Step Index*

Pada tipe serat optik seperti Gambar 5 ini memiliki kriteria: ukuran diameter *core* yang sangat kecil dibandingkan ukuran *cladding*nya, cahaya hanya merambat dalam satu mode yaitu sejajar dengan sumbu serat optik, digunakan untuk transmisi data dengan *bit rate* tinggi.



Gambar 5 Monomode Step Index

B. *Redaman Serat Optik*

Redaman atau rugi rugi yang terjadi pada serat optik disebabkan oleh (Zanger, 1991, Thomas 1995) ;

a. Rugi serapan (absorption loss), disebabkan oleh sifat alamiah bahan optik yang tidak transparan sempurna. Rugi serapan dapat dirumuskan sebagai (Samuel, 1988) ;

$$\text{Loss serapan} = e^{-\alpha l} \quad (2.4)$$

dimana α koefisien redaman per satuan panjang

$$l = N_{\text{core}} (N_{2\text{core}} - \sin^2 \theta_m)^{-1/2} \quad (2.5)$$

dimana l adalah panjang lintasan cahaya θ_m adalah sudut penerimaan maksimum

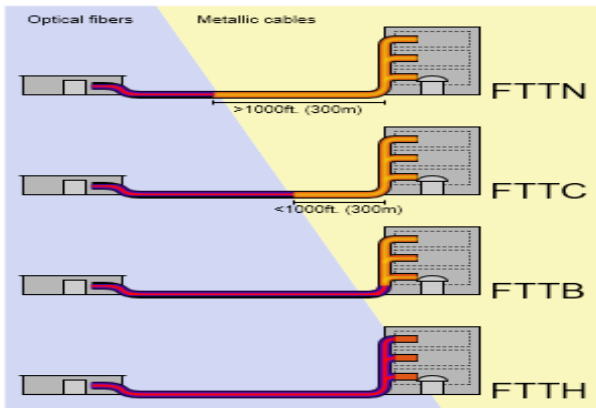
b. Rugi hamburan (scattering loss), disebabkan bervariasinya kepadatan serat ketika proses pembuatannya. Variasi ini menimbulkan indeks bias yang dimodelkan sebagai obyek penghamburan yang kecil

c. Rugi lengkungan (bending loss), terdiri atas 2 jenis yaitu; macrobending dan microbending. Macrobending terjadi akibat posisi serat yang terlalu melengkung sehingga terjadi pembiasan cahaya keluar dari *core*. Sedangkan microbending

terjadi akibat tekanan mekanik atau ketika proses penarikan kabel.

C. Aplikasi Berbasis Serat Optik

Penggunaan jaringan akses telekomunikasi yang melibatkan serat optik cukup banyak yaitu yang dikenal dengan FTTx (x merupakan destinasi terakhir titik fiber), contohnya seperti Gambar 6 berikut ini [11] ;



Gambar 6 Fiber To The X

a. Fiber To The Node / Zone (FTTN/Z)

Fiber to the node merupakan salah satu metode peralihan teknologi jaringan akses tembaga dengan jaringan akses fiber. Secara keseluruhan fiber to the node menggunakan dua kombinasi teknologi fiber dan teknologi copper. Jaringan akses fiber tidak sampai ke customer namun hanya berdasarkan di titik tertentu di sekitar area lokasi pelanggan, sedangkan ke arah pelanggan dikoneksikan menggunakan jaringan akses fiber.

b. Fiber To The Curb (FTTC)

Fiber to the curb merupakan kombinasi antara teknologi fiber dengan teknologi copper namun perbedaannya terletak pada end point fiber. Pada fiber to the zone (FTTZ) titik akhir fiber terletak pada area, sedangkan pada fiber to the curb (FTTC) titik akhir fiber terletak pada drop point yang hampir mendekati customer.

c. Fiber To The Building (FTTB)

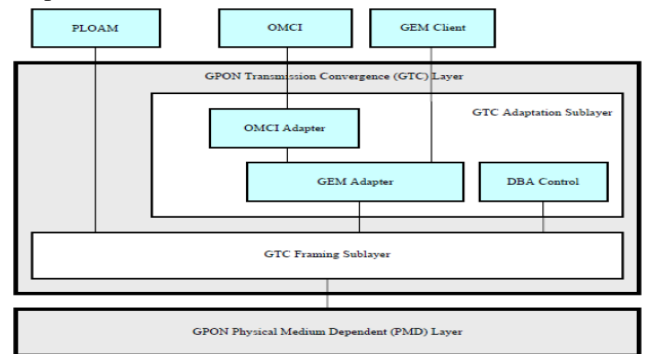
Fiber to the building merupakan jaringan akses fiber yang hanya berhenti pada titik terakhir di suatu bangunan (High Rise Building). Penggunaan teknologinya terkadang di bangunan yang merupakan end point jaringan fiber ditempatkan *Multi Dwelling Unit* (MDU) dengan kearah pelanggan menggunakan jaringan copper dan adakalanya juga menggunakan fiber sampai titik terakhir ke pelanggan.

d. Fiber To The Home (FTTH)

Fiber to the home merupakan jaringan akses fiber yang titik terakhirnya merupakan jaringan akses fiber hingga ke customer. Pada jaringan fiber to the home (FTTH) sudah terkoneksi secara end to end menggunakan jaringan akses fiber.

D. Gigabit Passive Optical Network (GPON)

GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEPON (*Gigabit Ethernet PON*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi Ethernet. GPON mempunyai dominansi pasar yang lebih tinggi dan *roll out* lebih cepat dibanding penetrasi GEPON. Untuk arsitektur GPON dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ;

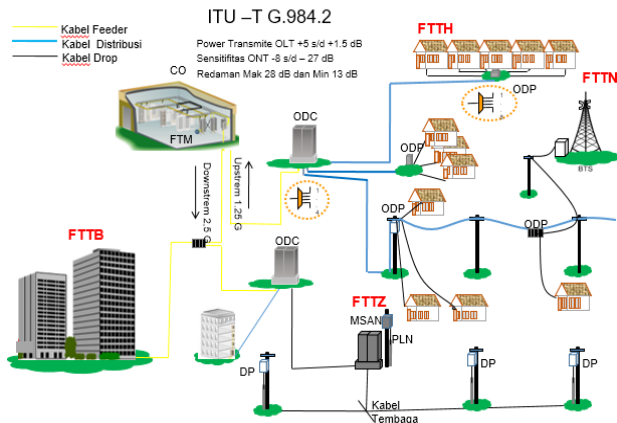


Gambar 7 Arsitektur GPON

Standar GPON G.984 mendukung bit rate yang lebih tinggi, perbaikan keamanan, dan pilihan protokol layer 2 (ATM, GEM, atau Ethernet). Baik GPON ataupun GEPON, menggunakan serat optik sebagai medium transmisi.

Satu perangkat akan diletakkan pada sentral, kemudian akan mendistribusikan trafik Triple Play (Suara/VoIP, Multi Media/Digital Pay TV dan Data/Internet) hanya melalui media 1 core kabel optik disisi *subscriber* atau pelanggan. Yang menjadi ciri khas dari teknologi ini dibanding teknologi optik lainnya semacam SDH adalah teknik distribusi trafik dilakukan secara pasif. Dari sentral hingga ke arah *subscriber* akan didistribusikan menggunakan *splitter pasif* (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64) [12].

GPON menggunakan teknik WDM untuk *upstream* dan *downstream* dan adapula yang menggunakan TDMA sebagai teknik *multiple access upstream* (*wavelength* 1310) dengan *data rate* sebesar 1.2 Gbps dan menggunakan *broadcast* kearah *downstream* (*wavelength* 1490 & *broadcast wavelength* 1550) dengan *data rate* sebesar 2.5 Gbps [13] yang dapat dilihat pada Gambar 8 berikut;



Gambar 8 Aplikasi Penggunaan GPON

E. Parameter Ukur Link Budget

Perhitungan link budget untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan dari ITU-T G.984 dan juga peraturan yang diterapkan oleh PT. Telkom Indonesia yaitu jarak tidak lebih dari 20 km dan redaman total tidak lebih dari 28 dB

a. Perhitungan Total Redaman

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + Sp \tag{2.6}$$

b. Perhitungan Power Receive

$$Pr_x = Pt_x - \alpha_{total} - \text{Safety Margin} \tag{2.7}$$

c. Perhitungan Margin

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM \tag{2.8}$$

Dengan keterangan dari rumus tersebut,

- Pt = Daya keluaran sumber optik (dBm)
- Pr = Sensitivitas daya maksimum detektor (dBm)
- SM = Safety margin, berkisar 6-8 dB
- α_{tot} = Redaman Total sistem (dB)
- L = Panjang serat optik (Km)
- α_c = Redaman Konektor (dB/buah)
- α_s = Redamans ambungan (dB/sambungan)
- α_{serat} = Redaman serat optik (dB/ Km)
- Ns = Jumlah sambungan
- Nc = Jumlah konektor
- Sp = Redaman Splitter (dB)

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol), margin daya adalah daya yang masih tersisa dari *power transmit* setelah dikurangi dari *loss* selama proses

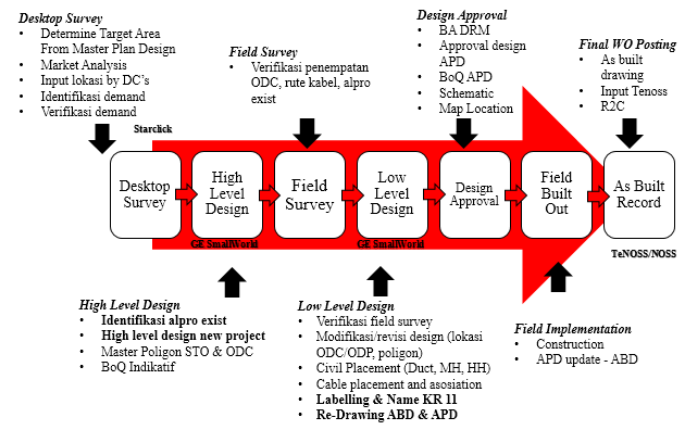
pentransmian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitivitas *receiver*

III. PEMBAHASAN

Adapun yang akan dibahas adalah mengenai *High Level Design* dan *Low Level Design* yang merupakan tahap perancangan jaringan akses *fiber to the home* di Cluster Missipi, Jakarta Garden City.

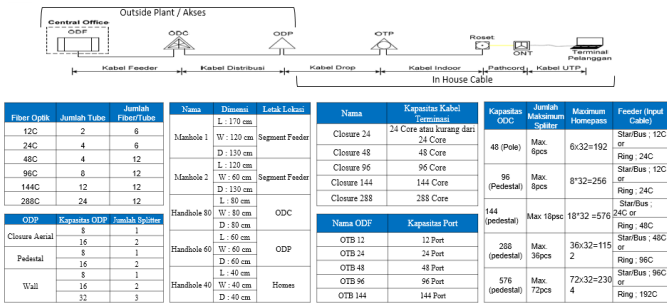
A. Diagram Perancangan Jaringan FTTH

Proses perancangan jaringan fiber to the home (FTTH) tidak terlepas dari beberapa hal yang menjadi aturan umum di suatu perusahaan telekomunikasi yang mengimplementasikan teknologi gigabit passive optical network (GPON). Proses perencanaan jaringan fiber to the home (FTTH) pada penelitian ini menampilkan proses bisnis di PT Telekomunikasi Indonesia terutama dalam perencanaan jaringan fiber to the home (FTTH) yang ditampilkan pada Gambar 9 berikut ini:



Gambar 9 Diagram Perancangan Jaringan Akses FTTH di PT Telkom Indonesia

Dari diagram perancangan jaringan akses FTTH di PT Telkom Indonesia tersebut perlu untuk diketahui network element apa saja yang dijadikan sebagai dasar perancangan jaringan akses FTTH di Cluster Missipi, Jakarta Garden City yang dapat dilihat di Gambar 10 berikut ini:



Gambar 10 Network Element Yang Digunakan Untuk Jaringan Akses FTTH

B. Lokasi Area dan Persyaratan

Cluster Missisipi, Jakarta Garden City beralamat di Jl. Tambun Selatan No.10, RT.10/RW.8, Cakung Tim., Cakung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13910, Indonesia dengan jumlah rumah sebanyak 251 rumah.



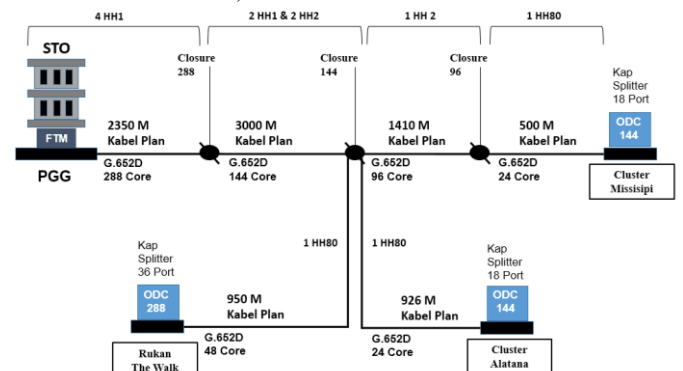
Gambar 11 Lokasi Cluster Missisipi

Produk *Optical Light Terminal* dan *Optical Network Terminal* adalah *Fiber Home* dengan *power transmit* sebesar 2 – 7 dBm dengan *receiving sensitivity* sebesar -27 dBm. Serta persyaratan perancangan jaringan harus memenuhi standar ITU.T G984 dengan rentang redaman minimum 13 dB dan maksimum 28 dB. Selain itu rentang perubahan biaya yang ditolerir adalah +/- 1% - 30 % sesuai syarat di PT Telkom Indonesia. Sedangkan perancangan untuk segmen distribusi menggunakan kabel kapasitas 24 core. Distribusi yang pertama mencakup sebanyak 134 rumah, sedangkan distribusi ke dua mencakup sebanyak 117 rumah. Pemilihan kapasitas kabel menyesuaikan dengan jumlah rumah dan pertimbangan jarak dropcore yang ada di Cluster.

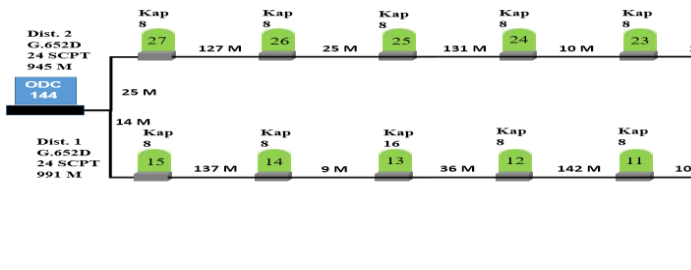
C. Perancangan Tahap High Level Design

Selain itu secara pemetaan melalui aplikasi berbasis geographical information spatial (GIS) technology dapat dilihat potensi pasar dan daya nilai suatu kawasan tersebut sehingga menentukan proses pembuatan desain. Menentukan penempatan network element FTTH menjadi hal penting melalui identifikasi demand area. Pada identifikasi demand area tipe setiap rumah serta kawasan menjadi potensi penting terhadap pengembangan network element FTTH ke depannya. Penggunaan aplikasi GE Smallworld ataupun Google Earth atau aplikasi pemetaan online lainnya menjadi hal penting karena digunakan sebagai viewer untuk analisis demand dan area yang akan direncanakan untuk pembangunan. Pada saat penggunaannya, Google Earth dapat digunakan sebagai rute atau alur kabel ke demand. Sehingga dapat disimpulkan bahwa high level design adalah sebuah perancangan desain secara kasar berdasarkan data yang sudah tersedia.

Pada Gambar 12 dapat dilihat perancangan jaringan akses fiber to the home ke Cluster Missisipi, menggunakan kabel fiber optik kapasitas 288 core untuk melayani Cluster Missisipi dan juga Cluster Alatana dan Rukan The Walk Sedangkan perancangan untuk segmen distribusi menggunakan kabel kapasitas 24 core yang dapat dilihat pada Gambar 13. Distribusi yang pertama mencakup sebanyak 134 rumah, sedangkan distribusi ke dua mencakup sebanyak 117 rumah. Pemilihan kapasitas kabel menyesuaikan dengan jumlah rumah dan pertimbangan jarak dropcore yang ada di Cluster Missisipi, Jakarta Gargen City. Penempatan network element pada high level design pun hanya berdasarkan informasi geographical yang ditampilkan oleh aplikasi Google Earth ataupun siteplan dari developer perumahan tersebut. High Level Design untuk distribusi dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13 berikut ini;



Gambar 12 High Level Design Segment Feeder



Gambar 13. High Level Design Segment Distribusi

Tabel 1 Rancangan Biaya Hasil High Level Design

High Level Design	Feeder	Distribusi	Grand Total
Material	486,556,094	261,675,059	748,231,153
Jasa	368,419,183	265,560,314	633,979,497
Total	854,975,277	527,235,373	1,382,210,650

a. Link Budget

$$\alpha_{total} = L_{\text{aserat}} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + S_p$$

Tabel 2 Link Budget HLD

Upstream	Downstream
22.652	21.544

b. Receiver Sensitivity

$$Pr_x = P_{tx} - \alpha_{total} - \text{Safety Margin}$$

Tabel 3 Receiver Sensitivity HLD

Pr _x (dBm)	
Upstream	Downstream
-23.652	-22.544

c. Margin Daya

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{total} - SM$$

Tabel 4 Margin Daya HLD

Margin Daya (dBm)	
Upstream	Downstream
3.348	4.456

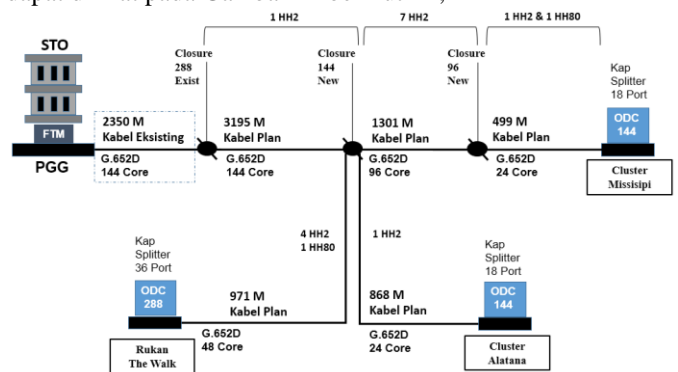
Hasil High Level Design baik link budget, receiving sensitivity dan margin daya memenuhi parameter ukur yang disyaratkan standar spesifikasi teknis ITU G 984

D. Perancangan Tahap Low Level Design

Proses low level design adalah kegiatan yang hampir sama dengan proses high level design namun perbedaannya

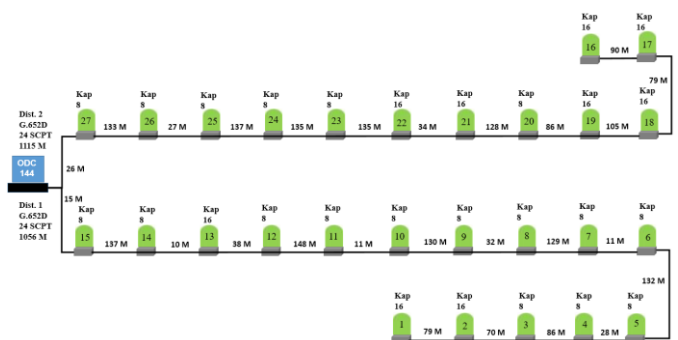
terletak terhadap informasi survei yang sudah dituangkan ke dalam desain perencanaan. Sehingga bisa memungkinkan terjadinya perbedaan ataupun perubahan desain dari high level design. Pada proses ini juga sudah mengakomodasi perizinan dengan pihak setempat terkait penempatan network element. Selain itu informasi penting dan krusial adalah potensi demand yang didapatkan dari hasil survei. Ini menjadi patokan dasar perencanaan selanjutnya.

Pada proses ini pula as plan drawing (APD) serta bill of quantity (BoQ) dihasilkan, untuk diajukan pada persetujuan pembangunan dan anggaran yang dikeluarkan untuk pembangunan terkait jasa dan material oleh pemilik anggaran. Sehingga low level design menjadi patokan dasar standar validitas perencanaan di sisi anggaran, rute, link budget dan penempatan network elementnya. Hasil Low Level Design dapat dilihat pada Gambar 14 berikut ini;



Gambar 14 Low Level Design Segment Feeder

Pada gambar tersebut diketahui bahwa terdapat kabel existing dengan kapasitas core 144 core, sehingga dapat menghemat biaya yang akan dikeluarkan nantinya. Sedangkan untuk segment distribusi tidak terlalu banyak perubahan, hanya panjang kabel yang berubah. Hal ini dapat dilihat pada gambar 15:



Gambar 15 Low Level Design Segment Distribusi

Tabel 5 Rancangan Biaya Low Level Design

Low Level Design	Feeder	Distribusi	Grand Total
Material	271,544,554	265,560,314	537,104,868
Jasa	274,825,281	176,241,387	451,066,668
Total	546,369,835	441,801,701	988,171,536

Pada tabel 5 dapat dilihat total biaya yang dibutuhkan dari rancangan hasil high level design. Jika dilihat berdasarkan 3 parameter *link budget*, *power receive* dan *margin* didapatkan (diambil titik terjauh yaitu di ODP No 16)

a. Link Budget

$$\alpha_{total} = L. \text{ aserat} + Nc. \text{ ac} + Ns. \text{ as} + Sp$$

Tabel 6 Link Budget HLD

α_{Total} (dB)	
Upstream	Downstream
22.741	21.599

b. Receiver Sensitivity

$$Prx = Ptx - \alpha_{total} - \text{Safety Margin}$$

Tabel 7 Receiver Sensitivity HLD

Prx (dBm)	
Upstream	Downstream
-23.741	-22.599

c. Margin Daya

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM$$

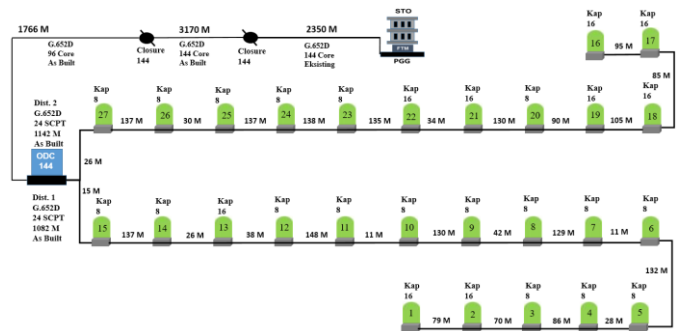
Tabel 8 Margin Daya HLD

Margin Daya (dBm)	
Upstream	Downstream
3.259	4.401

Pada tahap *Low Level Design* terdapat perbedaan dari segi biaya karena adanya kabel fiber optik eksisting dengan kapasitas core yang masih bisa digunakan, selain itu untuk parameter ukur juga masih dalam batas spesifikasi teknis ITU T G 984

IV. ANALISIS HASIL PERANCANGAN TERHADAP HASIL PEMBANGUNAN

Hasil pembangunan jaringan *fiber to the home* di Cluster Missisipi tidak terlalu banyak perubahan dari low level design, perubahan terletak pada panjang kabel, serta closure dan efisiensi core hal ini dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini;



Gambar 16 Hasil Pembangunan (As Built)

Tabel 9 Biaya Hasil Pembangunan Jaringan Akses FTTH

As Built	Feeder	Distribusi	Grand Total
Material	274,291,464	275,071,403	549,362,867
Jasa	270,154,218	179,664,825	449,819,043
Total	544,445,682	454,736,228	999,181,910

a. Link Budget

$$\alpha_{total} = L. \text{ aserat} + Nc. \text{ ac} + Ns. \text{ as} + Sp$$

Tabel 10 Link Budget HLD

α_{Total} (dB)	
Upstream	Downstream
22.652	21.544

b. Receiver Sensitivity

$$Prx = Ptx - \alpha_{total} - \text{Safety Margin}$$

Tabel 11 Receiver Sensitivity HLD

Prx (dBm)	
Upstream	Downstream
-23.652	-22.544

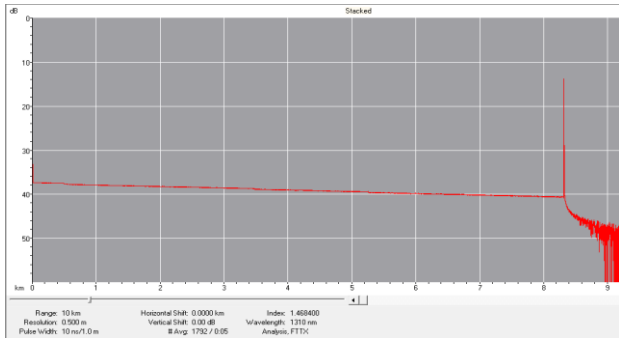
c. Margin Daya

$$M = (Pt - Pr) - \alpha_{total} - SM$$

Tabel 12 Margin Daya HLD

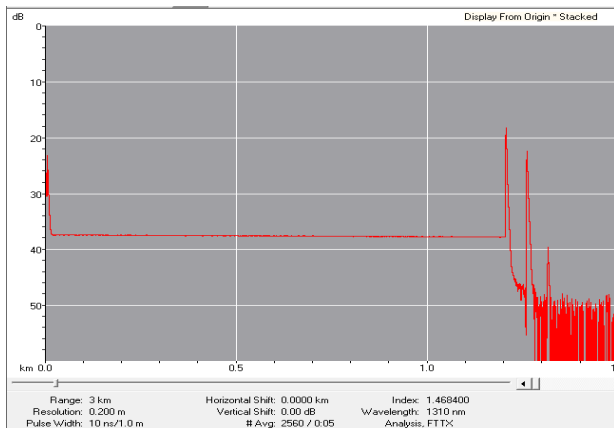
Margin Daya (dBm)	
Upstream	Downstream
3.348	4.456

Pada hasil pembangunan (*as built*) didapatkan untuk *link budget*, *receiver sensitivity* dan *margin daya* masih memenuhi spesifikasi teknis ITU T G 984.



Gambar 17 OTDR Segment Feeder

Hal ini didukung pula dengan hasil pengukuran dengan menggunakan *optical time domain reflector* (OTDR) dan *optical power meter* (OPM) yang dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18 berikut ini;



Gambar 18 OTDR Segment Distribusi

Berdasarkan hasil pengukuran OTDR tersebut dapat dilihat bahwa cahaya dapat merambat dengan baik pada setiap *network element* walaupun terdapat loss yang masih dalam batas standar. Selain itu hasil pembangunan pun apabila diukur dengan *Optical Power Meter* seperti yang dilihatkan oleh Gambar 19 berikut ini ;



Gambar 19 Hasil Pengukuran OPM

Tabel 13 Perbandingan Proses Perancangan Terhadap Hasil Pembangunan (As Built)

Proses	α Total (dB)		Prx (dBm)		Margin (dBm)	
	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
High Level Design	22.391	21.345	-23.391	-22.345	3.609	4.655
Low Level Design	22.445	21.378	-23.445	-22.378	3.555	4.622
As Built	22.432	21.371	-23.432	-22.371	3.568	4.629

Tabel 14 Perbandingan Biaya dari Perancangan Hingga Hasil Pembangunan

Proses	Feeder		Distribusi		Grand Total
	Material	Jasa	Material	Jasa	
High Level Design	486,556,094	368,419,183	261,675,059	165,678,277	1,282,328,613
Low Level Design	271,544,554	274,825,281	265,560,314	176,241,387	988,171,536
As Built Drawing	274,291,464	270,154,218	275,071,403	179,664,825	999,181,910

Jika dilihat berdasarkan Tabel 14 diatas dapat dinyatakan bahwa perancangan jaringan akses *fiber to the home* pada proses *high level design* terhadap *as built* terjadi perubahan sebesar 22% yaitu dari 1,282,328,613 menjadi 999,181,910. Perancangan desain low level design terhadap *as built* terjadi perubahan sebesar -1% yaitu dari 988,171,536 menjadi 999,181,910 atau meningkat 1% dari perancangan *low level design*.

A. Analisis Jaringan FTTH Setelah Satu Tahun Pembangunan

Dalam dunia bisnis provider telekomunikasi terutama dalam pembangunan jaringan *fixed broadband* seperti *fiber to the home* pihak lain yang diberikan kewenangan dalam membangun, mempunyai masa tanggung jawab dalam

memelihara jaringan *fixed broadband* seperti *fiber to the home* dalam beberapa waktu sesuai ikatan kontrak kerja yang disepakati. Setelah masa kontrak habis maka pemeliharannya menjadi tanggung jawab provider telekomunikasi tersebut.

Untuk Cluster Missisipi, Jakarta Garden City dilakukan pengukuran kembali dengan *optical time domain reflector* (OTDR) dan *optical power meter* (OPM) terhadap performa jaringan apakah masih memenuhi standar dan spesifikasi teknis ITU T G 984. Pada tabel 15 berikut dapat dilihat bahwa ;

Tabel 15 Perbandingan Hasil Pembangunan Setelah Satu Tahun Hasil Pembangunan

Nama ODP	As Built (Hasil Pembangunan)		Satu Tahun Setelah Pembangunan	
	Prx(dBm)		Prx (dBm)	
	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
ODP-PGG-FDS/03	-23.56	-22.45	-49.50	-12.06
ODP-PGG-FDS/04	-23.53	-22.43	-22.63	-12.60
ODP-PGG-FDS/05	-23.52	-22.42	-22.83	-12.18
ODP-PGG-FDS/06	-23.47	-22.39	-23.08	-22.78
ODP-PGG-FDS/08	-23.42	-22.36	-19.75	-9.73
ODP-PGG-FDS/09	-23.41	-22.36	-19.44	-9.46
Nama ODP	As Built (Hasil Pembangunan)		Satu Tahun Setelah Pembangunan	
	Prx(dBm)		Prx (dBm)	
	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
ODP-PGG-FDS/13	-23.29	-22.28	-9.91	-17.17
ODP-PGG-FDS/14	-23.28	-22.28	-48.47	-18.24
ODP-PGG-FDS/15	-23.24	-22.25	-9.91	-18.62
ODP-PGG-FDS/16	-23.63	-22.49	-19.12	-9.56

terdapat sebanyak 4 ODP (ODP-PGG-FDS/03, ODP-PGG-FDS/14, ODP-PGG-FDS/15) pada *upstream* yang tidak memenuhi standar spesifikasi teknis. Dapat dilihat hasil pengukuran menggunakan OPM pada gambar 20 berikut ini;

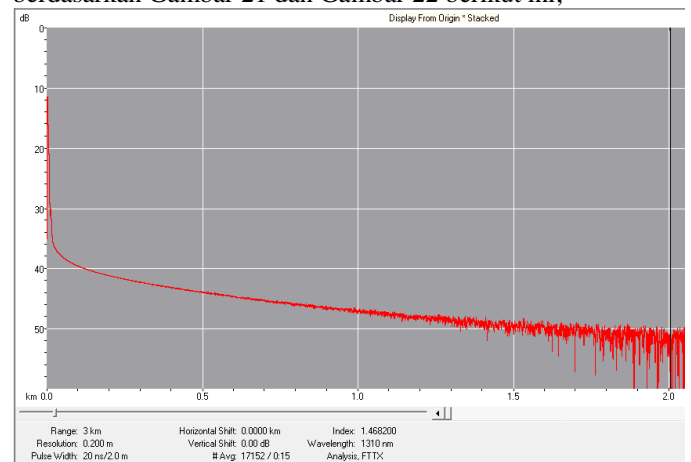


Gambar 20 Pengukuran di ODP-PGG-FDS/03

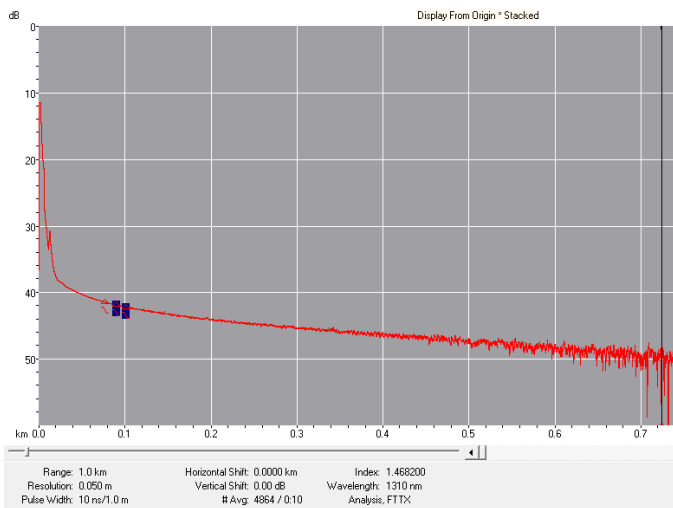
Sedangkan untuk *downstream* terdapat sebanyak 7 ODP (ODP-PGG-FDS/03, ODP-PGG-FDS/04,

ODP-PGG-FDS/05, ODP-PGG-FDS/06, ODP-PGG-FDS/08, ODP-PGG-FDS/09, ODP-PGG-FDS/16). Untuk menganalisisnya perlu dilihat pada OTDR terhadap penyebab tingginya hasil pengukuran menggunakan OPM tersebut. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.6 untuk Feeder dan Gambar 4.7 untuk distribusi.

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk segment distribusi menggunakan wavelength 1310 sinyal optik dari ODC hingga ke ODP tidak masuk pada network element splitter. Sedangkan pada segment Feeder hingga distribusi sinyal optik masuk ke network element splitter tetapi pada ujung ODP tidak terdapat sinyal optik yang masuk ke Splitter di ODP. Sehingga dapat disimpulkan Splitter di ODP tersebut tidak layak dan perlu diganti bahkan ada pula masalah belum diterminasi sama sekali jika dilihat berdasarkan Gambar 21 dan Gambar 22 berikut ini;



Gambar 21 Hasil Pengukuran Menggunakan OTDR Segment Distribusi



Gambar 22 Hasil Pengukuran Menggunakan OTDR Segment Feeder Distribusi

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

- Perancangan jaringan akses *fiber to the home* di Cluster Missisipi, Jakarta Garden City secara *end to end* dari feeder hingga distribusi dikategorikan layak karena berdasarkan titik terjauh hasil *link budget* untuk *high level design* sebesar 22,65 dB untuk *upstream* dan 21,54 dB untuk *downstream*, *low level design* sebesar 22,74 dB untuk *upstream* dan 22,59 dB untuk *downstream*, dan *as built* sebesar 22,62 dB untuk *upstream* dan 22,49 dB untuk *downstream* sehingga dapat disimpulkan untuk setiap proses perencanaan dan hasil pembangunan masih sesuai standar ITU.T G.984 dengan redaman (*loss*) maksimum sebesar 25 dB dan minimum 13 dB.
- Berdasarkan hasil perhitungan *link budget* terdapat perbedaan total redaman (*loss*) pada setiap perancangan pada tahap *high level design*, *low level design* dan *as built* disebabkan karena panjang kabel dan jumlah sambungan, metode konfigurasi topologi jaringan, dan pemilihan *network element*.
- Selain itu berdasarkan biaya perancangan jaringan *fiber to the home* pada *high level design*, *low level design* dan *as built* tidak ada perubahan biaya yang terlalu signifikan karena masih dalam batas yang masih di tolerir di PT Telkom Indonesia sebesar 1% sampai 30% dengan detail proses *high level design* terhadap *as built* terjadi perubahan sebesar 22% yaitu dari 1,282,328,613 menjadi 999,181,910, dan *low level design* terhadap *as built* terjadi perubahan sebesar -1% yaitu dari 988,171,536

menjadi 999,181,910 atau meningkat 1% dari perancangan *low level design*

- Setelah satu tahun (1 tahun) jaringan *fiber to the home* dibangun di Cluster Missisipi dilakukan pengukuran kembali pada tanggal 18 – 19 Juli 2017 untuk mengetahui apakah masih memenuhi standar spesifikasi atau tidak. Dari pengukuran tersebut ada 4 ODP untuk *upstream* dan 7 ODP untuk *downstream* tidak memenuhi spesifikasi GPON ITU-T 984 perihal redaman. Penyebab umum yang menyebabkan tingginya redaman pada jaringan *fiber to the home* diantaranya adalah ; kabel serat optik putus, *network element* rusak karena faktor alam/hewan, penyambungan tidak memenuhi standar, dan *macro* serta *micro bending*
- Hasil Prx pada *as built* memenuhi standar dan spesifikasi teknis perangkat ONT yaitu -27 dBm dengan rata rata pada setiap ODP sebesar -23,3 dBm untuk *upstream* dan -22,37 dBm untuk *downstream*.

B. Saran

- Untuk meningkatkan kehandalan dan kecepatan perancangan dan perencanaan jaringan *fiber to the home* diperlukan aplikasi yang terhubung dengan *geographical information system* (GIS) sehingga tidak memerlukan perhitungan manual dan juga siteplan untuk construction dan aplikasi perhitungan parameter *link budget*.
- Perlunya menggunakan metode baru perancangan jaringan *fiber to the home* seperti konfigurasi *star*, dan konfigurasi *dual ring* dan pemilihan *network element* untuk membandingkan *high level design*, *low level design* dan *as built* apabila dibangun berdasarkan 3 tipe konfigurasi jaringan di satu lokasi yang sama terhadap jumlah *passive splitter* yang digunakan, seperti *one stage*, *two stage*, ataupun *multi stage*.
- Perlunya standarisasi yang dibutuhkan apabila sebuah jaringan *fiber to the home* membutuhkan biaya melebihi dari ketentuan 10% - 30% yang disebabkan oleh parameter – parameter tertentu seperti; pelebaran jalan, perubahan rute kabel, penutupan jalan serta larangan dari organisasi masyarakat. Jika berdasarkan masalah tersebut menjadi membengkaknya biaya pembangun dari biaya perencanaan apakah masih tetap dilanjutkan atau tidak dilanjutkan dan bagaimana parameter *link budget*nya
- Perlunya metode perancangan dan perencanaan jaringan apabila terjadi kerusakan pada *network element* ataupun lainnya yang menyebabkan jaringan *fiber to the home* tidak memenuhi spesifikasi, serta dibutuhkan pula penelitian terhadap parameter perbaikan jaringan *fiber to the home* supaya kembali memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan.

- e. Perlunya analisis lebih lanjut terhadap berbagai macam produk *optical network terminal* (ONT) dari berbagai macam vendor terhadap *receiver sensitivity* yang diterima.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jeff Wang, Expertise di ZTE University Shenzhen, China. Yuichi Kumaki Expertise di NTT East, Japan. Verdi Huwae dan Karyada, Expertise di PT Telkom Indonesia, serta Dian Widi Astuti, dosen di Universitas Mercu Buana. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Wagner, J. Igel, R. Whitman, M. Vaughn, A. Ruffin, and S. Bickham, "Fiber-Based Broadband-Access Deployment in the United States," *Journal of Lightwave Technology*, vol.24, no. 12, pp. 4526–4540, Dec 2006.
- [2] Jochen Maes, Carl J Nuzman, "The Past, Present and Future Of Cooper Acces", *Bell Labs Technical Journal*, vol. 20, pp. 2-3, March 2015.
- [3] Paul W. Shumate, "Fiber-to-the-Home: 1977–2007", *Journal of Lightwave Technology*, vol. 26, no. 9, pp 1-2, May 2008
- [4] https://itu.int/ITU-D/treg/broadband/ITU-BB-Reports_Impact-of-Broadband-on-the-Economy.pdf diakses pada tanggal 10 Juli 2017
- [5] <https://www.akamai.com/us/en/multimedia/documents/state-of-the-internet/q4-2016-state-of-the-internet-security-report.pdf> diakses pada tanggal 10 juli 2017
- [6] <http://www.telkom.co.id/masyarakat-batam-sudah-bisa-menikmati-layanan-indihome-100-fiber.html> diakses pada tanggal 10 Juli 2017
- [7] Izumi Sankawa, "Cost and Quantity Analysis of Passive Double-Star Optical-Access-Network Facilities for Broadband Service Multiplexing", *Journal of Lightwave Technology* Vol. 24 No 10, October 2006
- [8] Thomas Pfeifer, "Cost Efficient Non-Service Interrupting Monitoring of Optical Fiber Links in FTTH / FTTB Networks", *ECOC*, vol 21-25 September 2008, Brussels, Belgium
- [9] Hanafiah R, Ali. *Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 7 Nomor 1*. Medan: Januari 2006, Universitas Sumatera Utara
- [10] Zanger Henry, and Cynthia Zanger. 1991. *Fiber Optics Communications and Others Applications*. New York : Macmillan P.C
- [11] Telekomunikasi Indonesia Tbk. *Pedoman Desain Jaringan FTTH*, Bandung : 2013
- [12] <http://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH-PON.html> diakses pada tanggal 14 Juli 2017
- [13] Tomlinson, W. J, Lin C., "Optical wavelength-division multiplexer for the 1–1.4-micron spectral region", *Electronics Letters*, vol. 14, May 25, 1978