

Desain Arsitektur Infrastruktur Jaringan Intra Pemerintah Daerah Berbasis GPON Menggunakan Metodologi PPDIOO: Studi Kasus Kabupaten Kupang

Viky George Lettu Radja Pono^{1*}, Daniel M. D. U. Kasse², Allan Israil Haba³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Komputer dan Jaringan,

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Kupang

*E-mail korespondensi: vikyradjapono@gmail.com

Abstrak

Jaringan Intra Pemerintah merupakan prasyarat penyelenggaraan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE), namun Pemerintah Kabupaten Kupang masih mengandalkan jaringan lokal yang terpisah pada setiap Organisasi Perangkat Daerah (OPD) sehingga pertukaran data antar-OPD bergantung pada jaringan publik dan berisiko terhadap keamanan informasi. Penelitian ini bertujuan menghasilkan desain arsitektur infrastruktur Jaringan Intra Pemerintah Daerah Kabupaten Kupang beserta verifikasi kelayakan teknisnya. Penelitian menggunakan pendekatan *design-oriented research* dengan kerangka *Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, and Optimize* (PPDIOO) yang dibatasi pada tiga tahap awal. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, studi dokumen, dan survei jalur berbasis koordinat. Rancangan menerapkan *Hierarchical Network Design* tiga lapis dengan *backbone Fiber to the X* berbasis *Gigabit Passive Optical Network* (GPON), Dinas Komunikasi dan Informatika sebagai *Network Operations Center*, empat klaster distribusi berbasis *Optical Distribution Cabinet*, segmentasi enam *Virtual Local Area Network* (VLAN) dengan *inter-VLAN routing* pada *core switch* Layer-3, serta pemisahan zona *Demilitarized Zone* (DMZ), internal, dan akses OPD. Verifikasi analitis menunjukkan redaman jalur terjauh sebesar dua puluh tujuh koma tiga lima desibel, *receive power* sebesar negatif dua puluh koma tiga lima desibel miliwatt, dan margin sistem sebesar sebelas koma enam lima desibel terhadap sensitivitas penerima GPON kelas C Plus sebesar negatif tiga puluh dua desibel miliwatt. Kebutuhan puncak mencapai dua puluh tiga koma enam nol megabit per detik per OPD atau enam puluh satu persen dari alokasi terjamin sebesar tiga puluh delapan koma delapan delapan megabit per detik pada rasio *splitter* satu banding enam puluh empat. Rancangan dinyatakan layak dan dapat direplikasi pada daerah dengan karakteristik yang serupa.

Kata Kunci: GPON; *hierarchical network design*; jaringan intra pemerintah; PPDIOO; *power link budget*; SPBE

Abstract

A government intra-network is a prerequisite for the Electronic-Based Government System (SPBE), yet Kupang Regency relies on isolated local networks at each regional agency, leaving inter-agency data exchange dependent on public networks and exposed to security risks. This study designs the Kupang Regency government intra-network infrastructure architecture and verifies its technical feasibility. A design-oriented research approach was applied within the *Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, and Optimize* (PPDIOO) framework, limited to the first three phases. Data were collected through field observation, interviews, document review, and coordinate-based route surveys. The proposed design adopts a three-tier *Hierarchical Network Design* with a *Fiber to the X* backbone based on *Gigabit Passive Optical Network* (GPON), the Department of Communication and Informatics serving as the *Network Operations Center*, four *Optical Distribution Cabinet* clusters, six *Virtual Local Area Networks* (VLANs) with *inter-VLAN routing* on a Layer-3 core switch, and separated *Demilitarized Zone* (DMZ), internal, and agency access zones. Analytical verification indicates a maximum link loss of twenty-seven point three five decibels, a received power of negative twenty point three five decibel-milliwatts, and a system margin of eleven point six five decibels relative to the negative thirty-two decibel-milliwatt sensitivity of a Class C Plus GPON receiver. Peak bandwidth demand reaches twenty-three point six zero megabits per second per agency, representing sixty-one percent of the guaranteed allocation of thirty-eight point eight eight megabits per second at a one-to-sixty-four splitter ratio. The proposed design is technically feasible and can be replicated in local governments with similar characteristics.

Keywords: GPON; government intra-network; *hierarchical network design*; PPDIOO; *power link budget*; SPBE



Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Transformasi digital pemerintahan di Indonesia dilaksanakan melalui Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) sebagaimana diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 95 Tahun 2018 (2018). Salah satu prasyarat teknis penyelenggaraan SPBE adalah tersedianya Jaringan Intra Pemerintah, yaitu jaringan komunikasi data tertutup yang menghubungkan instansi pemerintah secara aman dan terintegrasi sehingga pertukaran data antarinstansi tidak bergantung pada jaringan publik. Ketersediaan jaringan tersebut bukan sekadar kebutuhan operasional, melainkan komponen yang dinilai secara formal dalam evaluasi SPBE melalui indikator Layanan Jaringan Intra Instansi Pusat/Pemerintah Daerah, yang tata caranya diatur dalam Peraturan Menteri PANRB Nomor 3 Tahun 2024.

Indikator tersebut menuntut lebih dari sekadar keberadaan konektivitas. Tingkat kematangan tertinggi mensyaratkan pengoperasian jaringan intra secara menyeluruh, keterhubungan dengan jaringan intra instansi lain, serta adanya reviu dan tindak lanjut perbaikan yang terdokumentasi (Peraturan Menteri PANRB Nomor 3 Tahun 2024). Pemenuhan syarat tersebut mustahil dicapai apabila arsitektur jaringan belum dirancang secara terstruktur sejak awal.

Pemerintah Kabupaten Kupang menghadapi kondisi yang belum memenuhi prasyarat tersebut. Infrastruktur yang tersedia masih didominasi *Local Area Network* (LAN) yang berdiri sendiri pada masing-masing Organisasi Perangkat Daerah (OPD), tanpa *backbone* yang menghubungkan seluruh OPD dalam satu domain administrasi jaringan. Akibatnya, integrasi aplikasi dan pertukaran data antarperangkat daerah menumpang pada jaringan publik, dengan konsekuensi berupa peningkatan risiko keamanan informasi, ketidakseragaman kualitas layanan, dan keterbatasan kemampuan pemantauan terpusat. Kondisi serupa dilaporkan pada sejumlah pemerintah daerah lain, sehingga persoalan ini bersifat struktural dan bukan kekhususan satu daerah (Wiratno & Rosalia, 2025).

Sejumlah penelitian telah membahas infrastruktur jaringan pada lingkungan pemerintahan dari sudut pandang yang berbeda. Radja Pono dkk. (2025) mengevaluasi kualitas jaringan intra pemerintah yang telah terpasang menggunakan parameter *Quality of Service* dan mengusulkan redesain topologi, namun titik berangkatnya adalah jaringan yang sudah ada sehingga tidak mencakup perancangan infrastruktur akses optik dari awal. Ankhil

dkk. (2023) merancang infrastruktur teknologi informasi adaptif pada Dinas Komunikasi dan Informatika menggunakan metode PPDIOO, dengan fokus pada penataan layanan dan perangkat teknologi informasi alih-alih *backbone* transmisi antar-OPD. Hadi dkk. (2025) menerapkan PPDIOO untuk mengintegrasikan penyimpanan data dan keamanan jaringan pada satu kantor instansi, sehingga lingkupnya terbatas pada satu lokasi. Shafiyyah dkk. (2024) memanfaatkan kerangka yang sama untuk membangun kapabilitas deteksi dan respons serangan siber, yang menyasar lapisan keamanan dan mengandaikan infrastruktur fisik telah tersedia.

Pada ranah perancangan akses optik, Ibrahim dkk. (2024) menganalisis perencanaan pembangunan jaringan *fiber optik* pada lingkungan Pemerintah Kota Palembang, sedangkan Wiyana (2024) merancang jaringan *Fiber to the Home* untuk OPD ring pertama Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. Metode *power link budget* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada praktik perancangan jaringan akses optik yang telah mapan (Ibrahim & Nawaningtyas, 2025; Sastra dkk., 2024; Ulfah & Irtawaty, 2025), serta pada perhitungan kelayakan arah turun pada jaringan berbasis GPON (Noraga & Suharjo, 2025; Setiawan & Sulisty, 2021). Perbandingan posisi penelitian ini terhadap penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Terdahulu

Sumber	Fokus kajian	Lingkup rancangan	Verifikasi kuantitatif
Radja Pono dkk. (2025)	Evaluasi QoS jaringan intra terpasang	Redesain topologi jaringan yang sudah ada	Pengukuran QoS
Ankhal dkk. (2023)	Infrastruktur TI adaptif pada Diskominfo	Layanan dan perangkat TI, bukan backbone	Tidak ada
Hadi dkk. (2025)	Integrasi penyimpanan data dan keamanan jaringan	Satu kantor instansi	Tidak ada
Ibrahim dkk. (2024)	Perencanaan fiber optik pemerintah kota	Jalur fisik	Parsial
Wiyana (2024)	FTTH untuk OPD ring 1	Akses optik sebagian OPD	Link budget
Penelitian ini (2025)	Arsitektur jaringan intra pemerintah daerah menyeluruh	Topologi fisik, topologi logis, backbone GPON, dan zonasi keamanan	Link budget, analisis kapasitas, simulasi fungsional, dan validasi pakar

Berdasarkan Tabel 1, celah penelitian yang teridentifikasi adalah belum tersedianya rancangan arsitektur jaringan intra pemerintah daerah yang memadukan tiga lapisan perancangan sekaligus, yaitu topologi fisik berbasis akses optik, topologi logis berbasis segmentasi dan zonasi keamanan, serta verifikasi kelayakan teknis secara kuantitatif dalam satu kerangka kerja yang runtut.

Penelitian ini memberikan tiga kontribusi. Pertama, rancangan arsitektur Jaringan Intra Pemerintah Daerah Kabupaten Kupang yang mencakup topologi fisik, topologi logis, skema pengalamatan, dan zonasi keamanan dalam satu dokumen desain yang koheren. Kedua, verifikasi kelayakan rancangan melalui perhitungan *power link budget*, analisis kebutuhan kapasitas, simulasi fungsional, dan validasi pakar, sehingga rancangan tidak berhenti sebagai usulan konseptual. Ketiga, pemetaan eksplisit antara keputusan desain dan kriteria kematangan indikator layanan Jaringan Intra Pemerintah Daerah, sehingga rancangan dapat digunakan langsung sebagai bukti dukung evaluasi SPBE.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *design-oriented research* yang berorientasi pada penciptaan artefak berupa desain arsitektur jaringan. Perancangan mengadopsi kerangka kerja *Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, and Optimize* (PPDIOO) yang menempatkan pembangunan jaringan sebagai siklus hidup, bukan kegiatan sekali jalan (Ankhal dkk., 2023; Hadi dkk., 2025; Shafiyyah dkk., 2024). Sesuai tujuan penelitian, cakupan dibatasi pada tiga tahap awal, yaitu *Prepare, Plan*, dan *Design*, sedangkan tiga tahap berikutnya disusun sebagai rekomendasi. Pembatasan ini dipilih karena keluaran yang dibutuhkan Pemerintah Kabupaten Kupang pada tahap ini adalah dokumen acuan pembangunan, bukan sistem terpasang. Alur penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Objek penelitian ini adalah infrastruktur jaringan pada kawasan *Civic Center* di Oelamasi, Pemerintah Kabupaten Kupang, meliputi Dinas Komunikasi dan Informatika sebagai calon pusat pengelolaan jaringan dan OPD yang berada dalam radius layanan *backbone*. Lingkup penelitian mencakup analisis kondisi eksisting, perancangan topologi fisik dan logis, pemilihan teknologi *backbone*, serta verifikasi kelayakan teknis rancangan. Penelitian tidak mencakup pembangunan fisik jaringan maupun pengukuran kinerja pascaimplementasi.

Data dikumpulkan melalui empat teknik. Observasi lapangan dilakukan untuk menginventarisasi perangkat aktif, media transmisi, dan konfigurasi LAN pada setiap OPD. Wawancara semi-terstruktur dengan pengelola jaringan Dinas Komunikasi dan Informatika

digunakan untuk menggali permasalahan operasional, pola penggunaan layanan, dan rencana pengembangan. Studi dokumen mencakup regulasi SPBE, dokumen arsitektur SPBE instansi, dan data langganan layanan internet. Survei jalur dilakukan dengan pencatatan koordinat lokasi OPD dan calon titik perangkat pasif menggunakan *Google Earth Pro* untuk menghitung panjang jalur kabel.

Wawancara melibatkan tiga responden dari Dinas Komunikasi dan Informatika. Observasi lapangan berhasil menjangkau 36 dari 37 OPD dalam lingkup penelitian, atau tingkat cakupan sebesar 97%. Periode pengambilan data dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli 2025.

Rancangan diverifikasi melalui empat cara yang saling melengkapi. Pertama, analisis *power link budget* untuk menguji apakah *power* optik yang diterima perangkat pelanggan masih berada di atas ambang sensitivitas penerima. Kedua, analisis kebutuhan kapasitas untuk menguji kecukupan alokasi *bandwidth* terhadap proyeksi beban layanan. Ketiga, verifikasi fungsional melalui simulasi untuk menguji ketercapaian konektivitas antarsegmen dan keberlakuan kebijakan pembatasan akses. Keempat, validasi pakar untuk menilai kesesuaian rancangan dengan kebutuhan operasional dan regulasi.

Simulasi dilakukan menggunakan *Cisco Packet Tracer 8.2* untuk menguji konektivitas antar-VLAN dan keberlakuan *Access Control List (ACL)*. Skenario uji meliputi (1) konektivitas antarperangkat dalam satu VLAN, (2) konektivitas antar-VLAN melalui *inter-VLAN routing*, (3) isolasi VLAN-GUEST dari VLAN internal, (4) akses dari segmen manajemen ke seluruh perangkat aktif, dan (5) penolakan akses langsung dari zona DMZ menuju segmen internal. Validasi pakar dilakukan oleh tiga validator, terdiri atas dua akademisi bidang jaringan komputer dan satu praktisi dari Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Kupang. Instrumen penilaian menggunakan skala Likert 1–5 pada aspek kelengkapan desain, kesesuaian dengan regulasi, kemudahan implementasi, dan skalabilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tahap Prepare

Tahap *Prepare* menghasilkan kebutuhan jaringan tingkat tinggi yang diturunkan dari regulasi SPBE dan kebutuhan operasional perangkat daerah. Kebutuhan tersebut dirumuskan

menjadi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sebagaimana disajikan pada Tabel 2, dan selanjutnya menjadi kriteria penerimaan rancangan.

Tabel 2. Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional

Kode	Kebutuhan	Kriteria penerimaan
KF-01	Konektivitas seluruh OPD ke pusat data	Semua OPD terhubung melalui satu backbone
KF-02	Segmentasi layanan	Tiap kelompok layanan pada domain siar terpisah
KF-03	Akses internet terkendali	Melalui satu gerbang dengan penapisan
KF-04	Akses jarak jauh ASN	Segmen khusus terpisah dari segmen OPD
KF-05	Layanan tamu terisolasi	Tanpa jalur ke segmen internal
KF-06	Pemantauan terpusat	Seluruh perangkat aktif dapat dijangkau dari segmen manajemen
KNF-01	Ketersediaan layanan	Redundansi pada jalur internet
KNF-02	Kapasitas per OPD	Alokasi tidak kurang dari kebutuhan puncak
KNF-03	Skalabilitas	Penambahan OPD tanpa perubahan struktur backbone
KNF-04	Kelayakan optik	Margin power sistem lebih besar dari 3 dB

Hasil Tahap Plan

Tahap *Plan* menghasilkan gambaran kondisi eksisting dan estimasi kebutuhan teknis. Hasil inventarisasi memperlihatkan bahwa konektivitas antar-OPD belum terbentuk, pengelolaan perangkat dilakukan secara terdesentralisasi pada masing-masing OPD, dan tidak tersedia mekanisme pemantauan terpusat. Rekapitulasi kondisi eksisting disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Kondisi Jaringan Eksisting

Aspek	Kondisi eksisting
Jumlah OPD dalam lingkup	37 OPD
Media transmisi antar-OPD	Belum tersedia; bergantung pada langganan internet masing-masing
Kapasitas langganan per OPD	50 Mbps – 100 Mbps Internet Broadband
Perangkat aktif	Router, switch, dan access point dengan merek beragam (TP-Link, D-Link, Tenda)
Segmentasi jaringan	Tidak ada
Pengelolaan alamat IP	Terpisah dan tidak terdokumentasi
Pemantauan jaringan	Belum tersedia
Zonasi keamanan	Belum ada pemisahan zona publik dan internal

Estimasi kebutuhan kapasitas disusun berdasarkan profil layanan yang akan dijalankan pada jaringan intra, yaitu aplikasi SPBE berbasis web, komunikasi suara berbasis IP, konferensi video, serta pertukaran berkas dan arsip elektronik. Rincian estimasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Kebutuhan Kapasitas per OPD Pada Beban Puncak

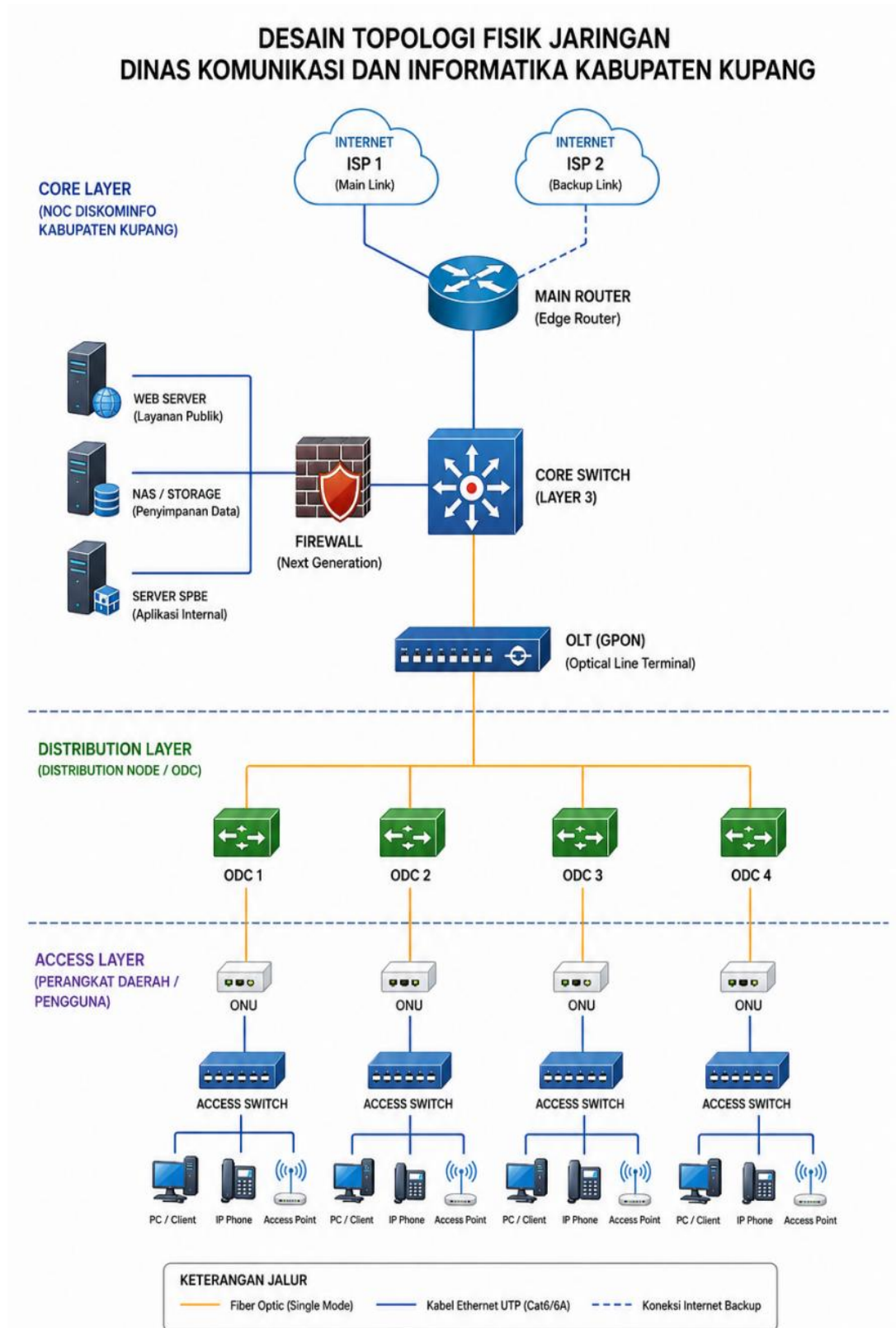
Jenis layanan	Satuan beban	Jumlah	Kebutuhan (Mbps)
Aplikasi SPBE berbasis web	0,50 Mbps/pengguna	20	10,00
Komunikasi suara (G.729)	0,031 Mbps/kanal	5	0,16
Konferensi video 720p	1,50 Mbps/sesi	2	3,00
Pertukaran berkas dan arsip	5,00 Mbps agregat	1	5,00
Subtotal			18,16
Cadangan pertumbuhan 30%			5,45
Total kebutuhan per OPD			23,60

Catatan: subtotal tanpa pembulatan adalah 18,155 Mbps sehingga cadangan 30% bernilai 5,4465 Mbps dan total menjadi 23,60 Mbps.

Asumsi 20 pengguna serentak per OPD diturunkan dari rasio rata-rata pegawai per OPD yang aktif menggunakan aplikasi SPBE pada jam kerja, yaitu sekitar 25% dari total pegawai per OPD, berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pengelola jaringan. Cadangan pertumbuhan 30% ditetapkan untuk mengantisipasi penambahan layanan SPBE selama masa pakai perangkat.

Rancangan Topologi Fisik

Rancangan pada tahap *Design* disusun mengikuti *Hierarchical Network Design* yang membagi infrastruktur menjadi *core layer*, *distribution layer*, dan *access layer* (Alfredo & Sulisty, 2023; Atmaja & Sulisty, 2021). Pemisahan fungsi antarlapisan dipilih karena menyederhanakan pemeliharaan, membatasi dampak gangguan pada satu segmen, dan memungkinkan penambahan *node* tanpa mengubah struktur inti. Topologi fisik yang diusulkan berbentuk *distributed star* dengan Dinas Komunikasi dan Informatika sebagai *Network Operations Center* (NOC) sekaligus pusat agregasi. Seluruh OPD terhubung ke NOC melalui *backbone* serat optik. Rancangan perangkat aktif ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan topologi fisik dan perangkat aktif

Pada *core layer*, dua tautan *Internet Service Provider* (ISP) dikonfigurasi sebagai jalur utama dan jalur cadangan untuk memenuhi KNF-01. Kedua tautan diterminasi pada *main router* yang berfungsi sebagai *edge router* dan gerbang penerjemahan alamat. Trafik selanjutnya diagregasi pada *core switch* Layer-3 yang menjadi titik pusat *inter-VLAN routing*. *Firewall next-generation* ditempatkan pada jalur menuju kelompok server sehingga akses dari jaringan publik menuju *web server*, *Network Attached Storage*, dan server aplikasi SPBE harus melewati inspeksi kebijakan.

Distribution layer diwujudkan melalui *Optical Line Terminal* (OLT) yang mendistribusikan kanal optik menuju empat *Optical Distribution Cabinet* (ODC). *Access layer* terdiri atas *Optical Network Unit* (ONU) pada tiap lokasi OPD yang diteruskan ke *access switch* untuk melayani komputer kerja, telepon IP, dan titik akses nirkabel. Pemilihan skema ini menghindari penarikan jalur *point-to-point* terpisah untuk setiap OPD, yang akan meningkatkan kebutuhan serat dan *port* OLT secara linier terhadap jumlah OPD.

Rancangan Topologi Logis dan Segmentasi

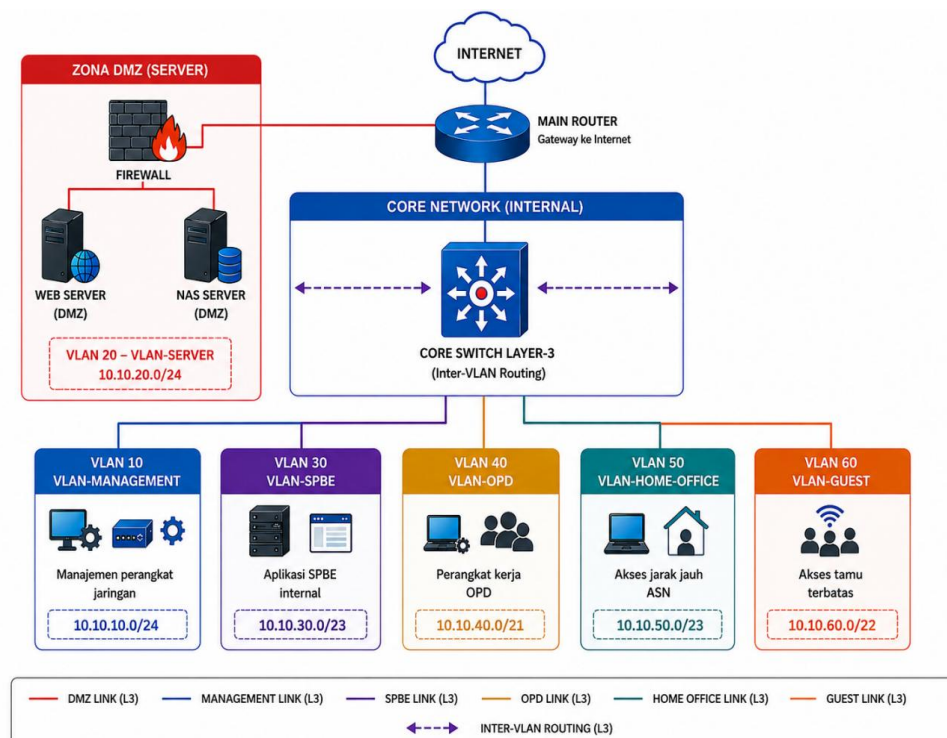
Segmentasi logis dilakukan menggunakan *Virtual Local Area Network* (VLAN) berdasarkan fungsi layanan, bukan berdasarkan lokasi fisik. Pilihan ini memungkinkan satu kebijakan keamanan diterapkan secara konsisten pada seluruh OPD tanpa bergantung pada posisi perangkat dalam jaringan akses (Yudanto & Rilvani, 2025). Skema segmentasi dan pengalamatan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Segmentasi VLAN dan Skema Pengalamatan IP

ID	Nama VLAN	Fungsi	Subnet	Kapasitas host	Oktet ketiga
10	VLAN-MANAGEMENT	Manajemen perangkat jaringan	10.10.10.0/24	254	10
20	VLAN-SERVER	Web server dan NAS pada zona DMZ	10.10.20.0/24	254	20
30	VLAN-SPBE	Aplikasi SPBE internal	10.10.30.0/23	510	30–31
40	VLAN-OPD	Perangkat kerja OPD	10.10.40.0/21	2.046	40–47
50	VLAN-HOME-OFFICE	Akses jarak jauh ASN	10.10.50.0/23	510	50–51
60	VLAN-GUEST	Akses tamu terbatas	10.10.60.0/22	1.022	60–63

Blok *IP address* privat 10.10.0.0/16 dipilih agar tersedia ruang alamat yang cukup besar untuk pertumbuhan, sekaligus memungkinkan pemetaan mnemonik antara nomor VLAN dan oktet ketiga alamat sehingga memudahkan penelusuran gangguan. Pada segmen dengan prefiks lebih lebar dari /24, mnemonik tersebut berlaku pada oktet ketiga awal blok. Panjang prefiks ditentukan berdasarkan proyeksi populasi perangkat pada tiap segmen: segmen manajemen dan server bersifat terbatas sehingga cukup menggunakan /24; segmen aplikasi SPBE dan akses jarak jauh menggunakan /23; sedangkan segmen perangkat kerja OPD dan tamu menggunakan /21 karena harus menampung sekurang-kurangnya 740 perangkat dari 37 OPD ditambah telepon IP dan titik akses nirkabel. Seluruh alamat jaringan telah diselaraskan dengan batas blok yang sah bagi masing-masing panjang prefiks. Blok 10.10.48.0/22, 10.10.52.0/22, dan 10.10.56.0/22 disisakan sebagai cadangan untuk penambahan segmen di masa mendatang.

Segmen VLAN-OPD dapat dipecah lebih lanjut menjadi empat sub-segmen per klaster ODC apabila hasil pemantauan menunjukkan volume lalu lintas siaran yang mengganggu, tanpa mengubah kebijakan keamanan maupun struktur *backbone* yang telah ditetapkan. Rancangan topologi logis beserta pembagian zona keamanan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan topologi logis dan zonasi keamanan

Gambar 3 memperlihatkan pembagian jaringan menjadi tiga zona. Zona DMZ memuat layanan yang harus dapat diakses dari luar dan ditempatkan di belakang *firewall* sehingga trafik masuk tidak pernah menyentuh segmen internal secara langsung. Zona internal memuat perangkat inti serta segmen manajemen dan aplikasi SPBE. Zona akses OPD mendistribusikan konektivitas melalui OLT dan ONU. Komunikasi antarzona hanya dimungkinkan melalui *core switch* Layer-3, sehingga seluruh trafik antarsegmen dapat dikenai daftar kendali akses pada satu titik penegakan kebijakan. Rancangan ini memenuhi KF-02 hingga KF-06 dan menerapkan prinsip pertahanan berlapis, karena kompromi pada satu segmen tidak serta-merta memberikan akses ke segmen lain (Alfredo & Sulisty, 2023).

Rancangan Backbone FTTX Berbasis GPON

Backbone dirancang menggunakan konfigurasi *Fiber to the X* berbasis *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) dengan topologi *point-to-multipoint*. GPON dipilih karena pemecahan sinyal dilakukan oleh komponen pasif yang tidak memerlukan catu daya di lapangan, sehingga menekan biaya operasional dan menyederhanakan pemeliharaan dibandingkan penggunaan perangkat aktif pada tiap titik distribusi (Noraga & Suharjo, 2025; Sastra dkk., 2024). Rencana sebaran jalur ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rencana jalur backbone dan sebaran perangkat pasif

Jalur distribusi dibagi menjadi empat kluster yang masing-masing dilayani satu ODC dan diteruskan ke sejumlah *Optical Distribution Point* (ODP). Pembagian kluster mengikuti pengelompokan geografis gedung perkantoran sehingga panjang jalur distribusi dapat ditekan dan pemulihan gangguan dapat dilokalisasi pada satu kluster. Konfigurasi *splitter ratio* yang digunakan adalah dua tingkat, yaitu 1:8 pada ODC dan 1:8 pada ODP, sehingga menghasilkan *splitter ratio* total 1:64 pada setiap *port* PON. Rincian jumlah ODP dan cakupan OPD per kluster yaitu ODC1 melayani 8 ODP untuk 9 OPD di kawasan selatan dengan panjang jalur 2,1 km; ODC2 melayani 8 ODP untuk 15 OPD di kawasan timur dengan panjang jalur 2,8 km; ODC3 melayani 8 ODP untuk 6 OPD di kawasan barat dengan panjang jalur 1,7 km; dan ODC4 melayani 8 ODP untuk 7 OPD di kawasan pusat dengan panjang jalur 1,2 km. Karena *splitter ratio* tingkat pertama ditempatkan pada masing-masing ODC, setiap ODC menempati satu *port* PON tersendiri sehingga OLT memerlukan sekurang-kurangnya empat *port* PON.

Verifikasi Kelayakan Optik

Kelayakan rancangan optik diuji menggunakan analisis *power link budget*. *Power* optik yang diterima pada sisi pelanggan dihitung dengan Persamaan 1.

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{total} \quad (1)$$

Total redaman jalur dihitung dengan Persamaan 2, yang menjumlahkan redaman serat, konektor, sambungan, *splitter ratio*, dan margin perancangan.

$$\alpha_{total} = (\alpha_f \times L) + (N_c \times \alpha_c) + (N_s \times \alpha_s) + \Sigma \alpha_{sp} + M \quad (2)$$

Dengan α_f adalah koefisien redaman serat, L panjang jalur, N_c jumlah konektor, α_c redaman per konektor, N_s jumlah sambungan, α_s redaman per sambungan, α_{sp} redaman tiap tingkat *splitter ratio*, dan M margin perancangan. Margin sistem terhadap sensitivitas penerima dihitung dengan Persamaan 3.

$$M_{sistem} = P_{rx} - S_{rx} \quad (3)$$

Perhitungan dilakukan pada jalur terjauh sebagai kondisi terburuk, menggunakan parameter perangkat GPON kelas C+ sesuai ITU-T G.984.2 (International Telecommunication Union [ITU], 2019). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Power Link Budget Jalur Terjauh

Parameter	Nilai	Redaman (dB)
Transmit power OLT (kelas C+, maksimum)	+7,00 dBm	–
Redaman serat G.652D	0,35 dB/km $\times$ 3,00 km	1,05
Splitter ratio tingkat 1 (1:8)	10,50 dB	10,50
Splitter ratio tingkat 2 (1:8)	10,50 dB	10,50
Konektor	6 $\times$ 0,25 dB	1,50
Sambungan lebur	8 $\times$ 0,10 dB	0,80
Redaman ODN (tanpa margin perancangan)		24,35
Margin perancangan	–	3,00
Total redaman (α total)		27,35
Receive power ONU (power rx maksimum)	–20,35 dBm	
Receive power ONU (power rx minimum +3,00 dBm)	–24,35 dBm	
Sensitivitas penerima kelas C+	–32,00 dBm	
Margin sistem (kondisi maksimum)	11,65 dB	
Margin sistem (kondisi minimum)	7,65 dB	

Receive power sebesar –20,35 dBm berada jauh di atas ambang sensitivitas penerima kelas C+ sebesar –32,00 dBm, dengan margin sistem 11,65 dB, sehingga rancangan memenuhi KNF-04. Nilai tersebut juga berada di antara ambang *overload* (–12,00 dBm) dan ambang sensitivitas, sehingga tidak berisiko mengalami saturasi pada sisi penerima. Pengujian pada kondisi *transmit power* minimum kelas C+ sebesar +3,00 dBm menghasilkan *receive power* –24,35 dBm dengan margin sistem 7,65 dB, yang tetap memenuhi kriteria kelayakan. Perlu ditegaskan bahwa margin perancangan sebesar 3,00 dB telah diperhitungkan di dalam α_{total} , sehingga margin sistem yang dilaporkan merupakan cadangan tambahan di luar margin tersebut. Ketersediaan margin ini memberikan toleransi terhadap penuaan komponen, penambahan sambungan akibat perbaikan, dan perpanjangan jalur pada pengembangan berikutnya.

Redaman ODN sebesar 24,35 dB berada dalam rentang anggaran *power* kelas C+ menurut ITU-T G.984.2, yaitu 17 dB hingga 32 dB (ITU, 2019). Pemilihan perangkat kelas C+ merupakan keputusan desain yang mengikat, bukan sekadar preferensi. Pada konfigurasi *splitter ratio* dua tingkat 1:8 $\times$ 1:8, penggunaan perangkat kelas B+ dengan *transmit power* minimum +1,50 dBm hanya menghasilkan margin sistem 2,15 dB terhadap sensitivitas –28,00 dBm, sehingga tidak memenuhi KNF-04. *Splitter ratio* 1:64 pada rancangan ini

karenanya mensyaratkan anggaran *power* kelas C+.

Panjang jalur terjauh 3,00 km yang digunakan pada perhitungan merupakan hasil survei koordinat menggunakan *Google Earth Pro* dan pengukuran jarak antarlokasi OPD. OPD terjauh terletak pada jarak 2,98 km dari OLT yang ditempatkan di Dinas Komunikasi dan Informatika, sehingga dibulatkan menjadi 3,00 km untuk perhitungan konservatif. Nilai ini lebih besar daripada panjang jalur distribusi terpanjang antarklaster, yaitu 2,80 km pada ODC2, karena telah mencakup segmen kabel *drop core* dari ODP menuju ONU pada lokasi OPD.

Verifikasi Kapasitas dan Skalabilitas

Kapasitas yang tersedia bagi tiap ONU pada arsitektur GPON dihitung dengan Persamaan 4, yaitu pembagian kapasitas arah turun terhadap *splitter ratio*.

$$B_{ONU} = B_{PON} / N_{split} \quad (4)$$

Dengan kapasitas arah turun GPON sebesar 2.488 Mbps dan *splitter ratio* 1:64, alokasi terjamin bagi tiap ONU adalah 38,88 Mbps (ITU, 2019). Dibandingkan kebutuhan puncak per OPD sebesar 23,60 Mbps pada Tabel 4, tingkat utilisasi hanya mencapai 61%. Selisih tersebut merupakan ruang pertumbuhan yang tersedia tanpa perubahan perangkat, sehingga KNF-02 terpenuhi. Apabila kapasitas muatan efektif setelah penyisihan *overhead* GEM dan FEC diambil secara konservatif sebesar 2.400 Mbps, alokasi terjamin per ONU menjadi 37,50 Mbps dan tingkat utilisasi naik menjadi 63%, yang tetap menyediakan ruang pertumbuhan memadai.

Alokasi 38,88 Mbps per ONU merupakan jaminan minimum pada kondisi *port* PON terisi penuh 64 ONU. Pada kondisi aktual, klaster terpadat hanya melayani 15 ONU sehingga alokasi efektif per ONU melalui mekanisme *Dynamic Bandwidth Allocation* jauh lebih besar. Beban puncak tiap *port* PON dihitung sebagai perkalian kebutuhan puncak per OPD dengan jumlah OPD yang dilayani klaster bersangkutan, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Beban Puncak dan Utilisasi Tiap Port PON Per Klaster

Klaster	Jumlah OPD	Beban puncak (Mbps)	Kapasitas port PON (Mbps)	Utilisasi
ODC1	9	212,40	2.488	8,5%
ODC2	15	354,00	2.488	14,2%
ODC3	6	141,60	2.488	5,7%
ODC4	7	165,20	2.488	6,6%
Total	37	873,20	9.952	8,8%

Lalu lintas yang menuju internet hanya merupakan bagian dari kebutuhan agregat, karena aplikasi SPBE, *Network Attached Storage*, dan pertukaran berkas ditempatkan pada pusat data internal sehingga trafiknya tidak melintasi gerbang internet. Dengan asumsi konservatif bahwa 30% dari kebutuhan agregat 873,20 Mbps berorientasi keluar, kebutuhan kapasitas internet berada pada kisaran 262 Mbps. Mempertimbangkan pembulatan ke tingkat langganan yang lazim tersedia serta cadangan lonjakan, kapasitas yang direkomendasikan adalah 300 Mbps *Internet Dedicated* pada setiap tautan ISP. Kedua tautan dikonfigurasi sebagai jalur utama dan jalur cadangan, sehingga masing-masing harus mampu memikul seluruh beban pada kondisi gagal-alih; kapasitas layanan yang tersedia tetap 300 Mbps dan tidak dijumlahkan menjadi 600 Mbps. Proporsi 30% merupakan asumsi perencanaan yang perlu dikalibrasi ulang melalui pengukuran trafik setelah tahap *Implement*.

Dari sisi skalabilitas, penambahan OPD baru dilakukan dengan menambah ODP pada klaster terdekat atau menambah *port* PON pada OLT, tanpa mengubah topologi inti maupun skema pengalamatan yang telah ditetapkan. Kapasitas terpasang sebesar empat *port* PON menyediakan 256 posisi ONU, sementara kebutuhan saat ini hanya 37 posisi. Hal ini memenuhi KNF-03 dan membedakan rancangan ini dari pendekatan *point-to-point*, yang mensyaratkan penambahan serat dan *port* secara linier terhadap jumlah lokasi.

Verifikasi Fungsional dan Validasi Pakar

Verifikasi fungsional dilakukan untuk menguji ketercapaian konektivitas antarsegmen serta keberlakuan kebijakan pembatasan akses, khususnya isolasi VLAN-GUEST terhadap segmen internal dan keterjangkauan seluruh perangkat aktif dari segmen manajemen. Hasil pengujian tiap skenario disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Tiap Skenario

Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Hasil pengamatan	Status
Konektivitas antarperangkat dalam satu VLAN	Seluruh perangkat dalam VLAN sama dapat saling terhubung	Terhubung seluruhnya	Lulus
Konektivitas antar-VLAN	Perangkat dapat terhubung lintas VLAN sesuai kebijakan	Terhubung melalui core switch Layer-3	Lulus
Isolasi VLAN-GUEST	Perangkat tamu tidak dapat mengakses segmen internal	Tidak dapat mengakses alamat IP internal	Lulus
Akses dari segmen manajemen	Seluruh perangkat aktif dapat dijangkau	Semua perangkat dapat di-ping dan diakses melalui SSH/SNMP	Lulus
Akses dari DMZ ke internal	Tidak ada akses langsung ke segmen internal tanpa melewati firewall	Terblokir oleh ACL pada core switch	Lulus

Validasi pakar dilakukan untuk menilai kesesuaian rancangan terhadap kebutuhan operasional dan regulasi. Ringkasan penilaian validator: aspek kelengkapan desain memperoleh skor rata-rata 4,67, kesesuaian dengan regulasi 4,33, kemudahan implementasi 4,00, dan skalabilitas 4,67, dengan rata-rata keseluruhan 4,42 pada skala 1–5. Catatan perbaikan dari validator meliputi perlunya penambahan dokumentasi prosedur operasional standar dan rekomendasi perangkat keras spesifik untuk tahap implementasi.

Kesesuaian dengan Indikator SPBE

Rancangan ini diarahkan untuk mendukung pemenuhan indikator Layanan Jaringan Intra Pemerintah Daerah dalam evaluasi SPBE (Peraturan Menteri PANRB Nomor 3 Tahun 2024, 2024). Pemetaan antara tingkat kematangan indikator, keputusan desain yang relevan, dan bukti dukung yang dapat dihasilkan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pemetaan Keputusan Desain Terhadap Kriteria Kematangan Indikator Layanan Jaringan Intra Pemerintah Daerah

Tingkat	Kriteria kematangan	Keputusan desain pendukung	Bukti dukung yang dihasilkan
2–3	Jaringan intra diterapkan di seluruh perangkat daerah	Backbone GPON distributed star yang menjangkau 37 OPD dari NOC Diskominfo	Dokumen topologi fisik dan peta jalur backbone
3	Pengaturan interkoneksi dan akses antarsegmen	Segmentasi enam VLAN, inter-VLAN routing terpusat, dan zonasi DMZ–internal–akses OPD	Dokumen topologi logis, skema pengalamatan, dan daftar kendali akses
4	Keterhubungan dengan jaringan intra instansi lain	Main router pada core layer sebagai titik interkoneksi tanpa	Rancangan konfigurasi edge router

Tingkat	Kriteria kematangan	Keputusan desain pendukung	Bukti dukung yang dihasilkan
4-5	Reviu dan evaluasi pengoperasian yang terdokumentasi serta tindak lanjutnya	perubahan struktur Segmen VLAN-MANAGEMENT terpisah yang menjangkau seluruh perangkat aktif	Keluaran sistem pemantauan terpusat sebagai bahan reviu berkala

Pembahasan

Dibandingkan penelitian terdahulu, rancangan ini memperluas cakupan pada beberapa hal. Terhadap penelitian yang berangkat dari jaringan intra yang sudah terpasang dan berfokus pada evaluasi kualitas layanan (Radja Pono dkk., 2025), penelitian ini menghasilkan artefak rancangan untuk daerah yang belum memiliki *backbone* sama sekali, sehingga dapat langsung dijadikan acuan pengadaan. Terhadap penelitian yang berfokus pada penataan layanan teknologi informasi di lingkungan Diskominfo (Ankhal dkk., 2023) atau pada sebagian OPD saja (Wiyana, 2024), penelitian ini mencakup keseluruhan rantai dari *core layer* hingga perangkat pengguna, sekaligus menyertakan rancangan logis dan zonasi keamanan yang umumnya tidak dibahas pada penelitian perancangan akses optik.

Pemilihan GPON dibandingkan alternatif seperti *Metro Ethernet* berbasis *point-to-point* didasarkan pada karakteristik sebaran OPD yang terkonsentrasi pada satu kawasan perkantoran. Pada pola sebaran demikian, keunggulan efisiensi serat dan perangkat pasif GPON menjadi dominan, sementara keterbatasannya berupa berbagi kapasitas antar-ONU tidak menjadi kendala karena tingkat utilisasi yang terhitung masih rendah, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7. Pada pemerintah daerah dengan sebaran OPD yang jauh lebih terpecah, kesimpulan pemilihan teknologi ini dapat berbeda dan perlu dihitung ulang.

Terhadap pendekatan yang menekankan lapisan keamanan dan kendali terprogram (Shafiyah dkk., 2024; Yudanto & Rilvani, 2025), rancangan ini bersifat komplementer, bukan bersaing. Lapisan kendali dan sistem deteksi ancaman membutuhkan infrastruktur fisik serta segmentasi yang tertata sebagai prasyarat, sehingga arsitektur yang dihasilkan dapat menjadi landasan bagi penerapan *Software-Defined Networking* dan *Network Access Control* pada tahap pengembangan berikutnya.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki empat keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil. Pertama, verifikasi bersifat analitis dan simulatif, sehingga nilai *receive power* dan kapasitas yang dilaporkan merupakan hasil perhitungan berdasarkan spesifikasi standar, bukan hasil pengukuran pada jaringan terpasang. Kedua, estimasi kebutuhan kapasitas didasarkan pada asumsi pola penggunaan layanan yang dapat berubah seiring bertambahnya aplikasi SPBE, termasuk asumsi proporsi trafik yang berorientasi ke internet. Ketiga, lingkup perancangan terbatas pada OPD dalam kawasan *Civic Center* di Oelamasi, sehingga OPD di luar kawasan tersebut memerlukan kajian jalur tersendiri.

Keempat, topologi *distributed star* yang diusulkan belum memiliki redundansi pada jalur *backbone*. Redundansi yang dirancang pada tahap ini terbatas pada tautan internet (KNF-01), sehingga kegagalan pada satu ODC akan memutus konektivitas seluruh OPD dalam kluster tersebut. Verifikasi terhadap KNF-01 juga belum mencakup pengujian gagal-alih antartautan ISP, yang direkomendasikan untuk dilakukan pada tahap *Implement*. Selain itu, validasi pakar hanya melibatkan tiga validator sehingga daya generalisasinya terbatas dan tidak dilengkapi uji kesepakatan antarpenilai.

Rekomendasi untuk Penelitian Lanjutan

Penelitian lanjutan disarankan melaksanakan tahap *Implement*, *Operate*, dan *Optimize* secara bertahap disertai pengukuran kualitas layanan menggunakan parameter *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* pada jaringan terpasang, guna menguji kesesuaian antara hasil perhitungan analitis dan kinerja nyata, sebagaimana dilakukan pada evaluasi jaringan intra pemerintah daerah lain (Radja Pono dkk., 2025). Pengukuran tersebut sekaligus berfungsi mengkalibrasi ulang asumsi proporsi trafik keluar yang digunakan dalam penentuan kapasitas langganan internet.

Pengembangan lanjutan juga dapat diarahkan pada empat hal. Pertama, perancangan redundansi *backbone*, misalnya melalui topologi cincin pada tingkat ODC, untuk menutup keterbatasan ketersediaan jalur distribusi. Kedua, pengujian gagal-alih antartautan ISP untuk memverifikasi KNF-01 secara empiris. Ketiga, penerapan *Network Access Control* dan lapisan kendali berbasis *Software-Defined Networking* di atas arsitektur yang telah dirancang.

Keempat, replikasi rancangan pada pemerintah daerah dengan sebaran OPD yang lebih terpenjar, disertai perhitungan ulang pemilihan teknologi *backbone* dan validasi pakar dengan jumlah penilai yang lebih besar serta uji kesepakatan antarpemilai.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan desain arsitektur infrastruktur Jaringan Intra Pemerintah Daerah Kabupaten Kupang menggunakan kerangka kerja PPDIOO yang dibatasi pada tahap *Prepare*, *Plan*, dan *Design*. Rancangan menerapkan *Hierarchical Network Design* tiga lapis dengan *backbone Fiber to the X* berbasis GPON, Dinas Komunikasi dan Informatika sebagai *Network Operations Center*, empat kluster distribusi berbasis ODC pada empat *port* PON, segmentasi enam VLAN dengan *inter-VLAN routing* pada *core switch* Layer-3, serta pemisahan zona DMZ, internal, dan akses OPD.

Verifikasi kelayakan optik pada jalur terjauh sepanjang 3,00 km menghasilkan total redaman 27,35 dB dan *receive power* -20,35 dBm, dengan margin sistem 11,65 dB terhadap sensitivitas penerima kelas C+ sebesar -32,00 dBm. Pada kondisi *transmit power* minimum kelas C+, margin sistem tetap terjaga pada 7,65 dB. Verifikasi kapasitas menunjukkan kebutuhan puncak 23,60 Mbps per OPD terhadap alokasi terjamin 38,88 Mbps pada *splitter ratio* 1:64, atau tingkat utilisasi 61%, dengan utilisasi tertinggi pada tingkat *port* PON hanya sebesar 14,2%. Verifikasi fungsional melalui lima skenario simulasi seluruhnya dinyatakan lulus, dan validasi pakar memperoleh rata-rata 4,42 pada skala 1–5. Keseluruhan hasil tersebut menunjukkan bahwa rancangan layak diimplementasikan dan menyediakan ruang pertumbuhan yang memadai bagi Pemerintah Kabupaten Kupang.

Saran dan Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Politeknik Negeri Kupang melalui Skema Penelitian Rutin tahun anggaran 2025 dengan Nomor Kontrak 259/PL23.PPK.2/PL/2025. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Kupang, khususnya Dinas Komunikasi dan Informatika, atas izin dan dukungan data yang diberikan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para validator yang telah memberikan masukan berharga bagi

penyempurnaan rancangan ini.

REFERENSI

- Alfredo, M. J., & Sulisty, W. (2023). Perancangan sistem keamanan jaringan berbasis *Hierarchical Network Design*. *IT-Explore: Jurnal Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2(1), 48–62. <https://doi.org/10.24246/itexplore.v2i1.2023.pp48-62>
- Ankhal, R. B., Saedudin, R. R., & Fathinuddin, M. (2023). Perancangan infrastruktur teknologi informasi adaptif pada Diskominfo Kabupaten Padang Pariaman dengan metode PPDIOO. *eProceedings of Engineering*, 10(3).
- Atmaja, G. S., & Sulisty, W. (2021). Pemodelan *Hierarchical Network Design* pada Instalasi Rawat Jalan Rumah Sakit Umum Daerah Cibinong. *Infotech Journal*, 2(1).
- Hadi, A., Herkules, H., & Maryamah, S. (2025). Integrasi penyimpanan data dan keamanan jaringan Kantor Kemenag menggunakan metode PPDIOO. *Jurnal Saintekom: Sains, Teknologi, Komputer dan Manajemen*, 15(2), 208–221.
- Ibrahim, M., Suryayusra, & Wijaya, A. (2024). Analisis perencanaan pembangunan jaringan fiber optik pada Pemerintahan Kota Palembang. *Sci-Tech Journal*, 3(1), 74–82.
- Ibrahim, M. Y., & Nawaningtyas, N. (2025). Evaluasi kinerja jaringan FTTH berbasis ODC dan GPON berdasarkan *power link budget* di RT 015 Tanjung Duren Utara. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*.
- International Telecommunication Union. (2019). *ITU-T Recommendation G.984.2: Gigabit-capable passive optical networks (GPON) — Physical media dependent (PMD) layer specification* (dengan Amendment 1 dan Amendment 2). ITU-T.
- Noraga, B., & Suharjo, I. (2025). Perancangan jaringan RT/RW Net berbasis teknologi *Fiber to the Home* (FTTH). *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 12(1), 76–89.
- Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 3 Tahun 2024 tentang Tata Cara Pemantauan dan Evaluasi Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik. (2024). Kementerian PANRB.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik. (2018). Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Radja Pono, V. G. L., Laleb, I. O., & Neno, D. E. (2025). Implementasi *Quality of Service* (QoS) pada jaringan intra pemerintah: Studi kasus pada Pemerintah Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 4(1), 97–103. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4ii.789>
- Sastra, B., Djuni, I. D., & Wirastuti, N. M. A. E. D. (2024). Perancangan dan implementasi jaringan FTTH GPON di Cluster Marga. *Jurnal Spektrum*, 11(1).
- Setiawan, A., & Sulisty, W. (2021). Analisis jaringan *Fiber to the Home* berbasis teknologi *Gigabit Passive Optical Network* dan penghitungan *downstream* untuk menentukan standar kelayakan jaringan. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 8(4), 2112–2123.

- Shafiyah, A., Nama, G. F., & Pradipta, R. A. (2024). Implementasi Wazuh menggunakan metode PPDIOO di sistem keamanan jaringan PSDKU Universitas Lampung Waykanan sebagai deteksi dan respons serangan siber. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2).
- Ulfah, M., & Irtawaty, S. (2025). Analisa *link budget* dan *rise time budget* pada alternatif desain perancangan jaringan *Fiber to the Home* (FTTH). *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, 10(2), 45–49. <https://doi.org/10.33772/jfe.v10i2.1028>
- Wiratno, M. H., & Rosalia, F. (2025). Analisis tingkat kematangan penerapan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik terhadap pelayanan publik di Kota Metro. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 12(1), 438–445. <https://doi.org/10.31604/jips.v12i1.2025.438-445>
- Wiyana, I. S. (2024). Perancangan jaringan FTTH pada OPD ring 1 Pemerintah Kabupaten Gunungkidul. *Journal of Scienteck Research and Development*, 6(1).
- Yudanto, F. A., & Rilvani, E. (2025). Evaluasi segmentasi VLAN dalam optimalisasi kinerja dan keamanan pada jaringan LAN di Universitas Pelita Bangsa. *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO – Ilmu Komputer & Informatika*, 8(1), 38–47.