

Internet Murah untuk Desa: Strategi Cost-Based Deployment

Onno W. Purbo
onno@indo.net.id
onno@itts.ac.id
twitter onnowpurbo

**Institut Teknologi Tangerang Selatan
OnnoCenter
2025**

Lisensi



Karya ini dilisensikan di bawah lisensi **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)**.

Artinya, **siapapun bebas untuk menggunakan, menyalin, membagikan, dan mengadaptasi materi ini, dengan syarat:**

- **Memberikan atribusi yang sesuai** (menyebut sumber asli),
- **Menyertakan lisensi yang sama** jika dimodifikasi atau dikembangkan lebih lanjut.

Lihat detail lisensi di sini <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode.id>

Disclaimer

Buku “**Internet Murah untuk Desa: Strategi Cost-Based Deployment**” disusun semata-mata untuk tujuan edukasi dan inspirasi. Segala informasi dan strategi yang dipaparkan tidak dimaksudkan sebagai rekomendasi teknis atau keputusan investasi yang bersifat final. Penulis tidak bertanggung jawab atas segala risiko yang timbul dari penerapan isi buku ini, dan pandangan yang tertuang merupakan opini pribadi, bukan mewakili institusi manapun.

Daftar Isi

Lisensi.....	2
Disclaimer.....	2
Daftar Isi.....	3
Kata Pengantar.....	9
Executive Summary.....	10
BAB 1: Pendahuluan.....	11
Latar Belakang Digital Divide di Wilayah Rural.....	11
Bukti dari nPerf: Kesenjangan Kinerja Internet.....	11
Implikasi Cost-Based Deployment.....	12
Penutup: Rekomendasi Aksi Praktis.....	13
Urgensi Akses Internet untuk Pembangunan.....	14
Pendidikan: Jarak Jauh dan Perpustakaan Digital.....	14
Ekonomi Digital: Toko Online dan UMKM.....	14
Pemerintahan: Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE).....	15
Refleksi Kritis.....	15
Tujuan dan Ruang Lingkup Buku.....	16
Ruang Lingkup Buku.....	16
Refleksi Kritis.....	17
Kerangka Cost-Based Deployment.....	18
Ilustrasi Perhitungan Sederhana.....	18
Tabel Ringkas: Pilar Cost-Based Deployment.....	18
Refleksi Kritis.....	19
BAB 2: Konsep Dasar dan Model Pembiayaan.....	20
Definisi Cost-Based Deployment.....	20
Prinsip Utama.....	20
Contoh Perhitungan Sederhana.....	20
Tabel Ilustrasi Perbandingan Biaya.....	21
Analisis Kritis.....	21
Estimasi Kisaran Biaya Teknologi Internet Rural (Indonesia).....	21
Analisis Kritis.....	22
Ilustrasi Perhitungan Biaya Total per Desa.....	22
Kesimpulan.....	23
Biaya Improvised Fiber dengan Drop Wire.....	24
Komponen biaya.....	24
Rumus cepat.....	24
Contoh perhitungan.....	24
Tips teknis pakai pohon sebagai “tiang”.....	25
Biaya jaringan Improvised Wireless Desa.....	26
Arsitektur ringkas.....	26
Komponen biaya (CAPEX).....	26
Perangkat jaringan & kelistrikan di site.....	27
Biaya operasional (OPEX) bulanan.....	27

Rumus cepat.....	27
Contoh skenario angka.....	27
Skenario A — Paket Hemat (MikroTik), 2 sektor, 50 pelanggan.....	27
Skenario B — Paket Standar (UBNT campur MikroTik), 3 sektor, 80 pelanggan.....	28
Tips teknis & efisiensi (penting di desa).....	29
Komponen Biaya Utama (CAPEX & OPEX).....	30
CAPEX (sekali bayar).....	30
Infrastruktur Inti (Site/Pusat).....	30
Backhaul (Penghubung ke internet).....	30
Distribusi Lokal (di Desa).....	30
Perangkat Pelanggan (CPE).....	30
Pekerjaan & Soft Cost.....	30
Rule of thumb pembagian CAPEX.....	31
OPEX (berulang per bulan).....	31
Konektivitas & Lokasi.....	31
Energi & Lingkungan.....	31
Operasional & Pemeliharaan.....	31
Layanan Pelanggan.....	31
OPEX fixed vs variable.....	31
Metrik kunci (supaya cepat dihitung).....	31
Checklist praktis sebelum belanja.....	32
Model Pembiayaan: Subsidi, Publik-Privat, dan Mandiri.....	33
Model Subsidi Pemerintah.....	33
Model Publik-Privat (PPP).....	33
Model Mandiri/Komunitas.....	34
Perbandingan Singkat.....	34
Benchmarking Biaya di Berbagai Negara.....	35
Ringkasan kilat.....	35
Benchmark biaya pembangunan (CapEx).....	35
Benchmark harga langganan (Opex level konsumen).....	36
Implikasi ke model pembiayaan.....	37
Tips menyusun RAB cepat (rule-of-thumb).....	37
Catatan penting perbandingan.....	37
BAB 3: Klasifikasi Wilayah Rural.....	38
Tipologi Wilayah Rural (Geografis, Demografis, Ekonomi).....	38
Dimensi Geografis.....	38
Dimensi Demografis.....	38
Dimensi Ekonomi.....	39
Kesimpulan Kritis.....	39
Tantangan Infrastruktur dan Topografi.....	40
Hambatan Geografis dan Aksesibilitas.....	40
Tantangan Energi dan Ketersediaan Listrik.....	40
Fragmentasi Wilayah dan Skala Ekonomi.....	40
Ringkasan Tantangan Infrastruktur & Topografi.....	41

Kesimpulan Kritis.....	41
Analisis Kebutuhan Bandwidth & Demand Forecasting.....	42
Dinamika Kebutuhan Bandwidth.....	42
Tantangan Demand Forecasting.....	42
Model Perhitungan Forecasting Sederhana.....	43
Ringkasan Faktor Penentu Demand.....	43
Kesimpulan Kritis.....	43
BAB 4: Strategi Teknologi Berdasarkan Biaya.....	44
Fiber Optic: Biaya Tinggi, Kualitas Tinggi.....	44
Komponen Biaya Utama.....	44
Contoh Perhitungan Sederhana.....	44
Tabel Ringkas: Fiber Optic.....	45
Refleksi Kritis.....	45
Fixed Wireless Access: Biaya Sedang, Fleksibilitas Tinggi.....	46
Komponen Biaya Utama.....	46
Contoh Perhitungan Sederhana.....	46
Tabel Ringkas: Fixed Wireless Access dengan UBNT/Mikrotik.....	47
Refleksi Kritis.....	47
Satelit (LEO/MEO/GEO): Biaya Variatif, Cakupan Luas.....	48
Komponen Biaya Utama.....	48
Contoh Perhitungan Sederhana.....	48
Tabel Ringkas: Satelit (LEO/MEO/GEO).....	49
Refleksi Kritis.....	49
Hybrid Approach (Fiber + Wireless + Satelit).....	50
Prinsip Dasar Hybrid Approach.....	50
Contoh Perhitungan Sederhana.....	50
Tabel Ringkas: Hybrid Approach.....	51
Refleksi Kritis.....	51
BAB 5: Strategi Internet OFFLINE.....	52
Arsitektur dan Komponen Sistem.....	52
Teknologi yang Digunakan.....	52
Benchmarking Performa Sistem.....	52
Strategi Penerapan di Sekolah Rural.....	53
Kesimpulan dan Rekomendasi.....	53
Ringkasan.....	53
BAB 6: Analisis Biaya dan Skema Deployment.....	54
Metodologi Costing (Bottom-up vs Top-down).....	54
Bottom-up Costing.....	54
Top-down Costing.....	54
Tabel Perbandingan.....	55
Refleksi.....	55
Perhitungan Biaya Per Pengguna.....	56
Contoh Perhitungan Sederhana.....	56
Perbandingan Antar Teknologi.....	57

Refleksi Praktis.....	57
Model Bisnis Berbasis Biaya.....	58
Karakteristik Utama.....	58
Kelebihan.....	58
Kelemahan.....	58
Contoh Penerapan.....	58
Studi Kasus Perhitungan di Wilayah Rural.....	59
Komponen Biaya Utama.....	59
Perhitungan Biaya Per Pengguna.....	59
Interpretasi Praktis.....	60
BAB 7: Strategi Optimasi Biaya.....	61
Infrastruktur Bersama: Tower Sharing dan Backhaul Bersama.....	61
Tower Sharing.....	61
Backhaul Bersama.....	61
Implikasi bagi Akademisi dan Praktisi.....	62
Energi Terbarukan untuk Reduksi Biaya Operasional.....	63
Contoh Perhitungan Sederhana.....	63
Tabel Perbandingan.....	63
Implikasi Akademis dan Praktis.....	64
Teknologi Low-Cost Hardware & Open-Source.....	65
Contoh Perhitungan Sederhana.....	65
Tabel Perbandingan Biaya.....	65
Implikasi Akademis dan Praktis.....	66
Skema Pembiayaan Mikro untuk Aksesibilitas.....	67
Contoh Perhitungan Sederhana.....	67
Tabel Ilustrasi Skema.....	67
Implikasi Akademis dan Praktis.....	68
BAB 8: Kebijakan dan Regulasi.....	69
Peran Pemerintah dalam Cost-Based Deployment.....	69
Bentuk Peran Pemerintah.....	69
Contoh Ilustrasi Biaya.....	69
Implikasi Akademis dan Praktis.....	70
Universal Service Obligation (USO) dan Dana Kewajiban Layanan.....	71
Mekanisme Pengumpulan dan Pemanfaatan Dana.....	71
Contoh Perhitungan Sederhana.....	71
Tabel Ilustrasi Pemanfaatan Dana USO.....	71
Implikasi Akademis dan Praktis.....	72
Regulasi Spektrum & Perizinan Infrastruktur.....	73
Regulasi Spektrum.....	73
Perizinan Infrastruktur.....	73
Tabel Perbandingan Dampak Regulasi.....	74
Implikasi Akademis dan Praktis.....	74
Peran Komunitas, Koperasi Desa & RT/RW-net.....	75
Contoh Perhitungan Sederhana (RT/RW-net).....	75

Tabel Ilustrasi Model Komunitas.....	75
Implikasi Akademis dan Praktis.....	76
Peran Komunitas, Koperasi Desa & RT/RW-Net di Indonesia.....	77
Studi Kasus Nyata di Indonesia.....	77
Tabel Ringkas Studi Kasus.....	78
Catatan Regulasi.....	79
Penutup: Implikasi bagi Akademisi & Praktisi.....	79
BAB 9: Studi Kasus.....	80
Deployment Fiber di Wilayah Rural: Perspektif Negara Maju.....	80
Struktur Biaya.....	80
Perhitungan Sederhana Cost per User.....	80
Strategi Implementasi di Negara Maju.....	81
Tantangan dan Pembelajaran.....	81
Model Satelit di Negara Berkembang.....	82
Komponen Biaya Utama.....	82
Kelebihan dan Kekurangan.....	82
Implikasi untuk Negara Berkembang.....	83
Model Komunitas Wifi di Pedesaan.....	84
Komponen Biaya Utama.....	84
Skema Organisasi dan Keberlanjutan.....	84
Tantangan dan Peluang.....	85
Analisis Perbandingan Biaya dan Efektivitas.....	86
Perbandingan Biaya.....	86
Contoh Perhitungan Sederhana.....	86
Analisis Efektivitas.....	87
Bab 10: Strategi Implementasi dan Roadmap.....	88
Prioritisasi Wilayah Berdasarkan Biaya dan Dampak Sosial.....	88
Dimensi Biaya.....	88
Dimensi Dampak Sosial.....	88
Contoh Perhitungan Sederhana.....	89
Kerangka Matriks Prioritisasi.....	90
Penjelasan Kuadran.....	90
Ilustrasi Sederhana.....	91
Kesimpulan.....	91
Tahapan Deployment (Pilot – Scaling – Sustainability).....	92
Tahap Pilot (Percobaan Terbatas).....	92
Tahap Scaling (Perluasan Skala).....	92
Tahap Sustainability (Keberlanjutan).....	92
Kesimpulan.....	93
Monitoring & Evaluasi Berbasis Biaya.....	94
Aspek Monitoring Biaya.....	94
Evaluasi Dampak Sosial-Ekonomi.....	94
Contoh Matriks Monitoring & Evaluasi.....	95
Kesimpulan.....	95

Indikator Keberhasilan.....	96
Indikator Finansial.....	96
Indikator Operasional.....	96
Indikator Sosial-Ekonomi.....	96
Contoh Tabel Indikator Keberhasilan.....	97
Kerangka Skor Indeks Keberhasilan.....	97
Komponen dan Bobot.....	97
Skala Penilaian (1–100).....	97
Contoh Perhitungan Sederhana.....	98
Kategori Indeks.....	98
Kesimpulan.....	98
BAB 11: Kesimpulan dan Rekomendasi.....	100
Ringkasan Strategi Cost-Based Deployment.....	100
Pilar Utama Strategi.....	100
Strategi Implementasi Bertahap.....	100
Ringkasan dalam Tabel.....	101
Kesimpulan.....	101
Rekomendasi untuk Pemerintah.....	102
Kebijakan Fiskal dan Subsidi.....	102
Regulasi Spektrum dan Infrastruktur.....	102
Dukungan Sosial-Ekonomi dan Kelembagaan.....	102
Ringkasan Rekomendasi.....	103
Kesimpulan.....	103
Rekomendasi untuk Operator & Investor.....	104
Optimasi Model Bisnis.....	104
Investasi pada Infrastruktur Bersama.....	104
Diversifikasi Sumber Pendapatan.....	104
Penggunaan Teknologi Tepat Guna.....	104
Ringkasan Rekomendasi.....	105
Kesimpulan.....	105
Rekomendasi untuk Komunitas Lokal.....	106
Kelembagaan dan Koperasi Digital.....	106
Partisipasi dalam Infrastruktur Bersama.....	106
Literasi Digital dan Pemanfaatan Internet Produktif.....	106
Skema Tarif yang Adil dan Transparan.....	106
Ringkasan Rekomendasi Komunitas Lokal.....	107
Kesimpulan.....	107
Referensi.....	108
Glosarium.....	112
Tentang Penulis.....	114

Kata Pengantar

Alhamdulillah rabbil ‘ālamīn, segala puji hanya bagi Allah SWT yang dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan buku “**Internet Murah untuk Desa: Strategi Cost-Based Deployment**” ini. Buku ini lahir dari semangat untuk menghadirkan akses internet yang terjangkau dan merata, khususnya bagi masyarakat desa yang selama ini masih menghadapi tantangan dalam konektivitas digital.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada **komunitas internet Indonesia** yang telah memberikan begitu banyak inspirasi, dukungan, dan ide-ide segar dalam proses penyusunan buku ini. Tanpa kontribusi dan semangat kolektif dari komunitas, karya ini tidak akan terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat, menjadi bahan diskusi, serta mendorong langkah nyata dalam mewujudkan akses internet yang murah, adil, dan berkelanjutan untuk seluruh pelosok negeri.

Jakarta, Agustus 2025
Onno W. Purbo

Executive Summary

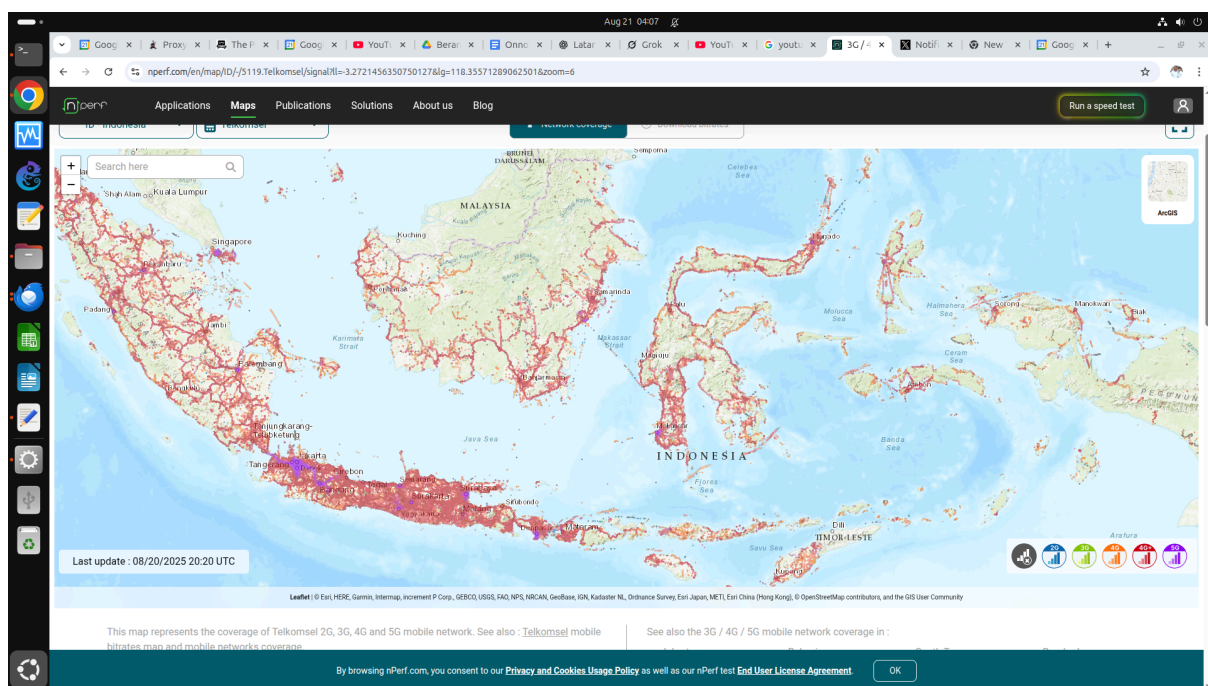
Buku *Internet Murah untuk Desa: Strategi Cost-Based Deployment* karya Onno W. Purbo menegaskan bahwa **akses internet adalah infrastruktur dasar** yang sama pentingnya dengan listrik dan jalan raya, khususnya untuk mengatasi *digital divide* di wilayah rural. Strategi utama yang ditawarkan adalah **cost-based deployment**, yaitu memilih teknologi (fiber optic, *fixed wireless access*, satelit, atau hybrid) dan model pembiayaan (subsidi pemerintah, *public-private partnership*, maupun komunitas) berdasarkan analisis **CAPEX dan OPEX per pengguna** agar layanan **terjangkau dan berkelanjutan**. Pendekatan ini menekankan efisiensi biaya, kesesuaian teknologi dengan kondisi geografis dan daya beli, serta keberlanjutan operasional. **Strategi penting** yang diusulkan adalah memulai dengan pilot berbasis *fixed wireless* untuk biaya rendah, sambil memetakan zona prioritas untuk fiber jangka panjang, mengoptimalkan infrastruktur bersama (*tower sharing, backhaul bersama*), serta mendorong peran komunitas desa melalui koperasi digital. Dengan kerangka ini, pembangunan internet desa diarahkan pada kombinasi biaya minimum dengan **manfaat sosial maksimum**, sehingga dapat mempercepat transformasi pendidikan, ekonomi digital, dan tata kelola pemerintahan berbasis elektronik.

BAB 1: Pendahuluan

Latar Belakang Digital Divide di Wilayah Rural

Digital divide—ketimpangan akses dan kualitas layanan internet antar wilayah—masih nyata adanya di banyak daerah rural Indonesia. Meski penetrasi internet di rural telah meningkat signifikan menjadi **sekitar 74% pada 2024**, urban sudah berada di **82,2%** ([Intimedia](#)). Namun, angka ini menyembunyikan ketimpangan kualitas pengalaman pengguna, baik dari sisi kecepatan maupun stabilitas layanan.

Bukti dari nPerf: Kesenjangan Kinerja Internet



Hasil pengukuran coverage jaringan Telkomsel melalui peta nPerf menunjukkan bahwa layanan **4G masih menjadi tulang punggung utama** dengan cakupan luas hampir di seluruh wilayah Indonesia, terutama di Pulau Jawa, Sumatera, dan kota-kota besar di Kalimantan, Sulawesi, serta Bali. Beberapa kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Medan, Makassar, dan Denpasar bahkan sudah terjangkau **5G**, meski masih terbatas pada area perkotaan. Sementara itu, **2G dan 3G** masih dipertahankan di wilayah terpencil sebagai dukungan komunikasi dasar, terutama di pedalaman Kalimantan, Sulawesi tengah, Papua, dan Maluku.

Secara keseluruhan, terlihat adanya **ketimpangan akses jaringan** antara wilayah barat dan timur Indonesia. Pulau Jawa memiliki penetrasi jaringan paling padat dan modern, sedangkan kawasan timur seperti Papua dan Maluku masih menghadapi keterbatasan jaringan cepat. Hal ini mencerminkan strategi Telkomsel yang berfokus memperluas layanan berkecepatan tinggi di wilayah berpenduduk padat, sembari secara bertahap meningkatkan infrastruktur di daerah 3T (terdepan, terpencil, tertinggal).

Analisis dari *nPerf*, platform crowd-sourced untuk pengujian kualitas jaringan, menunjukkan perbedaan mencolok:

- Untuk **fixed broadband**, rata-rata kecepatan unduh nasional di Indonesia pada 2022 adalah **58 Mb/s**, upload **42 Mb/s** ([nPerf.com](#), [nPerf](#)).
- MyRepublic memimpin kecepatan unduh (≥ 70 Mb/s), Biznet unggul dalam upload (~ 64 Mb/s), sedangkan MyRepublic juga unggul di latency (~ 19 ms) ([nPerf](#)).
- Sementara itu, pada koneksi **mobile**, Telkomsel mendapat skor terbaik keseluruhan, namun **Smartfren unggul pada latency**—yang penting untuk aktivitas real-time seperti gaming atau telemedicine ([Reddit](#)).

Kesenjangan ini biasanya lebih parah di rural karena **infrastruktur belum merata**, meskipun penetrasi sudah cukup tinggi. Dengan wilayah yang luas, sulitnya deploy fiber, dan hambatan biaya operasional, banyak daerah masih bergantung pada mobile dengan kualitas yang fluktuatif.

Implikasi Cost-Based Deployment

Berdasarkan data tersebut, penting untuk menerapkan model *cost-based deployment*—yakni strategi yang menyesuaikan teknologi dengan biaya dan kebutuhan lokal:

Teknologi	Keunggulan	Tantangan
Fixed broadband	Stabil, kecepatan tinggi (>50 Mb/s)	CAPEX tinggi
Mobile (4G/5G)	Jangkauan lebih luas	Latency dan kecepatan bervariasi
Satelit / FWA	Cepat deploy di topografi sulit	OPEX tinggi, latency lebih tinggi

Contoh perhitungan sederhana:

Misalkan biaya deploy fiber (CAPEX per km) di wilayah rural terpencil adalah Rp 2 miliar, melayani 200 pengguna → **CAPEX per pengguna = Rp 10 juta**. Sebaliknya, jika menggunakan Fixed Wireless Access (FWA) dengan biaya tower + peralatan Rp 500 juta dan menservis 100 pengguna → **biaya per pengguna = Rp 5 juta**. Jika tambahan OPEX tahunan FWA sekitar Rp 100 juta (listrik, pemeliharaan), maka **OPEX per pengguna = Rp 1 juta/tahun**.

Model ini kritis bagi pemilihan teknologi yang sesuai **harus mempertimbangkan biaya total dan prediksi permintaan** (*demand forecasting*).

Penutup: Rekomendasi Aksi Praktis

Narasi ini menunjukkan bahwa:

- Data *nPerf* memberikan bukti empiris penting bahwa **kualitas (download/upload/latency)** bervariasi antar provider dan teknologi.
- Untuk akademisi, data ini memberikan *basis evaluasi kuantitatif* di tentang komponen biaya dan performance.
- Praktisi operator/pemerintah dapat memanfaatkan data ini sebagai *benchmark* dalam desain strategi deployment cost-effective dan scalable.
- *Rekomendasi awal*: lakukan pilot deployment dengan FWA sebagai model low-cost sementara, sambil memetakan zona dengan permintaan bandwidth tinggi untuk fiber jangka panjang.

Urgensi Akses Internet untuk Pembangunan

Akses internet kini telah menjadi infrastruktur dasar yang tidak kalah penting dibanding listrik dan jalan raya. **Tanpa internet, pembangunan sosial-ekonomi akan berjalan timpang**, terutama di wilayah rural yang sudah menghadapi *digital divide*. Internet tidak lagi sekadar sarana komunikasi, melainkan fondasi bagi pendidikan, ekonomi, hingga sistem pemerintahan berbasis elektronik (SPBE).

Pendidikan: Jarak Jauh dan Perpustakaan Digital

Dalam konteks pendidikan, internet membuka peluang **pendidikan jarak jauh** yang sangat relevan pasca-pandemi. Mahasiswa dan pelajar di daerah rural dapat mengakses materi kuliah dari universitas ternama tanpa harus migrasi ke kota. Misalnya, dengan biaya rata-rata **Rp150.000 per bulan** untuk paket internet 20 GB, seorang siswa bisa mengakses e-learning, perpustakaan digital, dan video pembelajaran setara dengan fasilitas sekolah di perkotaan.

Tabel berikut memperlihatkan ilustrasi sederhana:

Komponen	Tanpa Internet	Dengan Internet
Akses materi kuliah	Terbatas pada guru lokal	E-learning nasional & internasional
Biaya tambahan	Transportasi ke kota (Rp500.000/bulan)	Paket internet (Rp150.000/bulan)
Akses literatur	Buku cetak terbatas	Jutaan e-book & jurnal open-access

Jelas terlihat, **biaya akses ilmu menjadi lebih murah dan inklusif** dengan internet.

Ekonomi Digital: Toko Online dan UMKM

Bagi ekonomi lokal, internet menciptakan pasar baru melalui **e-commerce**. UMKM di desa yang sebelumnya hanya menjual ke pasar tradisional kini dapat menjangkau konsumen nasional. Contoh konkret, sebuah usaha keripik singkong dengan margin laba Rp3.000 per bungkus jika dijual di pasar lokal (100 bungkus/hari → Rp300.000) bisa melipatgandakan pendapatan lewat toko online yang mampu menjual 500 bungkus/hari, menghasilkan Rp1,5 juta.

Namun, hal ini membutuhkan **konektivitas stabil dan ongkos logistik terintegrasi**. Tanpa internet, UMKM desa akan tetap terjebak dalam lingkaran pasar terbatas.

Pemerintahan: Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE)

Pemerintah pusat maupun daerah telah mendorong **SPBE** sebagai strategi efisiensi birokrasi. Sayangnya, di desa-desa tanpa internet, masyarakat masih harus menempuh perjalanan jauh untuk layanan dasar seperti administrasi kependudukan atau perizinan usaha.

Sebagai ilustrasi, jika satu warga harus mengeluarkan Rp50.000 untuk transportasi menuju kantor kecamatan 2 kali sebulan, maka beban ekonomi bisa mencapai Rp600.000 per tahun per warga. Dengan layanan SPBE berbasis internet desa, biaya tersebut bisa ditekan drastis.

Refleksi Kritis

Meskipun urgensi internet jelas, hambatan biaya dan infrastruktur di rural masih menjadi kendala utama. **Pertanyaannya bukan lagi apakah internet penting, tetapi bagaimana menurunkannya ke level biaya yang terjangkau (cost-based deployment).** Tanpa pendekatan berbasis biaya, pembangunan infrastruktur internet hanya akan menguntungkan kota besar, sementara desa tetap tertinggal.

Tujuan dan Ruang Lingkup Buku

Buku ini disusun dengan tujuan utama untuk memberikan **kerangka analisis berbasis biaya (cost-based)** dalam penyediaan akses internet di wilayah rural. Hal ini penting karena selama ini kebijakan maupun proyek pembangunan internet di daerah terpencil sering kali hanya didorong oleh motivasi politis atau target pembangunan jangka pendek, tanpa memperhitungkan *sustainability* biaya operasional dan model bisnis jangka panjang. Akibatnya, banyak proyek infrastruktur internet di desa yang mati suri setelah 1–2 tahun berjalan.

Secara lebih rinci, buku ini memiliki beberapa tujuan:

1. **Memberikan pemahaman konseptual** mengenai *digital divide* dan urgensi internet bagi pembangunan desa.
2. **Mengembangkan metodologi perhitungan biaya** (baik *CAPEX* maupun *OPEX*) yang transparan dan realistis untuk deployment internet rural.
3. **Menyajikan alternatif model pembiayaan** seperti subsidi pemerintah, skema publik-privat, maupun pembiayaan komunitas.
4. **Memberikan panduan praktis** berupa studi kasus, perhitungan biaya per pengguna, serta benchmarking dengan negara lain.
5. **Mendorong kebijakan yang berbasis data** sehingga pemerintah, operator, dan komunitas lokal memiliki dasar analitis dalam mengambil keputusan.

Ruang Lingkup Buku

Ruang lingkup pembahasan buku ini dirancang agar dapat menjawab kebutuhan akademisi, praktisi telekomunikasi, pembuat kebijakan, hingga pelaku UMKM desa yang ingin memahami keterkaitan antara biaya internet dan dampaknya terhadap pembangunan.

Beberapa batasan yang digunakan dalam buku ini adalah:

- Fokus pada **wilayah rural** dengan karakteristik *low-density population*, kondisi geografis menantang (gunung, pulau kecil, hutan), serta keterbatasan daya beli masyarakat.
- Analisis menekankan pada **perhitungan biaya per pengguna** sebagai ukuran efektivitas deployment. Misalnya, jika membangun fiber optic ke sebuah desa berpenduduk 500 orang membutuhkan investasi Rp2 miliar, maka biaya awal per pengguna sekitar **Rp4 juta**. Bandingkan dengan fixed wireless access yang mungkin hanya memerlukan Rp500 juta untuk cakupan sama, atau Rp1 juta per pengguna.
- Teknologi yang dibahas mencakup fiber optic, fixed wireless, satelit, *TV White Space*, serta pendekatan hibrida.
- Pembahasan kebijakan mencakup regulasi, peran pemerintah, dana USO, hingga inisiatif berbasis komunitas.

Refleksi Kritis

Dengan ruang lingkup seperti ini, buku tidak hanya menyajikan teori, tetapi juga **alat analisis praktis** yang bisa langsung digunakan dalam perencanaan proyek. Misalnya, pembuat kebijakan dapat menggunakan pendekatan ini untuk memutuskan apakah sebuah desa sebaiknya dihubungkan dengan fiber atau cukup dengan wireless berbasis BTS mini. Akademisi dapat menjadikannya bahan riset untuk memperkuat literatur tentang *digital inclusion*, sedangkan praktisi dapat menjadikannya rujukan dalam menyusun *business case*.

Dengan demikian, buku ini diharapkan tidak berhenti sebagai karya akademik, tetapi juga menjadi **panduan implementasi nyata** dalam mempercepat pembangunan digital di wilayah rural Indonesia.

Kerangka Cost-Based Deployment

Kerangka *cost-based deployment* disusun sebagai pendekatan sistematis untuk menjawab pertanyaan sederhana namun krusial: **berapa biaya yang realistis untuk menyediakan akses internet di wilayah rural, dan siapa yang menanggungnya?**. Dalam konteks pembangunan, internet tidak bisa lagi dipandang hanya sebagai infrastruktur tambahan, tetapi sebagai layanan publik yang harus dihadirkan dengan model biaya yang **transparan, terukur, dan berkelanjutan**.

Kerangka ini bertumpu pada empat pilar utama:

1. **Identifikasi Komponen Biaya** – meliputi *capital expenditure* (CAPEX) seperti pembangunan fiber, tower, atau gateway satelit, serta *operational expenditure* (OPEX) seperti listrik, bandwidth, dan perawatan.
2. **Perhitungan Biaya Per Pengguna** – menurunkan total biaya investasi ke level individu agar dapat diukur keterjangkauannya.
3. **Pemilihan Teknologi yang Efisien Biaya** – memilih antara fiber optic, fixed wireless, satelit, atau hybrid sesuai dengan kondisi geografis dan demografis.
4. **Skema Pembiayaan** – menimbang peran pemerintah, swasta, dan komunitas lokal dalam menanggung biaya.

Ilustrasi Perhitungan Sederhana

Sebagai contoh, sebuah desa dengan 1.000 penduduk membutuhkan infrastruktur internet. Jika biaya pembangunan tower BTS kecil (mini BTS) dengan backhaul fiber mencapai **Rp1 miliar** dan biaya operasional tahunan Rp200 juta, maka:

- **Biaya awal per pengguna** = $\text{Rp1 miliar} \div 1.000 = \text{Rp1 juta}$.
Biaya operasional tahunan per pengguna = $\text{Rp200 juta} \div 1.000 = \text{Rp200 ribu/tahun}$ atau sekitar Rp17 ribu/bulan.

Perhitungan sederhana ini menunjukkan bahwa, secara teoritis, dengan subsidi CAPEX dari pemerintah, masyarakat hanya perlu menanggung biaya operasional setara **Rp20 ribuan per bulan** agar layanan berkelanjutan.

Tabel Ringkas: Pilar Cost-Based Deployment

Pilar	Fokus Utama	Contoh Praktis
Identifikasi Biaya	CAPEX & OPEX	Tower BTS, fiber, listrik, bandwidth
Biaya per Pengguna	Menilai keterjangkauan masyarakat	Rp1 juta investasi awal, Rp20 ribu/bulan OPEX
Teknologi	Fiber, wireless, satelit, hybrid	Wireless lebih murah di daerah berbukit
Skema Pembiayaan	Subsidi, PPP, koperasi desa	Subsidi CAPEX, OPEX ditanggung warga

Refleksi Kritis

Kerangka ini menekankan bahwa **keputusan deployment tidak boleh hanya berdasarkan aspek teknis**, melainkan harus dikaitkan dengan *cost structure* dan daya beli masyarakat. Fiber optic memang menawarkan kualitas tertinggi, namun dengan biaya Rp10–15 juta per km, teknologi ini sulit diterapkan di desa terpencil kecuali dengan subsidi besar. Sebaliknya, fixed wireless atau satelit bisa menjadi solusi lebih ekonomis meski kualitasnya lebih rendah.

Dengan kerangka *cost-based deployment*, kebijakan dan strategi investasi dapat diarahkan pada **kombinasi biaya minimum dengan manfaat sosial maksimum**, sehingga pembangunan digital di rural tidak hanya terjadi di atas kertas, tetapi benar-benar berjalan dan berkelanjutan.

BAB 2: Konsep Dasar dan Model Pembiayaan

Definisi Cost-Based Deployment

Cost-Based Deployment adalah pendekatan strategis dalam pembangunan infrastruktur internet, terutama di wilayah rural, yang menitikberatkan pada **efisiensi biaya sebagai basis utama pengambilan keputusan**. Artinya, pilihan teknologi, model pembiayaan, serta skema implementasi diprioritaskan berdasarkan analisis biaya (baik *capital expenditure* / CAPEX maupun *operational expenditure* / OPEX), bukan semata pada kecanggihan teknologi. Pendekatan ini penting karena kondisi rural umumnya memiliki **daya beli rendah, kepadatan penduduk rendah, dan kondisi geografis menantang**, sehingga deployment harus benar-benar terukur agar layak secara ekonomi.

Prinsip Utama

Ada tiga prinsip pokok dalam *Cost-Based Deployment*:

1. **Efisiensi Biaya** – Infrastruktur dipilih dengan menghitung biaya per pengguna (*cost per user*), bukan hanya total investasi.
2. **Kesesuaian Teknologi** – Tidak semua wilayah rural memerlukan *fiber optic*; dalam beberapa kasus, teknologi seperti *Fixed Wireless Access* atau satelit justru lebih rasional secara biaya.
3. **Keberlanjutan Operasional** – Deployment bukan hanya soal investasi awal (CAPEX), tetapi juga harus memperhitungkan OPEX seperti listrik, perawatan, dan biaya spektrum.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalnya, sebuah desa dengan **500 kepala keluarga (KK)** ingin mendapatkan akses internet dasar.

- **Fiber Optic**: biaya pembangunan ± Rp40 juta per km, dengan jarak ke titik backbone terdekat 15 km → total CAPEX Rp600 juta. Jika dibagi 500 KK → **Rp1,2 juta/KK** (belum termasuk OPEX bulanan).
- **Fixed Wireless Access (FWA)**: biaya tower dan perangkat ± Rp300 juta untuk menjangkau 500 KK → **Rp600 ribu/KK**.
- **Satelit (LEO)**: biaya terminal ± Rp7 juta/unit dengan model berbagi (misalnya 10 KK per terminal) → Rp700 ribu/KK, namun OPEX (biaya langganan) bisa lebih tinggi, misalnya Rp300 ribu/bulan.

Dari perhitungan ini, **FWA tampak lebih efisien** dari sisi CAPEX per pengguna, meski keputusan akhir tetap mempertimbangkan keberlanjutan biaya bulanan dan kualitas layanan.

Tabel Ilustrasi Perbandingan Biaya

Teknologi	CAPEX/ KK (estimasi)	OPEX bulanan per KK	Kelebihan	Kekurangan
Fiber Optic	Rp1.200.000	Rp100.000	Kualitas tinggi, stabil	Biaya awal sangat besar
Fixed Wireless Access	Rp600.000	Rp150.000	Fleksibel, cepat implementasi	Tergantung kondisi geografis
Satelit (LEO)	Rp700.000	Rp300.000	Cakupan luas, bisa untuk daerah terpencil	OPEX tinggi, latency lebih besar

Analisis Kritis

Definisi *Cost-Based Deployment* tidak boleh dipahami sekadar “murah”. Lebih tepatnya, ini adalah **pendekatan berbasis rasionalisasi biaya terhadap manfaat sosial-ekonomi yang dihasilkan**. Jika biaya per pengguna terlalu tinggi (misalnya di atas Rp2 juta/KK), maka perlu ada intervensi seperti **subsidi pemerintah, model publik-privat, atau skema koperasi desa**. Tanpa pendekatan biaya yang sistematis, deployment berisiko gagal berkelanjutan: jaringan bisa terbangun tetapi tidak mampu dioperasikan dalam jangka panjang.

Estimasi Kisaran Biaya Teknologi Internet Rural (Indonesia)

Tabel berikut memberikan gambaran **CAPEX per pengguna (sekali bayar)** dan **OPEX bulanan per pengguna** dengan tiga skenario: **low, medium, high**. Perbedaan skenario muncul karena faktor **jarak ke backbone, kondisi geografis, kerapatan pengguna, dan efisiensi skema pembiayaan**.

Teknologi	CAPEX/ KK (Low)	CAPEX/ KK (Medium)	CAPEX/ KK (High)	OPEX/ KK per bulan (rata-rata)	Catatan
Fiber Optic	Rp800.000	Rp1.200.000	Rp2.000.000	Rp100.000–Rp150.000	Kualitas tertinggi, tapi biaya awal mahal, cocok di desa padat dekat kota
Fixed Wireless Access (FWA)	Rp400.000	Rp600.000	Rp1.000.000	Rp150.000–Rp200.000	Lebih fleksibel, cocok untuk topografi sulit, kecepatan menengah

Satelit LEO/MEO	Rp500.000	Rp700.000	Rp1.500.000	Rp250.000–Rp350.000	Cakupan luas, latency makin rendah di LEO, tapi OPEX mahal
Satelit GEO	Rp700.000	Rp1.000.000	Rp2.000.000	Rp300.000–Rp500.000	Masih banyak dipakai di daerah terpencil, latency tinggi
TV White Space (TVWS)	Rp300.000	Rp500.000	Rp800.000	Rp100.000–Rp150.000	Cocok untuk desa kecil, biaya rendah, teknologi masih berkembang
Hybrid (Fiber+Wireless+Satelit)	Rp600.000	Rp900.000	Rp1.500.000	Rp150.000–Rp250.000	Kombinasi untuk optimasi biaya dan cakupan

Analisis Kritis

1. **Fiber Optic** memang memberikan kualitas terbaik (latency < 10 ms, kapasitas besar), tetapi **hanya feasible** di wilayah rural yang memiliki kepadatan tinggi dan jarak backbone < 20 km. Jika tidak, biaya bisa membengkak hingga **Rp2 juta/KK**.
2. **Fixed Wireless Access (FWA)** saat ini menjadi solusi paling realistis di Indonesia rural, karena dengan CAPEX **Rp400–600 ribu/KK**, deployment bisa dilakukan cepat dengan tower sharing.
3. **Satelit LEO (misalnya Starlink)** mulai relevan, dengan terminal berbagi (10 KK per dish). Namun, tantangan terbesar adalah **OPEX Rp300 ribu/KK/bulan**, yang berat untuk desa dengan daya beli rendah.
4. **TV White Space (TVWS)** adalah solusi *low-cost innovation* yang bisa dikembangkan komunitas lokal dengan CAPEX < Rp500 ribu/KK. Meski kapasitas terbatas (10–20 Mbps per kanal), cukup untuk kebutuhan dasar.
5. **Hybrid Approach** (misalnya fiber untuk backbone desa → FWA untuk distribusi → satelit cadangan) memberi keseimbangan antara biaya, kualitas, dan cakupan.

Ilustrasi Perhitungan Biaya Total per Desa

Misalkan sebuah desa dengan **1.000 KK**, target layanan dasar internet 10 Mbps/KK:

- **Fiber Optic (medium CAPEX Rp1,2 juta/KK)** → total CAPEX Rp1,2 miliar.
- **FWA (medium CAPEX Rp600 ribu/KK)** → total CAPEX Rp600 juta.
- **Satelit LEO (medium CAPEX Rp700 ribu/KK)** → total CAPEX Rp700 juta, namun dengan OPEX bulanan Rp300 juta (Rp300 ribu × 1.000 KK).

👉 Dari sini terlihat bahwa **FWA lebih efisien** dari sisi investasi awal, tetapi fiber lebih murah dalam jangka panjang karena OPEX lebih rendah.

Kesimpulan

Definisi *Cost-Based Deployment* tidak berhenti pada perhitungan *murah atau mahal*, melainkan bagaimana **membandingkan CAPEX & OPEX antar-teknologi** serta mengaitkannya dengan **daya beli masyarakat rural**. Estimasi biaya di atas memperlihatkan bahwa strategi deployment harus **selektif dan kontekstual**: desa dekat kota lebih cocok dengan fiber, desa menengah dengan FWA, sedangkan daerah sangat terpencil dengan satelit atau TVWS.

Biaya Improvised Fiber dengan Drop Wire

Berikut cara menghitung **biaya jaringan internet memakai fiber drop-wire (Rp 800/meter) di desa** dengan “tiang” dari pohon.

Komponen biaya

1. **Kabel fiber drop-wire**
 - Harga patokan dari kamu: **Rp 800/m**.
2. **Aksesori & proteksi (per bentang di pohon)**
 - Contoh: strap/band stainless atau webbing, pengikat/zip-tie, pengaman gesekan (selang PE/spiral wrap), clamp/eye-hook pada dahan/tunggul, label.
 - Estimasi praktis: **Rp 150–300/m** (ambil **Rp 200/m** sebagai angka kerja) untuk desa dengan bentang 20–40 m antar pohon.
3. **Perangkat pasif**
 - **Closure/joint box** untuk penyambungan: **~Rp 150.000** / titik.
 - **Splitter PON** (mis. 1:8 atau 1:16): **~Rp 120.000** / unit.
 - **ODP/terminal box** di tiang/pohon: **~Rp 80.000** / kotak.
4. **Perangkat aktif (di sisi pelanggan & pusat)**
 - **ONT/Modem pelanggan**: **Rp 300.000–400.000** / rumah (ambil **Rp 350.000**).
 - **OLT** di pusat: biasanya dibagi banyak pelanggan; kalau sudah ada, **abaikan** dari hitungan awal, atau masukkan porsi/amortisasi per pelanggan.
5. **Jasa penarikan & instalasi**
 - Penarikan kabel, pengikatan di pohon, splicing, pengujian dasar: **Rp 1.000–2.000/m** (ambil **Rp 1.500/m** sebagai angka kerja).
 - Biaya transport/harian tim bisa dimasukkan sebagai “lump-sum” jika perlu.

Rumus cepat

- **Total kabel (m)** = panjang backbone + (rata2 drop ke rumah × jumlah rumah)
- **Biaya kabel** = total kabel × **Rp 800/m**
- **Aksesori & proteksi** ≈ total kabel × **Rp 200/m** (*ubah sesuai kondisi*)
- **Perangkat pasif** = (closure × harga) + (splitter × harga) + (ODP × harga)
- **Jasa penarikan** = total kabel × **Rp 1.500/m** (*ubah sesuai tukang setempat*)
- **ONT** = jumlah rumah × **Rp 350.000**
- **Total proyek** = kabel + aksesori + perangkat pasif + jasa + ONT (± OLT share bila perlu)

Contoh perhitungan

Skenario: jalan desa 1 km (backbone 1.000 m), 20 rumah, rata-rata drop 30 m per rumah.
Asumsi: aksesoris Rp 200/m, jasa Rp 1.500/m, 2 closure, 3 splitter 1:8, 4 ODP, ONT Rp 350k per rumah.

Total kabel = $1.000 + (20 \times 30) = 1.600 \text{ m}$

- Kabel: $1.600 \times 800 = \text{Rp } 1.280.000$
- Aksesoris/proteksi: $1.600 \times 200 = \text{Rp } 320.000$
- Closure: $2 \times 150.000 = \text{Rp } 300.000$
- Splitter: $3 \times 120.000 = \text{Rp } 360.000$
- ODP: $4 \times 80.000 = \text{Rp } 320.000$
- Jasa penarikan: $1.600 \times 1.500 = \text{Rp } 2.400.000$
- ONT (20 rumah): $20 \times 350.000 = \text{Rp } 7.000.000$

Total proyek (perkiraan) = Rp 11.980.000

Biaya per rumah (rata-rata) = ± Rp 599.000 (*belum termasuk OLT share/biaya internet bulanan*)

Catatan: jika aksesoris/jasa lebih murah/mahal, atau jarak drop lebih pendek/panjang, tinggal plug-in angka di rumus.

Tips teknis pakai pohon sebagai “tiang”

- **Jarak antar pohon:** usahakan 20–40 m; lebih dari itu tarik sling bantu.
- **Proteksi gesekan:** wajib pakai selang/guard di titik belok/gesekan.
- **Clearance:** jaga ketinggian aman ($\geq 4,5 \text{ m}$ di atas jalan warga), **jauhi kabel PLN.**
- **Izin lokal:** minta izin pemilik pohon/RT.
- **Cadangan (slack):** sediakan loop servis 1–2 m tiap ODP/closure untuk kemudahan perbaikan.
- **Tegangan tarik:** jangan terlalu kencang; beri expansion loop agar tidak putus saat dahan bergerak.

Biaya jaringan Improvised Wireless Desa

Berikut **breakdown biaya jaringan wireless desa (improvised)** dengan perangkat **Ubiquiti (UBNT)** / **MikroTik**. Aku pecah jadi: arsitektur, komponen biaya (CAPEX & OPEX), rumus cepat, dan contoh skenario angka (paket hemat vs standar). Angka-angka adalah **estimasi wajar** untuk Indonesia; silahkan sesuaikan harga lokal.

Arsitektur ringkas

- **Backhaul PTP (point-to-point)**: menghubungkan desa ↔ sumber internet (ISP terdekat/titik kota).
 - UBNT: airFiber/airMAX (mis. AF-5XHD + dish 30–34 dBi).
 - MikroTik: LHG 5 ac XL / mANT dish + NetMetal.
- **Distribusi PTMP (point-to-multipoint)** dari site desa:
 - **AP sektor 5 GHz** (2–3 sektor untuk 360°) → **CPE** di rumah warga.
 - UBNT: Rocket Prism AC + antena sektor / LiteBeam AP.
 - MikroTik: NetMetal 5 + mANT19s/mANTBox; CPE LHG 5 / SXT.
- **Core & power**: router (hEX/EdgeRouter), switch PoE, UPS, grounding, kabel, tiang/atap/pohon (improvised).

Komponen biaya (CAPEX)

Estimasi kisaran (Rp), pilih salah satu brand/tipe sesuai ketersediaan.

Backhaul PTP (sepasang radio + antena/dish)

- **UBNT** (airFiber/airMAX AC): **15–22 jt** (2 radio + 2 dish 30–34 dBi).
- **MikroTik** (LHG 5 ac XL / NetMetal + dish): **4–9 jt** (tergantung model & dish).

Sektor AP (PTMP di desa)

Per sektor (radio + antena sektor 17–21 dBi):

- **UBNT**: **4.5–6 jt** / sektor.
- **MikroTik**: **3.5–5 jt** / sektor.

Umum: 2 sektor ($\approx 180^\circ \times 2$) atau 3 sektor (360°).

CPE pelanggan (per rumah)

- **UBNT** (LiteBeam/NanoStation/NS-5AC): **0.9–1.6 jt** / rumah (PoE biasanya include).
- **MikroTik** (LHG 5 / SXT 5): **0.7–1.2 jt** / rumah.
- Tiang/pole + braket **0.15–0.3 jt**
- Jasa instal **0.25–0.4 jt**
→ **Total CPE terpasang: 1.1–2.2 jt** / rumah (tergantung merk & aksesoris).

Perangkat jaringan & kelistrikan di site

- Router inti (MikroTik hEX/UBNT EdgeRouter): **0.9–1.5 jt**
- Switch PoE 8 port: **1.2–2.5 jt**
- UPS 1000–1500 VA: **1–2 jt**
- Kabel (UTP outdoor, power), gland, box, PoE ekstra: **0.8–1.8 jt**
- Grounding & penangkal petir ringan: **0.8–1.5 jt**

Tiang / atap / pohon (improvised)

- Tiang pipa galvanis 6–9 m + dudukan atap: **0.6–1.5 jt** per titik.
- Pohon sebagai “tiang”: material pengikat, sling/strap, pelindung gesek, ring mata: **0.2–0.6 jt** per bentang (ingat jarak aman dari kabel PLN!).
- Sewa lokasi/rooftop (opsional): **0–0.5 jt** per bulan (biasanya masuk OPEX).

Jasa & survey

- Site survey + alignment: **1–3 jt** (sekali di awal).
- Instalasi site desa (radio, sektor, penarikan kabel): **2–6 jt**.
- Instalasi backhaul (2 sisi, panjat/akses): **2–5 jt**.

Biaya operasional (OPEX) bulanan

- Upstream internet (dedicated/enterprise 50–200 Mbps): **3–12 jt/bln** (sangat tergantung lokasi & ISP).
- Listrik site (router + 2–3 AP + backhaul + UPS): **0.2–0.5 jt/bln**.
- Perawatan/parts (rerata): **5–10% CAPEX per tahun** ($\approx 0.4–0.9$ jt/bln untuk proyek kecil-menengah).
- Sewa lokasi/menara (jika ada): **0–0.5 jt/bln**.

Rumus cepat

- **CAPEX_infra** = Backhaul + (AP_sektor $\times$ jumlah) + Router + Switch + UPS + Kabel/box + Grounding + Tiang/aksesori + Jasa/survey.
- **CAPEX_CPE** = (Biaya CPE terpasang per rumah) $\times$ (jumlah rumah).
- **Total CAPEX** = CAPEX_infra + CAPEX_CPE.
- **OPEX/bln** = Upstream + Listrik + Sewa + Perawatan/12.
- **ARPU** = tarif bulanan per pelanggan (mis. Rp 120–175 ribu).
- **Pendapatan/bln** = ARPU $\times$ jumlah pelanggan aktif.
- **Payback (bulan)** $\approx$ Total CAPEX $\div$ (Pendapatan – OPEX).

Contoh skenario angka

Skenario A — Paket Hemat (MikroTik), 2 sektor, 50 pelanggan

Asumsi teknis:

Backhaul PTP 8 km LOS baik; 2 sektor ($180^\circ \times 2$); ARPU Rp 150k; penggunaan tiang atap/pohon; CPE LHG/SXT.

CAPEX_infra (desa + backhaul)

- Backhaul pair MikroTik (LHG XL / NetMetal+Dish): **Rp 5.5 jt**
- 2× AP sektor (NetMetal 5 + mANT19s): **Rp 8.0 jt**
- Router hEX: **Rp 1.3 jt**
- Switch PoE 8p: **Rp 1.8 jt**
- UPS 1200 VA: **Rp 1.5 jt**
- Kabel/box/PoE/grounding: **Rp 2.5 jt**
- Tiang/atap/pohon (2 titik utama): **Rp 2.0 jt**
- Jasa & survey: **Rp 5.0 jt**

Subtotal infra ≈ Rp 27.6 jt

CAPEX_CPE (50 rumah)

- CPE terpasang (rata-rata **Rp 1.4 jt / rumah**) → **Rp 70.0 jt**

Total CAPEX ≈ Rp 97.6 jt (bulatkan ± Rp 98 jt)

OPEX/bln (estimasi)

- Upstream 100 Mbps: **Rp 6.5 jt**
- Listrik: **Rp 0.3 jt**
- Perawatan (7% CAPEX / thn ≈ 6.9 jt / thn): **Rp 0.58 jt/bln**

Total OPEX ≈ Rp 7.38 jt/bln

Pendapatan/bln = $50 \times 150k = \text{Rp } 7.5 \text{ jt}$

Lab operasional/bln ≈ $7.5 - 7.38 = \text{Rp } 0.12 \text{ jt}$ → belum sehat.

Solusi: tambah pelanggan, turunkan harga upstream, atau naikkan ARPU/kecepatan.

Skenario B — Paket Standar (UBNT campur MikroTik), 3 sektor, 80 pelanggan

Asumsi teknis:

Backhaul PTP 10 km (UBNT airMAX/airFiber), 3 sektor (360°), ARPU Rp 150k, CPE campuran (LiteBeam/LHG), tiang atap + sebagian pohon.

CAPEX_infra

- Backhaul pair UBNT (AF-5X/AF-5XHD + 2 dish): **Rp 18.0 jt**
- 3× AP sektor (Rocket Prism AC + sektor 90°): **Rp 16.5 jt** ($\approx 5.5 \text{ jt/ sektor}$)
- Router inti (hEX S / EdgeRouter): **Rp 1.5 jt**
- Switch PoE 8p: **Rp 2.2 jt**
- UPS 1500 VA: **Rp 2.0 jt**
- Kabel/box/PoE/grounding: **Rp 3.0 jt**

- Tiang & mounting (3 titik): **Rp 3.0 jt**
- Jasa & survey: **Rp 6.0 jt**

Subtotal infra $\approx$ Rp 52.2 jt

CAPEX_CPE (80 rumah)

- CPE terpasang (rata-rata **Rp 1.6 jt / rumah**) $\rightarrow$ **Rp 128.0 jt**

Total CAPEX $\approx$ Rp 180.2 jt (bulatkan $\pm$ Rp 180 jt)

OPEX/bln (estimasi)

- Upstream 150 Mbps: **Rp 7.5 jt**
- Listrik: **Rp 0.4 jt**
- Perawatan (6% CAPEX / thn $\approx$ 10.8 jt / thn): **Rp 0.9 jt/bln**

Total OPEX $\approx$ Rp 8.8 jt/bln

Pendapatan/bln = $80 \times 150k =$ Rp 12.0 jt

Laba operasional/bln $\approx 12.0 - 8.8 =$ Rp 3.2 jt

Payback $\approx 180 \div 3.2 \approx 56$ bulan (~ 4.7 tahun).

Bisa dipercepat jika: (a) 100–120 pelanggan, (b) upstream lebih murah, (c) ARPU 160–175k.

Tips teknis & efisiensi (penting di desa)

- **Survey dulu:** LOS bersih, tinggi antena minimum, peta pohon/bangunan.
- **Pakai pohon dengan aman:** jaga jarak dari kabel PLN, gunakan strap + pelindung gesek, sisakan slack, cek tiap 3–6 bulan.
- **Channel planning:** 5 GHz non-DFS dulu; pakai AC/AX jika tersedia; **rate-limit** per pelanggan; QoS simple queues.
- **Grounding/anti-petir:** wajib; banyak kasus kerusakan dari surge via PoE.
- **Power:** UPS + opsi panel surya bila listrik tidak stabil.
- **Skalabilitas:** mulai 2 sektor; tambah sektor/sector-split saat >35 CPE per sektor atau throughput turun.
- **Monitoring:** The Dude/UNMS/Winbox; log suhu, RSSI, CCQ, MCS.

Komponen Biaya Utama (CAPEX & OPEX)

Siap! Ini **rangka** komponen biaya utama **internet desa**—dipisah jelas antara **CAPEX (biaya awal)** dan **OPEX (biaya bulanan)**. Formatnya generik, bisa dipakai untuk **fiber** maupun **wireless** (UBNT/MikroTik). Tambahkan atau hapus item sesuai arsitektur yang kamu pilih.

CAPEX (sekali bayar)

Infrastruktur Inti (Site/Pusat)

- **Router inti + firewall** (EdgeRouter / MikroTik CCR/hEX)
- **Switch (PoE/non-PoE)**
- **UPS & power management** (AVR, PDU, surge protector)
- **Rak/box outdoor**, gland, konektor, patch panel
- **Perangkat monitoring** (opsional: NUC/RPi)

Backhaul (Penghubung ke internet)

- **Wireless PTP**: sepasang radio + dish + braket + kabel PoE
- **Atau Fiber**: sewa/gelar fiber + media converter/ SFP
- **Antena/tower/rooftop**: tiang galvanis / tower kecil / dudukan atap
- **Grounding & penangkal petir ringan**

Distribusi Lokal (di Desa)

- **Wireless PTMP**: radio AP sektor (2–3 sektor untuk 180–360°) + antena
- **Atau Fiber akses**: ODC/ODP, splitter PON, closure/ODF
- **Kabel**: UTP outdoor/FO drop, clamp, strap/selang pelindung (jika ke pohon)
- **Perangkat pendukung**: kotak pelindung, label, ties

Perangkat Pelanggan (CPE)

- **CPE wireless** (LiteBeam/LHG/SXT) **atau ONT fiber**
- **Adaptor PoE/PSU, kabel LAN/FO drop**
- **Tiang kecil/braket** di rumah pelanggan
- **Router Wi-Fi rumahan** (jika tidak include di CPE/ONT)

Pekerjaan & Soft Cost

- **Survey & desain** (LOS, site, RF plan)
- **Instalasi & alignment** (site+backhaul+sektor)
- **Splicing/terminasi & pengujian** (OTDR/Power meter/RSSI)
- **Perizinan lokal/RT/RW & sewa awal lokasi** (jika ada)
- **Tools awal** (crimping, fusion splicer sewa, safety gear)

Rule of thumb pembagian CAPEX

- Infrastruktur inti + backhaul: **30–50%**
- Distribusi lokal (AP/ODP/kabel): **20–35%**
- CPE pelanggan: **20–40%** (tergantung skema: dibeli pelanggan atau disubsidi)
- Jasa/soft cost: **10–20%**

OPEX (berulang per bulan)

Konektivitas & Lokasi

- **Sewa bandwidth upstream** (dedicated/enterprise atau sharing)
- **Sewa tower/rooftop/lokasi** (jika tidak milik sendiri)
- **Sewa/biaya fiber/backhaul** (jika backhaul disewa)

Energi & Lingkungan

- **Listrik site** (radio, router, UPS charging)
- **BBM/genset/solar panel** (jika listrik tidak stabil)
- **Pendinginan/ventilasi** (untuk ruang perangkat)

Operasional & Pemeliharaan

- **Perawatan & suku cadang** (radio, PoE, kabel, konektor)
(patokan: 5–10% dari CAPEX per tahun → dibagi 12 untuk bulanan)
- **Kunjungan lapangan & transport**
- **Monitoring & software** (domain, monitoring NMS/SaaS)
- **Asuransi perangkat** (opsional)
- **Tenaga operasional** (teknisi on-call, admin pelanggan)
- **Biaya perizinan/regulator** (jika berlaku)

Layanan Pelanggan

- **Dukungan/Helpdesk** (telepon/WA, CRM sederhana)
- **Perangkat pengganti sementara** (pool modem/CPE)

OPEX fixed vs variable

- **Fixed:** upstream base, sewa lokasi, listrik minimum, gaji inti.
- **Variable:** ticketing lapangan, spare parts, top-up bandwidth saat pelanggan bertambah.

Metrik kunci (supaya cepat dihitung)

- **Total CAPEX** = (Infrastruktur inti + Backhaul + Distribusi lokal) + (CPE × jumlah pelanggan yang disubsidi) + Pekerjaan/Soft cost.
- **OPEX/bln** = Upstream + Listrik + Sewa + Perawatan/12 + Operasional lain.

- **ARPU** (tarif bulanan rata-rata) → target desa umumnya **Rp 120–175 ribu**.
- **Pendapatan/bln** = $\text{ARPU} \times \text{jumlah pelanggan aktif}$.
- **Laba operasional/bln** = $\text{Pendapatan} - \text{OPEX}$.
- **Payback (bulan)** $\approx \text{Total CAPEX} \div \text{Laba operasional/bln}$.
- **Cap pelanggan per sektor** (wireless): jaga **$\leq 35\text{--}45$ CPE/sektor** untuk kualitas baik.
- **Cap pelanggan per ODP** (fiber): sesuai **split ratio** (mis. 1:8, 1:16, 1:32).

Checklist praktis sebelum belanja

- Tentukan **arsitektur**: wireless murni, fiber murni, atau hybrid.
- Kunci **kualitas upstream** (SLA, latensi, upgrade step & harga).
- Hitung **tiang/rooftop/pohon** per bentang & jalur aman (jauh dari kabel PLN).
- Siapkan **grounding & proteksi petir** (sumber kerusakan paling sering).
- Rencanakan **power backup** (UPS/genset/solar untuk listrik tidak stabil).
- Putuskan **skema CPE**: dibeli pelanggan, dicicil, atau disubsidi (pengaruh besar ke CAPEX & payback).
- Siapkan **monitoring & SOP dukungan** (NMS, template WA, spare unit).

Model Pembiayaan: Subsidi, Publik-Privat, dan Mandiri

Baik, mari kita bahas **model pembiayaan untuk internet desa** berdasarkan tiga pendekatan utama: **subsidi pemerintah**, **kerjasama publik–privat (PPP)**, dan **mandiri/komunitas**.

Model Subsidi Pemerintah

Dalam model ini, negara menjadi aktor utama dengan menanggung sebagian besar biaya pembangunan infrastruktur.

- **Mekanisme:** Pemerintah pusat/daerah mengalokasikan anggaran (APBN/APBD) untuk membangun jaringan (serat optik, BTS, satelit), lalu operator diberi subsidi untuk mengoperasikannya.
- **Kelebihan:**
 - Bisa menjangkau daerah terpencil yang tidak menarik secara komersial.
 - Biaya bagi masyarakat bisa ditekan.
 - Mendorong pemerataan akses digital.
- **Kekurangan:**
 - Tergantung kapasitas fiskal negara.
 - Risiko inefisiensi dan salah sasaran jika tata kelola lemah.
- **Contoh:** Program Palapa Ring di Indonesia, atau Universal Service Obligation (USO) di banyak negara.

Model Publik–Privat (PPP)

Model ini mengandalkan kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan kadang LSM.

- **Mekanisme:**
 - Pemerintah menyediakan insentif (misalnya keringanan pajak, lahan, subsidi awal).
 - Swasta membangun dan mengoperasikan jaringan dengan jaminan pasar minimal.
 - LSM/komunitas dapat membantu dari sisi literasi digital dan partisipasi masyarakat.
- **Kelebihan:**
 - Beban fiskal berkurang karena berbagi risiko dengan sektor swasta.
 - Lebih berorientasi pada keberlanjutan (ada model bisnis).
 - Mendorong inovasi (misalnya penggunaan teknologi wireless murah, IoT).
- **Kekurangan:**
 - Profit masih menjadi motivasi utama swasta → desa yang sangat miskin bisa tetap tertinggal.

- Perlu regulasi yang jelas agar tidak timpang (misalnya tarif terlalu tinggi).
- **Contoh:** Kemitraan Google dan pemerintah India (Google Station untuk Wi-Fi publik), proyek fiber bersama Telkom–pemerintah di Indonesia.

Model Mandiri/Komunitas

Pendekatan ini mengandalkan masyarakat atau koperasi desa.

- **Mekanisme:**
 - Komunitas membentuk koperasi/kelompok usaha bersama.
 - Mereka mengumpulkan modal (iuran, crowdfunding, dana desa). Infrastruktur sederhana (misalnya Wi-Fi berbasis radio, mesh network) dibangun dan dikelola secara kolektif.
- **Kelebihan:**
 - Tingkat kepemilikan dan partisipasi masyarakat tinggi.
 - Bisa lebih murah karena biaya operasional ditanggung bersama.
 - Fleksibel sesuai kebutuhan lokal.
- **Kekurangan:**
 - Skala terbatas dan kualitas jaringan bisa lebih rendah.
 - Perlu kapasitas teknis dan manajemen dari warga.
- **Contoh:** ISP komunitas seperti **Baião Digital** di Brasil atau **AirJaldi** di India; beberapa desa di Indonesia menggunakan Dana Desa untuk Wi-Fi lokal.

Perbandingan Singkat

Aspek	Subsidi	Publik–Privat	Mandiri
Aktor utama	Pemerintah	Pemerintah + Swasta	Komunitas
Keberlanjutan	Bergantung anggaran	Lebih stabil (ada profit)	Bergantung kapasitas komunitas
Skalabilitas	Tinggi (jika fiskal kuat)	Tinggi di area semi-komersial	Rendah–menengah
Inklusivitas	Tinggi (bisa target daerah terpencil)	Sedang (swasta pilih lokasi potensial)	Tinggi (karena fokus kebutuhan lokal)

Benchmarking Biaya di Berbagai Negara

Berikut **benchmark biaya Internet desa** lintas negara—memadukan angka *capex* (biaya pembangunan) dan harga langganan (beban ke pengguna), supaya Anda bisa membandingkan skenario Subsidi, KPBU/PPP, dan Mandiri.

Ringkasan kilat

- **Fiber desa (FTTH)** di AS: biaya per mil **US\$51k–220k** tergantung metode (aerial vs underground) dan medan; **cost per home passed (CPHP)** di pedesaan **~US\$3.4k–US\$5.9k** dan bisa **>US\$10k** di medan ekstrem. Cocok untuk **subsidi/PPP** jika targetnya jangka panjang & kapasitas tinggi. (broadbandusa.ntia.gov)
- **BTS 4G desa (FWA/backhaul)** di Indonesia: indikasi **Rp ~2,4–2,6 miliar per site** (pengakuan di persidangan proyek BAKTI). Cocok untuk **subsidi/PPP** saat densitas rendah namun ada demand seluler. ([Gatra](#))
- **LEO satelit (Starlink) – harga ritel**:
 - Indonesia: **Rp 479 ribu (Lite) & Rp 750 ribu (Residen)**/bln. Perangkat biasa di kisaran **Rp 5,9 juta** (perubahan promo sewaktu-waktu). ([Starlink](#), [suara.com](#))
 - AS: **US\$120/bln (Residen)**; ada promo/varian Lite di beberapa area. ([Starlink](#))

Benchmark biaya pembangunan (CapEx)

Negara/Program	Teknologi & Cakupan	Indikasi Biaya
AS (NTIA Broadband 101)	Fiber – pedesaan/remote	Cost per mile (CPM) : aerial US\$32k–78.5k , underground US\$51k–220k . CPHP : aerial US\$2.1k–4.3k (rural), underground US\$3.4k–5.9k (rural), bisa >US\$10k di ekstrem. (broadbandusa.ntia.gov)
Indonesia – Palapa Ring (tulang punggung serat optik nasional)	Backbone (Barat, Tengah, Timur) – skema KPBU	Capex: Paket Barat Rp 1,23T, Paket Tengah Rp 1,09T, Paket Timur ~Rp 5,1T (nilai proyek/Capex). Untuk Paket Barat, panjang ±2.000 km → ~Rp 614 juta/km berbasis capex. (KPB Kemenkeu , PTPII , Infradigital)

Indonesia – BAKTI BTS 4G (wilayah 3T)	Akses seluler (FWA/backhaul)	Estimasi biaya bangun 1 BTS ~Rp 2,4–2,6 miliar per site (data persidangan proyek tahap-1). Target total sempat 7.904 titik . (Gatra , liputan6.com)
India – BharatNet (backbone ke 2,5 lakh GP)	Backbone & distribusi ke ~250.000 Gram Panchayat	Pendanaan disetujui Rs 42.068 crore (Phase I–II). Status per Mei 2025: ~214.325 GP tersambung, ~693.303 km OFC . Rata-rata kasar ~₹1,68 juta/GP (42.068 crore / 250k GP).
Peru – Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO)	Backbone nasional ±13.500 km	Biaya US\$333 juta total → ~US\$24.7k per km (333M/13.5k). (bnamericas.com)
Kenya – Proyek USF (contoh 2024)	Fiber ke daerah underserved	Indikasi paket konstruksi ~KES 5 miliar untuk ±2.500 km ruas → ~KES 2 juta/km (angka rencana CAK/USF). (dsti.gov.za)

Catatan metodologi: angka per-km/per-passing sangat dipengaruhi **medan, metode (aerial/underground), kepadatan rumah, izin/kompensasi lahan, dan existing infra**—gunakan rentang, bukan satu titik, saat menyusun RAB. Referensi NTIA memberi *range* untuk berbagai arketipe wilayah. ([broadbandusa.ntia.gov](#))

Benchmark harga langganan (Opex level konsumen)

Negara	Penyedia/Produk	Harga contoh (per bulan)
Indonesia	Starlink Residential Lite	Rp 479.000/bln (deprioritized). (Starlink)
	Starlink Residential	Rp 750.000/bln ; perangkat standar banyak periode di Rp 5,9 juta . (Starlink , suara.com)
India	BSNL FTTH – “Ghar Ka WiFi/Rural 399”	Mulai ₹399/bln (paket entry 40 Mbps); paket 150 Mbps sekitar ₹849/bln (contoh rilis/daftar plan BSNL). (Gadgets 360 , Cashify)
Kenya	Mawingu Home WiFi	KES 2.500/bln (10 Mbps, unlimited) – deposit satu kali KES 3.000 . (mawingu.co)
Peru	HughesNet satelit	S/ 180/bln (paket 40 GB) hingga S/ 249 (80 GB). (Selectra)
AS	Starlink Residential	US\$120/bln (varian Lite & promo berbeda per wilayah). (Starlink)

	Fixed Wireless (Verizon 5G Home)	US\$35–45/bln dengan AutoPay & bundling (promo lokasi-tertentu). (Lifewire , allconnect.com)
--	---	---

Implikasi ke model pembiayaan

- **Subsidi murni (USO/hibah negara):** efektif untuk **backbone/last-mile mahal** (mis. **CPHP > US\$6–10k** di wilayah sangat jarang). Cocok untuk backbone seperti **RDNFO** (Peru) atau **BharatNet** (India) yang menurunkan biaya marjinal operator ritel. ([broadbandusa.ntia.gov](#), [bnamericas.com](#))
- **KPBU/PPP (availability payment/long-term concession):** cocok untuk **backbone multi-wilayah** dengan CAPEX besar tetapi *cashflow* bisa dinormalisasi jadi **AP** (contoh **Palapa Ring**). ([Setneg](#))
- **Mandiri/Komersial:** layak di **desa semi-padat** atau **koridor dengan anchor-tenancy** (sekolah/puskesmas/kantor desa) untuk memastikan *take-rate*. **FWA/5G Home** dan **LEO** sering jadi opsi awal karena **capex awal rendah** dibanding FTTH, lalu dinaikkan ke fiber saat demand mapan. ([Lifewire](#))

Tips menyusun RAB cepat (rule-of-thumb)

1. **Fiber FTTH desa:** pakai patokan **CPHP NTIA** — mulai **US\$3.4k–5.9k** (rural underground) dan **>US\$10k** di medan sulit, tambah **drop + CPE ~US\$1.8k per pelanggan tersambung** (drop + electronics + CPE + share middle-mile kasar dari deck NTIA). Gunakan *take-rate* konservatif 30–40% untuk memproyeksikan *capex per connected*. ([broadbandusa.ntia.gov](#))
2. **BTS 4G/FWA:** anggarkan **Rp ~2,5 miliar per site** + power & backhaul (microwave/fiber). Radius dan trafik menentukan jumlah site. ([Gatra](#))
3. **LEO satelit:** capex awal **perangkat** (Indonesia ±Rp 5,9 juta saat ini) dan **opex ritel Rp 479–750 ribu/bln**—baik sebagai **jembatan** sambil menunggu fiber/FWA. ([suara.com](#), [Starlink](#))

Catatan penting perbandingan

- **Harga ritel vs kemampuan bayar:** gunakan metrik ITU **price basket** (2 GB mobile & 5 GB fixed) untuk cek keterjangkauan (sebagai % GNI per kapita). Tren 2023–2024: **semakin terjangkau secara median global**, namun jurang **pedesaan** masih besar. ([ITU](#))
- **Biaya sangat lokal:** izin, medan, ketersediaan tiang/duct, dan koordinasi utilitas bisa **menggandakan** biaya dibanding rata-rata. Referensi NTIA menunjukkan **underground** jauh lebih mahal dari **aerial**. ([broadbandusa.ntia.gov](#))

BAB 3: Klasifikasi Wilayah Rural

Tipologi Wilayah Rural (Geografis, Demografis, Ekonomi)

Dimensi Geografis

Wilayah rural Indonesia sangat beragam, mulai dari desa pesisir, pedalaman hutan, daerah pegunungan, hingga pulau-pulau kecil terluar. **Karakter geografis ini menentukan biaya infrastruktur internet.**

- **Wilayah pegunungan** (misalnya Papua bagian tengah atau pegunungan di Sulawesi): membutuhkan investasi tinggi untuk akses fiber atau tower karena kontur berbukit. Biaya pembangunan tower bisa mencapai **Rp700 juta – Rp1 miliar per unit** karena perlu pondasi khusus dan akses jalan.
- **Wilayah pesisir** (desa pantai di NTB atau Maluku): relatif lebih mudah untuk deployment wireless, tetapi rawan korosi dan cuaca ekstrem.
- **Pulau kecil/terluar**: transportasi logistik mahal, sehingga biaya *CAPEX* meningkat. Contoh: pengiriman material via kapal kecil bisa menambah biaya hingga **10–15% dari total proyek**.

Tipologi Geografis	Tantangan	Estimasi Biaya Infrastruktur
Pegunungan	Akses jalan sulit, kontur curam	Tower Rp700 jt–Rp1 M/unit
Pesisir	Cuaca ekstrem, korosi	Wireless FWA Rp200–300 jt/site
Pulau kecil	Logistik mahal	Tambahan 10–15% dari total CAPEX

Dimensi Demografis

Demografi desa di Indonesia ditandai oleh kepadatan penduduk yang rendah, distribusi tersebar, serta tingkat pendidikan yang variatif. **Faktor ini mempengaruhi permintaan (demand) layanan internet.**

- **Desa padat (≥ 400 jiwa/km²)** seperti di Jawa: biaya per pengguna relatif rendah karena jumlah pelanggan banyak. Jika satu BTS Rp500 juta melayani 500 KK, maka biaya rata-rata per KK = **Rp1 juta**.
- **Desa jarang penduduk (<100 jiwa/km²)** seperti di NTT atau Kalimantan pedalaman: satu BTS melayani hanya 100 KK, sehingga biaya rata-rata per KK naik menjadi **Rp5 juta**.
- **Tingkat literasi digital** juga menentukan utilisasi. Desa dengan tingkat pendidikan rendah cenderung menggunakan internet sebatas komunikasi, bukan untuk produktivitas (misalnya e-commerce).

Dimensi Ekonomi

Ekonomi desa di Indonesia masih didominasi sektor primer (pertanian, perikanan, perkebunan). **Pendapatan rumah tangga rata-rata di desa sekitar Rp2–3 juta per bulan (BPS, 2023).** Hal ini membatasi *willingness to pay* untuk internet.

- **Jika tarif internet Rp150 ribu/bulan**, maka kontribusinya sekitar 5–7% dari pendapatan rumah tangga. Angka ini tergolong tinggi, sehingga adopsi internet sering bergantung pada subsidi atau skema komunitas.
- Desa dengan basis ekonomi kuat (misalnya desa wisata di Bali atau sentra industri kecil di Jawa Barat) lebih mudah menanggung biaya layanan. Sebaliknya, desa subsisten (pertanian subsistensi di Papua, Maluku, NTT) memerlukan intervensi pemerintah.

Contoh perhitungan sederhana:

- **Desa A (ekonomi kuat, pendapatan rata-rata Rp3,5 juta/KK)** → kemampuan bayar internet Rp200 ribu/bulan cukup feasible.
- **Desa B (ekonomi subsisten, pendapatan Rp2 juta/KK)** → kemampuan bayar hanya sekitar Rp80 ribu/bulan, sehingga gap Rp70–120 ribu perlu ditutup dengan subsidi, koperasi, atau *community network*.

Kesimpulan Kritis

Tipologi rural di Indonesia **tidak bisa diseragamkan. Geografis menentukan CAPEX, demografi menentukan *demand density*, dan ekonomi menentukan *willingness to pay*.** Kombinasi ketiga dimensi ini harus menjadi dasar strategi deployment internet berbasis biaya (*cost-based deployment*). Tanpa pemetaan tipologi yang detail, program penyediaan internet desa berisiko tidak berkelanjutan—baik dari sisi finansial maupun sosial.

Tantangan Infrastruktur dan Topografi

Hambatan Geografis dan Aksesibilitas

Salah satu **tantangan utama pembangunan infrastruktur internet di desa** adalah kondisi topografi yang sangat beragam. Desa di **wilayah pegunungan** seperti Papua dan Sulawesi Tengah menghadapi kesulitan transportasi material karena akses jalan terbatas. Sebagai contoh, biaya pengangkutan material tower telekomunikasi ke lokasi pedalaman bisa mencapai **Rp200–300 juta per unit**, hampir setara dengan biaya pembangunan tower itu sendiri. Kondisi ini membuat *Capital Expenditure (CAPEX)* melonjak dua kali lipat dibanding desa di dataran rendah.

Sebaliknya, desa **pesisir** relatif lebih mudah dijangkau, namun menghadapi risiko kerusakan infrastruktur akibat cuaca ekstrem dan korosi air laut. Hal ini memaksa operator untuk mengeluarkan biaya tambahan perawatan (*Operational Expenditure/OPEX*) hingga **20–25% lebih tinggi** dibandingkan daerah non-pesisir.

Tantangan Energi dan Ketersediaan Listrik

Banyak desa rural, terutama di NTT, Maluku, dan Papua, **belum memiliki akses listrik yang stabil**. Tower telekomunikasi sering harus mengandalkan genset atau panel surya.

- **Biaya solar cell skala kecil** (± 5 kWp untuk mendukung satu BTS mikro) berkisar **Rp150–200 juta** di awal investasi.
- Jika menggunakan genset, konsumsi bahan bakar bisa mencapai **Rp10–15 juta per bulan**, sehingga OPEX membebani keberlanjutan layanan.

Perbandingan sederhana:

- **Desa dengan PLN stabil** → OPEX listrik Rp3–5 juta/bulan.
- **Desa tanpa PLN (genset)** → OPEX listrik Rp12 juta/bulan.
→ Ada selisih biaya **Rp9 juta/bulan**, yang jika dikalikan 1 tahun setara **Rp108 juta**, cukup untuk menambah satu BTS mikro baru.

Fragmentasi Wilayah dan Skala Ekonomi

Indonesia memiliki lebih dari **17.000 pulau**, sehingga **skala ekonomi penyediaan internet sulit dicapai**. Operator sering kali tidak mencapai *break-even point* karena jumlah pengguna terlalu sedikit per site. Misalnya:

- Satu BTS dengan biaya **Rp500 juta** hanya melayani 100 KK → biaya investasi rata-rata per KK = **Rp5 juta**.
- Sebaliknya, di desa padat di Jawa, BTS yang sama bisa melayani 500 KK → biaya investasi rata-rata per KK = **Rp1 juta**.

Artinya, **topografi dan kepadatan penduduk saling berkaitan**, menentukan apakah biaya deployment bisa diturunkan atau justru membengkak.

Ringkasan Tantangan Infrastruktur & Topografi

Aspek Tantangan	Dampak Biaya	Contoh Angka (Rp)
Akses jalan/pegunungan	CAPEX meningkat	Transport material tower: 200–300 jt
Pesisir/korosi	OPEX meningkat	Maintenance naik 20–25%
Energi (tanpa PLN)	OPEX tinggi	Genset: 12 jt/bln vs PLN: 3–5 jt/bln
Pulau kecil/jarak jauh	Skala ekonomi rendah	Investasi/KK: 5 jt (desa jarang) vs 1 jt (desa padat)

Kesimpulan Kritis

Tantangan infrastruktur dan topografi di desa Indonesia **tidak semata persoalan teknologi**, melainkan kombinasi faktor geografis, energi, dan skala ekonomi. **CAPEX membengkak di daerah pegunungan dan pulau kecil, sementara OPEX melonjak di wilayah tanpa listrik stabil.** Kondisi ini menuntut strategi deployment berbasis biaya (*cost-based deployment*) yang berbeda-beda sesuai tipologi desa. Tanpa pendekatan yang tajam dan berbasis data, investasi internet di rural akan sulit berkelanjutan dan tidak mampu menjangkau masyarakat yang paling membutuhkan.

Analisis Kebutuhan Bandwidth & Demand Forecasting

Dinamika Kebutuhan Bandwidth

Kebutuhan bandwidth di wilayah rural **tidak bisa dipandang statis**, karena pola konsumsi internet masyarakat desa berubah seiring meningkatnya literasi digital. Awalnya, penggunaan lebih banyak untuk komunikasi dasar (*chat* dan *social media*), namun tren terbaru menunjukkan pergeseran ke **video streaming, layanan pendidikan online, hingga e-commerce desa**. Data Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII, 2023) menunjukkan bahwa **56% pengguna internet desa kini mengakses video streaming**, sementara **32% menggunakan internet untuk transaksi ekonomi digital**.

Sebagai gambaran, standar kebutuhan bandwidth per pengguna:

- *Basic use* (chat, WA, browsing ringan): **0,5–1 Mbps**
- *Standard use* (video conference, streaming SD): **2–3 Mbps**
- *Advanced use* (streaming HD, e-learning interaktif): **5–8 Mbps**

Jika satu desa memiliki **300 rumah tangga dengan 4 orang per rumah**, maka total populasi pengguna sekitar 1.200 orang. Jika 30% pengguna aktif bersamaan (*concurrent users*), maka **360 orang** butuh akses. Dengan rata-rata kebutuhan 3 Mbps per orang, maka kebutuhan bandwidth = $360 \times 3 \text{ Mbps} = 1.080 \text{ Mbps} \approx 1,1 \text{ Gbps}$.

Tantangan Demand Forecasting

Permintaan internet di desa sering kali **underestimated** oleh operator karena dianggap rendah daya beli. Padahal, riset BPS (2023) menunjukkan bahwa rumah tangga desa rata-rata mengalokasikan **5–7% pendapatan bulanan untuk pulsa/data**, atau sekitar **Rp120.000–Rp180.000 per bulan**. Dengan 300 rumah tangga, potensi pasar desa = **Rp45–54 juta/bulan**.

Namun, demand tidak seragam di semua wilayah rural. Faktor yang memengaruhi antara lain:

- **Kepadatan penduduk**: desa padat lebih cepat mencapai skala ekonomi.
- **Tingkat pendidikan**: desa dengan SMA/Universitas cenderung lebih tinggi demand e-learning.
- **Ekonomi lokal**: desa wisata atau sentra industri kecil memiliki permintaan internet lebih besar karena dipakai untuk pemasaran digital.

Model Perhitungan Forecasting Sederhana

Pendekatan forecasting praktis dapat menggunakan model:

Total Bandwidth Demand = (Jumlah KK × rata-rata anggota keluarga × % pengguna aktif × kebutuhan Mbps rata-rata)

Contoh:

- Desa X dengan 400 KK, rata-rata 4 orang per KK → total populasi = 1.600
- Asumsi *active user ratio* = 25% → 400 pengguna aktif
- Rata-rata kebutuhan = 3 Mbps
→ Total kebutuhan bandwidth = **400 × 3 Mbps = 1.200 Mbps = 1,2 Gbps**

Jika bandwidth wholesale dihargai **Rp80.000 per Mbps/bulan** (tarif upstream), maka biaya operasional internet desa = **1.200 × Rp80.000 = Rp96 juta/bulan**. Dengan potensi pendapatan Rp60 juta/bulan (400 KK × Rp150 ribu/KK), terlihat adanya gap sekitar **Rp36 juta/bulan**. Gap ini harus ditutup dengan:

- efisiensi teknologi (misalnya caching lokal),
- subsidi silang, atau
- skema koperasi komunitas.

Ringkasan Faktor Penentu Demand

Faktor Penentu	Dampak ke Bandwidth	Contoh Angka
Kepadatan penduduk	Skala ekonomi tercapai lebih cepat	500 KK → 1 BTS ekonomis
Tingkat pendidikan	Permintaan e-learning, video conference	Bandwidth ↑ 20–30%
Ekonomi lokal	UMKM & wisata butuh pemasaran digital	Rp200 ribu/KK/bulan feasible
Literasi digital	Meningkatkan concurrent users	Dari 20% → 35% pengguna aktif

Kesimpulan Kritis

Analisis kebutuhan bandwidth dan *demand forecasting* di desa Indonesia harus realistis namun progresif. **Mengabaikan tren kenaikan konsumsi data akan membuat deployment under-capacity**, yang berujung pada kualitas buruk dan rendahnya adopsi. Sebaliknya, **overestimasi tanpa model bisnis berbasis biaya akan membebani OPEX operator**. Pendekatan *cost-based deployment* harus mengintegrasikan variabel demografi, ekonomi, dan perilaku digital desa untuk menghasilkan proyeksi yang akurat, sehingga infrastruktur yang dibangun benar-benar **sustainable dan inklusif**.

BAB 4: Strategi Teknologi Berdasarkan Biaya

Fiber Optic: Biaya Tinggi, Kualitas Tinggi

Fiber optic secara konsisten menjadi teknologi dengan **kualitas layanan tertinggi** untuk internet. Ia menawarkan **bandwidth besar, latensi rendah, dan reliabilitas jangka panjang** yang sulit disaingi oleh teknologi lain. Namun, keunggulan ini datang dengan harga: **biaya investasi awal (CAPEX) yang tinggi**, terutama bila harus membentangkan jaringan hingga ke desa terpencil.

Komponen Biaya Utama

Pembangunan jaringan fiber di wilayah rural biasanya melibatkan beberapa elemen kunci:

- **Fiber drop wire:** Rp800/meter (biaya material inti).
- **Aksesoris jaringan:** konektor, ODF, *splice box*, dan *joint closure*, biasanya menambah 20–30% dari biaya kabel.
- **Peralatan aktif:** OLT (Optical Line Terminal) di sisi pusat dan ONT (Optical Network Terminal) di rumah pengguna. Harga ONT untuk pelanggan sekitar Rp350 ribu – Rp500 ribu per unit.
- **Pemasangan dan perijinan:** bisa menambah Rp50–100 juta tergantung skala proyek.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan sebuah desa dengan **200 rumah tangga** berjarak 5 km dari jaringan fiber terdekat.

- **Fiber drop wire:** 5.000 meter × Rp800 = **Rp4 juta**.
- **Aksesoris dan instalasi:** ± Rp1 juta/km = **Rp5 juta**.
- **Peralatan aktif (ONT untuk 200 rumah tangga):** 200 × Rp400 ribu = **Rp80 juta**.
- **OLT mini di sisi pusat:** ± Rp30 juta.

Total CAPEX ≈ Rp119 juta.

Jika dibagi ke 200 rumah tangga:

- Biaya investasi per rumah tangga = Rp119 juta ÷ 200 = **Rp595 ribu**.
- Jika diasumsikan amortisasi 5 tahun, biaya per bulan ≈ Rp595 ribu ÷ 60 = **Rp9.900 per rumah tangga**, di luar biaya langganan internet bulanan.

Tabel Ringkas: Fiber Optic

Komponen	Estimasi Biaya
Fiber drop wire	Rp800 per meter
Instalasi + aksesoris	± Rp1 juta/km
ONT pelanggan	Rp350–500 ribu per unit
OLT mini	± Rp30 juta
Biaya per rumah (200 unit)	± Rp595 ribu (CAPEX awal)

Refleksi Kritis

Jika melihat angka di atas, fiber optic tampak tidak terlalu mahal **jika skala rumah tangga cukup besar** (≥200). Namun, untuk desa kecil (misalnya hanya 50 rumah tangga), biaya per pengguna melonjak hingga ± Rp2,3 juta, sehingga lebih sulit dijangkau tanpa subsidi atau kolaborasi publik-privat.

Dengan demikian, **fiber optic ideal untuk desa dengan kepadatan rumah tinggi dan potensi ekonomi yang memadai**, karena biaya bisa ditekan melalui skala ekonomi. Di sisi lain, desa kecil dengan penyebaran rumah yang berjauhan mungkin lebih rasional menggunakan **Fixed Wireless Access** atau **hybrid fiber-wireless**.

Fixed Wireless Access: Biaya Sedang, Fleksibilitas Tinggi

Fixed Wireless Access (FWA) merupakan salah satu solusi yang paling cocok untuk wilayah rural karena **biaya pembangunan relatif sedang dan fleksibilitas cakupan cukup tinggi**. Berbeda dengan fiber optic yang membutuhkan investasi besar untuk penggalian dan penanaman kabel, FWA mengandalkan jaringan radio dengan memanfaatkan menara dan perangkat pemancar-penerima (*radio access equipment*).

Keunggulan lain FWA adalah **adaptabilitas**. Sistem ini dapat dibangun secara bertahap dengan biaya terbatas, terutama jika menggunakan menara triangle murah dan perangkat *wireless* kelas menengah seperti UBNT atau Mikrotik. Dengan cara ini, desa dapat memulai pembangunan jaringan internet dengan modal kecil, kemudian memperluas kapasitas sesuai pertumbuhan pengguna.

Komponen Biaya Utama

1. **Menara triangle**: harga sekitar **Rp1–2 juta per 5 meter**. Untuk kebutuhan 20 meter, total biaya hanya **Rp4–8 juta**, jauh lebih murah dibandingkan menara baja komersial yang bisa mencapai ratusan juta rupiah.
2. **Perangkat radio (UBNT/Mikrotik)**: kisaran **Rp2–5 juta per titik** tergantung spesifikasi throughput.
3. **Perangkat rumah pelanggan (CPE/router kecil)**: sekitar **Rp500 ribu – Rp1 juta per rumah tangga**.
4. **OPEX**: biaya listrik, perawatan teknisi, serta jika menggunakan spektrum berlisensi, perlu tambahan biaya izin.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan sebuah desa dengan **100 rumah tangga** ingin membangun jaringan internet menggunakan FWA dengan satu menara triangle 20 meter.

- **Menara triangle**: Rp6 juta (asumsi 20 m).
- **Perangkat radio (UBNT/Mikrotik)**: Rp10 juta (dua unit sektor).
- **Instalasi dan konfigurasi**: Rp4 juta.
- **Total CAPEX**: Rp20 juta.

Jika dibagi ke 100 rumah tangga:

- Biaya investasi per rumah tangga = $\text{Rp20 juta} \div 100 = \text{Rp200 ribu}$.

Dengan amortisasi 3 tahun (36 bulan), biaya per rumah tangga = $\text{Rp200 ribu} \div 36 = \text{Rp5.500 per bulan}$. Tambahkan CPE sekitar Rp800 ribu (sekali bayar) dan OPEX ± Rp50 ribu/bulan per pelanggan (listrik + bandwidth), maka total biaya bulanan bisa ditekan di kisaran **Rp60 ribu per rumah tangga**.

Tabel Ringkas: Fixed Wireless Access dengan UBNT/Mikrotik

Komponen	Estimasi Biaya
Menara triangle 20 m	Rp4–8 juta
Perangkat radio	Rp2–5 juta per titik
Instalasi	Rp3–5 juta
CPE pelanggan	Rp0,5–1 juta per rumah tangga
OPEX bulanan	Rp40–60 ribu per rumah tangga (bandwidth+listrik)

Refleksi Kritis

Model ini membuktikan bahwa **FWA dengan perangkat low-cost** dapat menurunkan hambatan biaya secara signifikan. Jika dibandingkan dengan fiber optic yang bisa mencapai Rp5–10 juta per rumah tangga di desa kecil, FWA berbasis UBNT/Mikrotik hanya membutuhkan biaya awal ratusan ribu per rumah tangga.

Namun, perlu dicatat bahwa **kapasitas jaringan terbatas**. Pada beban tinggi (ratusan pengguna simultan), throughput bisa turun drastis dan kualitas layanan menurun. Oleh karena itu, pendekatan ini lebih cocok untuk **desa dengan populasi kecil–sedang (100–500 rumah tangga)** dan bisa ditingkatkan dengan penambahan sektor radio atau menara tambahan seiring meningkatnya permintaan.

Satelit (LEO/MEO/GEO): Biaya Variatif, Cakupan Luas

Teknologi satelit sejak lama menjadi **penyelamat bagi wilayah rural dan terpencil** yang tidak terjangkau kabel maupun *wireless terrestrial*. Keunggulan utama satelit adalah **cakupan luas**—bahkan desa di kepulauan kecil, pegunungan, atau hutan terpencil tetap bisa memperoleh layanan internet. Namun, biaya penggunaan satelit sangat variatif, tergantung pada **jenis orbit** (LEO, MEO, atau GEO), perangkat terminal yang digunakan, dan kapasitas bandwidth yang disediakan.

- **Satelit GEO (Geostationary Orbit):** berada di ketinggian ± 36.000 km, mencakup area luas. Biaya per Mbps relatif lebih murah, tetapi latensi tinggi (600 ms ke atas). Cocok untuk aplikasi broadcasting dan akses dasar.
- **Satelit MEO (Medium Earth Orbit):** berada di ketinggian 2.000–20.000 km. Latensi lebih rendah dari GEO (150–300 ms), namun biaya perangkat dan kapasitas masih menengah.
- **Satelit LEO (Low Earth Orbit):** ketinggian 500–2.000 km, latensi rendah (20–40 ms), kualitas mendekati fiber. Namun biaya perangkat terminal masih mahal, meski harga terus turun dengan hadirnya pemain global seperti Starlink.

Komponen Biaya Utama

1. **Perangkat penerima (VSAT atau terminal satelit LEO):**
 - GEO/MEO: $\pm$ Rp15–30 juta per stasiun VSAT.
 - LEO (misalnya Starlink): sekitar Rp7–10 juta per unit *user terminal*.
2. **Biaya langganan bulanan:**
 - GEO/MEO: Rp15–30 juta per 10–20 Mbps.
 - LEO: Rp1,2–1,5 juta per terminal per bulan, dengan kecepatan 50–250 Mbps.
3. **OPEX tambahan:** listrik (relatif kecil), teknisi, dan instalasi awal.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan sebuah desa dengan **50 rumah tangga** menggunakan terminal LEO (Starlink) seharga Rp8 juta dengan biaya bulanan Rp1,5 juta:

- **Investasi terminal:** $\text{Rp8 juta} \div 50 \text{ rumah tangga} = \text{Rp160 ribu per rumah tangga}$ (sekali bayar).
- **Biaya langganan bulanan:** $\text{Rp1,5 juta} \div 50 \text{ rumah tangga} = \text{Rp30 ribu per rumah tangga}$.
- Dengan tambahan listrik dan pemeliharaan Rp5 ribu per rumah tangga, total biaya bulanan sekitar **Rp35 ribu per rumah tangga**.

Sebaliknya, jika menggunakan VSAT GEO dengan kapasitas 10 Mbps seharga Rp20 juta/bulan untuk 50 rumah tangga:

- **Biaya bulanan per rumah tangga** = $\text{Rp20 juta} \div 50 = \text{Rp400 ribu per rumah tangga}$.
- Dengan latensi tinggi dan kecepatan terbatas, kualitas layanan lebih rendah dibandingkan LEO, meski tetap berguna untuk layanan dasar pemerintahan dan pendidikan.

Tabel Ringkas: Satelit (LEO/MEO/GEO)

Jenis Satelit	Latensi	Perangkat Awal	Biaya Bulanan	Cocok Untuk
GEO	600 ms+	Rp15–30 juta (VSAT)	Rp15–30 juta / 10–20 Mbps	Desa terpencil dengan kebutuhan dasar
MEO	150–300 ms	Rp20–40 juta (VSAT)	Rp20–40 juta / 20–50 Mbps	Wilayah menengah dengan aplikasi edukasi
LEO	20–40 ms	Rp7–10 juta (terminal)	Rp1,2–1,5 juta / 50–250 Mbps	Desa dengan kebutuhan aplikasi modern

Refleksi Kritis

Satelit menawarkan akses universal, tetapi harga sangat menentukan kelayakan. LEO memberikan kualitas terbaik namun masih relatif mahal jika ditanggung individu. Oleh karena itu, model paling masuk akal adalah **akses kolektif berbasis komunitas atau sekolah**, di mana biaya bulanan ditanggung bersama. Dengan cara ini, biaya Rp1,5 juta per bulan bisa ditekan menjadi hanya puluhan ribu rupiah per pengguna.

Bagi pemerintah, strategi cost-based perlu melihat satelit sebagai **jembatan sementara** sebelum fiber atau wireless menjangkau desa. Satelit LEO bisa dipakai untuk wilayah dengan potensi sosial tinggi (misalnya sekolah terpencil), sementara satelit GEO lebih cocok untuk program layanan dasar dengan bandwidth rendah.

Hybrid Approach (Fiber + Wireless + Satelit)

Dalam konteks pembangunan internet di wilayah rural, **tidak ada satu teknologi yang dapat menjadi solusi tunggal**. Setiap desa memiliki karakteristik geografis, demografis, dan daya beli yang berbeda, sehingga strategi paling efektif adalah **pendekatan hibrida (hybrid approach)**. Konsep ini menggabungkan **fiber optic sebagai backbone utama**, **Fixed Wireless Access (FWA) sebagai distribusi lokal**, dan **satelit sebagai solusi pengisi kesenjangan (gap filler)**.

Prinsip Dasar Hybrid Approach

1. **Fiber optic** digunakan sebagai *backbone* utama dari kota ke desa besar terdekat, karena memberikan bandwidth besar dan biaya operasional rendah.
2. **Fixed Wireless Access (FWA)** memanfaatkan tower kecil dan perangkat murah (UBNT/Mikrotik) untuk mendistribusikan internet ke rumah tangga dalam radius 3–10 km.
3. **Satelit** digunakan untuk desa yang benar-benar terpencil, sulit dijangkau fiber atau wireless (misalnya pulau kecil atau lembah terisolasi).

Dengan kombinasi ini, biaya deployment dapat ditekan sambil tetap memberikan kualitas layanan yang layak.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan satu kecamatan dengan **1.000 rumah tangga** tersebar di tiga desa:

- **Desa A (500 rumah)**: terletak dekat jalan raya → menggunakan fiber optic sepanjang 3 km dengan biaya Rp800/m = Rp2,4 juta + ONT Rp500 ribu × 500 rumah = Rp250 juta.
- **Desa B (300 rumah)**: berjarak 5 km dari Desa A, dilayani FWA dengan tower triangle 20 m (Rp6 juta) + radio UBNT Rp10 juta. Biaya total ± Rp16 juta. Dengan 300 rumah, biaya investasi awal per rumah hanya ± Rp53 ribu.
- **Desa C (200 rumah)**: terletak di pulau kecil → menggunakan satelit LEO (Starlink) dengan terminal Rp8 juta + biaya bulanan Rp1,5 juta. Jika dibagi ke 200 rumah, biaya awal = Rp40 ribu/rumah, biaya bulanan = Rp7.500/rumah.

Tabel Ringkas: Hybrid Approach

Komponen	Teknologi	Estimasi Biaya	Cakupan	Keterangan
Backbone	Fiber	Rp800/m	Desa besar	Stabil, murah dalam jangka panjang
Distribusi	FWA	Rp16 juta / 300 rumah	3–10 km radius	Fleksibel, biaya per rumah sangat rendah
Gap Filler	Satelit	Rp8 juta perangkat, Rp1,5 juta/bulan	200 rumah	Cocok untuk desa terpencil / pulau kecil

Refleksi Kritis

Pendekatan hybrid mampu menyeimbangkan biaya dan kualitas. Fiber memberi stabilitas, wireless memberi fleksibilitas, dan satelit menjamin inklusi digital di lokasi paling terpencil. Tantangan utamanya adalah **koordinasi multi-stakeholder**: operator fiber, penyedia wireless lokal, hingga operator satelit perlu diintegrasikan dalam satu ekosistem bisnis.

Dari sisi biaya, pendekatan ini jauh lebih efisien. Jika seluruh 1.000 rumah tangga dipaksakan dengan fiber, biaya bisa mencapai miliaran rupiah. Dengan hybrid, investasi dapat ditekan menjadi hanya ratusan juta, dengan kualitas layanan yang tetap terjaga.

BAB 5: Strategi Internet OFFLINE

Bab ini membahas solusi **Internet OFFLINE** sebagai alternatif praktis untuk menjawab keterbatasan akses internet di daerah terpencil—terutama di sekolah rural. Pendekatan ini menggunakan server lokal, umumnya berbasis **Raspberry Pi-3**, untuk menyimpan konten edukatif sehingga dapat diakses tanpa koneksi internet langsung ([Telkomnika](#)).

Arsitektur dan Komponen Sistem

Kerangka kerja (*framework*) Internet-Offline terdiri dari tiga komponen utama:

- **Content controller dan accumulator:** pusat yang bertugas mengumpulkan dan memilih konten sesuai kurikulum, lalu mendistribusikannya ke sekolah.
- **Infrastruktur di sekolah:** server lokal (contohnya Raspberry Pi 3) lengkap dengan layanan web, file sharing, streaming, serta jaringan Wi-Fi.
- **Pengguna akhir:** guru dan siswa mengakses konten melalui perangkat seperti smartphone atau laptop secara lokal ([Telkomnika](#)).

Teknologi yang Digunakan

- Sistem open-source: Apache, MySQL, PHP untuk layanan web; **Kiwix** untuk offline encyclopedia (Wikipedia, Wiktionary, dsb.); Samba untuk file sharing dan streaming; dhcp dan BIND untuk pengalamatan dan *virtual hosting* ([Telkomnika](#)).
- Konten disalin menggunakan utilitas seperti **rsync** dan **wget**, lalu disimpan di server lokal ([Telkomnika](#)).

Benchmarking Performa Sistem

Penilaian performa sistem dilakukan melalui beberapa metrik:

Parameter	Raspberry Pi 3	Asus Mini PC	VM (i5)
Harga (USD)	± 35–50	± 600–700	± 200–300
UnixBench Score	± 415	± 593	± 1035 (1-core), ± 2576 (4-core) (Telkomnika)
Bandwidth LAN / Wi-Fi (Mbps)	± 93.6 / 50.4	± 94.4	LAN ~93.6; bridge ~2264–2376 (Telkomnika)
Apache Request/s	7–14	± 172	± 225–491
Stress Test (Siege)	Melayani ~20 pengguna; degrade setelah itu	Lebih tahan; degrade >20 pengguna	Stabil hingga >150 pengguna (Telkomnika)

Selain itu, konsumsi daya listrik Raspberry Pi hasilnya sangat rendah:

- **Standby:** $\pm 0,26$ A
- **Web stress:** $\pm 0,43$ – $0,46$ A
Dengan power bank 10 000–20 000 mAh, dapat menyala lebih dari 6 jam ([Telkomnika](#)).

Strategi Penerapan di Sekolah Rural

- Raspberry Pi (biaya rendah) cocok untuk sekolah kecil dengan sekitar **20 pengguna bersamaan** dan daya listrik terbatas.
- Untuk beban lebih besar, direkomendasikan menggunakan **PC i5 / i7 bekas** sebagai server yang tetap ekonomis namun jauh lebih kuat.
- Implementasi praktis:
 - Integrasi sistem ke **lab komputer** sekolah.
 - Pelajaran dijalankan dalam **shift kelas** (misalnya dua sesi lab, masing-masing 2 jam).
 - Dua siswa berbagi satu perangkat—sekitar 40 siswa per sesi.
 - Materi dibagi ke beberapa *microSD* dan dipilih per jenjang kelas (misalnya 6 *microSD* untuk SD, 3 untuk SMP) ([Telkomnika](#)).

Kesimpulan dan Rekomendasi

- **Internet-offline server** memungkinkan sekolah rural mengakses berbagai konten edukasi tanpa koneksi internet.
- **Keunggulan:**
 - Biaya rendah (hanya Rp-ratus-ribuan per unit).
 - **Efisiensi energi** tinggi—dapat dioperasikan menggunakan power bank.
 - **Konten aman dan relevan**, bebas dari hoaks, pornografi, dan gangguan lainnya ([Telkomnika](#)).
- **Tantangan:**
 - Pembatasan kapasitas perangkat (sekitar 20 pengguna).
 - Keterbatasan ruang *microSD* untuk penyimpanan konten.
 - Pemilihan dan pengelolaan konten yang sesuai dengan kurikulum masih menjadi tantangan penting.

Ringkasan

- **Sasaran:** Sekolah di wilayah rural tanpa koneksi internet.
- **Perangkat utama:** Raspberry Pi 3 low-cost server + power bank.
- **Layanan:** Kiwix, web, file sharing, video streaming, DHCP, DNS lokal.
- **Kinerja:** Baik untuk ~20 pengguna, menurun signifikan di atas itu.
- **Penerapan:** Shift lab, pembagian konten via *microSD*, opsi server i5/i7 untuk skala besar.

BAB 6: Analisis Biaya dan Skema Deployment

Metodologi Costing (Bottom-up vs Top-down)

Dalam analisis biaya untuk deployment internet di wilayah rural, terdapat dua pendekatan utama, yaitu **metode bottom-up** dan **metode top-down**. Keduanya memiliki kelebihan dan keterbatasan, sehingga pemilihan metode biasanya disesuaikan dengan tujuan analisis dan ketersediaan data.

Bottom-up Costing

Metode **bottom-up** menghitung biaya dengan cara menjumlahkan semua komponen infrastruktur secara detail mulai dari tingkat paling dasar. Misalnya: harga kabel fiber per meter, perangkat *router*, *access point*, hingga biaya tenaga kerja pemasangan.

Contoh sederhana:

- Fiber optic drop wire $\text{Rp}800/\text{m} \times 1.000 \text{ m} = \text{Rp}800.000$
 - Perangkat *switch* = **Rp2.000.000**
 - Tenaga kerja instalasi ($5 \text{ orang} \times \text{Rp}250.000$) = **Rp1.250.000**
- Sehingga total biaya awal (CAPEX) = **Rp4.050.000**

Jika proyek tersebut melayani 50 rumah tangga, maka biaya awal per rumah = $\text{Rp}81.000$.

Kelebihan metode ini adalah hasilnya **sangat akurat** karena berbasis data teknis. Namun, kelemahannya adalah **memerlukan detail data yang lengkap** dan proses perhitungannya relatif lama.

Top-down Costing

Metode **top-down** menghitung biaya dengan membagi total biaya agregat (misalnya dari laporan keuangan operator atau proyek sebelumnya) ke jumlah pengguna atau satuan layanan.

Contoh sederhana:

Jika sebuah operator melaporkan total biaya Rp1 miliar untuk membangun jaringan fiber yang melayani 2.000 rumah, maka rata-rata biaya per rumah = $\text{Rp}1.000.000$.

Kelebihan metode ini adalah **lebih cepat dan praktis**, serta cocok untuk estimasi awal. Namun, kelemahannya adalah **kurang detail** dan bisa menutupi variasi biaya antar lokasi (misalnya desa pegunungan vs desa dataran rendah).

Tabel Perbandingan

Aspek	Bottom-up	Top-down
Sumber data	Detail teknis (komponen, harga)	Data agregat (laporan biaya total)
Akurasi	Tinggi (jika data lengkap)	Sedang – bergantung pada asumsi
Waktu perhitungan	Lama	Cepat
Kelebihan	Transparansi biaya	Praktis untuk perencanaan makro
Kekurangan	Mebutuhkan banyak data	Bisa bias, kurang detail lokal

Refleksi

Dalam praktik, **kombinasi kedua metode sering digunakan**. *Bottom-up* dipakai untuk menghitung biaya komponen utama (misalnya tower, kabel, perangkat), sementara *top-down* dipakai untuk membandingkan efisiensi dengan proyek serupa di lokasi lain. Dengan demikian, penyusunan strategi deployment menjadi lebih realistis sekaligus dapat dipertanggungjawabkan.

Perhitungan Biaya Per Pengguna

Salah satu aspek penting dalam strategi *cost-based deployment* adalah menghitung **biaya per pengguna** (*cost per user*). Pendekatan ini memungkinkan operator, pemerintah, maupun komunitas untuk menilai kelayakan investasi, menentukan tarif layanan yang wajar, dan merancang skema subsidi apabila dibutuhkan.

Secara umum, **biaya per pengguna** diperoleh dengan membagi total biaya infrastruktur (CAPEX + OPEX) dengan jumlah pengguna yang dilayani. Rumus sederhananya:

$$\text{Biaya per pengguna} = \frac{\text{Total CAPEX} + \text{OPEX}}{\text{Jumlah Pengguna}}$$

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalnya, sebuah desa dengan 200 rumah tangga akan dilayani dengan jaringan **fixed wireless access**. Estimasi biaya sebagai berikut:

- **CAPEX (biaya investasi awal):**
 - Pembangunan tower + perangkat radio: Rp150.000.000
 - Perangkat backhaul microwave: Rp50.000.000
 - Perangkat akses pengguna (*CPE*): Rp200.000 × 200 rumah = Rp40.000.000
 - Total CAPEX = **Rp240.000.000**
- **OPEX (biaya operasional tahunan):**
 - Listrik dan perawatan: Rp24.000.000/tahun
 - Sewa spektrum: Rp12.000.000/tahun
 - Total OPEX tahunan = **Rp36.000.000**

Jika dihitung untuk 5 tahun operasional, maka total biaya = CAPEX (Rp240.000.000) + OPEX (Rp36.000.000 × 5 = Rp180.000.000) = **Rp420.000.000**.

Dengan jumlah pengguna = 200 rumah, maka:

$$\text{Biaya per pengguna 5 tahun} = \frac{\text{Rp420.000.000}}{200} = \text{Rp2.100.000}$$

Artinya, dalam horizon 5 tahun, rata-rata biaya per rumah tangga adalah **Rp420.000/tahun** atau sekitar **Rp35.000/bulan**. Nilai ini menjadi acuan untuk menentukan harga layanan. Jika operator menambahkan margin keuntungan 30%, maka tarif wajar per rumah tangga sekitar Rp45.000–Rp50.000 per bulan.

Perbandingan Antar Teknologi

Untuk memahami variasi, berikut ilustrasi biaya per pengguna (estimasi rata-rata) pada tiga teknologi yang umum digunakan di rural area:

Teknologi	CAPEX + OPEX 5 tahun (estimasi)	Jumlah Pengguna	Biaya per Pengguna / Tahun	Estimasi Tarif per Bulan*
Fiber Optic (desa padat)	Rp1.000.000.000	500	Rp2.000.000	Rp60.000 – Rp70.000
Fixed Wireless Access (FWA)	Rp420.000.000	200	Rp420.000	Rp45.000 – Rp50.000
Satelit LEO (desa terpencil)	Rp300.000.000	100	Rp3.000.000	Rp100.000 – Rp120.000

*Tarif per bulan dihitung dengan margin 30% untuk menutup risiko bisnis.

Refleksi Praktis

Dari ilustrasi di atas terlihat bahwa **biaya per pengguna sangat dipengaruhi oleh kepadatan penduduk dan teknologi yang dipilih**. Fiber optic memang memberikan kualitas terbaik, tetapi ekonomis hanya jika jumlah pengguna cukup besar. Sebaliknya, satelit lebih fleksibel untuk daerah sangat terpencil, namun menghasilkan biaya per pengguna yang lebih tinggi.

Oleh karena itu, strategi **hybrid approach** (fiber + wireless + satelit) menjadi pilihan rasional, agar setiap wilayah dapat menggunakan teknologi paling efisien sesuai kondisi geografis dan jumlah penduduknya.

Model Bisnis Berbasis Biaya

Model bisnis berbasis biaya (cost-based business model) adalah pendekatan di mana perusahaan menentukan harga produk atau layanan terutama berdasarkan **biaya produksi** ditambah margin keuntungan tertentu. Fokus utamanya ada pada **efisiensi operasional** dan **kontrol biaya**, sehingga daya saing bisa muncul dari harga yang lebih rendah atau struktur biaya yang ramping.

Karakteristik Utama

1. **Harga ditentukan dari biaya + markup**
Perusahaan menghitung semua biaya (tetap dan variabel), lalu menambahkan margin keuntungan yang diinginkan.
2. **Fokus pada efisiensi biaya**
Bisnis berusaha menekan biaya produksi, distribusi, dan operasional agar harga tetap kompetitif.
3. **Skala produksi besar**
Umumnya digunakan oleh perusahaan dengan produksi massal, karena semakin besar volume, semakin rendah biaya per unit.

Kelebihan

- Mudah diterapkan (sederhana dalam menentukan harga).
- Menjamin margin keuntungan stabil.
- Transparan dalam perhitungan harga.

Kelemahan

- Kurang memperhatikan persepsi nilai pelanggan (value).
- Bisa kalah bersaing jika ada kompetitor dengan diferensiasi nilai meski harga lebih tinggi.
- Tidak fleksibel menghadapi perubahan pasar atau perilaku konsumen.

Contoh Penerapan

- **Maskapai penerbangan berbiaya rendah (LCC):** Seperti AirAsia atau Ryanair, yang memangkas biaya layanan agar bisa menawarkan tiket murah.
- **Ritel grosir:** Seperti Costco atau Indomaret (produk private label), yang bermain di volume besar dan harga efisien.
- **Manufaktur:** Pabrik elektronik atau otomotif yang menekan biaya produksi melalui efisiensi rantai pasok.

Studi Kasus Perhitungan di Wilayah Rural

Penerapan strategi **deployment internet berbasis biaya (cost-based)** di wilayah rural membutuhkan pendekatan yang realistis. Karakteristik rural sering ditandai dengan kepadatan penduduk rendah, daya beli terbatas, serta tantangan infrastruktur. Oleh karena itu, **perhitungan biaya per pengguna** menjadi kunci dalam menentukan kelayakan proyek.

Sebagai ilustrasi, mari kita lihat sebuah desa dengan **500 kepala keluarga (KK)** yang tersebar di area seluas $\pm 20 \text{ km}^2$. Target koneksi internet diarahkan untuk **50% populasi** (sekitar 250 rumah tangga) dalam 3 tahun pertama.

Komponen Biaya Utama

1. **CAPEX (Capital Expenditure)**: biaya awal pembangunan infrastruktur, seperti tower, perangkat transmisi, dan backhaul.
2. **OPEX (Operational Expenditure)**: biaya operasional tahunan, termasuk listrik, perawatan perangkat, dan gaji teknisi lokal.

Tabel sederhana berikut menggambarkan estimasi biaya untuk opsi *Fixed Wireless Access (FWA)*:

Komponen Biaya	Estimasi Biaya (Rp)	Catatan
Tower + perangkat (CAPEX)	Rp 500.000.000	1 tower dengan radius jangkauan 5 km
Backhaul (fiber/satelit)	Rp 200.000.000	Termasuk biaya awal pemasangan
Perangkat pelanggan (CPE)	Rp 750.000/rumah	Untuk 250 rumah → Rp 187.500.000
OPEX tahunan	Rp 150.000.000	Operasional + gaji teknisi
Total Biaya Tahun Pertama	Rp 1.037.500.000	CAPEX + OPEX + perangkat pelanggan

Perhitungan Biaya Per Pengguna

Jika total biaya tahun pertama mencapai **Rp 1.037.500.000** untuk 250 rumah tangga, maka:

$$\text{Biaya per pengguna} = \frac{1.037.500.000}{250} = \text{Rp}4.150.000$$

Namun biaya ini dapat ditekan dengan skema **amortisasi 5 tahun** untuk CAPEX. Misalnya, CAPEX Rp 887.500.000 dibagi 5 tahun = Rp 177.500.000/tahun. Maka biaya tahunan per pengguna menjadi:

$$\frac{177.500.000 + 150.000.000}{250} = \text{Rp}1.310.000/\text{pengguna}/\text{tahun}$$

atau sekitar **Rp 109.000 per bulan**.

Interpretasi Praktis

- **Tanpa subsidi**, biaya bulanan Rp 109.000 mungkin masih relatif tinggi bagi sebagian masyarakat rural dengan pendapatan terbatas.
- **Dengan subsidi pemerintah 30%**, biaya bisa turun ke kisaran **Rp 76.000/bulan**, yang lebih realistis untuk penetrasi pasar.
Model koperasi desa atau *community-based network* juga dapat membantu menurunkan beban CAPEX dengan memanfaatkan aset lokal (misalnya lahan tower atau tenaga kerja).

 **Catatan penting:** angka-angka di atas bersifat estimasi untuk studi kasus, sehingga dapat bervariasi tergantung faktor lokal seperti topografi, harga perangkat, dan model bisnis yang digunakan.

BAB 7: Strategi Optimasi Biaya

Infrastruktur Bersama: Tower Sharing dan Backhaul Bersama

Dalam konteks *cost-based deployment* untuk wilayah rural, salah satu strategi yang paling efektif dalam menurunkan biaya adalah penerapan **infrastruktur bersama**. Dua bentuk utama dari konsep ini adalah **tower sharing** (berbagi menara telekomunikasi) dan **backhaul bersama** (berbagi jaringan transmisi antar BTS atau antara BTS dan core network).

Pendekatan ini tidak hanya relevan secara teknis, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan, baik bagi operator maupun masyarakat.

Tower Sharing

Pembangunan satu menara telekomunikasi di wilayah rural dapat menelan biaya **Rp500 juta – Rp1 miliar**, tergantung faktor tinggi menara, akses jalan, serta kebutuhan energi (misalnya genset atau panel surya). Bila setiap operator membangun menara sendiri, biaya akan berlipat. **Dengan konsep tower sharing, beberapa operator dapat menggunakan menara yang sama melalui sistem sewa atau bagi hasil.**

Contoh perhitungan sederhana:

- Biaya pembangunan menara: **Rp800 juta**
- Jumlah operator yang menggunakan: **4 operator**
- Skema sewa dibagi rata → masing-masing operator menanggung **Rp200 juta**

Selain menekan CAPEX, tower sharing mempercepat *time-to-market* layanan internet, karena operator tidak perlu menunggu pembangunan menara terpisah.

 **Alternatif murah:** penggunaan **tower triangle** (menara segitiga dengan tinggi 30–40 meter) yang biayanya bisa ditekan hingga **Rp300–400 juta**. Struktur ini cocok untuk daerah rural dengan demand sedang, sehingga semakin menurunkan beban biaya per operator.

Backhaul Bersama

Selain menara, **backhaul** (misalnya jaringan fiber optik atau microwave link) adalah komponen dengan biaya tinggi. Misalnya, jalur fiber sepanjang 20 km bisa memakan biaya **Rp1 miliar – Rp1,5 miliar**. Jika setiap operator membangun sendiri, biaya menjadi tidak ekonomis.

Dengan *backhaul bersama*, biaya pembangunan dan pemeliharaan dapat ditanggung bersama. Ilustrasi berikut memperlihatkan perbedaan biaya:

Komponen	Tanpa Sharing (3 Operator)	Dengan Sharing (3 Operator)
Investasi Fiber (20 km)	$\text{Rp}1.200.000.000 \times 3 = \text{Rp}3,6 \text{ miliar}$	$\text{Rp}1.200.000.000 / 3 = \text{Rp}400 \text{ juta/operator}$
Biaya O&M Tahunan	$\text{Rp}120 \text{ juta} \times 3 = \text{Rp}360 \text{ juta}$	$\text{Rp}120 \text{ juta} / 3 = \text{Rp}40 \text{ juta/operator}$

Dari tabel tersebut terlihat bahwa backhaul bersama mampu menurunkan biaya CAPEX dan OPEX per operator hingga **lebih dari 60%**.

Implikasi bagi Akademisi dan Praktisi

- **Bagi akademisi**, strategi infrastruktur bersama ini merupakan studi kasus nyata penerapan *cost-based model* dalam kerangka pembangunan digital di wilayah rural. Model ini dapat dipadukan dengan analisis *demand forecasting* dan kebijakan subsidi.
- **Bagi praktisi**, perhitungan sederhana di atas memperlihatkan potensi efisiensi yang sangat konkret, baik dalam bentuk penghematan investasi awal maupun biaya operasional berkelanjutan.

Dengan demikian, infrastruktur bersama bukan hanya strategi teknis, melainkan strategi **ekonomi** yang membuat penyediaan internet rural lebih **cepat, murah, dan berkelanjutan**.

Energi Terbarukan untuk Reduksi Biaya Operasional

Salah satu tantangan terbesar dalam penyediaan layanan internet di wilayah rural adalah **biaya operasional (OPEX)** yang tinggi, terutama untuk konsumsi energi. Banyak site Base Transceiver Station (BTS) di daerah terpencil masih bergantung pada **genset berbahan bakar diesel**. Penggunaan bahan bakar ini menimbulkan dua masalah utama: **biaya bahan bakar yang mahal** dan **ketergantungan pada pasokan logistik** yang seringkali tidak stabil.

Sebagai alternatif, pemanfaatan **energi terbarukan** seperti **panel surya (solar PV)** atau **turbin angin skala kecil** dapat menurunkan biaya operasional secara signifikan dalam jangka panjang. Walaupun investasi awal (CAPEX) relatif lebih tinggi, model *cost-based* menunjukkan bahwa total biaya dalam siklus hidup (life-cycle cost) jauh lebih rendah dibanding genset.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan satu site BTS dioperasikan dengan dua skenario:

1. Menggunakan Genset Diesel

- Konsumsi rata-rata: 20 liter/hari
- Harga solar: Rp10.000/liter
Biaya bahan bakar per tahun = $20 \times 365 \times \text{Rp}10.000 = \text{Rp}73 \text{ juta}$
- Belum termasuk biaya transportasi bahan bakar dan perawatan genset ($\pm \text{Rp}15 \text{ juta/tahun}$).
- Total OPEX tahunan = **Rp88 juta**

2. Menggunakan Solar PV (kapasitas 5 kWp)

- Investasi awal (CAPEX): $\pm \text{Rp}300 \text{ juta}$
- Biaya O&M tahunan: $\pm \text{Rp}5 \text{ juta}$
- OPEX tahunan = **Rp5 juta**
- Payback period = $\pm 4 \text{ tahun}$ dibanding penggunaan genset.

Tabel Perbandingan

Komponen	Genset Diesel	Solar PV (5 kWp)
CAPEX Awal	Rp80 – 100 juta	Rp300 juta
OPEX Tahunan	Rp88 juta	Rp5 juta
Payback Period	-	$\pm 4 \text{ tahun}$
Ketergantungan Logistik	Tinggi (bahan bakar rutin)	Rendah (hanya maintenance)
Dampak Lingkungan	Emisi CO ₂ tinggi	Ramah lingkungan

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, penerapan energi terbarukan menjadi contoh nyata bagaimana *cost-based deployment* tidak hanya melihat biaya jangka pendek, tetapi juga mempertimbangkan *total cost of ownership*. Model ini dapat dipadukan dengan skenario *sensitivity analysis* (misalnya fluktuasi harga BBM atau penurunan harga panel surya).
- **Bagi praktisi**, perhitungan sederhana di atas memperlihatkan bahwa **energi terbarukan mampu menekan OPEX hingga lebih dari 90%**. Dengan skema pembiayaan kreatif (misalnya leasing panel surya atau kerjasama publik-privat), investasi awal yang tinggi dapat diatasi.

Dengan kata lain, **energi terbarukan bukan hanya solusi teknis ramah lingkungan, tetapi juga strategi ekonomi yang krusial** untuk menjamin keberlanjutan layanan internet di wilayah rural.

Teknologi Low-Cost Hardware & Open-Source

Selain faktor infrastruktur fisik dan energi, **biaya perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software)** menjadi komponen penting dalam *cost-based deployment* internet di wilayah rural. Umumnya, perangkat jaringan komersial seperti router, switch, atau *base station* dari vendor besar memiliki harga tinggi karena dilengkapi fitur berlebih yang tidak selalu dibutuhkan di daerah rural.

Pendekatan alternatif adalah menggunakan **low-cost hardware** dan **perangkat lunak open-source**. Strategi ini memungkinkan penyedia layanan untuk membangun jaringan dengan biaya lebih rendah, tanpa mengorbankan kualitas secara signifikan. Misalnya, penggunaan **router berbasis PC mini atau Raspberry Pi** yang dilengkapi *firmware open-source* (seperti OpenWRT) mampu menggantikan perangkat komersial dengan biaya yang jauh lebih murah.

Contoh Perhitungan Sederhana

1. Perangkat Router Komersial

- Harga perangkat: ± Rp50 juta/unit
- OPEX tahunan (lisensi, support, upgrade): ± Rp10 juta

2. Router Low-Cost + Open-Source

- Biaya perangkat (PC mini/Raspberry Pi + antena outdoor): ± Rp5 juta/unit
- OPEX tahunan (pemeliharaan + update software komunitas): ± Rp2 juta

👉 Penghematan CAPEX per unit mencapai **Rp45 juta**, dan OPEX tahunan berkurang hingga **80%**.

Tabel Perbandingan Biaya

Komponen	Router Komersial	Router Low-Cost + Open-Source
Perangkat (CAPEX)	Rp50 juta	Rp5 juta
+OPEX Tahunan	Rp10 juta	Rp2 juta
Fitur	Lengkap, enterprise-grade	Cukup untuk rural, modular
Fleksibilitas	Rendah (vendor lock-in)	Tinggi (komunitas & modifikasi)

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, penerapan *low-cost hardware* dan *open-source* menjadi bukti nyata bahwa efisiensi tidak hanya datang dari skala ekonomi (*economy of scale*), tetapi juga dari inovasi model perangkat. Ini relevan untuk penelitian tentang keberlanjutan dan inovasi inklusif dalam teknologi informasi.
- **Bagi praktisi**, strategi ini memberikan solusi yang langsung terukur: **penghematan biaya CAPEX dan OPEX dapat mencapai lebih dari 70%** pada skenario jaringan skala kecil. Selain itu, perangkat *open-source* memungkinkan adaptasi cepat terhadap kebutuhan lokal tanpa tergantung pada lisensi vendor.

Dengan demikian, **Teknologi Low-Cost Hardware & Open-Source** bukan sekadar pilihan teknis, tetapi juga strategi ekonomi yang selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Strategi ini memungkinkan akses internet di wilayah rural lebih **murah, fleksibel, dan berkelanjutan**, sekaligus membuka ruang bagi inovasi lokal.

Skema Pembiayaan Mikro untuk Aksesibilitas

Salah satu kendala utama dalam penyediaan internet di wilayah rural bukan hanya pada sisi infrastruktur, tetapi juga **daya beli masyarakat**. Walaupun biaya per pengguna dapat ditekan melalui strategi *cost-based deployment*, harga layanan tetap dapat terasa mahal jika dibayarkan sekaligus. Oleh karena itu, **skema pembiayaan mikro (micro-financing scheme)** menjadi solusi untuk menjembatani gap antara biaya layanan dan kemampuan bayar masyarakat.

Skema ini memungkinkan masyarakat membayar layanan internet atau perangkat akses (misalnya modem, antena, atau smartphone entry-level) dalam bentuk cicilan kecil yang terjangkau. Prinsipnya mirip dengan *micro-credit* pada sektor keuangan, namun diterapkan khusus untuk layanan digital.

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan sebuah perangkat modem Wi-Fi untuk rumah tangga rural berharga **Rp1.200.000**. Jika harus dibayar penuh, banyak keluarga tidak mampu membeli. Dengan skema pembiayaan mikro:

- Harga perangkat: Rp1.200.000
 - Tenor cicilan: 12 bulan
 - Biaya cicilan: Rp100.000/bulan
- Ditambah biaya layanan internet: Rp75.000/bulan

Sehingga total biaya bulanan per keluarga = **Rp175.000**.

Angka ini lebih realistis dan dapat dijangkau dibanding pembayaran langsung sekaligus.

Tabel Ilustrasi Skema

Komponen	Tanpa Skema Mikro	Dengan Skema Mikro
Harga Modem	Rp1.200.000 (bayar di muka)	Rp100.000/bulan x 12
Biaya Layanan Bulanan	Rp75.000	Rp75.000
Total Pengeluaran Awal	Rp1.275.000	Rp175.000 (bulan pertama)

Dari tabel terlihat bahwa **skema mikro mengurangi beban awal (upfront cost)** secara signifikan, sehingga adopsi internet lebih cepat.

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, skema pembiayaan mikro dapat dianalisis sebagai bentuk *inclusive finance* dalam pembangunan digital. Model ini memperlihatkan bagaimana hambatan non-teknis (daya beli) dapat diatasi dengan inovasi pembiayaan.
- **Bagi praktisi**, perhitungan sederhana di atas menunjukkan bahwa dengan membagi biaya perangkat ke dalam cicilan, penetrasi pasar dapat meningkat. Operator juga diuntungkan karena pelanggan cenderung berlangganan lebih lama untuk melunasi perangkat, sehingga menciptakan **loyalitas pengguna**.

Dengan demikian, **Skema Pembiayaan Mikro untuk Aksesibilitas** bukan hanya instrumen keuangan, tetapi juga strategi sosial-ekonomi yang penting. Skema ini dapat mempercepat adopsi layanan internet di wilayah rural, memastikan bahwa manfaat digitalisasi dapat dinikmati secara lebih merata.

BAB 8: Kebijakan dan Regulasi

Peran Pemerintah dalam Cost-Based Deployment

Dalam pembangunan internet di wilayah rural, **peran pemerintah sangat krusial** untuk memastikan bahwa strategi *cost-based deployment* berjalan efektif dan berkelanjutan. Tanpa campur tangan pemerintah, investasi di wilayah rural sering dianggap tidak menarik secara komersial karena **tingkat pengembalian rendah** dan **tingkat risiko tinggi**. Oleh karena itu, pemerintah perlu hadir sebagai **fasilitator, regulator, sekaligus katalisator** agar operator swasta dan komunitas lokal dapat berpartisipasi dalam penyediaan layanan.

Bentuk Peran Pemerintah

- Subsidi dan Insentif Finansial**
Pemerintah dapat memberikan subsidi langsung atau insentif pajak untuk menurunkan biaya investasi awal (*CAPEX*). Misalnya, jika pembangunan satu menara di daerah rural membutuhkan Rp800 juta, dengan subsidi pemerintah sebesar 30% maka beban biaya yang ditanggung operator hanya **Rp560 juta**.
- Penyediaan Dana Universal Service Obligation (USO)**
Dana USO dapat diarahkan secara lebih transparan untuk membiayai proyek internet rural, dengan model *competitive tender* agar operator berlomba menawarkan solusi paling efisien.
- Regulasi dan Simplifikasi Perizinan**
Biaya perizinan infrastruktur sering menjadi penghambat. Pemerintah dapat menyederhanakan prosedur perizinan menara dan penggunaan spektrum untuk mengurangi biaya non-teknis yang seringkali mencapai **5–10% dari total CAPEX**.
- Kemitraan Publik–Privat (PPP)**
Pemerintah dapat menjadi mitra dengan menyediakan lahan, akses jalan, atau energi dasar (misalnya listrik PLN atau dukungan solar panel), sementara operator fokus pada investasi jaringan.

Contoh Ilustrasi Biaya

Komponen	Tanpa Intervensi Pemerintah	Dengan Intervensi Pemerintah
Biaya Pembangunan Menara	Rp800 juta	Rp560 juta (subsidi 30%)
Biaya Perizinan & Pajak	Rp80 juta	Rp20 juta (simplifikasi)
Total Investasi per Menara	Rp880 juta	Rp580 juta

Dari ilustrasi sederhana di atas, terlihat bahwa peran pemerintah dapat **menurunkan biaya investasi hingga 34%**, sehingga meningkatkan kelayakan finansial proyek internet di daerah rural.

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, peran pemerintah dalam *cost-based deployment* dapat dianalisis sebagai contoh kebijakan publik berbasis ekonomi biaya. Hal ini memperlihatkan bagaimana intervensi kebijakan dapat menutup *market gap* yang tidak bisa diatasi mekanisme pasar murni.
- **Bagi praktisi**, tabel di atas menunjukkan bahwa keberadaan subsidi dan insentif bukan hanya wacana kebijakan, tetapi **langsung berdampak pada pengurangan CAPEX dan percepatan *time-to-market***. Operator akan lebih terdorong masuk ke pasar rural bila pemerintah memitigasi risiko finansial dan non-teknis.

Dengan demikian, **pemerintah memiliki peran ganda**: sebagai penyedia dukungan finansial dan regulator yang mendorong efisiensi. Tanpa dukungan tersebut, pembangunan internet rural berpotensi berjalan lambat dan tidak merata. Sebaliknya, dengan kebijakan yang tepat, *cost-based deployment* dapat menjadi motor utama percepatan transformasi digital di daerah rural.

Universal Service Obligation (USO) dan Dana Kewajiban Layanan

Universal Service Obligation (USO) adalah kewajiban yang dibebankan kepada penyelenggara telekomunikasi untuk memastikan akses layanan komunikasi dapat dinikmati oleh seluruh masyarakat, termasuk di wilayah rural yang secara komersial kurang menarik. Di Indonesia, USO biasanya diwujudkan dalam bentuk **dana kewajiban layanan** yang dikumpulkan dari kontribusi operator, lalu dikelola pemerintah untuk membiayai proyek infrastruktur di daerah tertinggal.

Prinsip dasar USO adalah **pemerataan akses**, bukan sekadar efisiensi. Tanpa skema ini, pembangunan internet cenderung terpusat di kota besar, sementara desa-desa tertinggal akan semakin jauh dari transformasi digital.

Mekanisme Pengumpulan dan Pemanfaatan Dana

Dana USO umumnya dihimpun melalui pungutan tahunan dari operator telekomunikasi, misalnya **1,25% dari pendapatan kotor**. Dana tersebut kemudian digunakan untuk:

- Pembangunan **menara BTS** di daerah rural
- Pembangunan **backhaul** (fiber atau microwave) ke daerah terpencil
- Dukungan layanan akses internet untuk sekolah, puskesmas, dan kantor desa

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan total pendapatan kotor operator telekomunikasi di Indonesia mencapai **Rp200 triliun per tahun**. Dengan kontribusi USO sebesar 1,25%, maka dana yang terkumpul:

$\text{Rp200 triliun} \times 1,25\% = \text{Rp2,5 triliun per tahun}$

Jika satu menara BTS rural membutuhkan investasi Rp800 juta, maka dana tersebut dapat membiayai pembangunan sekitar **3.100 menara BTS** per tahun (sebelum dikurangi alokasi untuk program lain seperti backhaul dan layanan publik).

Tabel Ilustrasi Pemanfaatan Dana USO

Program	Estimasi Biaya per Unit	Alokasi Dana Rp2,5 T	Jumlah Unit Terbangun
Menara BTS Rural	Rp800 juta	Rp1,6 T	± 2.000 unit
Backhaul Fiber/Microwave	Rp1,2 miliar	Rp600 Miliar	± 500 unit
Internet Sekolah/Puskesmas	Rp100 juta	Rp300 Miliar	± 3.000 titik

Ilustrasi di atas memperlihatkan bagaimana dana USO dapat memberikan dampak konkret pada pembangunan infrastruktur dan layanan digital di daerah rural.

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, USO adalah studi kasus menarik tentang *public policy* dan *cross-subsidy model*. Kebijakan ini memperlihatkan bagaimana biaya dari pasar komersial dapat digunakan untuk membiayai wilayah non-komersial.
- **Bagi praktisi**, adanya dana USO berarti terdapat sumber pembiayaan tambahan yang bisa diakses melalui mekanisme tender atau kerjasama publik–privat. Operator dapat menghitung kelayakan proyek rural dengan memasukkan subsidi USO sebagai bagian dari model bisnis.

Dengan demikian, **Universal Service Obligation (USO) dan Dana Kewajiban Layanan** merupakan instrumen kebijakan yang vital untuk mempercepat pemerataan internet. Jika dikelola transparan dan berbasis *cost-based model*, maka dana ini mampu menjadi motor utama pembangunan digital di wilayah rural.

Regulasi Spektrum & Perizinan Infrastruktur

Dalam pembangunan jaringan internet berbasis biaya (*cost-based deployment*), salah satu faktor non-teknis yang seringkali menentukan keberhasilan adalah **regulasi spektrum** dan **perizinan infrastruktur**. Tanpa tata kelola yang baik, biaya teknis (CAPEX dan OPEX) bisa meningkat secara signifikan akibat **proses birokrasi yang lambat, mahal, atau tidak transparan**. Oleh karena itu, pemerintah perlu merancang regulasi yang tidak hanya menjaga efisiensi pasar, tetapi juga mendorong percepatan akses di wilayah rural.

Regulasi Spektrum

Spektrum frekuensi radio adalah **sumber daya terbatas** yang penggunaannya diatur oleh pemerintah. Di banyak negara, lisensi spektrum diperoleh melalui lelang dengan biaya tinggi. Namun, untuk konteks rural, strategi *cost-based deployment* membutuhkan **pendekatan yang lebih fleksibel**, misalnya:

- Memberikan lisensi dengan biaya lebih rendah khusus untuk wilayah rural.
- Mengizinkan penggunaan *unlicensed spectrum* (misalnya Wi-Fi 6E atau TV White Space).
- Skema berbagi spektrum (*spectrum sharing*) antar-operator di daerah dengan trafik rendah.

Sebagai ilustrasi, biaya lisensi spektrum seluler di Indonesia bisa mencapai **Rp500 miliar – Rp1 triliun per operator** untuk pita tertentu. Bila operator harus menanggung biaya ini penuh, investasi di rural menjadi tidak menarik. Dengan insentif misalnya diskon 50% untuk area rural, biaya dapat ditekan sehingga operator memiliki ruang untuk menambah cakupan.

Perizinan Infrastruktur

Selain spektrum, **perizinan pembangunan infrastruktur** (misalnya menara, kabel fiber optik, atau microwave link) juga mempengaruhi total biaya proyek. Setiap daerah memiliki aturan berbeda, mulai dari izin lokasi, izin mendirikan bangunan (IMB), hingga retribusi daerah. Dalam praktiknya, biaya izin bisa mencapai **5–10% dari total CAPEX**.

Contoh perhitungan sederhana:

- Biaya pembangunan satu menara BTS = Rp800 juta
 - Biaya izin dan retribusi (10%) = Rp80 juta
- Total = Rp880 juta

Jika pemerintah menyederhanakan izin dan memangkas biaya retribusi menjadi 2%, maka beban biaya per menara turun menjadi **Rp816 juta**, atau hemat Rp64 juta per site.

Tabel Perbandingan Dampak Regulasi

Komponen	Tanpa Reformasi Regulasi	Dengan Reformasi Regulasi
Biaya Lisensi Spektrum	Rp500 miliar/operator	Rp250 miliar/operator (diskon rural)
Biaya Izin Menara	Rp80 juta/site	Rp16 juta/site
Total Investasi per Operator	Sangat tinggi, kurang ekonomis	Lebih rendah, feasible di rural

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, regulasi spektrum dan perizinan infrastruktur menjadi bahan kajian penting dalam *telecom policy and regulation*. Hal ini memperlihatkan bahwa hambatan pembangunan internet tidak hanya teknis, tetapi juga bersifat kelembagaan.
- **Bagi praktisi**, reformasi regulasi langsung berdampak pada *business case*. Dengan penurunan biaya lisensi dan perizinan, operator dapat memperluas cakupan jaringan ke daerah rural dengan lebih cepat dan berkelanjutan.

Dengan demikian, **regulasi spektrum dan perizinan infrastruktur bukan sekadar aspek administratif, melainkan variabel utama dalam model biaya**. Regulasi yang tepat dapat mengurangi beban CAPEX hingga puluhan persen, sekaligus mempercepat pemerataan akses internet di wilayah rural.

Peran Komunitas, Koperasi Desa & RT/RW-net

Selain pemerintah dan operator besar, **komunitas lokal** memiliki peran penting dalam memperluas akses internet ke wilayah rural. Model berbasis komunitas ini biasanya dijalankan melalui **koperasi desa** atau inisiatif swadaya masyarakat seperti **RT/RW-net**. Pendekatan ini menekankan pada *community-driven model*, di mana masyarakat tidak hanya menjadi konsumen, tetapi juga **aktor utama dalam membangun, mengelola, dan memelihara jaringan**.

Model komunitas menjadi relevan karena beberapa alasan:

- **Biaya dapat ditekan** dengan menggunakan perangkat *low-cost hardware* dan perangkat lunak *open-source*.
- **Kepemilikan kolektif** membuat layanan lebih berkelanjutan karena masyarakat merasa memiliki.
- **Koperasi desa** dapat berperan sebagai lembaga pengelola yang menghimpun dana dari anggota untuk investasi awal.

Contoh Perhitungan Sederhana (RT/RW-net)

Misalkan sebuah desa dengan 100 rumah tangga ingin membangun jaringan internet sederhana berbasis RT/RW-net:

- Biaya perangkat utama (router, server, antena outdoor): **Rp30 juta**
- Biaya langganan backhaul internet per bulan (misalnya via fiber atau radio link): **Rp10 juta**
- Biaya operasional & pemeliharaan: **Rp2 juta/bulan**

Jika total biaya bulanan = Rp12 juta, maka kontribusi per rumah tangga:

$$\text{Rp12 juta} / 100 = \text{Rp120.000/bulan}$$

Dengan skema ini, harga internet per keluarga dapat ditekan ke level yang **terjangkau** dibandingkan jika harus berlangganan mandiri ke operator besar.

Tabel Ilustrasi Model Komunitas

Komponen	Operator Komersial	Model RT/RW-net / Koperasi Desa
Biaya Perangkat Awal	Rp100 – 150 juta	Rp30 – 50 juta (low-cost)
Biaya Langganan Internet	Rp300.000 – Rp500.000/rumah	Rp100.000 – Rp150.000/rumah
Kepemilikan Infrastruktur	Perusahaan	Komunitas/Koperasi
Keberlanjutan	Tergantung profit operator	Bergantung partisipasi warga

Implikasi Akademis dan Praktis

- **Bagi akademisi**, model komunitas ini menjadi bukti nyata bahwa pembangunan digital dapat dilakukan dengan pendekatan *bottom-up*. Penelitian dapat mengaitkan hal ini dengan konsep *inclusive innovation* atau *digital commons*.
- **Bagi praktisi**, RT/RW-net dan koperasi desa menunjukkan **model bisnis alternatif** yang lebih fleksibel. Dengan biaya awal lebih rendah, cakupan layanan dapat diperluas ke daerah yang sebelumnya dianggap tidak layak secara komersial.

Dengan demikian, **komunitas, koperasi desa, dan RT/RW-net bukan hanya pelengkap, melainkan pilar penting** dalam strategi pemerataan akses internet rural berbasis biaya. Model ini membuktikan bahwa dengan *ownership lokal*, biaya bisa ditekan, keberlanjutan lebih terjamin, dan masyarakat mendapatkan manfaat langsung dari transformasi digital.

Peran Komunitas, Koperasi Desa & RT/RW-Net di Indonesia

RT/RW-Net adalah skema jaringan internet komunitas berbasis Rukun Tetangga (RT) dan Rukun Warga (RW) yang lahir dari kebutuhan **akses internet murah dan merata** di tingkat lokal. Skema ini biasanya menggunakan perangkat sederhana (*router* Mikrotik, fiber optik, *wireless CPE*) untuk mendistribusikan bandwidth dari ISP utama ke rumah warga. Implementasi RT/RW-Net di berbagai desa dan kampung di Indonesia menunjukkan bahwa **inovasi lokal, gotong royong, dan tata kelola sederhana** bisa menjadi solusi nyata mengurangi *digital divide*.

Studi Kasus Nyata di Indonesia

1. Kampoeng Cyber, Yogyakarta — *grassroots community network*

Di Kampoeng Taman (Taman Sari), Yogyakarta, warga membangun **Kampoeng Cyber** sejak 2008. Bermula dari satu rumah yang memiliki internet, lalu berkembang menjadi **puluhan rumah terhubung** melalui pertemuan RT dan pos ronda. Dampaknya terasa pada **literasi digital, pemasaran UMKM batik, hingga pariwisata lokal**.

- **Ilustrasi perhitungan:** backhaul 200 Mbps Rp8.000.000/bulan + O&M Rp2.000.000 → total Rp10.000.000. Dengan 100 rumah iuran Rp120.000/bulan → pemasukan Rp12.000.000 → **surplus Rp2.000.000/bulan** untuk upgrade perangkat.

2. Desa Glinggangan, Pacitan — RT/RW-Net berbasis fiber

Di wilayah perbukitan Pacitan, warga memasang **Mikrotik RB4011iGS + fiber optik** untuk distribusi bandwidth. Hasil pengukuran menunjukkan redaman optik **-18,91 dBm** sesuai standar ITU-T, dengan kecepatan stabil hingga 10 Mbps meski dipakai bersama.

- **Dampak:** akses internet untuk sekolah daring, komunikasi, dan peluang ekonomi lokal.

3. Dusun Kadung, Bojonegoro — skema *low-cost wireless*

Dengan kondisi geografis perbukitan tanpa tower, warga membangun jaringan menggunakan **Mikrotik RB750GR3, antena wireless, dan Simple Queue** untuk membagi bandwidth 100 Mbps. Biaya perangkat awal **Rp5,97 juta** dibagi ke 7 rumah.

- **Hasil:** akses internet stabil untuk belajar online, chatting, dan browsing; walau ada tantangan kestabilan router saat beban tinggi.

4. Desa Walewangko, Minahasa — RT/RW-Net + portal informasi desa

Implementasi berbasis *hotspot* dengan Mikrotik + CPE 2,4 GHz. Selain internet, warga mengembangkan **portal informasi desa** untuk berbagi berita, video edukasi, hingga konten lokal.

- **Ilustrasi biaya:** perangkat awal Rp12–20 juta. Backhaul 100 Mbps Rp5.000.000/bulan → dengan 60 pelanggan iuran Rp120.000, terkumpul Rp7.200.000/bulan → **sisanya Rp1,2 juta** untuk pemeliharaan.

5. **Koperasi RT/RW-Net Tugubandung — tata kelola & keberlanjutan**

Program pengabdian masyarakat menekankan pentingnya **pembukuan iuran yang transparan**. Standarisasi paket (10–20 Mbps/rumah) dan **cadangan 10–15% dana iuran** terbukti menjaga keberlanjutan layanan dan meningkatkan daya saing UMKM di sekitar jaringan.

6. **Venda NET (PT. Bangun Digikomunikasi Indonesia) — skala bisnis**

Berawal dari RT/RW-Net, kemudian berkembang menjadi penyedia resmi dengan sistem pembayaran otomatis (Laravel + Midtrans + WhatsApp gateway). Hasil uji *System Usability Scale* mendapat skor **grade A (excellent)**, serta efisiensi waktu operasional meningkat dari 477 detik menjadi 244 detik.

- **Pelajaran:** RT/RW-Net bisa naik kelas menjadi model bisnis yang formal dan berkelanjutan.

Tabel Ringkas Studi Kasus

Lokasi/Model	Sorotan Kunci	Faktor Sukses	Tantangan Awal
Kampoeng Cyber (Yogyakarta)	Literasi digital & UMKM berbasis komunitas	Kepemimpinan lokal, gotong royong	Modal awal & mengajak warga ikut iuran
Glinggangan (Pacitan)	Fiber optik dengan standar teknis (−18,91 dBm)	Teknologi fiber murah, partisipasi warga	Geografi pegunungan
Dusun Kadung (Bojonegoro)	Wireless murah untuk 7 rumah	Biaya rendah (Rp5,97 juta), NDLC untuk desain	Kestabilan router saat beban tinggi
Walewangko (Minahasa)	RT/RW-Net + portal informasi desa	Kombinasi internet & literasi digital	Upgrade kapasitas perangkat
Tugubandung (Koperasi)	Tata kelola iuran koperasi	Transparansi finansial, dana cadangan	Literasi finansial pengelola
Venda NET (Perusahaan)	Transformasi RT/RW-Net → bisnis resmi	Integrasi pembayaran digital, compliance regulasi	Persaingan dengan ISP skala besar

Catatan Regulasi

Walaupun RT/RW-Net terbukti **efektif dan murah**, praktik menjual layanan internet tanpa izin resmi tetap **berisiko legal**. Jalan terbaik adalah **bermitra dengan ISP anggota APJII sebagai *authorized reseller*** atau membentuk koperasi berbadan hukum. Dengan demikian, RT/RW-Net tetap beroperasi secara sah, konsumen terlindungi, dan risiko operator berkurang.

Penutup: Implikasi bagi Akademisi & Praktisi

- **Akademisi:** RT/RW-Net dapat dijadikan variabel penting dalam model *cost-based deployment* untuk menjembatani *supply-demand gap* di wilayah rural.
- **Praktisi:** Kombinasi **teknologi sederhana, tata kelola koperasi, dan *compliance*** terbukti menghasilkan internet yang **murah, inklusif, dan berkelanjutan**.

BAB 9: Studi Kasus

Deployment Fiber di Wilayah Rural: Perspektif Negara Maju

Penerapan **fiber optic** di wilayah rural di negara maju sering dipandang sebagai investasi strategis jangka panjang. Meskipun **CAPEX (Capital Expenditure)** relatif tinggi dibandingkan teknologi alternatif seperti *fixed wireless* atau satelit, keuntungan dari sisi **kualitas layanan (throughput stabil, latency rendah, dan daya tahan infrastruktur)** menjadikan fiber sebagai *gold standard* untuk konektivitas. Dalam konteks rural, biaya deployment menjadi faktor kunci, sehingga pendekatan *cost-based deployment* harus diterapkan secara hati-hati.

Struktur Biaya

Biaya deployment fiber dapat dibagi ke dalam beberapa komponen utama:

Komponen Biaya	Keterangan	Estimasi (per km)
Material Fiber & Kabel	Kabel serat optik + ducting	Rp 80 – 120 juta
Pemasangan & Galian	Tenaga kerja + alat berat	Rp 100 – 150 juta
Peralatan Aktif	OLT, splitter, ONT	Rp 50 – 80 juta
OPEX Tahunan	Maintenance, energi, monitoring	± 5–10% dari CAPEX

Dengan demikian, untuk **10 km jaringan fiber** di daerah rural dengan 200 rumah tangga, total CAPEX bisa mencapai sekitar **Rp 3,2 miliar – Rp 3,5 miliar**.

Perhitungan Sederhana Cost per User

Jika diasumsikan:

- Total CAPEX: Rp 3,200,000,000
- Jumlah rumah tangga terhubung: 200
- Umur ekonomis: 10 tahun

Maka:

$$\text{Biaya per rumah tangga per tahun} = \frac{3.200.000.000}{200 \times 10} = \text{Rp}1.600.000$$

Artinya, untuk menutup biaya infrastruktur, setiap rumah tangga minimal harus membayar **Rp 133.000/bulan** hanya untuk menutupi CAPEX (belum termasuk OPEX dan margin operator).

Strategi Implementasi di Negara Maju

Di negara maju, ada beberapa strategi yang terbukti efektif dalam deployment fiber di wilayah rural:

1. **Subsidi Pemerintah dan Skema USO (Universal Service Obligation):**
Pemerintah memberikan subsidi hingga 30–50% dari biaya total, sehingga beban pada operator dan konsumen lebih ringan.
2. **Konsolidasi Infrastruktur:**
Operator menggunakan pendekatan **tower sharing** dan **backhaul bersama** untuk mengurangi biaya duplikasi.
3. **Model Kooperatif:**
Beberapa desa membentuk koperasi digital yang mengelola jaringan fiber secara mandiri, dengan biaya pembangunan ditanggung bersama oleh anggota.

Tantangan dan Pembelajaran

- **Topografi:** Wilayah pegunungan atau dengan kepadatan rendah membuat biaya per km meningkat signifikan.
- **Return on Investment (ROI):** Tanpa intervensi publik, ROI di wilayah rural bisa mencapai >15 tahun, sehingga tidak menarik bagi operator komersial.
- **Solusi Hybrid:** Banyak negara maju mengkombinasikan fiber dengan *fixed wireless* untuk mempercepat cakupan tanpa menanggung beban biaya penuh fiber.

👉 Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa **deployment fiber di rural membutuhkan kombinasi investasi publik dan privat**, serta strategi berbasis biaya yang menyeimbangkan kualitas layanan dengan kemampuan bayar masyarakat.

Model Satelit di Negara Berkembang

Model satelit menjadi salah satu opsi strategis untuk penyediaan internet di negara berkembang, khususnya di wilayah rural yang memiliki **topografi sulit, kepadatan penduduk rendah, dan infrastruktur darat terbatas**. Berbeda dengan *fiber optic* atau *fixed wireless access* yang memerlukan infrastruktur fisik di darat, satelit memiliki keunggulan dalam **cakupan luas** meski dengan variasi biaya yang cukup tinggi.

Secara umum, ada tiga jenis orbit satelit yang relevan:

- **GEO (Geostationary Earth Orbit):** Biaya investasi lebih rendah per satelit, namun latensi tinggi (600 ms).
- **MEO (Medium Earth Orbit):** Menawarkan keseimbangan antara cakupan dan latensi.
- **LEO (Low Earth Orbit):** Latensi rendah (20–40 ms), kualitas mendekati fiber, namun membutuhkan konstelasi satelit yang besar, sehingga **CAPEX tinggi**.

Komponen Biaya Utama

Biaya deployment model satelit dapat dikategorikan menjadi:

Komponen	Estimasi Biaya
CAPEX (Investasi Awal)	Pembelian terminal VSAT/antena (Rp 15–30 juta per unit), gateway hub (Rp 3–5 miliar per lokasi)
OPEX (Operasional)	Sewa bandwidth satelit (Rp 1–2 juta per Mbps/bulan), pemeliharaan peralatan lokal (Rp 500 ribu–1 juta per bulan)

Contoh sederhana: sebuah desa dengan kebutuhan **bandwidth 50 Mbps** untuk 200 pengguna. Jika harga sewa kapasitas Rp 1,5 juta/Mbps/bulan, maka biaya bulanan = **Rp 75 juta**. Dibagi 200 pengguna, biaya operasional per pengguna = **Rp 375 ribu/bulan**. Angka ini relatif tinggi, sehingga **subsidi pemerintah atau model bisnis koperasi desa** sering diperlukan.

Kelebihan dan Kekurangan

- **Kelebihan:**
 - Cakupan nasional termasuk daerah terpencil.
 - Waktu implementasi cepat (hanya perlu terminal VSAT/antena).
 - Mendukung *emergency connectivity* (bencana, daerah konflik).
- **Kekurangan:**
 - Biaya per pengguna relatif mahal tanpa subsidi.
 - Kualitas layanan dipengaruhi kapasitas satelit.

- Ketergantungan pada operator global (terutama LEO seperti Starlink).

Implikasi untuk Negara Berkembang

Negara berkembang umumnya menghadapi dilema antara kebutuhan mendesak untuk **akses universal** dengan keterbatasan **APBN dan daya beli masyarakat**. Oleh karena itu, model satelit sering diintegrasikan dalam **skema hybrid** (fiber + wireless + satelit), dengan satelit diprioritaskan untuk:

1. **Wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, Terluar).**
2. **Sekolah, Puskesmas, dan Kantor Desa** sebagai titik akses publik (*community Wi-Fi*).
3. **Backhaul sementara** sebelum pembangunan infrastruktur fiber.

Dengan pendekatan *cost-based deployment*, satelit dapat tetap relevan apabila biaya dibagi melalui **subsidi USO (Universal Service Obligation)** atau **skema koperasi desa**, sehingga harga akhir ke pengguna bisa turun ke level Rp 50–100 ribu/bulan.

Model Komunitas Wifi di Pedesaan

Model komunitas Wi-Fi di pedesaan merupakan salah satu pendekatan **berbasis kemandirian lokal**, di mana masyarakat membangun, mengelola, dan memanfaatkan jaringan internet secara bersama-sama. Pola ini biasanya berbentuk *koperasi desa* atau kelompok usaha bersama yang menghimpun modal dari warga, lalu melakukan investasi dalam perangkat jaringan. **Keunggulan utama model ini** adalah biaya dapat ditekan karena tidak sepenuhnya bergantung pada operator besar, serta adanya kepemilikan bersama yang mendorong rasa tanggung jawab dan keberlanjutan.

Komponen Biaya Utama

Dalam skema komunitas, biaya terbagi menjadi dua kategori:

- **CAPEX (Capital Expenditure):** biaya awal untuk perangkat keras seperti router, antena, *access point*, dan perangkat backhaul.
- **OPEX (Operational Expenditure):** biaya rutin seperti listrik, bandwidth (sewa koneksi ke penyedia upstream), dan pemeliharaan perangkat.

Contoh sederhana:

- **Router MikroTik + Access Point Outdoor:** Rp 3.500.000
- **Tower sederhana 12 meter:** Rp 7.000.000
- **Sewa koneksi internet (20 Mbps):** Rp 1.500.000/bulan

Jika komunitas terdiri dari 50 rumah tangga, maka biaya awal (CAPEX) sekitar Rp 10.500.000. Dengan skema patungan, tiap rumah tangga hanya menanggung Rp 210.000 untuk investasi awal. Sedangkan OPEX bulanan Rp 1.500.000 dibagi 50 rumah tangga, sehingga biaya internet per keluarga hanya Rp 30.000/bulan — **jauh lebih murah dibanding paket seluler rata-rata Rp 100.000/bulan**.

Skema Organisasi dan Keberlanjutan

Agar sistem ini berkelanjutan, biasanya dibentuk **tim teknis desa** yang bertugas mengelola jaringan, melakukan perawatan perangkat, serta mengatur distribusi bandwidth. Beberapa komunitas juga menggunakan model *voucher* atau *pay-as-you-go* dimana warga membeli akses harian/mingguan, misalnya Rp 2.000 untuk 24 jam akses. Skema ini memungkinkan fleksibilitas bagi warga dengan daya beli rendah.

Tabel berikut menggambarkan simulasi biaya bulanan berdasarkan jumlah pengguna:

Jumlah Pengguna	Bandwidth (Rp)	Per Rumah Tangga (Rp/bulan)
30	1.500.000	50.000
50	1.500.000	30.000
100	1.500.000	15.000

Terlihat bahwa **semakin banyak anggota komunitas, semakin rendah biaya per pengguna** (efek ekonomi skala). Namun, ada batas teknis terkait kualitas layanan, terutama jika kapasitas bandwidth tidak dinaikkan seiring bertambahnya pengguna.

Tantangan dan Peluang

Meskipun murah, model komunitas Wi-Fi menghadapi tantangan: keterbatasan kapasitas teknis pengelola lokal, ketersediaan energi listrik yang stabil, serta kebutuhan peningkatan bandwidth saat jumlah pengguna bertambah. Namun, peluang besar juga terbuka, terutama bila dikombinasikan dengan **energi terbarukan (panel surya)** dan dukungan **subsidi pemerintah atau dana USO (Universal Service Obligation)**.

Dengan demikian, model komunitas Wi-Fi dapat menjadi **strategi low-cost yang inklusif**, mampu menjembatani *digital divide* di pedesaan, sekaligus memperkuat kemandirian ekonomi desa.

Analisis Perbandingan Biaya dan Efektivitas

Dalam konteks penyediaan akses internet di wilayah pedesaan, penting untuk menimbang **biaya (cost)** dan **efektivitas (effectiveness)** dari setiap teknologi. Tidak semua wilayah membutuhkan *high-end solution* seperti fiber optik; pada beberapa kasus, **kombinasi biaya rendah dan cakupan luas lebih relevan** dibanding kualitas jaringan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, analisis ini berfokus pada perbandingan empat model utama: **Fiber Optic, Fixed Wireless Access (FWA), Satelit, dan Komunitas Wi-Fi**.

Perbandingan Biaya

Jika dilihat dari sisi **CAPEX** dan **OPEX**, masing-masing teknologi memiliki karakteristik yang berbeda:

- **Fiber Optic**: biaya investasi awal tinggi, misalnya pembangunan jaringan sepanjang 1 km dapat mencapai **Rp 150–200 juta** (tergantung kondisi geografis). Namun, biaya operasional per pengguna relatif rendah karena kapasitas bandwidth besar.
- **Fixed Wireless Access (FWA)**: membutuhkan tower, radio, dan perangkat akses. Biaya awal lebih rendah dibanding fiber, sekitar **Rp 50–70 juta** untuk cakupan satu desa kecil. OPEX terutama terkait sewa backhaul dan listrik.
- **Satelit**: biaya awal perangkat terminal sekitar **Rp 15–20 juta** per titik, dengan OPEX bulanan **Rp 5–10 juta** untuk kapasitas bandwidth terbatas. Cocok untuk daerah sangat terpencil, tapi biaya per pengguna cenderung tinggi.
- **Komunitas Wi-Fi**: investasi awal bisa ditekan hingga **Rp 10–15 juta** (tower sederhana + perangkat router dan access point). Biaya operasional bulanan sekitar **Rp 1,5–3 juta**, tergantung sewa bandwidth.

Contoh Perhitungan Sederhana

Jika kita hitung untuk 100 rumah tangga dalam satu desa, hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Teknologi	CAPEX Awal (Rp)	OPEX Bulanan (Rp)	Biaya per Rumah Tangga (Rp/bulan)*	Keterangan
Fiber Optic	200.000.000	5.000.000	± 50.000	Biaya awal sangat tinggi, tapi stabil jangka panjang
Fixed Wireless	70.000.000	3.000.000	± 30.000	Lebih fleksibel, cocok untuk desa dengan demand menengah
Satelit	20.000.000	8.000.000	± 80.000	Tinggi per pengguna, efektif hanya di daerah sulit akses

Komunitas Wi-Fi	15.000.000	2.000.000	± 20.000	Murah dan inklusif, tapi kualitas tergantung kapasitas bandwidth
------------------------	------------	-----------	----------	--

*Asumsi: CAPEX dihitung untuk 3 tahun depresiasi, lalu dibagi jumlah pengguna.

Dari simulasi ini terlihat bahwa **Komunitas Wi-Fi** memberikan biaya paling rendah per pengguna, sementara **Fiber Optic** menawarkan kualitas terbaik dengan biaya yang relatif lebih mahal pada fase awal. **Satelit** masih menjadi pilihan terakhir karena biaya per pengguna tinggi, meskipun praktis dari sisi cakupan.

Analisis Efektivitas

Efektivitas tidak hanya ditentukan oleh biaya, tetapi juga oleh **ketersediaan bandwidth, keandalan, dan keberlanjutan operasional**.

- **Fiber Optic** unggul dalam stabilitas dan kapasitas, namun sulit diterapkan di wilayah dengan topografi ekstrim.
- **FWA** menawarkan keseimbangan antara biaya dan cakupan, relatif cepat diimplementasikan.
- **Satelit** efektif secara geografis, tapi kualitas layanan (latensi & kapasitas) masih menjadi kendala.
- **Komunitas Wi-Fi** efektif untuk desa dengan daya beli rendah, meningkatkan *sense of ownership* masyarakat, meskipun membutuhkan pengelolaan teknis yang baik.

Dengan demikian, **tidak ada satu model yang cocok untuk semua wilayah**. Analisis perbandingan ini justru menekankan perlunya **strategi hybrid**, yaitu memadukan beberapa teknologi sesuai tipologi desa, sehingga biaya tetap terjangkau dan efektivitas layanan internet tetap terjamin.

Bab 10: Strategi Implementasi dan Roadmap

Prioritisasi Wilayah Berdasarkan Biaya dan Dampak Sosial

Dalam merancang strategi *deployment* internet di wilayah pedesaan, **prioritisasi wilayah** menjadi kunci agar investasi yang dikeluarkan memberikan manfaat optimal. Pendekatan berbasis **biaya** semata tidak cukup, karena internet bukan hanya soal efisiensi ekonomi, tetapi juga instrumen pembangunan sosial. Oleh karena itu, **kriteria prioritas harus mempertimbangkan dua dimensi utama**:

1. **Biaya penyediaan infrastruktur (CAPEX dan OPEX).**
2. **Dampak sosial-ekonomi terhadap masyarakat setempat.**

Dimensi Biaya

Biaya penyediaan jaringan di wilayah rural sangat bervariasi tergantung topografi, kepadatan penduduk, serta akses energi. Misalnya:

- Pembangunan **fiber optik** di wilayah perbukitan dapat mencapai **Rp 200 juta/km**, jauh lebih mahal dibanding wilayah datar yang rata-rata **Rp 120 juta/km**.
- Penggunaan **Fixed Wireless Access (FWA)** hanya membutuhkan tower dan perangkat radio dengan estimasi awal **Rp 70 juta per desa**, sehingga lebih ekonomis.
- Untuk desa dengan jumlah penduduk kecil dan terpencil, **komunitas Wi-Fi berbasis patungan** bisa ditegakkan dengan modal sekitar **Rp 15 juta**, jauh lebih rendah namun dengan kapasitas terbatas.

Dimensi Dampak Sosial

Efektivitas deployment tidak bisa dilepaskan dari *social return*. Akses internet di desa dengan **aktivitas ekonomi tinggi (misalnya desa wisata atau sentra UMKM)** tentu memberikan dampak sosial lebih besar dibanding desa dengan aktivitas ekonomi rendah. Begitu pula, desa yang memiliki banyak sekolah, puskesmas, atau koperasi desa akan lebih diuntungkan karena internet menjadi katalis layanan publik.

Untuk menggambarkan hubungan ini, tabel berikut memberikan contoh simulasi:

Kategori Desa	Estimasi Biaya (Rp) per Rumah Tangga	Potensi Dampak Sosial	Prioritas
Desa padat, ekonomi aktif	40.000–60.000/bulan	Tinggi (UMKM, pendidikan, wisata)	Sangat tinggi
Desa sedang, ekonomi menengah	20.000–40.000/bulan	Menengah (koperasi, pertanian)	Tinggi
Desa terpencil, penduduk sedikit	80.000–100.000/bulan	Rendah (akses terbatas, biaya tinggi)	Rendah
Desa dengan potensi strategis (misalnya perbatasan atau pusat logistik)	50.000–70.000/bulan	Tinggi (keamanan, integrasi regional)	Tinggi

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan ada dua desa yang diajukan untuk pembangunan:

- **Desa A:** 500 KK, ekonomi berbasis pariwisata, biaya per rumah tangga Rp 40.000/bulan.
- **Desa B:** 100 KK, daerah terpencil, biaya per rumah tangga Rp 90.000/bulan.

Jika pemerintah hanya memiliki anggaran Rp 500 juta, maka **Desa A lebih diprioritaskan** karena:

1. Biaya per pengguna lebih rendah.
2. Dampak sosial lebih luas karena desa tersebut menjadi sumber pendapatan daerah melalui sektor pariwisata.

Kerangka Matriks Prioritisasi

Matriks dibagi menjadi empat kuadran berdasarkan **tinggi/rendah biaya** dan **tinggi/rendah dampak sosial**.

	Dampak Sosial Tinggi	Dampak Sosial Rendah
Biaya Rendah	Kuadran I: Prioritas Utama Contoh: desa padat dengan aktivitas UMKM, sekolah, dan puskesmas. Biaya Rp 20–40 ribu/RT/bulan, dampak besar terhadap pendidikan dan ekonomi.	Kuadran II: Prioritas Sekunder Contoh: desa kecil dengan biaya murah, tapi aktivitas ekonomi terbatas. Tetap layak, namun efek multiplier rendah.
Biaya Tinggi	Kuadran III: Prioritas Strategis Contoh: desa perbatasan atau wilayah terpencil dengan potensi strategis (keamanan, konektivitas antarwilayah). Biaya bisa Rp 80–100 ribu/RT/bulan, tapi dampaknya signifikan untuk integrasi nasional.	Kuadran IV: Prioritas Rendah Contoh: desa terpencil, biaya tinggi, penduduk sedikit, dan aktivitas ekonomi minim. Tidak mendesak, bisa ditunda atau menunggu subsidi khusus.

Penjelasan Kuadran

1. Kuadran I (Low-Cost / High-Impact) – Prioritas Utama

- Desa dengan biaya deployment rendah dan potensi dampak sosial tinggi harus menjadi sasaran pertama.
- Contoh: desa wisata dengan 500 KK, biaya hanya Rp 30.000/bulan/KK, tetapi kontribusi ke ekonomi lokal besar.

2. Kuadran II (Low-Cost / Low-Impact) – Prioritas Sekunder

Layak dikerjakan karena biaya rendah, meski manfaat sosial terbatas.

- Contoh: desa pertanian kecil dengan aktivitas subsisten, biaya murah Rp 25.000/KK, tetapi multiplier effect rendah.

3. Kuadran III (High-Cost / High-Impact) – Prioritas Strategis

- Meski biaya tinggi, dampak sosial dan strategisnya besar sehingga tetap perlu diperhatikan, biasanya melalui subsidi pemerintah atau skema *Universal Service Obligation (USO)*.
- Contoh: desa di wilayah perbatasan dengan biaya Rp 90.000/KK, namun penting untuk integrasi nasional dan layanan publik.

4. Kuadran IV (High-Cost / Low-Impact) – Prioritas Rendah

- Desa dalam kategori ini sebaiknya ditunda atau hanya dilayani melalui teknologi alternatif (misalnya satelit dengan bandwidth terbatas).
- Contoh: desa dengan <50 KK, biaya Rp 100.000/KK, aktivitas ekonomi rendah, akses publik minim.

Ilustrasi Sederhana

Misalkan ada 3 desa dengan profil berbeda:

- **Desa A (500 KK, desa wisata):** biaya Rp 40.000/KK, dampak sosial tinggi → masuk Kuadran I.
- **Desa B (150 KK, pertanian subsisten):** biaya Rp 30.000/KK, dampak sosial rendah → masuk Kuadran II.
- **Desa C (80 KK, pulau terpencil di perbatasan):** biaya Rp 95.000/KK, dampak sosial strategis tinggi → masuk Kuadran III.

Dari ilustrasi ini, deployment dimulai dari Desa A, lalu Desa C (dengan subsidi), dan terakhir Desa B.

Dengan matriks ini, pengambil keputusan dapat lebih mudah **menyeimbangkan efisiensi biaya dengan keadilan sosial**, sehingga pembangunan internet rural tidak hanya efektif secara ekonomi tetapi juga adil secara sosial.

Kesimpulan

Dengan demikian, **prioritisasi wilayah harus menyeimbangkan efisiensi biaya dan nilai sosial-ekonomi yang dihasilkan**. Desa yang memiliki biaya rendah sekaligus dampak sosial tinggi perlu ditempatkan di urutan pertama. Namun, pemerintah tetap perlu mengalokasikan dana subsidi atau *Universal Service Obligation (USO)* untuk wilayah dengan biaya tinggi tetapi penting secara strategis (misalnya daerah perbatasan atau pulau kecil).

Tahapan Deployment (Pilot – Scaling – Sustainability)

Implementasi internet berbasis biaya di wilayah rural tidak bisa dilakukan sekaligus dalam skala besar. **Tahapan deployment** diperlukan untuk mengurangi risiko, mengoptimalkan biaya, serta memastikan keberlanjutan. Tiga tahapan utama yang lazim digunakan adalah: **pilot project, scaling, dan sustainability**.

Tahap Pilot (Percobaan Terbatas)

Tahap awal dilakukan dalam lingkup kecil, biasanya hanya mencakup satu desa atau beberapa dusun. Tujuannya adalah **menguji kelayakan teknis, model bisnis, dan penerimaan masyarakat**.

- **Contoh biaya:** pembangunan jaringan komunitas Wi-Fi sederhana dengan CAPEX Rp 15 juta (tower sederhana, router, dan access point), dan OPEX Rp 2 juta per bulan.
- Jika melayani 50 rumah tangga, biaya per pengguna ± Rp 40.000/bulan. Pada tahap ini, indikator keberhasilan adalah *uptime* jaringan, jumlah pengguna aktif, serta kesediaan masyarakat membayar kontribusi.

Dengan pilot, operator atau pemerintah bisa mengidentifikasi masalah lebih awal, misalnya terkait stabilitas listrik, topografi, atau daya beli warga.

Tahap Scaling (Perluasan Skala)

Jika pilot terbukti berhasil, maka deployment diperluas ke desa lain dengan penyesuaian berdasarkan hasil evaluasi. Pada tahap ini biasanya dilakukan **investasi tambahan dalam kapasitas bandwidth, perangkat, dan manajemen organisasi lokal**.

- **Contoh biaya:** dari 1 desa (50 KK) diperluas ke 5 desa (total 500 KK).
 - Kebutuhan CAPEX: ± Rp 300 juta (termasuk tower lebih tinggi, perangkat backhaul, serta perangkat distribusi).
 - OPEX bulanan: ± Rp 15 juta untuk bandwidth 200 Mbps.
- Dengan 500 pengguna, biaya per rumah tangga turun menjadi ± Rp 30.000/bulan.

Efisiensi skala muncul di tahap ini: **semakin banyak pengguna, semakin rendah biaya per rumah tangga**. Namun, tantangan manajemen juga meningkat karena melibatkan lebih banyak desa dan pemangku kepentingan.

Tahap Sustainability (Keberlanjutan)

Tahap akhir berfokus pada **keberlanjutan teknis, finansial, dan sosial**. Jaringan yang sudah berjalan tidak hanya harus stabil, tetapi juga mampu menyesuaikan dengan perubahan permintaan dan teknologi.

- **Aspek keberlanjutan finansial:** pendapatan dari iuran masyarakat atau skema *voucher* harus mampu menutupi OPEX, dengan cadangan dana untuk pemeliharaan perangkat.

- **Aspek teknis:** penggunaan energi terbarukan (misalnya panel surya Rp 50–100 juta per site) dapat mengurangi ketergantungan pada listrik PLN dan menekan biaya jangka panjang.
- **Aspek sosial:** pembentukan koperasi desa atau tim pengelola lokal memastikan ada *sense of ownership* dan distribusi manfaat yang adil.

Contoh sederhana: jika sebuah jaringan melayani 1.000 rumah tangga dengan biaya operasional Rp 25 juta/bulan, maka tiap rumah tangga cukup membayar Rp 25.000. Model ini bukan hanya berkelanjutan, tetapi juga inklusif.

Kesimpulan

Dengan membagi proses menjadi tiga tahapan—**pilot, scaling, dan sustainability**—pemerintah maupun operator dapat memastikan deployment internet di wilayah rural **lebih efisien, minim risiko, dan berdaya tahan jangka panjang**. Pilot memastikan uji coba biaya dan teknis, scaling memberi efisiensi ekonomi, sementara sustainability menjaga agar jaringan tetap hidup meski tanpa subsidi terus-menerus.

Monitoring & Evaluasi Berbasis Biaya

Monitoring dan evaluasi (M&E) berbasis biaya merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa program *deployment* internet di wilayah rural tidak hanya berhasil secara teknis, tetapi juga **efisien secara ekonomi** dan **berdampak nyata secara sosial**. Dalam kerangka *cost-based deployment*, M&E dilakukan secara berkala untuk menilai apakah biaya investasi (CAPEX) dan biaya operasional (OPEX) sesuai dengan manfaat yang diperoleh masyarakat.

Aspek Monitoring Biaya

Ada tiga aspek utama yang perlu dipantau:

1. **Efisiensi Penggunaan CAPEX**

Apakah investasi perangkat dan infrastruktur sesuai dengan rencana? Misalnya, tower 12 meter dengan biaya Rp 7 juta sudah cukup untuk desa kecil, sehingga tidak perlu langsung membangun tower 30 meter seharga Rp 25 juta.

2. **Kestabilan OPEX Bulanan**

Biaya rutin seperti sewa bandwidth, listrik, dan pemeliharaan harus dipantau agar tidak membebani masyarakat. Contoh: jika OPEX direncanakan Rp 2 juta/bulan untuk 50 rumah tangga, maka biaya per rumah tangga ± Rp 40.000. Jika ternyata naik menjadi Rp 3 juta/bulan, biaya per rumah tangga naik menjadi Rp 60.000, sehingga perlu evaluasi skema tarif atau peningkatan jumlah pengguna.

3. **Cost per User (Biaya Per Pengguna)**

Indikator ini penting untuk menilai keterjangkauan. Sebagai contoh, jika total biaya (CAPEX + OPEX) dalam satu tahun adalah Rp 50 juta dengan 100 pengguna aktif, maka **biaya per pengguna Rp 500.000/tahun atau Rp 41.600/bulan**. Angka ini bisa dibandingkan dengan pengeluaran rata-rata keluarga untuk telekomunikasi.

Evaluasi Dampak Sosial-Ekonomi

Selain angka biaya, evaluasi harus mengukur **dampak sosial**. Apakah akses internet benar-benar dipakai untuk pendidikan, UMKM, layanan kesehatan, atau hanya sekedar hiburan? Misalnya:

- Jika biaya per rumah tangga Rp 40.000/bulan, tetapi hasilnya UMKM lokal mampu meningkatkan penjualan online hingga Rp 1 juta/bulan, maka efektivitas sosial-ekonomi sangat tinggi.
- Sebaliknya, jika biaya Rp 80.000/bulan dan mayoritas akses hanya digunakan untuk hiburan, maka perlu evaluasi ulang mengenai pola pemanfaatan internet.

Contoh Matriks Monitoring & Evaluasi

Indikator	Target	Realisasi	Evaluasi
Biaya per pengguna/bulan	Rp 40.000	Rp 55.000	Perlu efisiensi OPEX
Jumlah pengguna aktif	≥ 70% dari total rumah tangga	65%	Perlu sosialisasi lebih
Pemanfaatan internet	≥ 50% untuk pendidikan/ekonomi	35%	Butuh program literasi digital

Kesimpulan

Dengan **monitoring & evaluasi berbasis biaya**, pengambil keputusan dapat menilai apakah program internet desa berjalan sesuai harapan atau perlu penyesuaian. Evaluasi yang transparan membantu memastikan bahwa investasi tidak hanya efisien, tetapi juga memberikan **nilai sosial-ekonomi yang nyata** bagi masyarakat rural.

Indikator Keberhasilan

Keberhasilan program *deployment* internet di pedesaan tidak hanya diukur dari aspek teknis, tetapi juga dari **efisiensi biaya** dan **dampak sosial-ekonomi**. Oleh karena itu, indikator keberhasilan harus mencakup kombinasi antara kinerja finansial, operasional, serta manfaat yang dirasakan masyarakat.

Indikator Finansial

Aspek ini menilai keterjangkauan biaya bagi pengguna sekaligus keberlanjutan finansial pengelola jaringan.

- **Biaya per pengguna:** idealnya berkisar **Rp 30.000–50.000/bulan**, lebih rendah dari rata-rata pengeluaran data seluler yang umumnya Rp 100.000/bulan.
- **Tingkat pemulihan biaya (cost recovery):** pengelola harus mampu menutup OPEX dari iuran atau skema pembayaran lain. Misalnya, jika OPEX bulanan Rp 2 juta dan ada 80 pengguna aktif, maka iuran minimal Rp 25.000/orang sudah cukup untuk menutup biaya.

Indikator Operasional

Indikator ini mengukur kualitas layanan dan efisiensi operasional.

- **Uptime jaringan:** target minimal 95% dalam sebulan, atau maksimal downtime sekitar 36 jam/bulan.
- **Jumlah pengguna aktif:** minimal 70% dari total rumah tangga sasaran. Misalnya, jika ada 100 rumah tangga, maka setidaknya 70 harus menjadi pelanggan aktif.
- **Efisiensi CAPEX:** investasi awal (misalnya Rp 15 juta untuk tower dan perangkat Wi-Fi) harus mampu melayani kapasitas minimum yang direncanakan tanpa terjadi *over-spending*.

Indikator Sosial-Ekonomi

Keberhasilan sejati dari internet pedesaan adalah **pemanfaatan untuk peningkatan kesejahteraan**.

- **Pemanfaatan produktif:** minimal 40% penggunaan internet diarahkan untuk pendidikan online, e-commerce, layanan kesehatan digital, atau layanan pemerintah.
- **Dampak ekonomi:** adanya peningkatan pendapatan lokal. Contoh: UMKM desa yang sebelumnya hanya menjual offline Rp 2 juta/bulan, setelah terkoneksi internet bisa menambah omzet Rp 1 juta/bulan.
- **Inklusi digital:** keterlibatan kelompok rentan (pelajar, perempuan, lansia) dalam penggunaan internet.

Contoh Tabel Indikator Keberhasilan

Dimensi	Indikator	Target Minimal	Contoh Realisasi
Finansial	Biaya per pengguna	Rp 30.000–50.000/bulan	Rp 35.000/bulan
Operasional	Uptime jaringan	≥ 95%	97%
	Pengguna aktif	≥ 70% rumah tangga	72% dari 120 rumah
Sosial-Ekonomi	Pemanfaatan produktif	≥ 40% dari total trafik	45% (e-learning, UMKM)
	Dampak ekonomi	Peningkatan pendapatan ≥ 10%	UMKM naik 15%

Kerangka Skor Indeks Keberhasilan

Indeks ini dibangun dengan menggabungkan **tiga dimensi utama**: finansial, operasional, dan sosial-ekonomi. Masing-masing dimensi diberi bobot sesuai dengan kontribusinya terhadap keberlanjutan program.

- **Dimensi Finansial (30%)** → fokus pada keterjangkauan dan keberlanjutan biaya.
- **Dimensi Operasional (30%)** → fokus pada kualitas layanan dan efisiensi infrastruktur.
- **Dimensi Sosial-Ekonomi (40%)** → fokus pada dampak nyata bagi masyarakat.

Komponen dan Bobot

Dimensi	Indikator	Bobot (%)
Finansial	Biaya per pengguna (affordability)	15
	Cost recovery ratio	15
Operasional	Uptime jaringan	10
	Jumlah pengguna aktif	20
Sosial-Ekonomi	Pemanfaatan produktif	20
	Dampak ekonomi lokal	20

Skala Penilaian (1–100)

Setiap indikator dinilai dengan skala sederhana:

- **Skor 100** = memenuhi atau melebihi target.

- **Skor 50** = sebagian memenuhi target.
- **Skor 0** = jauh dari target.

Contoh kriteria:

- Biaya per pengguna:
 - Rp 30.000–50.000 → skor 100
 - Rp 51.000–70.000 → skor 70
 - Rp 70.000 → skor 30
- Uptime jaringan:
 - $\geq 95\%$ → skor 100
 - 90–94% → skor 70
 - $< 90\%$ → skor 30

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalkan satu desa memiliki kondisi berikut:

- Biaya per pengguna Rp 40.000 → skor 100
- Cost recovery ratio tercapai 90% (belum penuh) → skor 70
- Uptime 96% → skor 100
- 65% rumah tangga aktif dari 100 target (di bawah 70%) → skor 50
- 45% trafik untuk kegiatan produktif → skor 100
- UMKM lokal meningkat 12% → skor 100

Maka perhitungan indeks komposit:

- Finansial: $(100 \times 0.15) + (70 \times 0.15) = 15 + 10,5 = \mathbf{25,5}$
- Operasional: $(100 \times 0.10) + (50 \times 0.20) = 10 + 10 = \mathbf{20}$
- Sosial-ekonomi: $(100 \times 0.20) + (100 \times 0.20) = 20 + 20 = \mathbf{40}$

Total Indeks = 25,5 + 20 + 40 = 85,5 (kategori: Sukses Tinggi)

Kategori Indeks

Untuk memudahkan interpretasi, skor total dapat dikelompokkan:

- **81–100 = Sukses Tinggi** (layak dijadikan model replikasi ke desa lain).
- **61–80 = Sukses Cukup** (program berjalan baik, tapi perlu perbaikan).
- **41–60 = Kurang Berhasil** (ada masalah signifikan pada biaya atau manfaat).
- **≤ 40 = Gagal** (perlu redesain total model atau intervensi subsidi besar).

Kesimpulan

Kerangka skor ini membantu pengambil kebijakan **mengukur keberhasilan secara objektif dan terstandar**. Dengan sistem penilaian kuantitatif (1–100), program internet desa dapat lebih mudah dievaluasi, dibandingkan, dan ditingkatkan efektivitasnya.

Indikator keberhasilan berbasis biaya memastikan bahwa pembangunan internet pedesaan **tidak hanya berjalan secara teknis, tetapi juga berkelanjutan secara ekonomi dan bermanfaat secara sosial**. Dengan mengukur capaian finansial, operasional, dan sosial-ekonomi, pengambil kebijakan dapat memastikan bahwa investasi tidak hanya efisien, tetapi juga berkontribusi nyata dalam menjembatani *digital divide*.

BAB 11: Kesimpulan dan Rekomendasi

Ringkasan Strategi Cost-Based Deployment

Strategi *cost-based deployment* merupakan pendekatan sistematis untuk menghadirkan internet di wilayah rural dengan mempertimbangkan **biaya investasi (CAPEX)**, **biaya operasional (OPEX)**, **serta dampak sosial-ekonomi** yang dihasilkan. Prinsip utama dari strategi ini adalah bagaimana setiap rupiah yang dikeluarkan mampu memberikan akses yang inklusif, terjangkau, dan berkelanjutan bagi masyarakat desa.

Pilar Utama Strategi

Ada tiga pilar utama yang menjadi fondasi strategi ini:

1. **Efisiensi Biaya Infrastruktur**

Infrastruktur harus disesuaikan dengan tipologi wilayah. Misalnya, fiber optik cocok untuk desa padat dengan potensi ekonomi besar (biaya awal Rp 150–200 juta/km), sementara Fixed Wireless Access lebih ekonomis untuk desa dengan skala menengah (Rp 70 juta/desa). Untuk wilayah terpencil, model komunitas Wi-Fi berbasis patungan dapat menekan biaya menjadi sekitar Rp 15 juta.

2. **Model Pembiayaan Fleksibel**

Skema pembiayaan bisa berupa:

- Subsidi pemerintah melalui *Universal Service Obligation (USO)*.
- Kemitraan publik-privat di wilayah dengan potensi pasar.
- Model mandiri berbasis komunitas atau koperasi desa.

3. Contoh sederhana: OPEX bulanan Rp 2 juta untuk 100 pengguna dapat ditutup dengan iuran Rp 20.000/rumah tangga—lebih murah dibanding rata-rata biaya data seluler Rp 100.000/bulan.

4. **Orientasi pada Dampak Sosial-Ekonomi**

Internet di desa bukan hanya soal *connectivity*, tetapi juga tentang **bagaimana akses tersebut mendorong produktivitas**. Indikator keberhasilan dilihat dari meningkatnya pendapatan UMKM, akses pendidikan digital, hingga layanan kesehatan berbasis internet.

Strategi Implementasi Bertahap

Deployment dilakukan melalui tiga tahapan agar lebih adaptif dan minim risiko:

- **Pilot:** uji coba terbatas di satu desa, misalnya dengan CAPEX Rp 15 juta dan biaya per pengguna Rp 40.000/bulan.
- **Scaling:** replikasi ke beberapa desa dengan peningkatan kapasitas. Biaya per pengguna biasanya turun menjadi Rp 25.000–30.000/bulan karena skala lebih besar.

- **Sustainability:** memastikan keberlanjutan melalui manajemen lokal, energi terbarukan, dan diversifikasi pendapatan (misalnya sewa bandwidth untuk UMKM atau sekolah).

Ringkasan dalam Tabel

Teknologi	Estimasi Biaya Awal (Rp)	Biaya per Pengguna (Rp/bulan)	Keterangan
Fiber Optic	150–200 juta/km	50.000–60.000	Kualitas tinggi, biaya awal besar
Fixed Wireless	50–70 juta/desa	30.000–40.000	Fleksibel, cocok untuk menengah
Satelit	15–20 juta/titik + OPEX tinggi	70.000–90.000	Praktis, tapi biaya per pengguna mahal
Komunitas Wi-Fi	10–15 juta/desa	20.000–30.000	Murah, inklusif, berbasis gotong royong

Kesimpulan

Dengan strategi *cost-based deployment*, internet pedesaan dapat diwujudkan melalui kombinasi **efisiensi biaya, model pembiayaan inovatif, dan orientasi pada dampak sosial**. Kunci keberhasilan ada pada kemampuan menyesuaikan teknologi dengan tipologi wilayah, serta memastikan keberlanjutan melalui partisipasi masyarakat lokal. **Setiap rupiah yang diinvestasikan harus dihitung bukan hanya dari sisi biaya, tetapi juga dari nilai sosial-ekonomi yang dihasilkan.**

Rekomendasi untuk Pemerintah

Peran pemerintah sangat krusial dalam mengurangi *digital divide* di wilayah rural. Strategi **cost-based deployment** hanya dapat berhasil jika ada intervensi kebijakan, insentif, serta regulasi yang tepat. Rekomendasi berikut berfokus pada tiga aspek: kebijakan fiskal, regulasi, dan dukungan sosial-ekonomi.

Kebijakan Fiskal dan Subsidi

Pemerintah perlu memanfaatkan **Dana Universal Service Obligation (USO)** untuk menutupi *high-cost areas*. Misalnya, di desa terpencil dengan biaya per pengguna Rp 90.000/bulan, tanpa subsidi harga tidak terjangkau. Jika pemerintah memberi subsidi 50%, maka biaya turun menjadi Rp 45.000/bulan—setara dengan tarif rata-rata komunitas Wi-Fi.

Selain itu, pemerintah dapat memberikan insentif pajak untuk operator yang berinvestasi di rural. Misalnya, pengurangan PPN atau PPh Badan atas pembangunan infrastruktur desa dapat memangkas biaya proyek hingga 10–15%.

Regulasi Spektrum dan Infrastruktur

Regulasi harus diarahkan pada **efisiensi penggunaan spektrum dan infrastruktur bersama**. Contoh:

- Spektrum tidak berlisensi seperti *TV White Space* dapat dioptimalkan untuk internet murah di desa.
- Skema *tower sharing* antar operator wajib diterapkan, sehingga biaya pembangunan menara Rp 300 juta bisa dibagi tiga operator, masing-masing hanya menanggung Rp 100 juta.

Dengan kebijakan ini, **biaya CAPEX dapat ditekan secara signifikan**, yang otomatis menurunkan biaya per pengguna.

Dukungan Sosial-Ekonomi dan Kelembagaan

Pemerintah juga perlu mendorong **model koperasi desa** dalam pengelolaan internet. Hal ini tidak hanya memperkuat keberlanjutan finansial, tetapi juga menciptakan *sense of ownership* masyarakat. Dukungan berupa pelatihan teknis, literasi digital, serta akses pembiayaan mikro akan memperbesar peluang keberhasilan.

Sebagai contoh, koperasi desa yang mengelola jaringan dengan OPEX Rp 5 juta/bulan dapat diberi akses kredit bunga rendah. Jika bunga pinjaman komersial 12%/tahun (Rp 600 ribu per bulan), pemerintah dapat menurunkannya menjadi 4%/tahun (Rp 200 ribu per bulan). Penghematan Rp 400 ribu per bulan ini bisa dialokasikan untuk pemeliharaan perangkat atau peningkatan kapasitas bandwidth.

Ringkasan Rekomendasi

Area Intervensi	Contoh Kebijakan	Dampak Biaya
Fiskal & Subsidi	Subsidi USO 50%	Biaya per pengguna turun dari Rp 90.000 → Rp 45.000
Regulasi Infrastruktur	Tower sharing	CAPEX Rp 300 juta dibagi 3 operator → Rp 100 juta/operator
Sosial-Ekonomi	Kredit mikro berbunga rendah	OPEX turun Rp 400 ribu/bulan

Kesimpulan

Pemerintah berperan sebagai fasilitator sekaligus regulator. Tanpa intervensi yang tepat, deployment internet rural berisiko tidak berkelanjutan karena tingginya biaya. Dengan kebijakan fiskal yang mendukung, regulasi spektrum yang efisien, serta penguatan kelembagaan lokal, strategi *cost-based deployment* dapat berjalan lebih adil, terjangkau, dan berdampak luas pada pembangunan pedesaan.

Rekomendasi untuk Operator & Investor

Operator telekomunikasi dan investor memiliki peran strategis dalam memperluas akses internet di wilayah rural. Dengan pendekatan **cost-based deployment**, mereka dituntut tidak hanya mengejar keuntungan jangka pendek, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi biaya serta potensi *social return* yang dapat dihasilkan.

Optimasi Model Bisnis

Operator perlu mengembangkan model bisnis yang adaptif terhadap daya beli masyarakat desa. Misalnya:

- Skema **paket bersama (shared package)**: bandwidth Rp 10 juta/bulan untuk 500 pelanggan → biaya per pengguna hanya Rp 20.000/bulan.
- Skema **voucher harian**: Rp 2.000 untuk 24 jam akses Wi-Fi, cocok untuk masyarakat dengan penghasilan harian.

Dengan model ini, operator tetap memperoleh pendapatan, sementara pengguna mendapatkan harga yang sesuai kemampuan finansial mereka.

Investasi pada Infrastruktur Bersama

Investor sebaiknya mendorong **konsep berbagi infrastruktur (tower sharing, backhaul bersama)**. Contoh: pembangunan satu menara dengan biaya Rp 300 juta dapat dipakai oleh 3 operator, sehingga masing-masing hanya menanggung Rp 100 juta. Hal ini menekan CAPEX, mempercepat *break-even point*, dan meningkatkan daya tarik investasi di rural.

Diversifikasi Sumber Pendapatan

Internet desa tidak hanya menghasilkan pemasukan dari layanan akses, tetapi juga dari **ekosistem digital lokal**. Operator dan investor dapat mengembangkan layanan tambahan seperti:

- *E-commerce lokal* (pemasaran hasil tani dan kerajinan).
- *Mobile payment* atau layanan perbankan digital untuk desa tanpa akses bank.
- Layanan cloud lokal untuk sekolah atau koperasi.

Jika tiap UMKM desa rata-rata membayar Rp 50.000/bulan untuk iklan digital atau penyimpanan data, dan terdapat 200 UMKM aktif, maka ada tambahan pendapatan Rp 10 juta/bulan di luar layanan akses.

Penggunaan Teknologi Tepat Guna

Operator dan investor harus menyesuaikan teknologi dengan tipologi wilayah, bukan hanya mendorong solusi paling mahal.

- **Fiber Optic** → untuk desa padat dan bernilai ekonomi tinggi.

- **Fixed Wireless Access** → untuk wilayah menengah dengan kepadatan moderat.
- **Komunitas Wi-Fi** → untuk desa kecil dengan keterbatasan daya beli.
- **Satelit** → untuk daerah terpencil dengan biaya transportasi infrastruktur tinggi.

Dengan pemetaan ini, biaya investasi bisa ditekan hingga 30–40% dibanding pendekatan seragam.

Ringkasan Rekomendasi

Area Strategis	Contoh Implementasi	Dampak Biaya & Manfaat
Model Bisnis	Paket bersama Rp 20.000/kk	Terjangkau, tetap untung
Infrastruktur Bersama	Tower Rp 300 juta dibagi 3	CAPEX turun 67%
Diversifikasi Pendapatan	UMKM digital Rp 10 juta/bln	Tambahan revenue
Teknologi Tepat Guna	Fiber/FWA/Wi-Fi/Satelit	Efisiensi 30–40% biaya

Kesimpulan

Operator dan investor perlu mengadopsi pendekatan jangka panjang berbasis efisiensi dan keberlanjutan. Dengan model bisnis yang fleksibel, berbagi infrastruktur, diversifikasi layanan, serta pemilihan teknologi tepat guna, deployment internet rural bukan hanya feasible secara finansial, tetapi juga memberikan dampak sosial yang signifikan. Pada akhirnya, ini akan menciptakan ekosistem digital desa yang sehat, dengan risiko investasi lebih rendah dan potensi keuntungan berkelanjutan.

Rekomendasi untuk Komunitas Lokal

Komunitas lokal, termasuk **koperasi desa, kelompok masyarakat, dan organisasi pemuda**, memiliki peran sentral dalam keberhasilan deployment internet berbasis biaya. Tanpa keterlibatan masyarakat, bahkan infrastruktur yang sudah tersedia bisa tidak berfungsi optimal. Oleh karena itu, diperlukan strategi partisipatif yang menempatkan komunitas sebagai **pengguna sekaligus pengelola layanan**.

Kelembagaan dan Koperasi Digital

Komunitas dapat membentuk **koperasi digital** atau *community-based ISP* untuk mengelola layanan internet secara kolektif. Skema ini memungkinkan biaya operasional dibagi rata antar pengguna.

- Misalnya: biaya langganan backhaul Rp 6 juta/bulan. Jika dibagi ke 300 anggota koperasi, maka iuran hanya Rp 20.000/bulan per orang.
- Dengan struktur ini, komunitas memiliki kepemilikan bersama (*sense of ownership*) sehingga lebih berkelanjutan dibanding jika hanya mengandalkan operator eksternal.

Partisipasi dalam Infrastruktur Bersama

Komunitas lokal dapat berkontribusi melalui **gotong royong dalam pembangunan infrastruktur**. Contoh: warga menyediakan lahan untuk menara, tenaga kerja lokal membantu konstruksi, atau sekolah desa menjadi titik *access point*. Dengan cara ini, biaya investasi bisa ditekan hingga 10–15%.

Literasi Digital dan Pemanfaatan Internet Produktif

Akses internet harus dimanfaatkan untuk aktivitas produktif, bukan hanya hiburan. Komunitas lokal perlu mengembangkan:

- Pelatihan *e-commerce* sederhana bagi UMKM desa.
- Penggunaan platform digital untuk pertanian, misalnya informasi harga pasar atau prakiraan cuaca.
- Kelas daring untuk guru dan siswa, sehingga meningkatkan kualitas pendidikan.

Jika 50 UMKM lokal dapat meningkatkan omzet rata-rata Rp 500.000/bulan melalui pemasaran digital, maka total dampak ekonomi bisa mencapai Rp 25 juta/bulan.

Skema Tarif yang Adil dan Transparan

Komunitas harus memastikan ada mekanisme tarif yang **adil, transparan, dan inklusif**. Misalnya:

- Paket individu Rp 20.000/bulan.

- Paket keluarga Rp 50.000/bulan dengan akses hingga 5 perangkat.
- Subsidi silang: sebagian keuntungan dialokasikan untuk keluarga miskin agar tetap bisa terhubung.

Ringkasan Rekomendasi Komunitas Lokal

Area Strategis	Contoh Implementasi	Dampak Biaya & Manfaat
Koperasi Digital	Iuran Rp 20.000/anggota	Akses terjangkau, berkelanjutan
Infrastruktur Bersama	Lahan & tenaga lokal	CAPEX turun 10–15%
Literasi Digital & UMKM	50 UMKM naik omzet Rp 500 rb/bulan	Tambahan Rp 25 juta/bulan
Skema Tarif Adil & Inklusif	Paket keluarga, subsidi silang	Akses merata untuk semua warga

Kesimpulan

Komunitas lokal adalah kunci keberlanjutan internet di desa. Dengan membentuk kelembagaan koperasi digital, berpartisipasi dalam pembangunan infrastruktur, mengembangkan literasi digital, serta menerapkan tarif yang inklusif, masyarakat tidak hanya menjadi konsumen tetapi juga pengelola dan penerima manfaat langsung dari konektivitas. Strategi ini menjadikan deployment internet rural lebih efisien, mandiri, dan memberi dampak sosial-ekonomi yang nyata.

Referensi

Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (n.d.). APJII: Jumlah pengguna internet Indonesia tembus 221 juta orang.

<https://apjii.or.id/berita/d/apjii-jumlah-pengguna-internet-indonesia-tembus-221-juta-orang>

Australian Universities. (n.d.). Work-integrated learning.

<https://www.australianuniversities.com.au/work-integrated-learning/>

Badan Pusat Statistik. (n.d.). Indikator ekonomi.

<https://www.bps.go.id/publication/2024/03/28/78f4412bc3d4b2909067c841/indikator-ekonomi-januari-2024.html>

Badan Pusat Statistik. (2025a). Februari 2025: Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) sebesar 4,82 persen.

<https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2025/05/06/2055/februari-2025--tingkat-pengangguran-terbuka--tpt--sebesar-4-82-persen.html>

Badan Pusat Statistik. (2025b). Statistik pengangguran lulusan tinggi 2025.

<https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTE3OSMy/tingkat-pengangguran-terbuka-berdasarkan-tingkat-pendidikan.html>

Cisco Systems. (2023). Annual Internet Report (2018–2023): White paper.

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

Erwan, T. (2021). Studi kelayakan bisnis kewirausahaan: Studi kasus bisnis RT/RW Net ASRI NET.

<https://id.scribd.com/document/800437091/Erwan-Taufik-2102119-Studi-Kelayakan-Bisnis-Kewirausahaan>

Federal Ministry of Education and Research. (n.d.). The German vocational training system.

<https://www.bmbf.de/bmbf/en/education/the-german-vocational-training-system/the-german-vocational-training-system.html>

Gizmologi. (2022, September 5). Fenomena RTRWNet: Tantangan legalitas komunitas internet. <https://gizmologi.com/insight/fenomena-rtrwnet-tantangan-legalitas/>

Implementasi jaringan fiber optic dan hotspot server RT/RW Net berbasis Mikrotik dengan fitur Mikhmon. (2024). ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/383544161_IMPLEMENTASI_JARINGAN_FIBER_OPTIC_DAN_HOTSPOT_SERVER_RTRW-NETBERBASIS_MIKROTIK_DENGAN_FITUR_MIKHMONIMPLEMENTASI_JARINGAN_FIBER_OPTIC_DAN_HOTSPOT_SERVER_RTRW-NET_BERBASIS_MIKROTIK_DENGAN_FITUR_MIKHMON

Inside Indonesia. (2016, March). Kampoeng Cyber.

<https://www.insideindonesia.org/kampoeng-cyber>

Institut Teknologi Tangerang Selatan. (n.d.). OpenCourse ITTS. <https://opencourse.itts.ac.id>

International Journal of Research in Community Services. (2023). Increasing financial literacy in RT RW net Indonesia cooperatives and MSMEs through simple bookkeeping. <https://journal.rescollacomm.com/index.php/ijrcs/article/view/381/0>

International Telecommunication Union. (2021). Measuring digital development: Facts and figures 2021. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2021.pdf>

Kelly, T., & Rossotto, C. M. (Eds.). (2012). Broadband strategies handbook. World Bank Publications. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d7c1dee3-7d0e-5939-995e-192f79c9a2df>

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 41 Tahun 2021 tentang Rekognisi Pembelajaran Lampau. <https://jdih.kemdikbud.go.id/arsip/Permendikbudristek%20Nomor%2041%20Tahun%202021.pdf>

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (n.d.). Home. <https://kemenperin.go.id/>

Kontan. (2021, July 12). Fenomena RT/RW Net, tantangan dan peluang bagi bisnis internet. <https://industri.kontan.co.id/news/fenomena-rtrw-net-tantangan-dan-peluang-bagi-bisnis-internet-di-indonesia>

LaRose, R., Gregg, J. L., Strover, S., Straubhaar, J., & Carpenter, S. (2007). Closing the rural broadband gap: Promoting adoption of the Internet in rural America. Telecommunications Policy, 31(6–7), 359–373. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2007.04.004>

Lehr, W., Sirbu, M., & Gillett, S. (2006). Wireless is changing the policy calculus for broadband. Government Information Quarterly, 23(3–4), 435–453. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2006.08.003>

McKinsey Global Institute. (2021, February 18). The future of work after COVID-19. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19>

Medium / UN Global Pulse Asia Pacific. (2019, October 23). From traditional to digital-savvy: The story of Kampoeng Cyber. <https://medium.com/un-global-pulse-ap/from-traditional-to-digital-savvy-the-story-of-kampung-cyber-928aa957ac81>

Onno, W. P. (2025). Strategi deployment internet di rural berbasis biaya (Cost-Based). Jakarta: [Penerbit Mandiri].

Parker, E. B. (2000). Closing the digital divide in rural America. Telecommunications Policy, 24(4), 281–290. [https://doi.org/10.1016/S0308-5961\(00\)00002-1](https://doi.org/10.1016/S0308-5961(00)00002-1)

Penerapan Jaringan RT-RW Net Menggunakan Perangkat Mikrotik di Desa Glinggangan. (2023). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/380092166_Penerapan_Jaringan_RT-RW_Net_Menggunakan_Perangkat_Mikrotik_di_Desa_Glinggangan

Purbo, O. W. (n.d.). RT/RW-Net. Onno Center Wiki.

<https://onnocenter.or.id/wiki/index.php/RT/RW-net>

Qiang, C. Z., Rossotto, C. M., & Kimura, K. (2009). Economic impacts of broadband. In *Information and communications for development 2009: Extending reach and increasing impact* (pp. 35–50). World Bank Publications.

<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/834151434649067733-0190022009/original/IC4DBroadband3550.pdf>

Salmon, C. T., & Horst, J. L. (2020). Bridging the digital divide: Rural broadband initiatives in the United States. *Journal of Rural Studies*, 76, 87–96.

<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.012>

Salwa, R. F. (2023). Implementasi penerapan kebijakan program Indonesia Sehat berbasis RT/RW di Kabupaten Soppeng.

https://lib.unm.ac.id/storage/file_thesis/h63I7clkZMWTGpxH0MjPNA8arBacMJr6fXKdXlqp.pdf

Sapiens. (2020, June 10). The birth of Indonesia's cyber village.

<https://www.sapiens.org/culture/indonesia-cyber-village/>

Seputar Birokrasi. (n.d.). Transformasi digital dalam pemerintahan melalui e-government.

<https://seputarbirokrasi.com/transformasi-digital-dalam-pemerintahan-melalui-e-government/>

Tribun News. (2019, September 12). Makna filosofi Eyang Habibie: Bermula di akhir dan berakhir di awal.

<https://www.tribunnews.com/nasional/2019/09/12/makna-filosofi-eyang-habibie-bermula-di-akhir-dan-berakhir-di-awal>

Universitas Bina Sarana Informatika. (2020). Analisa jaringan Internet Service Provider (ISP) RT/RW Net di Kelurahan Duren Jaya.

<https://repository.bsi.ac.id/repo/files/427117/download/ANALISA-JARINGAN-INTERNET-SERVICE-PROVIDER-%28ISP%29-RT-RW-NET-CHINTIA.pdf>

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. (2021). Implementasi jaringan RT/RW Net

menggunakan metode IP. <http://eprints.umsida.ac.id/13440/>

Universitas Sam Ratulangi. (2019). Implementasi RT/RW Net di Desa Walewangko.

<https://repo.unsrat.ac.id/5121/1/fa51dcc308e89540af9bd27844000556a0c9d863.pdf>

Universitas STIKIP PGRI Tulungagung. (2021). Implementasi jaringan RT/RW Net di wilayah RT 01 Perumahan Sraten Permai menggunakan perangkat mikrotik.

<https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi/article/view/5615>

Universitas STMIK Bina Sarana. (2022). Perancangan jaringan hotspot RT/RW Net

Procyber. <https://e-jurnal.stmikbinsa.ac.id/index.php/simkom/article/download/172/79>

Universitas STMIK Dharmapala Riau. (2020). Implementasi jaringan RT/RW Net berbasis mikrotik.

<https://ojs.stmikdharmapalariau.ac.id/index.php/jikb/article/view/460/417>

Universitas Trunojoyo Madura. (2020). Studi kasus PT. Bangun Digikomunikasi Indonesia: RT RW NET sebagai ISP. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/14014>

Universitas UTA'45 Jakarta. (2020). Kajian sukses implementasi e-government: Studi kasus komunitas online RT-RW Net.

<https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/gov/article/download/1113/763>

Waverman, L., Meschi, M., & Fuss, M. (2005). The impact of telecoms on economic growth in developing countries. Vodafone Policy Paper Series, 2(3), 10–24.

https://www.researchgate.net/publication/265758950_The_Impact_of_Telecoms_on_Economic_Growth_in_Developing_Countries

Yayasan Imandiri. (2020). Sistem pengelolaan data pelanggan RT/RW Net: Studi kasus GhadheNet.

https://epub.imandiri.id/repository/docs/TaSkripsi/Skripsi_Bayu_Ramadhan%2520361701013.pdf

Yayasan Mayasari Bakti. (2022). Perancangan dan implementasi jaringan RT/RW Net menggunakan metode PPDIOO (Studi Kasus Desa Leuwibudah Kecamatan Sukaraja).

<https://saintesa.mayasaribakti.ac.id/index.php/saintesa/article/view/23>

Glosarium

- **Access Point (AP)**
Perangkat yang menjadi titik akses jaringan nirkabel agar perangkat klien dapat terhubung ke internet.
- **Backhaul**
Jalur komunikasi utama yang menghubungkan jaringan lokal (desa) ke jaringan inti atau internet global.
- **Bandwidth**
Kapasitas maksimum jalur komunikasi data, diukur dalam satuan bit per detik (bps).
- **Base Transceiver Station (BTS)**
Infrastruktur pemancar sinyal seluler untuk menyediakan layanan komunikasi nirkabel di suatu wilayah.
- **Break-Even Point (BEP)**
Titik impas, kondisi di mana pendapatan sama dengan biaya total (CAPEX + OPEX).
- **CAPEX (Capital Expenditure)**
Biaya investasi awal untuk membangun infrastruktur jaringan, misalnya perangkat, menara, instalasi.
- **Cost-Based Deployment**
Strategi pembangunan jaringan internet dengan fokus pada efisiensi biaya, agar akses bisa terjangkau masyarakat rural.
- **Digital Divide**
Kesenjangan akses teknologi informasi dan internet antara wilayah perkotaan dengan pedesaan, atau antar kelompok sosial-ekonomi.
- **Fiber Optic**
Media transmisi berbasis serat kaca untuk mengirimkan data berkecepatan tinggi dengan latensi rendah.
- **ISP (Internet Service Provider)**
Penyedia layanan internet yang menjual koneksi kepada pelanggan.
- **Latency**
Waktu tunda dalam pengiriman data dari pengirim ke penerima, biasanya diukur dalam milidetik (ms).
- **Mesh Network**
Arsitektur jaringan dimana setiap node saling terhubung langsung, menciptakan jalur alternatif agar koneksi tetap stabil.

- **OPEX (Operational Expenditure)**
Biaya operasional rutin untuk menjalankan jaringan, misalnya listrik, bandwidth bulanan, pemeliharaan.
- **Payback Period**
Lama waktu yang dibutuhkan agar investasi kembali (mengembalikan CAPEX) melalui arus pendapatan.
- **Radio Link**
Koneksi nirkabel jarak jauh menggunakan gelombang radio, dipakai untuk backhaul antar-menara di rural.
- **Return on Investment (ROI)**
Rasio keuntungan yang diperoleh dibandingkan dengan total biaya investasi.
- **Spectrum**
Rentang frekuensi radio yang digunakan untuk komunikasi nirkabel, diatur pemerintah.
- **Sustainability**
Prinsip keberlanjutan dalam membangun jaringan internet agar tidak hanya efisien di awal, tetapi juga bertahan jangka panjang.
- **VSAT (Very Small Aperture Terminal)**
Teknologi satelit dengan antena kecil untuk menyediakan akses internet di daerah terpencil.
- **Wi-Fi**
Teknologi jaringan nirkabel berbasis standar IEEE 802.11 yang digunakan untuk menghubungkan perangkat ke internet.
- **Wireless ISP (WISP)**
Penyedia layanan internet berbasis jaringan nirkabel, umumnya dengan cakupan terbatas di daerah rural.

Tentang Penulis



Onno W. Purbo, saat ini bertugas sebagai rektor di Institut Teknologi Tangerang Selatan (ITTS). Onno memperoleh gelar Ph.D bidang Electrical Engineering dari University of Waterloo, Canada, adalah seorang copyleft, educator dan ICT evangelist. Dia sudah mempublikasikan 50++ buku, termasuk free ICT ebook untuk sekolah tahun 2008. Beberapa buku terakhirnya adalah "Internet-TCP/IP: Konsep Dan Implementasi", 2018; "Sistem Operasi, Konsep Dan Membuat Linux OpenWRT Dan ROM Android", 2019; "IPv6 Untuk Mendukung Operasi Jaringan Dan Domain Name System", 2019; "Kubernetes untuk Pemula", 2024 dan "Membuat Operator Seluler 5G Sendiri", 2024. Dia memimpin sambungan pertama Internet di Institut Teknologi Bandung, tahun 1993-2000, dan menggunakannya untuk membuat jaringan Internet pendidikan yang pertama di

Indonesia. Dia membebaskan frekuensi WiFi, memperkenalkan RT/RW-net, antenna Wajanbolic dan jaringan selular OpenBTS dan private 5G sendiri. Dia memimpin jaringan telepon pertama di atas Internet, VoIP Merdeka, yang kemudian hari dikenal sebagai VoIP Rakyat berbasis SIP dan menggunakan kode area +62520 dan +62521. Dia saat ini aktif memperkenalkan e-Learning, dan menjalankan server e-Learning di <http://lms.onnocenter.or.id/moodle/> 66,000++ siswa / mahasiswa dan <https://opencourse.itts.ac.id> 36.000+ mahasiswa secara gratis. Email: onno@indo.net.id