

ABSTRAK

Kawasan Batununggal Bandung mengalami peningkatan kebutuhan layanan internet, tetapi pengembangan jaringan akses terhambat oleh keterbatasan ruang dan regulasi Peraturan Wali Kota Bandung No. 589 Tahun 2013 yang melarang kabel udara dan mewajibkan jaringan optik berada di bawah tanah. Hal ini membuat teknologi G-PON menjadi kurang efisien secara teknis, biaya, dan estetika. Untuk mengatasinya, dirancang solusi jaringan *hybrid* yang menggabungkan *Free-Space Optics* (FSO) sebagai jalur *feeder* dan *Next-Generation Passive Optical Network* (NG-PON) sebagai distribusi. Menghindari kebutuhan penggalian, NG-PON lebih efisien karena cakupannya mampu melayani lebih banyak *homepass* dalam satu distribusi. Sistem ini didukung pemantauan real-time berbasis *Internet of Things* (IoT) melalui website yang mendeteksi kondisi lingkungan dan memberikan notifikasi saat terjadi gangguan.

Metodologi yang digunakan meliputi survei dan pemetaan jalur jaringan menggunakan *AutoCAD* dan perangkat pemetaan digital, simulasi performansi optik dengan perangkat lunak simulasi, serta pengujian parameter teknis jaringan. Pengembangan sistem IoT mencakup instalasi lima jenis sensor (hujan, suhu, kelembapan, getaran, debu) dan integrasi datanya ke website *Skylink*. Pengujian dilakukan melalui skenario lingkungan berbeda untuk mengevaluasi keandalan jaringan dan respons sensor terhadap gangguan lingkungan.

Hasil simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa sistem hybrid ini bekerja sangat baik dalam berbagai kondisi. Nilai *Link Power Budget* (LPB) berada di antara -25,196 dBm (pengguna terdekat, hujan ringan) hingga -25,704 dBm (pengguna terjauh, cuaca cerah), masih jauh di atas ambang minimum -28 dBm. *Bit Error Rate* (BER) berkisar antara $6,89 \times 10^{-9}$ hingga $2,95 \times 10^{-7}$, melebihi standar 10^{-6} . *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) tercatat stabil antara 60 dB, dan *Q-Factor* berada dalam rentang 4,99–5,58, masih mendekati nilai ideal 6. Sensor hujan mendeteksi redaman hingga ± 20 dB/km, sensor suhu dan kelembapan mencatat rentang 25–45°C dan 71,4–72,6%, sensor getaran dan debu menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap getaran dan partikel udara yang memengaruhi transmisi. Semua data divisualisasikan dalam website *Skylink* yang berhasil memberikan notifikasi otomatis dan akurat ketika kondisi lingkungan tidak ideal. Secara ekonomi, implementasi jaringan *hybrid* ini mampu menurunkan biaya per *homepass* sebesar $\pm 25\%$ dibandingkan sistem G-PON konvensional, berkat eliminasi jalur fisik *feeder* serta cakupan distribusi NG-PON.

Kata kunci: FSO, IoT, jaringan *hybrid*, NG-PON, *Skylink*