

ABSTRAK

Bencana alam di Indonesia berpotensi melumpuhkan infrastruktur telekomunikasi konvensional, sehingga diperlukan sistem komunikasi darurat yang mandiri dan tangguh. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem komunikasi darurat terintegrasi berbasis *Long Range* (LoRa), *Global Positioning System* (GPS), dan *Bluetooth Low Energy* (BLE). Sistem terdiri atas *field device*, *beacon network*, dan *headquarter device*. Protokol komunikasi kustom dengan delapan jenis pesan diimplementasikan menggunakan struktur data *packed* untuk efisiensi transmisi. Pengujian dilakukan di lingkungan Universitas Malikussaleh dan Kabupaten Bener Meriah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari sembilan parameter kinerja, delapan memenuhi target. *Packet Delivery Ratio* (PDR) mencapai 100% pada jarak ± 1000 meter, latensi *end-to-end* 1,02 detik, akurasi GPS luar ruangan 0,945 meter, deteksi gerakan otomatis 100% pada pergeseran >5 meter dalam 5 detik, *usability* manual 14,84 detik, *usability* aplikasi 23,85 detik, jangkauan BLE 16 meter di luar ruangan dan 11 meter di dalam ruangan, serta perluasan jangkauan hingga 2000 meter dengan bantuan *beacon network*. Adapun konsumsi daya belum memenuhi target, yaitu *field device* 4,32 jam, *beacon network* 9,18 jam, dan *headquarter device* 8,03 jam dengan target >12 jam. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan terbukti adaptif dan layak sebagai solusi komunikasi darurat di wilayah rawan bencana, meskipun masih diperlukan optimasi konsumsi daya.

Kata Kunci: LoRa, GPS, BLE, bencana alam, multi-hop.