

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| HALAMAN TUGAS | iv |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN | xv |
| INTISARI..... | xvii |
| ABSTRACT | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang..... | 1 |
| I.2 Perumusan Masalah | 6 |
| I.3 Batasan Masalah | 6 |
| I.4 Tujuan Penelitian | 7 |
| I.5 Manfaat Penelitian | 7 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| II.1 Teknik <i>Fingerprint</i> pada IPS dengan Menggunakan BLE..... | 10 |
| II.2 Penggunaan <i>Kalman Filter</i> pada IPS | 12 |
| II.3 Kontribusi Penelitian dalam Bidang <i>Indoor Positioning System</i> | 13 |
| BAB III DASAR TEORI | 18 |
| III.1 <i>Bluetooth Low Energy</i> | 18 |
| III.2 <i>Received Signal Strength Indicator</i> (RSSI)..... | 20 |
| III.3 <i>K-Nearest Neighbor</i> | 22 |
| III.4 <i>Data Filtering</i> | 26 |
| III.5 <i>Kalman Filter</i> | 29 |
| III.5.1 Proses Estimasi | 29 |
| III.5.2 Komputasi Origin dari <i>Filter</i> | 30 |
| III.5.3 Algoritma <i>Kalman Filter</i> Diskrit | 32 |

| | |
|--|----|
| III.5.4 Parameter dan <i>Tuning Filter</i> | 33 |
| BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN | 34 |
| IV.1 Alat dan Bahan Penelitian..... | 34 |
| IV.2 Tata Laksana Penelitian | 35 |
| IV.2.1 Studi Literatur | 36 |
| IV.2.2 Perumusan Masalah | 36 |
| IV.2.3 Pembangunan Sistem | 37 |
| IV.2.4 Skema Pengambilan Data | 40 |
| IV.2.5 Mengolah Data Latih dan Data Uji | 45 |
| IV.2.5.1 Penerapan <i>Kalman Filter</i> pada Nilai RSSI | 45 |
| IV.2.5.2 Pembagian Data Latih dan Data Uji | 47 |
| IV.2.5.3 Skema Pengolahan Data dengan Teknik <i>Fingerprint</i> | 48 |
| IV.2.6 <i>Tuning</i> Algoritma KNN | 49 |
| IV.2.7 Menggunakan Algoritma KNN | 50 |
| IV.2.7.1 Algoritma KNN | 50 |
| IV.2.7.2 Parameter Kinerja Algoritma..... | 51 |
| IV.3 Rencana Analisis Hasil Penelitian | 52 |
| IV.3.1 Analisis Data Pengukuran Setiap <i>Channel</i> | 52 |
| IV.3.2 Analisis Performa IPS | 53 |
| IV.3.3 Analisis Pengaruh <i>Kalman Filter</i> terhadap Performa IPS | 53 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 54 |
| V.1 Analisis Nilai RSSI | 54 |
| V.2 Analisis Performa <i>Indoor Positioning System</i> | 55 |
| V.2.1 Performa IPS pada Kondisi <i>Line of Sight Indoor</i> (LOS) | 55 |
| V.2.2 Perbandingan Performa IPS pada Kondisi LOS dan NLOS | 60 |
| V.2.3 Perbandingan Performa LOS <i>Indoor</i> dengan LOS <i>Outdoor</i> | 62 |
| V.3 Analisis Pengaruh <i>Kalman Filter</i> | 63 |
| V.3.1 Penerapan <i>Kalman Filter</i> terhadap Nilai RSSI | 63 |
| V.3.2 Pengaruh <i>Kalman Filter</i> terhadap Performa IPS pada Kondisi LOS.. | 65 |
| V.3.3 Pengaruh <i>Kalman Filter</i> terhadap Performa IPS pada Kondisi Lingkungan <i>Indoor</i> NLOS | 68 |
| V.3.4 Pengaruh <i>Kalman Filter</i> terhadap Performa IPS pada Lingkungan <i>Outdoor</i> LOS..... | 69 |

| | |
|---|----|
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 53 |
| VI.1 Kesimpulan | 53 |
| VI.2 Saran | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA | 71 |
| LAMPIRAN..... | 71 |
| LAMPIRAN A KODE SUMBER | 76 |
| A.1 Kode Sumber Pengambilan Data Uji Coba <i>Beacon</i> | 76 |
| A.2 Kode Sumber Pengambilan Data | 77 |
| A.3 Kode Sumber Konfigurasi BLE Menjadi <i>Beacon</i> | 79 |
| A.4 Kode Sumber <i>Kalman Filter</i> | 84 |
| A.5 Kode Sumber KNN | 85 |
| LAMPIRAN B DATA UJI COBA <i>BEACON</i> | 89 |
| LAMPIRAN C DATA RSSI UNTUK IPS | 90 |
| LAMPIRAN D HASIL PREDIKSI POSISI..... | 91 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Perkembangan Teknologi <i>Bluetooth</i> | 18 |
| Tabel 3.2 Nilai Parameter “ <i>Advertising Channel Map</i> ” | 20 |
| Tabel 3.3 <i>Confusion Matrix</i> | 25 |
| Tabel 4.1 Daftar Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian..... | 34 |
| Tabel 4.2 Struktur Data yang Diterima <i>Scanner</i> | 45 |
| Tabel 5.1 Perbandingan Kinerja <i>Channel BLE</i> | 55 |
| Tabel 5.2 Perbandingan Kondisi LOS dan NLOS..... | 61 |
| Tabel 5.3 Perbandingan Kondisi LOS <i>Indoor</i> dan LOS <i>Outdoor</i> | 62 |
| Tabel 5.4 Perbandingan Parameter Data <i>Kalman Filter</i> | 64 |
| Tabel 5.5 Perbandingan Kinerja <i>Channel BLE</i> Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 65 |
| Tabel 5.6 Perbandingan Performa IPS pada <i>Indoor</i> NLOS dengan Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 68 |
| Tabel 5.7 Perbandingan Performa Sistem pada Lingkungan <i>Outdoor</i> LOS dengan Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 69 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Taksonomi <i>Indoor Positioning System</i> (IPS) | 2 |
| Gambar 3.1 <i>Channel</i> pada BLE..... | 19 |
| Gambar 3.2 Ilustrasi Data Latih dan Data Uji | 23 |
| Gambar 3.3 a) Ilustrasi Perhitungan Jarak, (b) Ilustrasi Penentuan Label Data.. | 24 |
| Gambar 3.4 Siklus <i>Kalman filter</i> Diskrit..... | 32 |
| Gambar 4.1 Diagram Alir Tata Laksana Penelitian | 35 |
| Gambar 4.2 Skema Konfigurasi <i>Beacon</i> dan <i>Scanner</i> | 37 |
| Gambar 4.3 Diagram Alir Konfigurasi <i>Beacon</i> dan <i>Scanner</i> | 38 |
| Gambar 4.4 Diagram Alir Pengukuran Nilai RSSI | 39 |
| Gambar 4.5 Ilustrasi Skema Pengujian <i>Beacon</i> | 40 |
| Gambar 4.6 Uji Coba <i>Beacon</i> Pada Lingkungan <i>Outdoor</i> | 41 |
| Gambar 4.7 Pengujian <i>Beacon</i> Pada Lingkungan <i>Indoor</i> | 41 |
| Gambar 4.8 Skema Area Pengukuran (a) Denah Ruangan, (b) Skema Pengukuran pada Ruangan yang Digunakan..... | 42 |
| Gambar 4.9 Pengambilan Data dengan Keberadaan Manusia dan Objek Pengganggu..... | 44 |
| Gambar 4.10 Pengambilan Data Pada Lingkungan <i>Outdoor</i> | 44 |
| Gambar 4.11 Diagram Alir Penerapan <i>Kalman Filter</i> | 46 |
| Gambar 4.12 Grafik Nilai RSSI Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 47 |
| Gambar 4.13 Skema Pengolahan Data | 48 |
| Gambar 4.14 Skema Pengolahan Data dengan Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 49 |
| Gambar 4.15 Skema Pembagian Data <i>k-fold Cross Validation</i> | 50 |
| Gambar 4.16 <i>Multi-class Confusion Matrix</i> | 51 |
| Gambar 5.1 Pengujian Pengukuran Nilai RSSI..... | 54 |
| Gambar 5.2 Persebaran Rata-Rata Galat pada <i>Channel Full</i> | 56 |
| Gambar 5.3 Persebaran Prediksi pada Posisi 22 <i>Channel Full</i> | 56 |
| Gambar 5.4 Persebaran Rata-Rata Galat pada <i>Channel 37</i> | 57 |
| Gambar 5.5 Persebaran Prediksi pada Posisi 21 <i>Channel 37</i> | 58 |
| Gambar 5.6 Persebaran Rata-Rata Galat pada <i>Channel 38</i> | 59 |
| Gambar 5.7 Persebaran Prediksi pada Posisi 15 <i>Channel 38</i> | 59 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5.8 Perbandingan Presisi, <i>Recall</i> dan <i>F1-score Channel BLE</i> | 60 |
| Gambar 5.9 Persebaran Rata-Rata Galat Kondisi NLOS | 61 |
| Gambar 5.10 Perbandingan Presisi, <i>Recall</i> dan <i>F1-score</i> pada Kondisi Lingkungan LOS dan NLOS..... | 62 |
| Gambar 5.11 Perbandingan Presisi, <i>Recall</i> dan <i>F1-score LOS Indoor</i> dan <i>LOS Outdoor</i> | 63 |
| Gambar 5.12 Penerapan <i>Kalman Filter</i> pada Nilai RSSI..... | 64 |
| Gambar 5.13 Perbandingan Persebaran Galat <i>Channel Full</i> dengan <i>Kalman Filter</i> | 66 |
| Gambar 5.14 Perbandingan Persebaran Galat <i>Channel 38</i> dengan <i>Kalman Filter</i> | 67 |
| Gambar 5.15 Perbandingan Presisi pada Kondisi LOS dengan Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 67 |
| Gambar 5.16 Perbandingan Performa IPS pada Kondisi NLOS dengan Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 68 |
| Gambar 5.17 Perbandingan Performa IPS pada Lingkungan <i>Outdoor</i> dengan Menggunakan <i>Kalman Filter</i> | 69 |