

Rancang Bangun Sistem *Indoor Tracking* pada Kegiatan Praktik Mahasiswa Menggunakan *Bluetooth Low Energy*

Wahyudi Purnomo¹, Ruminto Subekti², Yoni Sabda Ramadan³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

³yonisabda@mhs.polman-bandung.ac.id

Abstrak— Mahasiswa yang melakukan absen atau membolos kerap kali terjadi di lingkungan Kampus Politeknik Manufaktur Bandung. Mahasiswa memanfaatkan situasi saat dosen tidak memantau mahasiswa secara langsung. Hal ini mengurangi jam kuliah dan jam praktik untuk mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem indoor tracking menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE) pada kegiatan praktik mahasiswa. Sistem ini dapat digunakan untuk memantau kehadiran mahasiswa pada kegiatan praktik, serta melacak posisi mahasiswa di dalam laboratorium PLC. Sistem ini menggunakan teknologi BLE untuk mengirimkan sinyal dari kartu BLE mahasiswa ke perangkat BLE gateway, yang kemudian diolah oleh program untuk menentukan posisi mahasiswa. Sinyal yang telah dikirimkan kemudian diolah menggunakan pendekatan algoritma Kalman filter dan metode trilateration. Meskipun sinyal Received Signal Strength Indicator (RSSI) yang diterima dari kartu BLE cenderung tidak stabil, penerapan algoritma Kalman filter bertujuan untuk mengestimasi dan menstabilkan nilai RSSI yang terukur. Dengan memanfaatkan metode trilateration, posisi akurat dari kartu BLE dapat ditentukan. Metode ini memanfaatkan informasi jarak dari tiga titik referensi yang telah diketahui di dalam laboratorium. Dengan menggunakan data jarak dan nilai RSSI yang telah distabilkan menggunakan Kalman filter, posisi kartu BLE mahasiswa dapat dihitung dengan lebih tepat. Sistem ini telah berhasil dibuat dengan Metode Trilateration dan dapat mengetahui mahasiswa yang berada di dalam laboratorium PLC dengan tingkat akurasi 64.25%. Penggunaan Kalman filter dapat menstabilkan sinyal RSSI agar tidak terlalu banyak fluktuasi dan meningkatkan akurasi sebesar 78.2%. Hasil pengujian pelacakan mahasiswa di Laboratorium PLC berhasil dengan dimunculkannya indoor tracking pada antarmuka dan penggunaan Kalman filter meredam noise sinyal RSSI dari kartu BLE.

Kata Kunci— BLE, RSSI, Trilateration, Kalman filter, Indoor Tracking.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan teknologi semakin meningkat setiap harinya, memberikan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu teknologi yang semakin berkembang adalah sistem pelacakan posisi objek atau tempat di lingkungan dalam ruangan, menggantikan penggunaan peralatan konvensional seperti peta dan denah. Sistem ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk periklanan pada pusat perbelanjaan [1], pemantauan kendaraan di area parkir pusat perbelanjaan atau hotel, pemantauan pasien di rumah sakit, pemantauan aset di dalam gedung [2], dan pendeteksi posisi bagasi dalam pesawat. Penerapan sistem ini sangat penting di lingkungan gedung dengan tingkat aktivitas tinggi yang memerlukan pemantauan atau pendeteksian posisi objek.

Salah satu lingkungan yang relevan untuk menerapkan sistem ini adalah kegiatan praktik mahasiswa di lingkungan gedung perkuliahan atau laboratorium. Kegiatan praktik sering melibatkan pergerakan dan interaksi antara dosen, mahasiswa,

peralatan, dan area kerja yang berbeda [3]. Memantau dan melacak posisi mahasiswa dengan presisi dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi, keamanan, dan pengalaman belajar mereka.

Dalam konteks ini, teknologi Bluetooth Low Energy (BLE) menarik untuk digunakan dalam sistem pelacakan dalam ruangan. BLE adalah protokol komunikasi nirkabel yang dikembangkan untuk mengonsumsi daya rendah [4], menjadikannya cocok untuk aplikasi dalam lingkungan dalam ruangan. Sistem pelacakan berbasis BLE memanfaatkan perangkat BLE yang dipasang pada objek atau digunakan oleh individu yang akan dilacak. Perangkat-perangkat ini berinteraksi dengan beberapa titik referensi BLE yang terpasang di sekitar area kerja atau gedung untuk memantau dan melacak posisi dengan menggunakan informasi jarak dan kekuatan sinyal.

Namun, dalam penerapan pelacakan dalam ruangan, teknologi GPS yang umumnya digunakan untuk menentukan posisi memiliki kelemahan dalam lingkungan dalam ruangan atau gedung. Sinyal GPS sulit dijangkau ketika perangkat penerima berada di dalam ruangan atau gedung bertingkat [5]. Oleh karena itu, sistem pelacakan indoor berbasis BLE menjadi alternatif yang menarik.

Dengan menggunakan sistem pelacakan indoor berbasis BLE dalam kegiatan praktik mahasiswa, berbagai manfaat dapat diperoleh. Pengawas atau dosen dapat memantau pergerakan mahasiswa secara real-time, memberikan bimbingan langsung, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Sistem ini juga membantu dalam manajemen kehadiran, pengaturan jadwal, dan pengorganisasian praktikum secara efisien. Mahasiswa juga mendapatkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan personal.

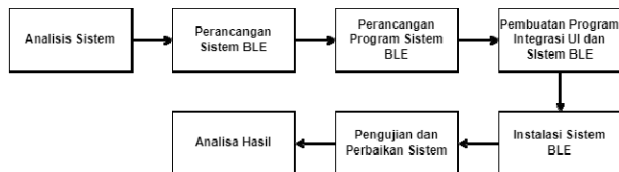
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem indoor tracking berbasis BLE [6] dalam kegiatan praktik mahasiswa. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pelacakan posisi mahasiswa dengan presisi, sehingga pengawas dan dosen dapat mengelola dan mengawasi praktikum secara efisien. Pemetaan dan instalasi titik referensi BLE yang strategis akan dilakukan, serta pengembangan perangkat lunak untuk pengolahan dan penyajian data pelacakan secara real-time.

Diharapkan bahwa implementasi sistem pelacakan indoor berbasis BLE dalam kegiatan praktik mahasiswa akan meningkatkan pengalaman belajar, efisiensi, dan keselamatan. Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pelacakan dalam ruangan secara lebih luas.

Dalam penelitian ini penulis akan mendeteksi pergerakan orang di dalam gedung yang akan divisualisasikan ke dalam bentuk indoor maps sebagai output. Untuk menstabilkan dan meningkatkan akurasi pada pengukuran sinyal RSSI digunakan Kalman filter sebagai algoritma dan trilateration [7] [8] sebagai metode dalam penelitian ini.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan teknik yang disusun secara teratur guna mendapatkan data dan informasi dalam melakukan penelitian sesuai dengan objek yang diteliti.



Gbr. 1 Alur Metodologi Penelitian

Pada gambar 1 menunjukkan alur metodologi yang dilakukan selama pembuatan tugas akhir. Berikut rincian tahapan penelitian:

1) Analisis Sistem: Melakukan studi literatur penelitian terdahulu yang bersangkutan dengan sistem BLE, indoor localization dan indoor tracking berdasarkan nilai RSSI. Pemilihan metode yang optimal yang akan digunakan pada sistem indoor tracking. Serta pemilihan penggunaan perangkat yang sesuai.

2) Perancangan Sistem BLE: Melakukan kajian teori tentang BLE. Perancangan instalasi BLE gateway termasuk penempatan dan posisi BLE gateway terhadap ruangan yang akan dilakukan penelitian. Perancangan topologi jaringan yang dilakukan untuk menghubungkan setiap BLE gateway dan sistem data akuisisi.

3) Perancangan Program Sistem BLE: Melakukan pemilihan bahasa pemrograman yang akan digunakan sebagai data akuisisi dan pengolahan data yang akan digunakan. Serta pemilihan UI yang akan digunakan sebagai visualisasi indoor tracking. Pemilihan metode trilateration dan Kalman filter.

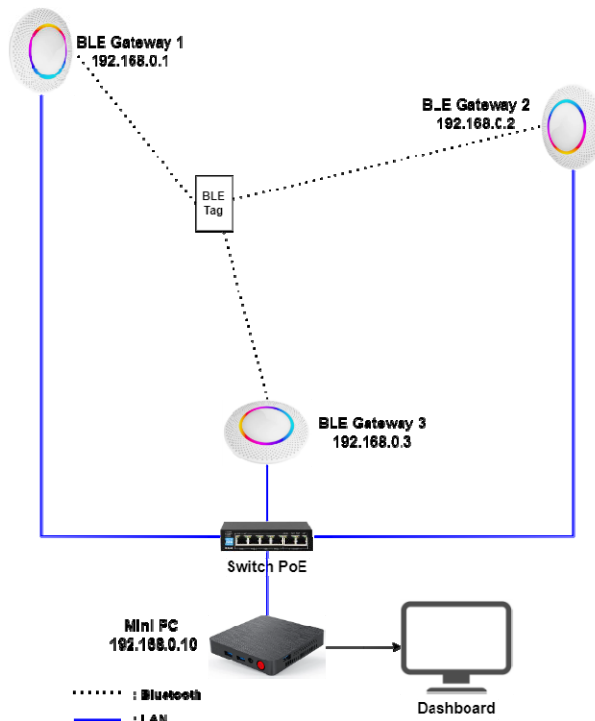
4) Pembuatan Program integrasi UI dan Sistem BLE: Melakukan pemrograman integrasi antara UI, database, sistem data akuisisi dan pengolahan data yang telah terhubung pada BLE gateway. UI yang digunakan yaitu menggunakan Grafana. Database yang digunakan yaitu menggunakan PostgreSQL. Sistem data akuisisi menggunakan Node-Red. Pengolahan data menggunakan Python.

5) Instalasi BLE gateway: Pemasangan BLE gateway di 3 lokasi berbeda, yaitu di sekitar Laboratorium PLC AE. Penggunaan switch PoE sebagai daya untuk mengaktifkan BLE gateway dan jalur komunikasi dalam satu jaringan untuk mini PC sebagai data akuisisi.

6) Pengujian dan Perbaikan Sistem: Melakukan pengujian ketepatan dan akurasi posisi kartu BLE saat berada di sekitar Laboratorium PLC AE. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran secara langsung dan secara perhitungan dalam program.

7) Analisa Hasil: Melakukan penulisan laporan terhadap hasil data atau informasi yang didapat dalam penelitian yang dilakukan.

A. Gambaran Umum Sistem



Gbr. 2 Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 2 menjelaskan secara umum bahwa terdapat 3 BLE gateway sebagai titik referensi yang diketahui. Sistem tracking ini menggunakan teknologi kartu BLE sebagai alat untuk melacak lokasi orang. Kartu BLE menyiarkan bluetooth dengan data UUID, Mac Address, TX Power dan RSSI. BLE gateway akan mendeteksi orang yang berada di laboratorium yang membawa kartu BLE. BLE gateway menerima data yang disiarkan kartu BLE. Data dari masing-masing BLE gateway akan dikumpulkan dan diolah oleh mini PC. Mini PC juga digunakan sebagai akuisisi data dari BLE tag ke BLE gateway. Program akuisisi data menggunakan node-red melalui protokol MQTT. Python digunakan sebagai program pengolah data dan algoritma trilateration. User Interface yang digunakan yaitu UI node-red. Hasil yang akan ditampilkan pada interface yaitu berupa pelacakan lokasi pada plot laboratorium PLC yang telah terjangkau oleh BLE gateway.

B. Perancangan Sistem BLE

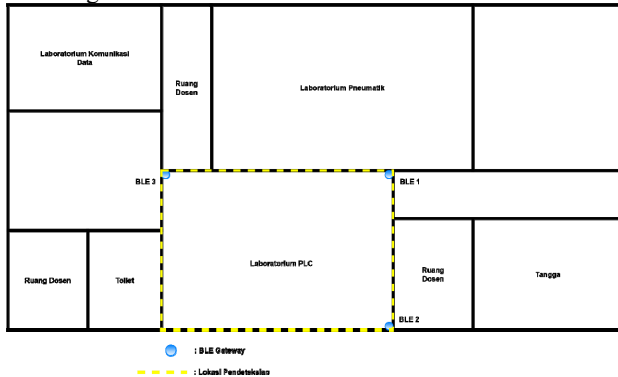
Bluetooth Low Energy yang digunakan yaitu terdiri dari 3 buah BLE gateway G1 Minew dan 3 buah kartu BLE C10 Card Beacon. BLE gateway yang digunakan memiliki processor Mediatek MT7628 dengan spesifikasi 580 Mhz 32-bit. Menggunakan BLE Module Nordic's nRF52832 dengan ARM Cortex-M4 64MHz 32-bit Processor. Dengan tipe modulasi yaitu GFSK. Komunikasi antara BLE gateway dan Mini PC yaitu menggunakan komunikasi LAN. Sedangkan pendeteksian kartu BLE oleh BLE gateway menggunakan bluetooth yang dipancarkan oleh antenna BLE gateway. Keluaran yang dihasilkan dari pendeteksian BLE gateway berupa object JSON berisikan data sebagai berikut.

```
{
  "timestamp": "2023-06-13T05:53:07.490Z",
  "type": "iBeacon",
  "mac": "AC233FE4254F",
  "bleName": "",
  "iBeaconUuid": "E2C56DB5DFFB48D2B060D0F5A71096E0",
  "iBeaconMajor": 0,
  "iBeaconMinor": 0,
  "rssi": -80,
  "iBeaconTxPower": -59,
  "battery": 0
}
```

Gbr. 3 Data yang diterima oleh BLE gateway dari kartu BLE

Berdasarkan gambar 3 keluaran yang dihasilkan terdiri dari beberapa parameter deskripsi, namun sistem yang dibuat hanya membutuhkan 2 parameter, yaitu nilai MAC dan RSSI dari kartu BLE yang terdeteksi, sehingga pada sistem ini dilakukan parsing data sebelum informasi kartu BLE diolah ke tahap selanjutnya. Nilai MAC merupakan kode dari kartu BLE tersebut, sehingga setiap orang memiliki kode yang berbeda-beda. Sedangkan nilai RSSI yang dihasilkan yaitu berupa bilangan dalam satuan dBm dan akan digunakan sebagai input pada algoritma Trilateration untuk melacak posisi dari kartu BLE yang terdeteksi. Namun sebelum RSSI menjadi input algoritma Trilateration, nilai RSSI diolah menggunakan Kalman filter agar mendapatkan nilai yang stabil.

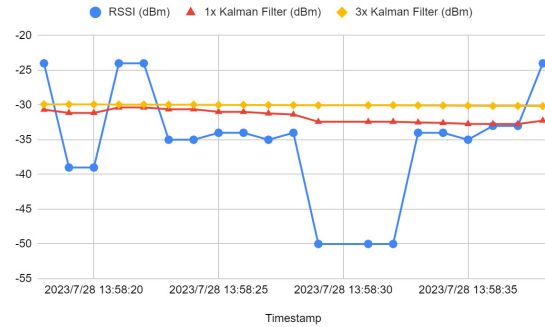
Pada sistem BLE ini dilakukan instalasi BLE gateway di tiga lokasi laboratorium berbeda yang ada pada Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika POLMAN Bandung.



Gbr. 4 Denah dan titik pemasangan BLE gateway

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan penambahan algoritma Kalman filter yang bertujuan untuk mengurangi noise yang ada pada frekuensi saat pembacaan RSSI oleh BLE gateway. Karena tingginya tingkat noise tersebut diharapkan dengan menggunakan algoritma Kalman filter dapat mengurangi noise yang ada pada proses pembacaan RSSI. Pengujian dilakukan dengan menempatkan kartu BLE pada jarak 1 meter hingga 13 meter untuk jarak dari kartu BLE terhadap posisi BLE gateway dengan waktu pengukuran selama 3 menit.



Gbr. 5 Data yang diterima oleh BLE gateway dari kartu BLE

A. Pengujian Signal to Noise Ratio pada Efektivitas Kalman filter

Pengujian Signal to Noise Ratio (SNR) yang di hitung berdasarkan coefficient variation memberikan gambaran tentang seberapa baik rasio antara variabilitas data atau dispersi dengan rata-rata data dalam konteks perbandingan sinyal dengan noise. Standar deviasi adalah persebaran data RSSI pada sampel pengujian untuk melihat seberapa jauh atau seberapa dekat nilai data dengan rata-ratanya. Ini dapat memberikan informasi tentang sejauh mana variasi dalam data tersebut relatif terhadap nilai rata-ratanya.

Coefficient variation (CV) adalah rasio antara standar deviasi dan rata-rata data, dan biasanya dinyatakan dalam persentase. CV dapat digunakan untuk mengukur kestabilan atau konsistensi data. Ketika SNR dihitung dari CV, menghasilkan gambaran tentang perbandingan antara variasi dan rata-rata data. Jika SNR yang dihasilkan dari CV tinggi, ini mengindikasikan bahwa variabilitas data relatif rendah dibandingkan dengan rata-ratanya. Dalam konteks SNR, ini bisa diartikan bahwa rata-rata data sinyal dalam data dominan dibandingkan dengan noise. Sebaliknya, jika SNR yang dihasilkan dari CV rendah, ini mengindikasikan bahwa variabilitas data relatif tinggi dibandingkan dengan rata-ratanya. Dalam konteks SNR, ini bisa diartikan bahwa noise dalam data dominan dibandingkan dengan rata-rata data sinyal.

TABEL I
HASIL PERHITUNGAN SNR BERDASARKAN COEFFICIENT VARIATION PADA KARTU BLE 1 TERHADAP BLE GATEWAY 1

Jarak Kartu BLE (m)	RSSI Raw		
	Rata-rata	Standar Deviasi	SNR
1	29.88381743	1.330330297	22.463457
2	36.27385892	6.212864782	5.838507709
3	35.62655602	2.875463761	12.38984699
4	46.37344398	3.423199065	13.54681487
5	41.37344398	3.623068475	11.41944853
6	43.95416667	2.643770473	16.62556077
7	40.67634855	1.95443426	20.81233909
8	41.1659751	3.612109838	11.39665651
9	48.46058091	6.282208847	7.713939809
10	44.29045643	2.259856236	19.59879382
11	47.30290456	4.228321163	11.18715981
12	50.46058091	3.196270951	15.78732895
13	50.20746888	4.794800376	10.47123236

TABEL III

HASIL PERHITUNGAN SNR BERDASARKAN COEFFICIENT VARIATION PADA KARTU BLE 1 DENGAN 1x KALMAN FILTER TERHADAP BLE GATEWAY 1

Jarak Kartu BLE (m)	1 x Kalman Filter		
	Rata-rata	Standar Deviasi	SNR
1	29.94238394	1.330330297	22.463457
2	35.98475134	6.212864782	5.838507709
3	35.65546543	2.875463761	12.38984699
4	46.19219145	3.423199065	13.54681487
5	41.30687869	3.623068475	11.41944853
6	44.10560403	2.643770473	16.62556077
7	40.55952107	1.95443426	20.81233909
8	41.00460018	3.612109838	11.39665651
9	48.09606275	6.282208847	7.713939809
10	44.46610124	2.259856236	19.59879382
11	47.49653779	4.228321163	11.18715981
12	50.64020107	3.196270951	15.78732895
13	50.57685426	4.794800376	10.47123236

TABEL IIIII

HASIL PERHITUNGAN SNR BERDASARKAN COEFFICIENT VARIATION PADA KARTU BLE 1 DENGAN 3x KALMAN FILTER TERHADAP BLE GATEWAY 1

Jarak Kartu BLE (m)	3 x Kalman Filter		
	Rata-rata	Standar Deviasi	SNR
1	30.04054521	1.330330297	22.463457
2	36.15005761	6.212864782	5.838507709
3	35.76262271	2.875463761	12.38984699
4	46.08321835	3.423199065	13.54681487
5	41.35426442	3.623068475	11.41944853
6	44.28815896	2.643770473	16.62556077
7	40.58760414	1.95443426	20.81233909
8	41.60331439	3.612109838	11.39665651
9	47.83447412	6.282208847	7.713939809
10	44.72947802	2.259856236	19.59879382
11	47.47589459	4.228321163	11.18715981
12	51.0799778	3.196270951	15.78732895
13	50.74929067	4.794800376	10.47123236

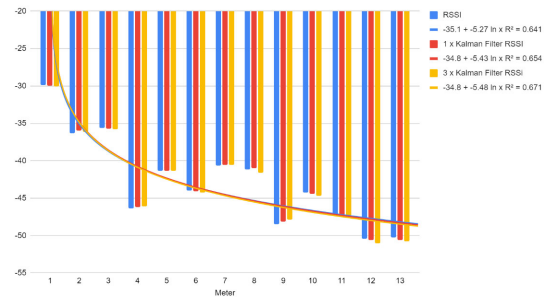
TABEL IVV

HASIL EFEKTIVITAS KALMAN FILTER DENGAN MEMBANDINGKAN ANTARA SNR KALMAN FILTER DENGAN SNR RSSI RAW TERHADAP BLE GATEWAY 1

No	Efektivitas 1x Kalman Filter (%)	Efektivitas 3x Kalman Filter (%)
1	84.29%	84.82%
2	82.21%	96.47%
3	82.30%	92.36%
4	82.54%	94.79%
5	83.44%	91.35%
6	78.35%	84.59%
7	82.82%	92.60%
8	66.62%	60.49%
9	68.78%	77.32%
10	63.85%	69.46%
11	81.37%	91.62%
12	59.16%	47.48%
13	76.38%	83.33%
Rata-rata	76.32%	82.05%

B. Pengaruh Kalman filter pada sinyal RSSI

Pengaruh Kalman filter dalam mengestimasi dan memprediksi sinyal keluaran tidak menghilangkan sinyal asli RSSI, pernyataan tersebut dibuktikan oleh grafik sebagai berikut.

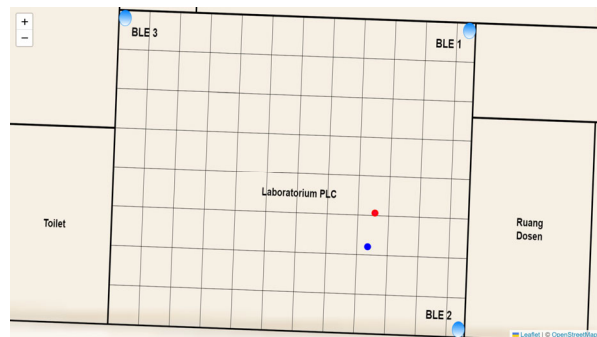


Gbr. 6 Rata-rata RSSI pada kartu BLE 1 pada pengujian jarak 1 hingga 13 meter terhadap BLE gateway 1

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa secara logaritmik Kalman filter tidak menghilangkan nilai asli dari RSSI yang dihasilkan kartu BLE. Hal ini dibuktikan dengan nilai R2 yang tidak memiliki nilai yang terlalu jauh.

C. Hasil Implementasi User Interface Indoor Tracking

Dari masing-masing jarak antara kartu BLE dan BLE gateway akan dikonversikan menjadi latitude dan longitude untuk menjadikan titik koordinat pada antarmuka yang berbentuk maps. Dari titik koordinat tersebut memiliki kesalahan titik dikarenakan fluktuasi sinyal RSSI yang berubah-ubah dan menyebabkan titik yang tidak tepat. Berikut hasil antarmuka dari algoritma trilateration.



Gbr. 7 Hasil titik latitude dan longitude kartu BLE 1 yang berada 4 meter dari BLE gateway 1

IV. SIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan sistem indoor tracking dengan menggunakan metode trilateration dan dapat mengetahui mahasiswa yang berada di dalam laboratorium PLC dengan tingkat akurasi 64,25%. Penggunaan Kalman filter dalam sistem indoor tracking dapat menstabilkan nilai RSSI dan membantu meningkatkan akurasi sebesar 78,2%. Antarmuka yang dibuat pada sistem ini dapat menampilkan posisi mahasiswa secara real-time. Saran yang penulis paparkan agar berguna untuk pengembangan topik penelitian ini nantinya. Penelitian selanjutnya menggunakan beberapa device lain dengan tingkat fluktuasi yang rendah agar mendapatkan posisi yang lebih akurat. Penggunaan perangkat smart band, smart watch atau ponsel

cerdas sebagai tag dan dapat memantau kondisi tubuh mahasiswa.

REFERENSI

- [1] R. A. Indraswari, R. V. Ginardi, and F. Baskoro, "Rancang Bangun Aplikasi Perangkat Bergerak Periklanan Berbasis Lokasi Dengan Indoor Localization Untuk Sarana Promosi Pada Pusat Perbelanjaan." *J. Tek. ITS*, vol. 5.2, 2016.
- [2] A. N. Rahmawati, S. B. Bhaskoro, and S. Aminah, "Sistem Pelacakan Posisi Aset Laboratorium melalui sensor Tanpa Kontak Fisik menggunakan metode K – nearest neighbor (K- NN)" *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 3, no. 3, pp. 192–205, 2020. doi:10.37396/jsc.v3i3.88
- [3] M. A. Amanaf, D. W. Brigitta, and R. D. Ainul, "Skema Penentuan Posisi Lingkungan Indoor Untuk Aplikasi monitoring Lokasi Dosen Berbasis Multilaterasi" *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 8, no. 3, p. 266, 2019. doi:10.22146/jnteti.v8i3.522
- [4] G. Panwar and S. Misra, "Inside Bluetooth Low Energy (Gupta, n.) [book review]" *IEEE Wireless Communications*, vol. 24, no. 4, pp. 2–3, 2017. doi:10.1109/mwc.2017.8014283
- [5] Y. Lukito and A. R. Chrismanto, "Perbandingan metode-Metode Klasifikasi Untuk indoor positioning system" *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 1, no. 2, 2015. doi:10.28932/jutisi.v1i2.373
- [6] A. D. Ramadhani, A. I. Imanuddin, and K. Masykuroh, "Analisa Sistem Positioning Objek Pada Area Indoor Berbasis Ble Dan Raspbery Pi" *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 5.1, pp. 17–25, 2022.
- [7] B. Rizaldi, D. S. Pambudi, and T. Bariyah, "Implementasi Teknologi Bluetooth Low Energy Dan Metode Trilaterasi Untuk Pencarian Rute Indoor" *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 18.2, pp. 57–67, 2020.