



Tinjauan Literatur Sistematis (SLR) untuk Teknologi *Wireless* dalam *Indoor Positioning System*

Ivan Alexander¹

¹Computer Engineering Department, Bina Nusantara University, Jakarta, Indonesia
Email: 1alexander@binus.edu

Abstrak

Banyak teknik *Indoor Positioning System* telah dikembangkan untuk meningkatkan estimasi posisi, seperti multilaterasi, trilaterasi, estimasi kuadrat terkecil dan penerapan algoritma Pembelajaran Mesin untuk memprediksi dan memperkirakan posisi. Terlepas dari semua teknik yang digunakan, faktor utama Sistem Pemosisian Dalam Ruangan adalah jenis teknologi apa yang digunakan untuk menentukan lokasi posisi. Dalam penelitian ini kami melakukan tinjauan literatur sistematis (SLR) tentang teknologi Sistem Pemosisian Dalam Ruangan untuk meninjau teknologi apa yang digunakan dan faktor apa saja yang dipertimbangkan ketika memilih teknologi dalam Sistem Pemosisian Dalam Ruangan. SLR telah dilakukan dengan menggunakan metodologi menurut Kitchenham. Kami menemukan total ada lima teknologi yang digunakan dan mengklasifikasikannya ke dalam dua kategori. Terdapat juga tabel perbandingan untuk setiap teknologi yang akan digunakan. Kami berhasil menemukan empat faktor utama dalam memilih suatu teknologi dan menyediakan teknologi yang dipilih berdasarkan faktor-faktor tersebut. Kami berharap hasil ini dapat memberikan kontribusi baik dari sisi akademis untuk penelitian selanjutnya dan dapat menjadi pedoman bagi para praktisi di sisi praktisnya.

Keywords: Pemosisian, *Indoor Positioning System*, Teknologi *Wireless*

1. PENDAHULUAN

Positioning merupakan suatu proses untuk memperoleh informasi letak seseorang atau suatu benda terhadap serangkaian posisi acuan pada ruang yang telah ditentukan. *Positioning* dapat digolongkan menjadi dua kelompok menurut lingkungan yang ada, yaitu *outdoor* dan *indoor* [1]. Teknologi yang digunakan untuk mencari posisi di luar ruangan atau di dalam ruangan sangatlah berbeda. Teknologi yang paling populer digunakan untuk penentuan posisi di luar ruangan adalah *Global Positioning System* (GPS) [2]. GPS adalah alat untuk menavigasi suatu objek



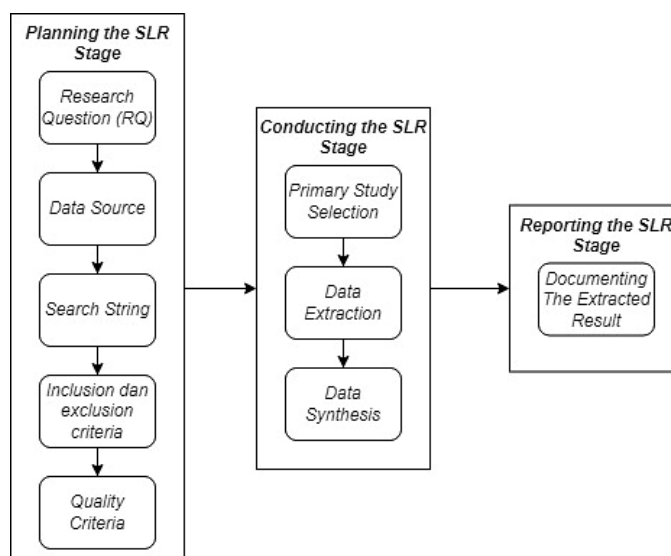
berdasarkan satelit. Namun, perangkat berkemampuan GPS tidak dapat menentukan posisinya di dalam ruangan karena kurangnya jangkauan sinyal karena sinyal dari satelit terhalang oleh dinding. Karena banyak orang menghabiskan sebagian besar waktunya di dalam ruangan, terdapat banyak aplikasi potensial untuk menyediakan layanan lokasi dalam ruangan. Penentuan posisi dalam ruangan menawarkan empat aplikasi utama yaitu periklanan/pemasaran, pencarian/navigasi jalan, bantuan pencarian/permintaan dan pelacakan aset/orang [3]. Penentuan posisi dalam ruangan menarik banyak peneliti untuk bekerja di area tersebut, fokus dan kebutuhan akan penentuan posisi dalam ruangan semakin meningkat belakangan ini. Karena alasan ini, para peneliti telah mengusulkan teknik berbeda untuk memecahkan masalah penentuan posisi dalam ruangan secara efisien dan efektif. Teknik *positioning* seperti multilaterasi [4-5], trilaterasi [6-7], *Least Square Estimation* [8-9], dan *Weighted Sum* [10] merupakan teknik-teknik yang ada dan sering digunakan dalam sistem pemosisian dalam ruangan. Saat ini dengan berkembangnya teknik *machine learning*, banyak peneliti yang mencoba menerapkan teknik machine learning untuk mengklasifikasikan suatu lokasi pada *Indoor Positioning System*. Beberapa teknik pembelajaran mesin yang digunakan adalah algoritma *K-Nearest Neighbors* (kNN) [11], *Discriminant analysis classifier* (Dac) [12], *Support vector machine* (SVM) [13], algoritma *Random Forest* [14], dll.

Terlepas dari semua teknik yang digunakan, penentuan posisi dalam ruangan memerlukan infrastruktur yang mahal dan teknologi khusus. Beberapa teknologi yang digunakan untuk penentuan posisi dalam ruangan adalah *Radio-frequency identification* (RFID), *Wireless Local Area Network* (WLAN), *Bluetooth Low Energy* (BLE), *Ultra-wideband* (UWB) dan *Ultrasound*. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk memilih teknologi ini, yaitu akurasi, kompleksitas, biaya, konsumsi daya, kebisingan, dan interferensi. Ada banyak tinjauan artikel dan survei yang membahas teknik dan algoritma dalam sistem penentuan posisi dalam ruangan [15-18]. Namun, masih ada beberapa tinjauan komprehensif mengenai teknologi ini untuk digunakan dalam *Indoor Positioning System*. Review paper yang telah dilakukan [19-20] menjelaskan penggunaan teknologi pada *Indoor Positioning System* namun tidak menjelaskan faktor apa saja ketika memilih teknologi tersebut. Pada tinjauan literatur sistematis (SLR) ini kami akan memberikan faktor-faktor apa saja yang perlu diperhatikan dalam memilih teknologi *wireless* tersebut. Oleh karena

itu, kami melakukan SLR mengenai teknologi *wireless* untuk *Indoor Positioning System*.

2. METODE

Dalam penelitian ini, metodologi usulan yang digunakan adalah menurut Kitchenham untuk SLR ini [21] – [22]. Dengan menggunakan SLR akan sangat berguna karena peninjauan pengaturan lebih teratur. Untuk fase SLR dapat dilihat pada Gambar 1. Fase SLR menggunakan pola yang sudah ada sebelumnya [18]–[19].



Gambar 1. Tahapan SLR

Tahapan SLR dimulai dari tahap perencanaan kemudian tahap pelaksanaan dan tahap pelaporan. Dalam tahap perencanaan ada lima langkah yang akan digunakan, yang pertama menyiapkan pertanyaan penelitian, selanjutnya mencari sumber data dari basis data jurnal, setelah itu langkah ketiga menggunakan string pencarian di basis data. Langkah keempat dan terakhir adalah menyusun kriteria artikel yang telah disusun. Tahap selanjutnya adalah tahap pelaksanaan, dalam tahap ini fokus pada pemilihan artikel berdasarkan kriteria yang telah dibuat. Setelah artikel terpilih tersedia, langkah terakhir adalah melaporkan tahapan SLR. Untuk informasi lebih detail mengenai tahapan SLR akan diberikan pada sub bagian dibawah ini.

2.1. Pertanyaan Penelitian

Berikut adalah daftar pertanyaan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.

- 1) RQ1: Teknologi *wireless* apa yang digunakan dalam *Indoor Positioning System*?
- 2) RQ2: Faktor apa saja yang dipertimbangkan ketika memilih teknologi *wireless* yang akan digunakan?

2.2. Sumber Data dan Kata Kunci Pencarian

Berikut merupakan sumber data yang digunakan dalam SLR ini

- 1) IEEE Explore (ieeexplore.ieee.org)
- 2) ACM Digital Library (dl.acm.org)
- 3) MDPI (mdpi.com)
- 4) ScienceDirect (sciencedirect.com)
- 5) Springer Link (springerlink.com)
- 6) Google Scholar (scholar.google.com)

Kata kunci pencariannya antara lain "*Indoor Positioning System*" DAN "*Indoor Localization*".

2.3. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria inklusi dan eksklusi digunakan untuk memastikan bahwa hanya artikel relevan yang dimasukkan dalam proses pencarian literatur secara sistematis, berdasarkan judul dan abstrak. Agar dapat dipertimbangkan untuk dimasukkan dalam tinjauan ini, setiap artikel yang diperiksa harus memenuhi persyaratan yang tercantum pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria inklusi	Kriteria eksklusi
Artikel tersebut harus menyertakan teknologi IPS	Artikel tersebut tidak menyertakan teknologi IPS
Artikel tersebut membahas faktor pemilihan teknologi IPS.	Artikel tersebut tidak membahas faktor pemilihan teknologi IPS
Harus berupa artikel jurnal atau prosiding konferensi.	SLR, Buku, bab buku, atau presentasi

Kriteria inklusi	Kriteria eksklusi
Artikel ditulis dalam bahasa inggris Tahun penerbitan artikel adalah dari tahun 2015 hingga 2022	Artikel yang ditulis dalam bahasa selain bahasa Inggris Semua artikel yang terbit sebelum tahun 2015

2.4. Kriteria kualitas

Untuk daftar kriteria kualitas yang digunakan dijelaskan pada Tabel 2 di bawah ini

Tabel 2. Daftar Kriteria Kualitas

Nomor	Kriteria Kualitas
1	Apakah judul artikel berhubungan dengan isinya?
2	Apakah abstrak artikel dinyatakan dengan jelas?
3	Apakah tujuan penelitian dinyatakan dengan jelas?
4	Apakah artikel tersebut dirancang dengan baik untuk mencapai hasil?
5	Apakah judul artikel berhubungan dengan isinya?

2.5. Pelaporan

Setelah artikel yang relevan dipilih. Langkah terakhir adalah melaporkan, dan menjawab berdasarkan pertanyaan penelitian dengan menggunakan artikel yang dipilih.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kami menemukan 251 artikel, seperti yang tercantum pada Tabel 3, pencarian hasil artikel dari tahun 2015 hingga 2022.

Tabel 3. Jumlah artikel yang diambil

Sumber data	Jumlah artikel yang diambil
IEEE	50
ACM	40
MDPI	40

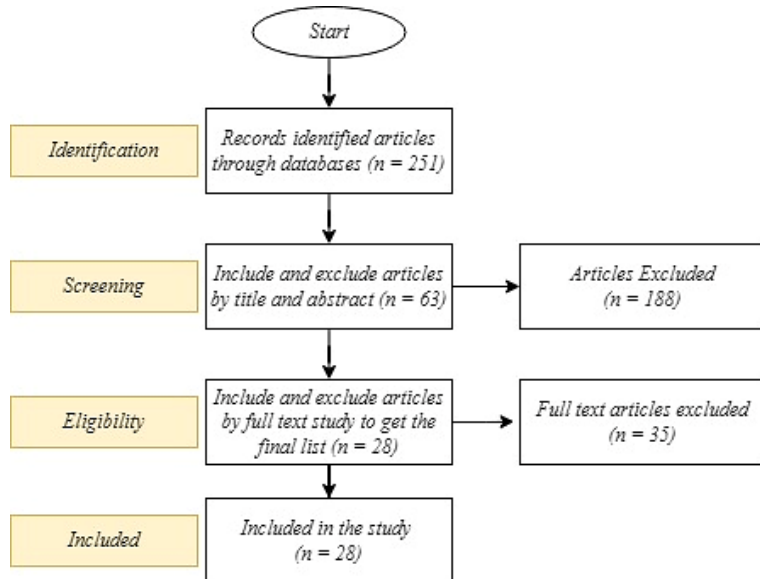
Sumber data	Jumlah artikel yang diambil
ScienceDirect	40
Springer	41
Google Scholar	40
Total	251 Artikel

Setelah mengambil 251 artikel dari database/sumber yang berbeda, dilakukan beberapa seleksi dengan menghilangkan artikel duplikat dan kemudian melakukan review artikel menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi berdasarkan judul dan abstrak. Duplikasi ini terutama disebabkan oleh pencarian yang dilakukan di Google Scholar dan ditemukan beberapa artikel referensi dari database yang diduplikasi dengan referensi dari Google Scholar. Hasil studi kandidat ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Jumlah artikel kandidat

Sumber data	Jumlah artikel kandidat
IEEE	8
ACM	12
MDPI	15
ScienceDirect	7
Springer	13
Google Scholar	8
Total	63 Artikel

Langkah selanjutnya adalah melakukan pembacaan artikel secara lengkap untuk mendapatkan daftar akhir. Artikel yang dipilih ditinjau berdasarkan kriteria inklusi, eksklusi, dan kualitas. Total ada 28 artikel yang biasa dimasukkan dalam penelitian ini. Diagram proses penyaringan artikel dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Proses Penyaringan Artikel

3.1 Teknologi *wireless* apa yang digunakan dalam *Indoor Positioning System*? (RQ1)

Tabel 5. Teknologi *Wireless Indoor Positioning System*

Nomor	Teknologi <i>Wireless</i>	Nomor Artikel	Total
1	Magnetic Field	[25], [26]	2
2	Wi-Fi	[27], [28], [29], [30], [26], [31], [32], [33], [34], [35], [36]	11
3	Ultra-Wideband (UWB)	[37], [38], [39], [40], [41]	5
4	Bluetooth Low Energy (BLE)	[42], [28], [38], [43], [44], [45], [46], [47], [48]	9
5	RFID (Radio Frequency Identification)	[49], [50], [51], [52]	4

Pada bagian ini kami akan membahas teknologi *wireless* apa yang digunakan untuk *Indoor Positioning System*. Tabel 5 adalah hasil teknologi *wireless* yang digunakan untuk sistem penentuan posisi dalam ruangan. Pada tabel 5 ditemukan 2 artikel menggunakan *Magnetic Field*, 11 artikel menggunakan teknologi berbasis Wi-Fi, 5 artikel menggunakan teknologi *Ultra-wideband* (UWB), 9 artikel menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan 4 artikel menggunakan teknologi RFID. Kami dapat melihat bahwa teknologi yang paling banyak digunakan adalah Wi-Fi. Ada empat alasan utama, dapat dilihat di bawah ini:

- 1) Mudah diimplementasikan karena semua ponsel pintar memiliki modul Wi-Fi bawaan [27].
- 2) Titik akses Wi-Fi dipasang hampir di mana-mana [29].
- 3) Sistem lokalisasi dalam ruangan berdasarkan Wi-Fi tidak mahal dalam hal biaya dan aksesibilitas [31].
- 4) Tidak diperlukan perangkat keras tambahan. Estimasi posisi dapat dilakukan dengan mengukur nilai kekuatan sinyal yang diterima (RSS) titik akses Wi-Fi [30].

Berikutnya teknologi kedua yang paling banyak digunakan adalah BLE. BLE dikenal sebagai teknologi *wireless* berdaya rendah, oleh karena itu telah banyak digunakan untuk *Indoor Positioning System*. Teknologi ketiga yang paling banyak digunakan adalah *Ultra-wideband* (UWB). UWB dikenal sebagai klasifikasi presisi tinggi dan memprediksi lokasi dalam *Indoor Positioning System*. Teknologi keempat yang paling banyak digunakan adalah RFID. Keunggulan RFID yaitu biaya rendah, konsumsi daya rendah, dan kemudahan penerapan membuatnya menarik bagi banyak peneliti untuk sistem penentuan posisi dalam ruangan dan teknologi yang terakhir adalah *Magnetic Field*. Selain menemukan teknologi yang digunakan, kami juga menemukan beberapa penelitian yang menggabungkan dua teknologi, gabungan teknologi tersebut dapat dilihat di bawah ini:

- 1) Yuntian Brian Bai [26] mengintegrasikan Wi-Fi dan *magnetic field* untuk meningkatkan perkiraan akurasi posisi.
- 2) Aina Nadhirah Nor Hisham [28] mengintegrasikan kumpulan *fingerprinting Hybrid* Wi-Fi dan BLE untuk memfasilitasi pengembangan sistem penentuan posisi berbasis *fingerprinting* untuk penelitian kedepannya.
- 3) Yipeng Yan [38] merancang antena suar pemosisian Bluetooth fraktal dan UWB. Hasilnya antena memiliki kemampuan radiasi

terarah yang baik, sehingga dapat digunakan sebagai antena suar pemosisian dalam ruangan yang sangat baik.

Selanjutnya, kami akan membahas tentang kategori dalam teknologi penentuan posisi dalam ruangan. Teknologi tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu *infrastructure-based* dan *infrastructure-free technologies* [27]. Untuk bagian pertama kami akan membahas teknologi *infrastructure-based*. Teknologi *infrastructure-based* memerlukan perangkat keras khusus lingkungan yang harus diinstal dan dikonfigurasi sebelumnya. Struktur dan lingkungan dalam ruangan yang berbeda memerlukan jumlah dan tata letak peralatan transmisi sinyal yang berbeda. Berikut daftar teknologi *infrastructure-based*.

1) *Bluetooth Low Energy* (BLE)

BLE merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang biasa digunakan untuk komunikasi jarak pendek antar perangkat. Sistem penentuan posisi dalam ruangan BLE menggunakan teknologi ini untuk menentukan lokasi perangkat di dalam gedung atau ruang tertutup. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan beberapa perangkat suar BLE, yang ditempatkan di lokasi yang diketahui di seluruh ruang. Perangkat beacon mengirimkan sinyal yang dapat ditangkap oleh perangkat tersebut, dan lokasi perangkat kemudian dapat dihitung berdasarkan kekuatan dan waktu sinyal yang diterima dari perangkat beacon. Sistem penentuan posisi dalam ruangan BLE dapat berguna untuk aplikasi seperti pencarian arah, pelacakan aset, dan layanan berbasis lokasi. BLE dikembangkan oleh tim Bluetooth Special Interest Group (SIG), fitur khas dari spesifikasi Bluetooth 4.0 dan beroperasi pada frekuensi 2.4GHz [42]. Teknologi penentuan posisi dalam ruangan BLE didasarkan pada prinsip penentuan posisi RSSI dalam mengukur kekuatan sinyal [28]. Sistem pemosisian terutama terdiri dari simpul pemancar (BLE) dan simpul penerima (terminal pemosisian). Kekuatan dan posisi sinyal referensi disediakan melalui BLE. Teknologi BLE dikenal sebagai alternatif pasar massal yang terjangkau dengan konsumsi energi yang lebih rendah [43].

2) *Ultra-wideband* (UWB)

Teknologi ultra-wideband (UWB) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang menggunakan spektrum frekuensi sangat luas untuk mengirimkan data. Sistem penentuan posisi dalam ruangan ultra-wideband menggunakan teknologi ini untuk menentukan lokasi perangkat di dalam gedung atau ruang tertutup. Berbeda dengan teknologi lainnya,

seperti GPS atau Wi-Fi, UWB dapat memberikan informasi lokasi yang sangat akurat dan tepat bahkan di lingkungan dalam ruangan, dimana sinyal dari teknologi lain mungkin lemah atau terhalang. Hal ini membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan pelacakan lokasi yang tepat, seperti pelacakan aset atau navigasi. UWB dapat mencapai penentuan posisi dalam ruangan dengan akurasi sentimeter karena jarak deteksi yang jauh, penentuan posisi real-time yang baik, dan tingkat transmisi yang tinggi [38]. Pulsa pendek sinyal UWB menghasilkan estimasi *Time of Arrival* (TOA) yang sangat presisi [39]. UWB mempunyai satu kelemahan yaitu konsumsi dayanya lebih tinggi jika dibandingkan dengan BLE.

3) RFID

RFID adalah teknologi yang menggunakan medan elektromagnetik untuk secara otomatis mengidentifikasi, dan melacak tag yang melekat pada objek. [52]. Sistem penentuan posisi dalam ruangan RFID menggunakan teknologi RFID untuk melacak lokasi benda atau orang di dalam gedung atau ruang tertutup. Hal ini dapat berguna untuk berbagai aplikasi, seperti manajemen inventaris, pelacakan aset, dan keamanan [51]. Dalam RFID, posisi target ditransmisikan melalui gelombang radio. Sistem penentuan posisi RFID terdiri dari perangkat pembaca dan tag. Teknologi RFID didasarkan pada teknologi tag aktif dan pasif [49]. Tag aktif memiliki jangkauan deteksi yang lebih luas, mengonsumsi lebih banyak daya, dan lebih mahal, sedangkan tag pasif bagus untuk menemukan titik statis pada jarak pendek dan hanya dapat digunakan di area kecil. Teknologi tag pasif lebih umum digunakan dalam sistem pelacakan dalam ruangan [50].

Untuk bagian kedua kami akan membahas teknologi *infrastructure-free technologies*. Teknologi ini menggunakan sensor untuk memperoleh informasi pergerakan pemakainya atau menentukan lokasi berdasarkan infrastruktur yang ada. [29]. Keuntungan utama dari teknologi penentuan posisi bebas infrastruktur adalah tidak memerlukan peralatan tambahan. Artinya biaya positioning relatif rendah dan tidak menambah biaya tambahan pengembang. Berikut daftar teknologi *infrastructure-free technologies*:

1) Wi-Fi

Sistem penentuan posisi dalam ruangan Wi-Fi menggunakan kekuatan sinyal Wi-Fi untuk menentukan lokasi perangkat di dalam gedung atau ruang tertutup. Teknologi ini dapat digunakan untuk melacak lokasi

perangkat, seperti ponsel cerdas atau tablet, dan dapat berguna untuk aplikasi seperti pencarian jalan, pelacakan aset, dan layanan berbasis lokasi. Sistem penentuan posisi dalam ruangan Wi-Fi biasanya memerlukan penggunaan beberapa titik akses Wi-Fi, yang digunakan untuk melakukan triangulasi posisi perangkat berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima dari setiap titik akses. Wi-Fi dapat digunakan tidak hanya untuk komunikasi, tetapi juga untuk menghitung lokasi berdasarkan kekuatan sinyal Wi-Fi, yang berbanding terbalik dengan jarak dari pengguna [30]. Sinyal Wi-Fi digunakan untuk fokus pada masalah penentuan posisi dan pelacakan dalam ruangan (nilai kekuatan sinyal yang diterima).

2) *Magnetic field*

Magnetic field adalah teknologi baru lainnya untuk sistem penentuan posisi dalam ruangan dan menjadi semakin populer dalam beberapa tahun terakhir. Mirip dengan Wi-Fi, teknologi pelacakan dan penentuan posisi berbasis *Magnetic field* mengharuskan pengguna akhir tidak membawa perangkat tambahan apa pun selain ponsel cerdas. Ponsel pintar saat ini memiliki magnetometer internal yang dapat mengumpulkan data magnetik sesuai permintaan. Oleh karena itu, teknik deteksi dan penentuan posisi berbasis medan magnet dapat dipandang sebagai teknologi pelengkap [26]. Sistem penentuan posisi dalam ruangan menggunakan medan magnet bumi untuk menentukan lokasi perangkat di dalam gedung atau ruang tertutup. Teknologi ini biasanya melibatkan penggunaan sensor, seperti magnetometer, untuk mengukur kekuatan dan arah medan magnet di lokasi berbeda. Posisi perangkat kemudian dapat dihitung berdasarkan pengukuran tersebut. Sistem jenis ini dapat berguna untuk aplikasi yang memerlukan akurasi dan presisi tinggi, seperti navigasi, pelacakan aset, dan layanan berbasis lokasi. Namun, hal ini dapat dipengaruhi oleh interferensi dari sumber magnet lain, seperti benda logam atau perangkat listrik.

Kami memberikan perbandingan teknologi penentuan posisi dalam ruangan berdasarkan tinjauan literatur 28 artikel kami. Kami tidak menyediakan teknologi medan magnet karena sedikitnya referensi yang ditemukan. Perbandingan teknologinya dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Faktor pertimbangan ketika memilih teknologi

<i>Technology Type</i>	<i>Penetrating</i>	<i>Anti-interference</i>	<i>Distance</i>	<i>Power Dissipation</i>	<i>Cost</i>	<i>Accuracy</i>
Wi-Fi	Weak	Weaker	Longer	Low	Low	High
BLE	Strong	Weak	Short	Higher	Low	High
RFID	Weak	Weaker	Short	Lowest	High	Low
UWB	Strong	Strong	Long	Lower	Highest	Highest

Faktor apa saja yang dipertimbangkan ketika memilih teknologi wireless yang akan digunakan? (RQ2)

Tabel 7. Faktor pertimbangan ketika memilih teknologi

Nomor	Faktor	Nomor Artikel	Total
1	Biaya	[26], [27], [28], [31], [33], [34], [35], [36], [43], [45], [46], [48], [49], [50], [51] [20], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [36], [43], [46], [47], [50], [51], [52]	15
2	Kemudahan Instalasi	[38], [35], [42], [43], [44], [45], [48], [50] [37], [38], [39], [40]	16
3	Konsumsi daya		8
4	Akurasi		4

Pada bagian ini kami akan membahas apa saja faktor pertimbangan dalam memilih teknologi yang digunakan. Tabel 7 merupakan hasil pertimbangan faktor dalam memilih teknologi. Pada tabel 7, kami menemukan 15 artikel yang menganggap biaya sebagai faktor ketika memilih teknologi, 16 artikel menganggap kemudahan instalasi sebagai faktor ketika memilih teknologi, 8 artikel menganggap konsumsi daya sebagai faktor ketika memilih teknologi dan 4 artikel mempertimbangkan

akurasi sebagai faktor ketika memilih teknologi. Kami dapat melihat bahwa faktor yang paling dipertimbangkan adalah kemudahan instalasi. Alasan kemudahan instalasi di sini bukan karena teknologi yang mudah dipasang [29], melainkan menggunakan infrastruktur yang sudah ada untuk menghindari biaya dan upaya penerapan tambahan, misalnya salah satu teknologi yang disebut Wi-Fi. Karena titik akses Wi-Fi dipasang hampir di mana-mana. Oleh karena itu, penggunaan Wi-Fi untuk Teknologi Pemosisian Dalam Ruangan dapat menghindari biaya dan upaya penerapan tambahan. Teknologi pilihan kedua dalam hal biaya adalah BLE. BLE tidak memerlukan catu daya eksternal dan terpasang di sebagian besar perangkat seluler modern, sehingga mudah diimplementasikan dalam infrastruktur saat ini [46]. Teknologi pilihan ketiga adalah RFID.

Berikutnya faktor kedua yang paling dipertimbangkan adalah biaya. Sebuah penelitian yang dilakukan di Amerika menemukan bahwa rata-rata orang menghabiskan lebih dari 80% waktunya di dalam ruangan. Berdasarkan penelitian ini, penting untuk memiliki teknologi berbiaya rendah atau idealnya gratis, tersedia secara luas dan dapat diakses yang dapat menyediakan sistem penentuan posisi dalam ruangan yang akurat dan andal. Jika menyangkut faktor biaya, Wi-Fi [31], [32], [33], [34], [35] dan BLE [42], [28], [38], [43], [44], [45] dapat dipilih sebagai teknologi utama.

Faktor ketiga yang paling dipertimbangkan adalah konsumsi daya, dengan penggunaan perangkat yang konsumsinya lebih rendah, sehingga biaya tagihan setelah implementasi menjadi rendah. Oleh karena itu, hal ini telah dipertimbangkan sebagai faktor ketika memilih teknologi. Teknologi terpopuler dengan konsumsi terendah adalah BLE. Banyak peneliti memilih untuk menggunakan BLE sebagai teknologinya karena konsumsi dayanya yang relatif rendah dan biaya perangkat Bluetooth yang rendah, dengan tetap menjaga akurasi posisi yang relatif tinggi.

Faktor terakhir yang menjadi pertimbangan adalah keakuratan teknologinya itu sendiri. Ini adalah cara penting untuk mencapai penentuan posisi dalam ruangan dengan presisi tinggi [40]. Di antara banyak teknologi yang digunakan untuk penentuan posisi, teknologi UWB dikenal sebagai teknologi dengan presisi paling tinggi untuk penentuan posisi dalam ruangan. Karena presisinya yang tinggi, biaya teknologi ini mahal, dan konsumsi daya teknologi ini juga tinggi. Alasan mengapa akurasi dianggap sebagai opsi terakhir sebagai faktor adalah karena jika

menggunakan teknologi yang lebih hemat biaya dengan menambahkan lebih banyak perangkat seperti BLE atau Wi-Fi, hal ini juga dapat meningkatkan akurasi lokalisasi itu sendiri. Oleh karena itu, menambahkan lebih banyak BLE atau Wi-Fi dalam penelitian telah digunakan sebagai opsi untuk meningkatkan akurasi. Selain itu, peneliti juga dapat mengintegrasikan beberapa teknologi untuk mendapatkan akurasi yang lebih [26].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

SLR ini bertujuan untuk mengetahui teknologi apa saja yang digunakan dalam sistem penentuan posisi dalam ruangan dan apa saja faktor yang dipertimbangkan dalam memilih teknologi tersebut. Artikel yang digunakan adalah antara tahun 2015 hingga 2022. Terakhir, berdasarkan kriteria inklusi, eksklusi, dan kualitas, total 20 artikel relevan dianalisis dan dilaporkan. SLR adalah strategi untuk menemukan, mengevaluasi, dan memahami seluruh informasi penelitian yang tersedia untuk menjawab pertanyaan penelitian tertentu. Berdasarkan hasil, total kami menemukan lima teknologi yang digunakan untuk sistem penentuan posisi dalam ruangan, dapat juga disimpulkan bahwa teknologi yang paling banyak digunakan adalah Wi-Fi karena empat alasan utama yang kami nyatakan di atas. Teknologi penentuan posisi dalam ruangan juga dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu *infrastructure-based* dan *infrastructure-free technologies*. Di setiap kategori, teknologi dijelaskan. Kami menemukan beberapa penelitian yang menggabungkan dua teknologi dan kami juga memberikan perbandingan teknologi penentuan posisi dalam ruangan berdasarkan tinjauan literatur kami. Kami berhasil menemukan empat faktor utama dalam memilih teknologi, yaitu biaya, kemudahan pemasangan, konsumsi daya, dan akurasi. Kami berharap hasil ini dapat memberikan kontribusi baik dari sisi akademis untuk penelitian selanjutnya dan dapat menjadi pedoman bagi para praktisi di sisi praktisnya.

Untuk tinjauan literatur selanjutnya kami akan menemukan kendala apa saja yang ada selama pengembangan *Indoor Positioning System* dan kami akan menemukan teknik *machine learning* apa yang digunakan untuk sistem penentuan posisi Dalam Ruangan. Tujuan penelitian selanjutnya adalah untuk membantu peneliti mempertimbangkan sebelum melakukan penelitian dan pengembangan *Indoor Positioning System*

REFERENSI

- [1] I. Alexander and G. P. Kusuma, "Predicting Indoor Position Using Bluetooth Low Energy and Machine Learning," *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 8, no. 9, pp. 1661–1667, Sep. 2019, Accessed: Nov. 02, 2022. [Online]. Available: www.ijstr.org
- [2] L. Batistic and M. Tomic, "Overview of indoor positioning system technologies," *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2018 - Proceedings*, pp. 473–478, Jun. 2018, doi: 10.23919/MIPRO.2018.8400090.
- [3] Q. H. Nguyen, P. Johnson, T. T. Nguyen, and M. Randles, "Optimized Indoor Positioning for static mode smart devices using BLE," *IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pp. 0–5, 2017.
- [4] T. Li, S. Ai, S. Tatenno, and Y. Hachiya, "Comparison of Multilateration Methods Using RSSI for Indoor Positioning System," *2019 58th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan, SICE 2019*, pp. 371–375, Sep. 2019, doi: 10.23919/SICE.2019.8859906.
- [5] M. H. Rahman, M. A. S. Sejan, and W. Y. Chung, "Multilateration approach for wide range visible light indoor positioning system using mobile CMOS image sensor," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 16, Aug. 2021, doi: 10.3390/app11167308.
- [6] M. E. Rusli, M. Ali, N. Jamil, and M. M. Din, "An Improved Indoor Positioning Algorithm Based on RSSI-Trilateration Technique for Internet of Things (IOT)," *Proceedings - 6th International Conference on Computer and Communication Engineering: Innovative Technologies to Serve Humanity, ICCCE 2016*, pp. 12–77, Dec. 2016, doi: 10.1109/ICCCE.2016.28.
- [7] V. C. Paterna, A. C. Augé, J. P. Aspas, and M. A. P. Bullones, "A bluetooth low energy indoor positioning system with channel diversity, weighted trilateration and kalman filtering," *Sensors*, vol. 17, no. 12, Dec. 2017, doi: 10.3390/s17122927.
- [8] T. Dag and T. Arsan, "Received signal strength based least squares lateration algorithm for indoor localization," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 66, pp. 114–126, Feb. 2018, doi: 10.1016/J.COMPELECENG.2017.08.014.

- [9] K. Cengiz, "Comprehensive Analysis on Least-Squares Lateration for Indoor Positioning Systems," *IEEE Internet Things J*, vol. 8, no. 4, pp. 2842–2856, Feb. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3020888.
- [10] Y. Zhuang, J. Yang, Y. Li, L. Qi, and N. El-Sheimy, "Smartphone-based indoor localization with bluetooth low energy beacons," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 5, pp. 1–20, 2016, doi: 10.3390/s16050596.
- [11] Y. W. Ma, J. L. Chen, and Z. Z. Chen, "A high accuracy and efficiency indoor positioning system with visible light communication," *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, vol. 30, no. 2, pp. 1–17, 2019, doi: 10.1002/ett.3452.
- [12] M. Karakaya and G. Sengul, "Using Bluetooth Low Energy Beacons for Indoor Localization," *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 39–43, 2017.
- [13] J. Lovon-Melgarejo, M. Castillo-Cara, L. Orozco-Barbosa, and I. Garcia-Varea, "Supervised learning algorithms for indoor localization fingerprinting using BLE4.0 beacons," *2017 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)*, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/LA-CCI.2017.8285716.
- [14] L. Bai, F. Ciravegna, R. Bond, and M. Mulvenna, "A Low Cost Indoor Positioning System Using Bluetooth Low Energy," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 136858–136871, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012342.
- [15] B. Soewito, F. al Hassyr, and T. G. Geri Arisandi, "A Systematic Literature Review of Indoor Position System Accuracy and Implementation," *Proceedings - 2018 International Conference on Applied Science and Technology, iCAST 2018*, pp. 358–362, Oct. 2018, doi: 10.1109/ICAST1.2018.8751623.
- [16] K. al Nuaimi and H. Kamel, "A survey of indoor positioning systems and algorithms," *2011 International Conference on Innovations in Information Technology, IIT 2011*, pp. 185–190, 2011, doi: 10.1109/INNOVATIONS.2011.5893813.
- [17] W. Sakpere, M. Adeyeye-Oshin, and N. B. W. Mlitwa, "A state-of-the-art survey of indoor positioning and navigation systems and technologies," *South African Computer Journal*, vol. 29, no. 3, pp. 145–197, 2017, doi: 10.18489/SACJ.V29I3.452.
- [18] V. Bellavista-Parent, J. Torres-Sospedra, and A. Perez-Navarro, "New trends in indoor positioning based on WiFi and machine learning: A systematic review," Jul. 2021, doi: 10.1109/IPIN51156.2021.9662521.

- [19] T. K. Geok *et al.*, "Review of indoor positioning: Radio wave technology," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 1. MDPI AG, pp. 1–44, Jan. 01, 2021. doi: 10.3390/app11010279.
- [20] F. Zafari, A. Gkelias, and K. K. Leung, "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 21, no. 3, pp. 2568–2599, 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2911558.
- [21] B. Kitchenham, "Procedures for Performing Systematic Reviews," 2004.
- [22] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, "Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review," *Information and Software Technology*, vol. 51, no. 1. pp. 7–15, Jan. 2009. doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [23] A. A. Khan, J. Keung, M. Niazi, S. Hussain, and A. Ahmad, "Systematic literature review and empirical investigation of barriers to process improvement in global software development: Client-vendor perspective," *Inf Softw Technol*, vol. 87, pp. 180–205, Jul. 2017, doi: 10.1016/j.infsof.2017.03.006.
- [24] A. R. Yuly and H. Pradana, "Systematic Literature Review (SLR) Development of the IoT Industry in the Southeast Asian Region," in *2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering, IC2IE 2020*, Sep. 2020, pp. 460–466. doi: 10.1109/IC2IE50715.2020.9274619.
- [25] C. E. A. Bundak, M. A. Abd Rahman, M. K. Abdul Karim, and N. H. Osman, "Fuzzy rank cluster top k Euclidean distance and triangle based algorithm for magnetic field indoor positioning system," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 5, pp. 3645–3655, May 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.08.073.
- [26] Universidad de Alcalá. Departamento de Electrónica, GEINTRA (Organization), Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, IEEE Instrumentation and Measurement Society, and Institute of Electrical and Electronics Engineers. Spain Section, "Integrating Wi-Fi and Magnetic Field for Fingerprinting Based Indoor Positioning System," 2016.
- [27] T. T. Khanh, V. D. Nguyen, X. Q. Pham, and E. N. Huh, "Wi-Fi indoor positioning and navigation: a cloudlet-based cloud computing approach," *Human-centric Computing and Information Sciences*, vol. 10, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s13673-020-00236-8.

- [28] A. N. Nor Hisham, Y. H. Ng, C. K. Tan, and D. Chieng, "Hybrid Wi-Fi and BLE Fingerprinting Dataset for Multi-Floor Indoor Environments with Different Layouts," *Data (Basel)*, vol. 7, no. 11, p. 156, Nov. 2022, doi: 10.3390/data7110156.
- [29] J. Chen, S. Song, and H. Yu, "An indoor multi-source fusion positioning approach based on PDR/MM/WiFi," *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 135, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.aeue.2021.153733.
- [30] Khan Mazzullah, Kai Dong Yang, and Gul Ubaid Haris, "Indoor Wi-Fi positioning algorithm based on combination of Location Fingerprint and Unscented Kalman Filter," *Proceedings of 2017 14th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST)*, 2017.
- [31] T. Lines and A. Basiri, "Simulating and modeling the signal attenuation of wireless local area network for indoor positioning," in *Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoSpatial Simulation, GeoSim 2019*, Nov. 2019, pp. 9–15. doi: 10.1145/3356470.3365527.
- [32] A. El-Naggar, A. Wassal, and K. Sharaf, "Indoor positioning using WiFi RSSI trilateration and INS sensor fusion system simulation," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Oct. 2019, pp. 21–26. doi: 10.1145/3365245.3365261.
- [33] S. Gao and S. Prasad, "Employing spatial analysis in indoor positioning and tracking using Wi-Fi access points," in *Proceedings of the 8th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness, ISA 2016*, Oct. 2016, pp. 27–34. doi: 10.1145/3005422.3005425.
- [34] X. Han and D. He, "Research on Indoor Positioning Based on Fusion of WI-FI/PDR," 2016, doi: 10.1145/3220162.3220.
- [35] T. Zheng, G. Hua, and B. Zhu, "An Indoor Wi-Fi Positioning Method Based on RSS Matrix Relevance," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Oct. 2020. doi: 10.1145/3424978.3424983.
- [36] A. Abusara, M. S. Hassan, and M. H. Ismail, "Reduced-complexity fingerprinting in WLAN-based indoor positioning," *Telecommun Syst*, vol. 65, no. 3, pp. 407–417, Jul. 2017, doi: 10.1007/s11235-016-0241-8.
- [37] Z. Silvia, C. Martina, S. Fabio, and P. Alessandro, "Ultra Wide Band Indoor Positioning System: analysis and testing of an IPS technology," Jan. 2018, vol. 51, no. 11, pp. 1488–1492. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.292.

- [38] Y. Yan, B. Lin, D. Tang, Z. Zhang, Y. Huang, and J. Zhuang, "Design of the Fractal Bluetooth and UWB Positioning Beacon Antenna," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Nov. 2020, pp. 153–157. doi: 10.1145/3443467.3443745.
- [39] A. Duru, E. Sehirli, and I. Kabalci, "Ultra-Wideband positioning system using TWR and lateration methods," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Jun. 2018. doi: 10.1145/3234698.3234756.
- [40] P. Peng, C. Yu, Q. Xia, Z. Zheng, K. Zhao, and W. Chen, "An Indoor Positioning Method Based on UWB and Visual Fusion," *Sensors*, vol. 22, no. 4, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22041394.
- [41] E. Garcia, P. Poudereux, A. Hernandez, J. Urena, and D. Gualda, "A robust UWB indoor positioning system for highly complex environments," *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, vol. 2015-June, no. June, pp. 3386–3391, Jun. 2015, doi: 10.1109/ICIT.2015.7125601.
- [42] E. Essa, B. A. Abdullah, and A. Wahba, "Improve Performance of Indoor Positioning System using BLE," 2019.
- [43] A. Koutris *et al.*, "Deep Learning-Based Indoor Localization Using Multi-View BLE Signal," *Sensors*, vol. 22, no. 7, Apr. 2022, doi: 10.3390/s22072759.
- [44] X. Du and Y. Xiong, "Multi-Beacon Integrated Indoor Positioning System," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Nov. 2020, pp. 991–995. doi: 10.1145/3443467.3443893.
- [45] S. C. Yeh, C. H. Wang, C. H. Hsieh, Y. S. Chiou, and T. P. Cheng, "Cost-Effective Fitting Model for Indoor Positioning Systems Based on Bluetooth Low Energy," *Sensors*, vol. 22, no. 16, Aug. 2022, doi: 10.3390/s22166007.
- [46] Y. C. Pu and P. C. You, "Indoor positioning system based on BLE location fingerprinting with classification approach," *Appl Math Model*, vol. 62, pp. 654–663, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.apm.2018.06.031.
- [47] A. Ozer and E. John, "Improving the accuracy of bluetooth low energy indoor positioning system using kalman filtering," *Proceedings - 2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2016*, pp. 180–185, Mar. 2017, doi: 10.1109/CSCI.2016.0041.
- [48] S. Memon, M. M. Memon, F. K. Shaikh, and S. Laghari, "Smart indoor positioning using BLE technology," *4th IEEE International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences*,

- ICETAS 2017*, vol. 2018-January, pp. 1–5, Jan. 2018, doi: 10.1109/ICETAS.2017.8277872.
- [49] H. Xu, M. Wu, P. Li, F. Zhu, and R. Wang, “An RFID indoor positioning algorithm based on support vector regression,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 5, May 2018, doi: 10.3390/s18051504.
- [50] H. Xu, Y. Ding, P. Li, R. Wang, and Y. Li, “An RFID indoor positioning algorithm based on bayesian probability and K-Nearest neighbor,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 8, Aug. 2017, doi: 10.3390/s17081806.
- [51] Y. Zeng, X. Chen, R. Li, and H. Z. Tan, “UHF RFID Indoor Positioning System with Phase Interference Model Based on Double Tag Array,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 76768–76778, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2921560.
- [52] C. Wang, Z. Shi, F. Wu, and J. Zhang, “An RFID indoor positioning system by using Particle Swarm Optimization-based Artificial Neural Network,” *ICALIP 2016 - 2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing - Proceedings*, pp. 738–742, Feb. 2017, doi: 10.1109/ICALIP.2016.7846624.