SISTEM LITERATUR REVIEW PERANCANGAN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS BERODA MENGGUNAKAN KENDALI JARAK JAUH BERBASIS IOT

Ahmad Hanafi Musyaroat, Endah Sudarmilah
Teknik Informatika, Universitas muhammadiyah surakarta
Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57169.
hanafimusyaroat1304@gmail.com

ABSTRAK

Pengendalian sampah di lingkungan sekolah merupakan aspek penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang bersih dan sehat. Namun, seiring perkembangan teknologi, pendekatan manual dalam pengendalian sampah dinilai kurang efektif dan belum terintegrasi dengan sistem digital berbasis *Internet of Things* (IoT). Pemanfaatan teknologi otomatisasi menjadi peluang inovatif dalam meningkatkan efisiensi dan kesadaran pengelolaan sampah di sekolah. Salah satu masalah yang paling umum adalah sistem pengumpulan sampah yang masih dilakukan secara manual dan tidak efisien, serta kegagalan siswa untuk memahami cara memilah dan membuang sampah dengan benar. Kedua masalah ini menyebabkan banyak sampah dan sistem kebersihan sekolah tidak berjalan dengan baik. Pemetaan tren penelitian, metode, perangkat lunak, mikrokontroler, dan sensor yang paling umum digunakan dalam pengembangan sistem otomatisasi pengelolaan sampah berbasis Internet of Things (IoT) diharapkan menjadi dasar untuk rekomendasi teknologi dalam merancang sistem tempat sampah otomatis beroda yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Sistematic Literature Review (SLR) digunakan, menganalisis 41 jurnal ilmiah yang relevan. Proses SLR mencakup identifikasi, seleksi, evaluasi, dan sintesis literatur untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang kemajuan teknologi dan metode yang digunakan dalam sistem pengelolaan sampah otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode eksperimen (EKM) adalah metode penelitian yang paling umum digunakan saat membangun sistem Internet of Things (IoT). Python adalah perangkat lunak yang paling banyak digunakan, sedangkan Raspberry Pi adalah mikrokontroler paling populer karena kemampuan untuk mendukung berbagai jenis sensor sesuai kebutuhan aplikasi. Studi ini melacak literatur secara menyeluruh dan memberikan saran teknologi yang relevan untuk menerapkan sistem tempat sampah otomatis beroda berbasis Internet of Things di sekolah.

Kata kunci : *IoT, otomatisasi, tempat sampah pintar, SLR, sensor, mikrokontroler*

1. PENDAHULUAN

Lingkungan merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia di seluruh dunia. Pada setiap harinya, manusia menghasilkan banyak sampah dan berbagai jenis sampah, baik sampah rumah tangga maupun sampah dari lingkungan pendidikan [1]. Pengelolaan sampah merupakan salah satu aspek penting dalam menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat, terutama di Kota Bekasi memiliki jumlah penduduk sebanyak 2,54 juta jiwa pada tahun 2020, yang mengindikasikan bahwa Kota Bekasi adalah Kota Metropolitan [2], tentunya menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan sampah, termasuk pada sektor pendidikan. Lalu pengelolaan di lingkungan sekolah merupakan hal yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang bersih dan sehat pada lingkungan pendidikan seperti Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Aktivitas siswa juga mengikuti akktivitas yang padat setiap harinya menghasilkan volume sampah yang cukup besar, mulai dari sampah organik hingga anorganik. Namun, masih sering dijumpai kurangnya kesadaran siswa dalam membuang sampah pada tempatnya serta kurang efektifnya sistem pengumpulan sampah yang ada, sehingga menyebabkan area sekolah menjadi kotor dan tidak tertata terutama pada setiap ruang kelas yang berada di Smk Mutiara 17 Agustus yang terletak di bekasi

Seiring dengan perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang Internet of Things (IoT), kini dimungkinkan untuk menciptakan solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah [3]. Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah rancangan tempat sampah otomatis yang dapat bergerak menggunakan roda dan dikendalikan dari jarak jauh dengan harapan para siswa tidak perlu bergerak keluar kelas utuk membuang sampah karna aktivitas yang sangat padat dari awal berangkat ke sekolah sudah macet-macetan serta pembelajaran yang sangat padat menjadi salah satu faktor sehingga menguras tenaga dan fikiran para siswa dan menimbulkan males gerak sehingga menyebabkan para siswa membuang sampah sembarangan. Sistem ini di harapkan tidak hanya memudahkan dalam proses pengumpulan sampah, tetapi juga dapat menarik minat siswa untuk lebih peduli terhadap kebersihan lingkungan melalui pendekatan teknologi.

Tempat sampah otomatis beroda yang dikendalikan dengan sistem berbasis IoT memberikan kemudahan kepada petugas kebersihan atau pengelola sekolah untuk mengarahkan tempat sampah ke lokasi-lokasi strategis sesuai kebutuhan, tanpa harus mendorongnya secara manual. Selain itu, integrasi dengan sensor dan sistem kontrol jarak jauh memungkinkan pemantauan dan pengoperasian yang

lebih efisien serta responsif terhadap kondisi lingkungan.

Namun, sebagai dasar ilmiah untuk penelitian ini, pemetaan literatur sistematis dan terstruktur digunakan dalam penelitian ini. Ini dilakukan karena diperlukan penelitian menyeluruh sebelum merancang dan menerapkan sistem tersebut. Ini dilakukan untuk menemukan tren penelitian, metode yang digunakan dan menjawab hasil dari 4 pertanyaan yang saya buat yaitu:

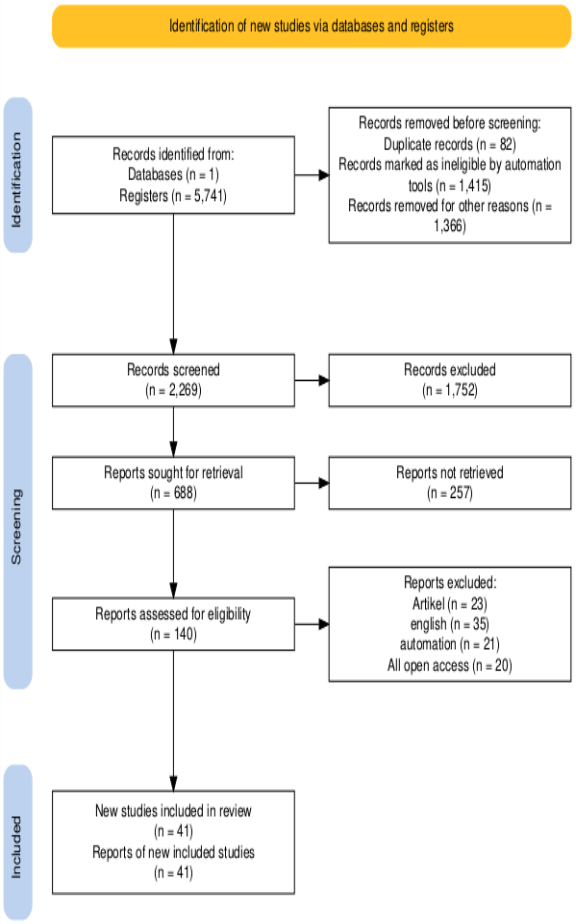
RQ1 Metode apa yang paling efektif dan relevan dengan alat otomatisasi & iot

RQ2 Software pendukung perancangan apa yang banyak digunakan pada sistem otomatisasi

RQ3 Apa trend alat mikrokontroler yang bisa membuat orang tidak usah bergerak tetapi membuat sampah terbuang pada tempat nya

RQ4 sensor apa yang sering di gunakan oleh para peneliti untuk membuat alat otomatisasi

2. TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 1. diagram alir

Studi ini meneliti teori dan temuan penelitian sebelumnya tentang pengelolaan sampah, sistem otomatisasi, dan penerapan Internet of Things (IoT) dalam lingkungan pendidikan. Tujuan dari tinjauan pustaka ini adalah untuk memberikan landasan konseptual dan empiris yang mendukung analisis penelitian ini dan juga untuk mengidentifikasi kemajuan teknologi yang relevan dalam pengembangan sistem tempat sampah otomatis berbasis IoT.

Selain itu, bagian ini menunjukkan bagaimana penelusuran dan seleksi literatur dilakukan secara sistematis dengan menggunakan metode peninjauan literatur sistematis (SLR). Pencarian jurnal dilakukan melalui basis data Scopus, dan tahapan identifikasi, penyaringan, dan seleksi didasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelumnya.

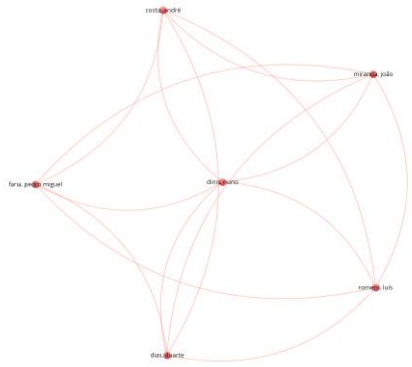
2.1. Analisis Jaringan Kolaborasi Penulis

Sebagai bagian dari analisis bibliometrik dalam kajian ini, dilakukan pemetaan terhadap jaringan kolaborasi antar penulis yang berkontribusi dalam penelitian terkait Internet of Things (IoT) dan otomatisasi. Visualisasi jaringan kolaborasi tersebut disajikan pada Gambar X (lihat Gambar [nomor gambar]).

Setiap simpul (node) dalam jaringan mewakili seorang penulis, sementara garis penghubung (edge) antara dua simpul menunjukkan adanya kolaborasi dalam satu atau lebih publikasi. Dari hasil visualisasi, terlihat bahwa terdapat struktur jaringan yang relatif padat, menandakan adanya komunitas riset yang aktif dan saling terhubung dalam topik ini[4].

Penulis Dinis, Bruno tampak menempati posisi sentral dalam jaringan, yang tercermin dari jumlah koneksi langsung yang dimilikinya dengan penulis lain, seperti Costa, André, Dias, Duarte, dan Faria, Pedro Miguel. Hal ini mengindikasikan bahwa Dinis memiliki peran penting sebagai penggerak kolaborasi dalam komunitas riset tersebut. Penulis-penulis lain yang memiliki koneksi lebih dari satu, seperti Romero, Luís dan Miranda, João, juga menunjukkan keterlibatan aktif, meskipun dengan tingkat konektivitas yang lebih rendah dibandingkan Dinis.

Jaringan ini menunjukkan kecenderungan terbentuknya sebuah kelompok penelitian yang erat, yang mungkin berasal dari institusi atau proyek riset yang sama. Pola kolaborasi yang kuat semacam ini dapat berkontribusi positif terhadap produktivitas dan kedalaman kajian ilmiah, karena memungkinkan pertukaran ide yang intensif dan penggabungan keahlian antar peneliti.



Gambar 2. analisis bibliometrik

Analisis ini memberikan wawasan penting mengenai dinamika sosial dan profesional di balik publikasi dalam bidang IoT dan otomatisasi, serta membantu dalam mengidentifikasi penulis-penulis kunci yang dapat dijadikan rujukan utama atau potensi mitra kolaborasi dalam penelitian selanjutnya.

2.2. Metode Analisis Kata Kunci

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih dalam mengenai fokus riset dalam bidang Internet of Things (IoT) dan otomatisasi, dilakukan analisis kata kunci berbasis bibliometrik menggunakan perangkat lunak VOSviewer. VOSviewer dipilih karena kemampuannya yang andal dalam memvisualisasikan hubungan antar elemen bibliografis, seperti kata kunci, penulis, dan sumber publikasi [5].

Data bibliografi diekstraksi dari [sebutkan database, misalnya Scopus atau Web of Science] dalam format .csv yang kompatibel dengan VOSviewer. Analisis dilakukan dengan pendekatan co-occurrence, yaitu mengidentifikasi kata kunci yang paling sering muncul secara bersamaan dalam kumpulan dokumen.

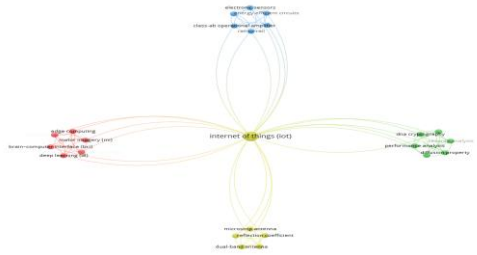
Langkah-langkah dalam analisis adalah sebagai berikut:

a. Langkah yang pertama yaitu Ekstraksi dan Impor Data
   Data publikasi yang telah dikurasi diekspor dari database ke dalam format CSV dan diimpor ke VOSviewer.
b. Langkah yang kedua yaitu Pemilihan Tipe Analisis
   Jenis analisis yang digunakan adalah Co-occurrence, dengan unit analisis berupa All keywords (kata kunci dari penulis dan sistem indexing).
c. Langkah yang ketiga yaitu Threshold Kemunculan Minimum Dalam proses ini, kata kunci yang memiliki frekuensi kemunculan minimum tertentu (misalnya ≥ 3 kali) dipilih untuk dianalisis lebih lanjut, guna memfokuskan visualisasi pada istilah yang paling relevan dan signifikan.
d. Langkah yang keempat yaitu Normalisasi dan Clustering VOSviewer secara otomatis mengelompokkan kata kunci ke dalam beberapa klaster menggunakan algoritma clustering berbasis kekuatan asosiasi (association strength), yang divisualisasikan dengan warna berbeda.

2.3. Visualisasi Jaringan

Hasil visualisasi menunjukkan hubungan antar kata kunci dalam bentuk jaringan node dan edge, di mana ukuran node menggambarkan frekuensi kemunculan, dan ketebalan garis menunjukkan kekuatan keterkaitan antar kata kunci.

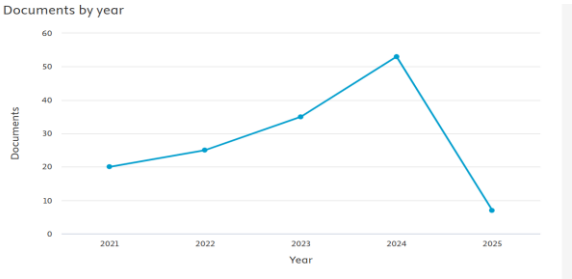
Melalui pendekatan ini, diperoleh wawasan mengenai tema-tema utama dan sub-topik yang berkembang dalam literatur IoT dan otomatisasi, serta bagaimana keterkaitan antar konsep terbentuk dalam ekosistem penelitian.



Gambar 3. Data publikasi

2.4. Analisis Tren Publikasi dalam Lima Tahun Terakhir

Berdasarkan visualisasi data publikasi dalam kurun waktu lima tahun terakhir pada topik Internet of Things (IoT) dan otomatisasi, terlihat adanya kecenderungan peningkatan jumlah dokumen yang signifikan hingga tahun 2024. Pada tahun 2021, tercatat sebanyak 20 dokumen yang [6]menjadi 25 dokumen pada tahun 2022, dan kembali naik menjadi 35 dokumen pada tahun 2023. Tren ini mencapai puncaknya pada tahun 2024 dengan total 53 dokumen yang berhasil dipublikasikan, mencerminkan tingginya minat dan aktivitas penelitian di bidang ini. Namun demikian, terjadi penurunan drastis pada tahun 2025 dengan hanya 8 dokumen yang tercatat. Penurunan ini diperkirakan bukan mencerminkan penurunan minat, melainkan disebabkan oleh keterbatasan data tahun berjalan yang belum sepenuhnya terakumulasi pada saat analisis dilakukan. Secara keseluruhan, tren ini menunjukkan bahwa topik IoT dan otomatisasi telah menjadi fokus utama dalam beberapa tahun terakhir dan diprediksi akan terus berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan terhadap sistem cerdas dan efisiensi operasional berbasis teknologi.

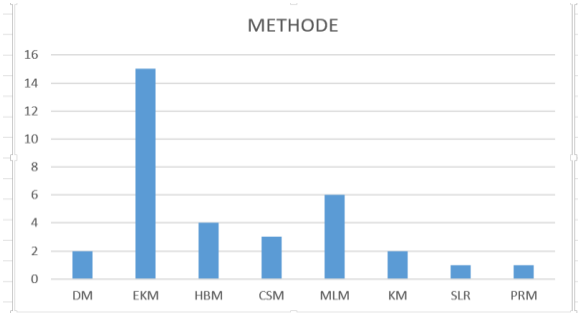


Gambar 4. fokus riset dalam bidang Internet of Things (IoT) dan otomatisasi

3. METODE PENELITIAN

RQ1 Metode apa yang paling efektif dan relevan dengan alat otomatisasi & iot, saya menjawab sebuah pertanyaan yang tealah saya buat untuk mengetahui apas saja metode yang di gunakan oleh para peneliti. Metode yang berhasil diidentifikasi dalam hasil review jurnal ini terdiri dari beberapa singkatan, yaitu: DM (Design Metode)[7], yaitu metode yang berfokus pada perancangan sistem atau produk; EKM (Eksperimen

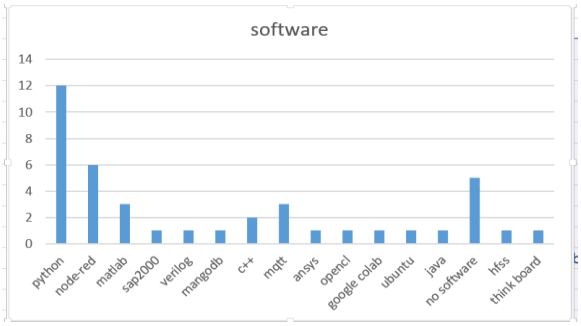
Metode) [8], digunakan untuk pengujian dan pembuktian secara empiris[9]; HBM (Hybrid Metode), merupakan gabungan dari beberapa pendekatan metodologi; CSM (Case Study Metode)[10], digunakan untuk pendalaman kasus tertentu; MLM (Machine Learning Metode), memanfaatkan algoritma kecerdasan buatan; KM (Kuantitatif Metode), berbasis data numerik dalam analisis fenomena; SLR (Studi Literatur), dilakukan dengan menelaah berbagai sumber pustaka yang relevan; dan PRM (Prototype Metode),



Gambar 5. jenis-jenis Metode

Berdasarkan hasil review terhadap sejumlah jurnal dengan fokus pada metode yang digunakan, ditemukan bahwa terdapat beragam pendekatan yang diterapkan oleh para peneliti. Metode yang paling dominan digunakan adalah *Eksperimen Metode* (EKM) dengan jumlah 15 kali kemunculan atau penggunaan [11], menunjukkan bahwa pendekatan eksperimental menjadi pilihan utama [12] dalam pembuktian hipotesis dan pengujian sistem. Selanjutnya, *Machine Learning Metode* (MLM) muncul sebanyak 6 kali, menandakan mulai meluasnya penggunaan kecerdasan buatan dalam penelitian. Metode lain seperti *Hybrid Metode* (HBM) dan *Case Study Metode* (CSM) masing-masing digunakan sebanyak 4 dan 3 kali[13], mengindikasikan adanya kecenderungan penggabungan metode serta pendalaman terhadap kasus tertentu. Sementara itu, *Design Metode* (DM) dan *Kuantitatif Metode* (KM) masing-masing tercatat sebanyak 2 kali[14], menunjukkan pendekatan yang bersifat sistematis dan berbasis angka masih cukup relevan. Adapun *Studi Literatur* (SLR) dan *Prototype Metode* (PRM) masing-masing hanya digunakan sekali, menggambarkan bahwa metode ini cenderung digunakan pada konteks penelitian tertentu. Temuan ini menunjukkan adanya kecenderungan kuat terhadap metode eksperimental dalam penelitian yang direview, namun tetap terdapat keberagaman pendekatan yang mencerminkan luasnya cakupan metodologi dalam bidang kajian tersebut.

RQ2 Software pendukung perancangan apa yang banyak digunakan pada sistem otomatisasi. Di bawah ini adalah sebuah gambar yang menjawab sebuah riset question yang ada dan saya mereview yaitu mengenai software apa yang di gunakan dalam penelitian yang membahas iot dan otomatisasi,



Gambar 6. *Software* pendukung

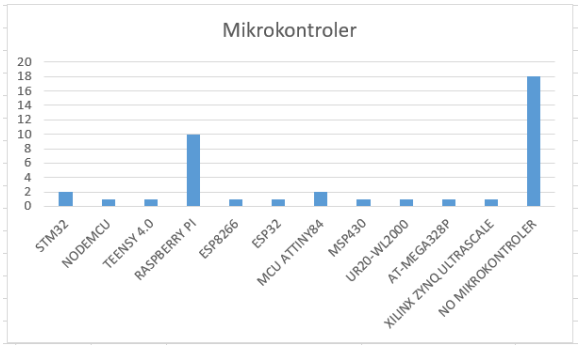
Berdasarkan hasil review terhadap jurnal-jurnal yang dianalisis, ditemukan beragam perangkat lunak (software) yang digunakan oleh para peneliti dalam mendukung penelitian mereka. Software yang paling dominan digunakan adalah Python[15], dengan jumlah penggunaan sebanyak 12 kali, menandakan bahwa bahasa pemrograman ini sangat populer karena fleksibilitas dan kemampuannya dalam berbagai kebutuhan analisis data dan pengembangan sistem. Di posisi berikutnya terdapat Node-RED [16] yang digunakan sebanyak 6 kali, menunjukkan perannya dalam pemrograman visual berbasis alur untuk menghubungkan perangkat IoT.

Selanjutnya, Matlab muncul sebanyak 3 kali[17], umum digunakan untuk komputasi teknik dan pemodelan sistem. Software lainnya seperti SAP2000[18], Velino, MongoDB[19], **C**++[20], MQTT[21], dan Ansys masing-masing digunakan sebanyak 1–2 kali, menunjukkan keberagaman tools berdasarkan kebutuhan spesifik penelitian, seperti simulasi struktural, komunikasi data, basis data, dan rekayasa perangkat lunak.

Selain itu, terdapat pula software seperti OpenCL[22], Google Colab[23], Ubuntu, dan Java[24], yang masing-masing muncul dalam jumlah kecil, namun tetap menunjukkan fleksibilitas pendekatan teknologi. Menariknya, beberapa peneliti mencantumkan "no software" yang berarti penelitian dilakukan tanpa dukungan perangkat lunak khusus[25], serta penggunaan Think Board dan KISS, yang juga menambah variasi dalam pemanfaatan tools penelitian. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun Python menjadi pilihan utama, terdapat keragaman software yang mencerminkan kompleksitas dan kebutuhan teknis dari masing-masing penelitian.

RQ3 Apa trend alat mikrokontroler yang bisa membuat orang tidak usah bergerak tetapi membuat sampah terbuang pada tempat nya

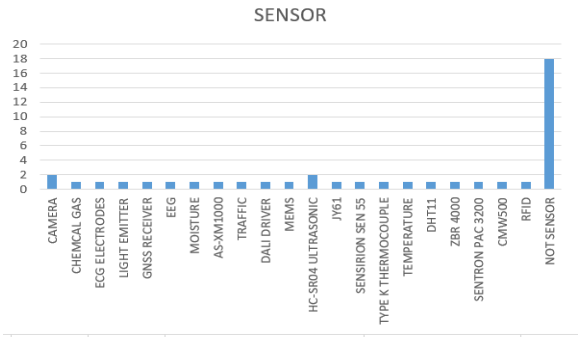
Data di bawah ini menyajikan data tentang frekuensi penggunaan berbagai jenis mikrokontroler dalam konteks seperti proyek penelitian, pengembangan perangkat keras, atau survei teknologi. Grafik tersebut menunjukkan bahwa sekitar 18 kasus dari proyek atau sistem yang dianalisis tidak menggunakan mikrokontroler sama sekali. Ini menunjukkan bahwa solusi yang digunakan dapat berbasis perangkat lunak, komputer umum, atau teknologi lain di luar mikrokontroler.



Gambar 7. jenis mikrokontroler

Grafik batang berjudul **"**Mikrokontroler**"** menunjukkan jumlah penggunaan berbagai jenis mikrokontroler dalam suatu konteks, seperti proyek atau penelitian. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa kategori **"**NO MIKROKONTROLER**"** memiliki jumlah tertinggi[26], yaitu sekitar 18 [27], yang berarti sebagian besar proyek atau sistem yang dianalisis tidak menggunakan mikrokontroler sama sekali. Di antara perangkat yang digunakan, Raspberry Pi menempati urutan tertinggi dengan jumlah penggunaan sebanyak 10[28], menunjukkan bahwa Raspberry Pi merupakan pilihan populer, meskipun secara teknis lebih merupakan komputer mini daripada mikrokontroler murni. Perangkat lain seperti ESP8266[29], MCU ATTINY84[30], dan MSP430 masing-masing digunakan sekitar 2 hingga 3 kali. Sementara mikrokontroler lainnya seperti **S**TM32, NodeMCU[31], TEENSY 4.0[5], ESP32, UR20-WL2000[32], AT-MEGA328P[33], dan XILINX ZYNO ULTRASCALE[34] hanya digunakan sebanyak satu kali. [33]Dari data ini dapat disimpulkan bahwa meskipun terdapat berbagai pilihan mikrokontroler yang tersedia, hanya sebagian kecil yang sering digunakan, dan banyak proyek yang tidak menggunakan mikrokontroler sama sekali.

Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan bahwa meskipun terdapat banyak pilihan mikrokontroler di pasaran, hanya sebagian kecil yang digunakan secara luas, dan sebagian besar proyek mungkin tidak memerlukan mikrokontroler sama sekali. Data ini dapat memberikan wawasan bagi pengembang atau peneliti untuk memilih perangkat keras yang sesuai dengan kebutuhan serta melihat tren penggunaan mikrokontroler saat ini.



Gambar 8. jenis-jenis sensor di gunakan

RQ4 sensor apa yang sering di gunakan oleh para peneliti untuk membuat alat otomatisasi. Dari hasil saya mereview jura yang saya miliki sebanyak 41 satu dan saya bisa menjawab sebuah riset question yang telah saya buat dan telah jelaskan riset question saya di atas dan saya menjawab dengan 8, gambar tersebut merupakan hasil analisis dari studi literatur yang membahas pemanfaatan sensor dalam sistem otomatisasi dan Internet of Things (IoT). Berdasarkan hasil review terhadap berbagai jurnal, diidentifikasi sejumlah perangkat yang digunakan, baik yang termasuk sensor maupun bukan sensor. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat berbagai jenis sensor yang digunakan, antara lain Camera[35], Chemical Gas Sensor, ECG Electrodes[36], Light Emitter, GNSS Receiver[25], EEG (Electroencephalogram), Moisture Sensor[37], ASX-2100[19], Traffic Sensor[38], DALI Driver[39], RFID[24] (Radio Frequency Identification), HC-SR04 Ultrasonic Sensor[11], JY61 (Inertial Measurement Unit), Sensirion SHT15[34] (Temperature and Humidity Sensor), Type K Thermocouple, Temperature Sensor (umum)[8], DHT11[40], ZB1 4000, Sentron PAC 3200[19], dan CMV300. Masing-masing sensor ini hanya muncul satu atau dua kali dalam literatur yang dikaji, menunjukkan bahwa tidak ada satu jenis sensor yang dominan. Hal ini mengindikasikan bahwa pemilihan jenis sensor sangat bergantung pada kebutuhan spesifik aplikasi IoT yang dikembangkan, seperti pada bidang kesehatan, lingkungan, industri, maupun transportasi. Menariknya, kategori "Not Sensor" justru memiliki frekuensi tertinggi[19], yaitu sekitar 19 kali.[41] Ini menandakan bahwa banyak perangkat yang digunakan dalam sistem IoT bukanlah sensor, melainkan komponen lain seperti aktuator, modul komunikasi, atau sistem kendali yang tidak berfungsi untuk mendeteksi kondisi lingkungan secara langsung. Temuan ini memperlihatkan bahwa dalam pengembangan sistem IoT, perangkat non-sensor juga memiliki peran yang sangat penting dan sering kali lebih banyak digunakan dibandingkan sensor, sehingga perlu diperhatikan secara menyeluruh dalam desain arsitektur sistem IoT.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut hasil Systematic Literature Review (SLR) terhadap 41 jurnal yang membahas topik Internet of Things (IoT) dan otomatisasi, ada kemungkinan besar bahwa teknologi IoT dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah, terutama dengan penggunaan tempat sampah otomatis beroda yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Tren penelitian menunjukkan peningkatan besar hingga tahun 2024, menunjukkan bahwa industri ini terus berkembang dan akan menjadi fokus utama untuk pengembangan sistem pintar. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang paling umum digunakan karena dapat menguji kinerja sistem secara langsung dan menghasilkan data yang lebih relevan. Karena fleksibel, mudah diintegrasikan dengan berbagai perangkat keras, dan

mendukung pengembangan sistem IoT yang cepat, Python menjadi teknologi yang paling populer dari sisi perangkat lunak. Dari sisi perangkat keras, Raspberry Pi adalah komputer mini yang populer yang memiliki kemampuan untuk komunikasi data, mengelola sensor, dan mengendalikan sistem secara terpadu. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada satu jenis sensor yang digunakan lebih banyak daripada yang lain. Pilihan sensor bergantung pada kebutuhan aplikasi, sehingga desain sistem Internet of Things harus kontekstual dan disesuaikan dengan tujuan implementasi. Secara keseluruhan, desain sistem otomatisasi pengelolaan sampah berbasis IoT bergantung pada metode yang tepat, perangkat lunak yang fleksibel, dan perangkat keras yang sesuai.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Review Literature Systematik, Teknologi Internet of Things (IoT) dan otomatisasi dapat meningkatkan pengelolaan sampah, terutama dengan sistem tempat sampah beroda otomatis. Python adalah perangkat lunak yang paling populer, dan Raspberry Pi adalah mikrokontroler yang paling sering digunakan. Metode eksperimen adalah metode yang paling umum digunakan dalam penelitian. Keberhasilan sistem sangat dipengaruhi oleh pemilihan metode dan komponen IoT yang tepat. Lalu saran saya ke deapan Untuk membuat sistem hemat energi yang dapat digunakan dalam jangka panjang dengan biaya operasional yang rendah, pengembangan selanjutnya disarankan. Untuk memastikan sistem dapat digunakan dengan baik oleh siswa dan petugas kebersihan

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Purnama, S. Z. Harahap, and A. A. Ritonga, "Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Pada Universitas Labuhanbatu," J. Inform., vol. 8, no. 2, pp. 81–84, 2020, doi: 10.36987/informatika.v8i2.1780.

[2] M. Adisyah Putra, B. Sasmito, and F. Hadi, "Evaluasi Perkembangan dan Kesesuaian Kawasan Ruang Terbuka Hijau terhadap RTRW Kota Bekasi (Studi Kasus: Kec. Jatisampura, Kota Bekasi)," *J. Geod. Undip*, vol. 12, no. 3, pp. 291–300, 2023.

[3] R. Ahmad Ma, N. Hayati, and F. Fauziah, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Secara Real-time Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT," *J. Infomedia*, vol. 4, no. 2, pp. 69–74, 2019, [Online]. Available: http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/infomedia/article/view/1571

[4] V. K. Agarwal, P. G. K. Joshi, and M. B. M. E. College, "International Journal Of Information Technology and Applications," *Ijita*, vol. 3, no. 1, pp. 8–15, 2015.

[5] M. Wang, B. Shi, S. Catsamas, P. Kolotelo, and D. McCarthy, "A Compact, Low-Cost, and Low-Power Turbidity Sensor for Continuous In Situ Stormwater Monitoring," *Sensors*, vol. 24, no. 12, 2024, doi: 10.3390/s24123926.

[6] M. O. Ojo, I. Viola, S. Miretti, E. Martignani, S. Giordano, and M. Baratta, "A Deep Learning Approach for Accurate Path Loss Prediction in LoRaWAN Livestock Monitoring," *Sensors*, vol. 24, no. 10, 2024, doi: 10.3390/s24102991.

[7] Y. Bendavid, S. Rostampour, Y. Berrabah, N. Bagheri, and M. Safkhani, "The Rise of Passive RFID RTLS Solutions in Industry 5.0," *Sensors*, vol. 24, no. 5, pp. 1–21, 2024, doi: 10.3390/s24051711.

[8] A. M. Elgani *et al.*, "A Temperature-Robust Envelope Detector Receiving OOK-Modulated Signals for Low-Power Applications," *Sensors*, vol. 24, no. 19, pp. 1–15, 2024, doi: 10.3390/s24196369.

[9] F. Rigo, M. Migliorini, and A. Pozzebon, "Piezoelectric Sensors as Energy Harvesters for Ultra Low-Power IoT Applications," *Sensors*, vol. 24, no. 8, 2024, doi: 10.3390/s24082587.

[10] H. AlShammary, "Novel Class-AB Operational Amplifier for Compact and Energy-Efficient Wake-Up Sensor Systems," *Sensors*, vol. 25, no. 2, 2025, doi: 10.3390/s25020316.

[11] C. I. Adomnitei, C. E. Lesanu, A. Done, A. Yu, M. Dimian, and A. Lavric, "The Design and Implementation of a Phased Antenna Array System for LEO Satellite Communications," *Sensors*, vol. 24, no. 6, 2024, doi: 10.3390/s24061915.

[12] S. Van Brandt *et al.*, "Reliability Analysis and Optimization of a Reconfigurable Matching Network for Communication and Sensing Antennas in Dynamic Environments through Gaussian Process Regression," *Sensors*, vol. 24, no. 9, 2024, doi: 10.3390/s24092689.

[13] S. Kang, S. Lee, and Y. Jung, "Design of Network-on-Chip-Based Restricted Coulomb Energy Neural Network Accelerator on FPGA Device," *Sensors*, vol. 24, no. 6, pp. 1–14, 2024, doi: 10.3390/s24061891.

[14] V. Blagojević, N. Kozić, A. Cvetković, and P. Ivaniš, "Secrecy Outage Performance Analysis of Wirelessly Powered IoT System with Randomly Moving Receiving Nodes," *Sensors*, vol. 25, no. 5, 2025, doi: 10.3390/s25051386.

[15] L. A. C. Ahakonye, C. I. Nwakanma, and D. S. Kim, "Tides of Blockchain in IoT Cybersecurity," *Sensors*, vol. 24, no. 10, pp. 1–27, 2024, doi: 10.3390/s24103111.

[16] M. A. Sehr *et al.*, "in the Context of Industry 4 . 0," vol. 17, no. 5, pp. 3523–3533, 2021.

[17] S. Dixit, V. Shukla, M. K. Misra, J. M. Jimenez, and J. Lloret, "Progressive Pattern Interleaver with Multi-Carrier Modulation Schemes and Iterative Multi-User Detection in IoT 6G Environments with Multipath Channels," *Sensors*, vol. 24, no. 11, 2024, doi: 10.3390/s24113648.

[18] I. Heaton Research, "Encog Machine Learning

Framework," *Http://Www.Heatonresearch.Com/Encog*, vol. 2014, no. acessed in April/May 2014, 2013, [Online]. Available: http://www.heatonresearch.com/encog

[19] R. Elsas, D. Van Leemput, J. Hoebeke, and E. De Poorter, "3MSF: A Multi-Modal Adaptation of the 6TiSCH Minimal Scheduling Function for the Industrial IoT," *Sensors*, vol. 24, no. 8, 2024, doi: 10.3390/s24082414.

[20] N. F. Transistors, "Modeling and Performance Analysis of III-V," no. February, pp. 0–5, 2010.

[21] E. Kristiani, T. H. Yu, and C. T. Yang, "On Construction of Real-Time Monitoring System for Sport Cruiser Motorcycles Using NB-IoT and Multi-Sensors," *Sensors*, vol. 24, no. 23, pp. 1–26, 2024, doi: 10.3390/s24237484.

[22] C. E. B. Santos, L. M. D. d. Silva, M. F. Torquato, S. N. Silva, and M. A. C. Fernandes, "SHA-256 Hardware Proposal for IoT Devices in the Blockchain Context," *Sensors*, vol. 24, no. 12, pp. 1–25, 2024, doi: 10.3390/s24123908.

[23] J. Khabti, S. AlAhmadi, and A. Soudani, "Enhancing Deep-Learning Classification for Remote Motor Imagery Rehabilitation Using Multi-Subject Transfer Learning in IoT Environment," *Sensors*, vol. 24, no. 24, pp. 1–30, 2024, doi: 10.3390/s24248127.

[24] A. Gazis and E. Katsiri, "Streamline Intelligent Crowd Monitoring with IoT Cloud Computing Middleware," *Sensors*, vol. 24, no. 11, 2024, doi: 10.3390/s24113643.

[25] T. W. Tsang, K. W. Mui, L. T. Wong, A. C. Y. Chan, and R. C. W. Chan, "Real-Time Indoor Environmental Quality (IEQ) Monitoring Using an IoT-Based Wireless Sensing Network," *Sensors*, vol. 24, no. 21, 2024, doi: 10.3390/s24216850.

[26] C. Manta-Caro and J. M. Fernández-Luna, "IR.WoT: An Architecture and Vision for a Unified Web of Things Search Engine," *Sensors*, vol. 24, no. 11, 2024, doi: 10.3390/s24113302.

[27] J. Dembski, A. Kołakowska, and B. Wiszniewski, "Automatic Cleaning of Time Series Data in Rural Internet of Things Ecosystems That Use Nomadic Gateways," *Sensors*, vol. 25, no. 1, 2025, doi: 10.3390/s25010189.

[28] A. Costa, J. Miranda, D. Dias, N. Dinis, L. Romero, and P. M. Faria, "Smart Maintenance Solutions: AR- and VR-Enhanced Digital Twin Powered by FIWARE," *Sensors*, vol. 25, no. 3, pp. 1–24, 2025, doi: 10.3390/s25030845.

[29] N. Karmous, M. O. E. Aoueileyine, M. Abdelkader, L. Romdhani, and N. Youssef, "Software-Defined-Networking-Based One-versus-Rest Strategy for Detecting and Mitigating Distributed Denial-of-Service Attacks in Smart Home Internet of Things Devices," *Sensors*, vol. 24, no. 15, pp. 1–24, 2024, doi: 10.3390/s24155022.

[30] R. Vázquez-morán and R. Vázquez-medina, "Jensen-Shannon Divergence," pp. 1–15, 2024.

[31] R. N. Pietraru, A. Olteanu, I. R. Adochiei, and F. C. Adochiei, "Reengineering Indoor Air Quality Monitoring Systems to Improve End-User Experience," *Sensors*, vol. 24, no. 8, pp. 1–26, 2024, doi: 10.3390/s24082659.

[32] W. Feng *et al.*, "Center for Medical Data Fusion," 2024.

[33] M. H. Jones, "Impedance matching," *A Pract. Introd. to Electron. Circuits*, pp. 76–122, 2012, doi: 10.1017/cbo9781139172837.008.

[34] S. H. Shin, M. J. Park, T. W. Kim, and H. S. Yang, "Architecture for Enhancing Communication Security with RBAC IoT Protocol-Based Microgrids," *Sensors*, vol. 24, no. 18, pp. 1–18, 2024, doi: 10.3390/s24186000.

[35] D. Trinchero, G. P. Colucci, E. Filipescu, U. S. M. Zafar, and P. Battilani, "Energy-Efficient Wireless Multimedia Sensor Nodes for Plant Proximal Monitoring," *Sensors*, vol. 24, no. 24, pp. 1–13, 2024, doi: 10.3390/s24248088.

[36] M. Babiuch and P. Foltynek, "Implementation of a Universal Framework Using Design Patterns for Application Development on Microcontrollers," *Sensors*, vol. 24, no. 10, 2024, doi: 10.3390/s24103116.

[37] R. Khan, N. Tariq, M. Ashraf, F. A. Khan, S. Shafi, and A. Ali, "FL-DSFA: Securing RPL-Based IoT Networks against Selective Forwarding Attacks Using Federated Learning," *Sensors*, vol. 24, no. 17, pp. 1–25, 2024, doi: 10.3390/s24175834.

[38] F. Oliva, E. Landolfi, G. Salzillo, A. Massa, S. M. D'Onghia, and A. Troiano, "Implementation and Testing of V2I Communication Strategies for Emergency Vehicle Priority and Pedestrian Safety in Urban Environments," *Sensors*, vol. 25, no. 2, pp. 1–21, 2025, doi: 10.3390/s25020485.

[39] V. Malumbres, J. Saldana, G. Berné, and J. Modrego, "Firmware Updates over the Air via LoRa: Unicast and Broadcast Combination for Boosting Update Speed," *Sensors*, vol. 24, no. 7, 2024, doi: 10.3390/s24072104.

[40] Y. Liu, X. Meng, L. Hu, Y. Bao, and C. Hancock, "Application of Response Surface-Corrected Finite Element Model and Bayesian Neural Networks to Predict the Dynamic Response of Forth Road Bridges under Strong Winds," *Sensors*, vol. 24, no. 7, 2024, doi: 10.3390/s24072091.

[41] M. B. Musthafa *et al.*, "Optimizing IoT Intrusion Detection Using Balanced Class Distribution, Feature Selection, and Ensemble Machine Learning Techniques," *Sensors*, vol. 24, no. 13, pp. 1–19, 2024, doi: 10.3390/s24134293.