

Kajian Peran Internet of Thing dalam Topik *Healthcare*

A R Tjipto¹, G Dewantoro²

¹ Universitas Atma Jaya Yogyakarta

² Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana

E-mail: agung.rahadyan25@gmail.com¹, gunawan.dewantoro@uksw.edu²

Abstrak. Kesehatan dan *healthcare* menjadi hal penting saat ini mengingat pandemi Covid-19 yang sedang berlangsung. *Internet of Things* merupakan salah satu topik yang dapat mencakup aspek kesehatan dan *healthcare* serta telah diterapkan di kedua aspek tersebut. Beberapa fitur *Internet of Things* yang sudah diterapkan dapat membantu mengembangkan fasilitas yang dapat menjaga kesehatan manusia serta fasilitas kesehatan yang merupakan kebutuhan penting saat ini. Banyak hal yang mempengaruhi kondisi kesehatan manusia. Beberapa di antaranya dapat berupa kebersihan lingkungan, kondisi di dalam rumah, dan kualitas udara dalam dan luar ruangan. *Internet of Things* dapat membantu memenuhi kebutuhan tersebut dengan fitur-fitur seperti mengelola dan memantau kualitas udara, Smart Living, dan Smart Home. Fitur yang dimiliki Smart Home dapat menjaga kualitas kesehatan psikis dan fisik manusia. Smart Home dapat membantu menjaga kesehatan lingkungan karena memiliki fitur untuk membuat konsumsi listrik lebih hemat dan mengurangi pemborosan listrik. Artikel ini bertujuan menyelidiki hubungan antara *Internet of Things* dan penerapannya dalam topik kesehatan dengan memberikan gambaran tentang contoh fitur *Internet of Things* yang telah dikerjakan di bidang *healthcare* pada artikel lain yang diterbitkan. Artikel ini juga memberikan gambaran tentang perkembangan topik kesehatan hingga saat ini yang telah mengalami revolusi menuju sistem Healthcare 4.0.

Kata kunci: *Internet of Things*; Smart Home; Smart Grid; *Healthcare* 4.0

Abstract. Health and healthcare are important things at this time given the ongoing Covid-19 pandemic. *Internet of Things* is one of the topics that can cover aspects of health and healthcare and has been applied in both aspects. Several *Internet of Things* features that have been implemented can help develop facilities that can maintain human health as well as health facilities which are an important need at this time. Many things affect the condition of human health. Several of it can be in the form of environmental cleanliness, conditions in the house, and indoor and outdoor air quality. The *Internet of Things* can help meet these needs with features such as managing and monitoring air quality, Smart Living and Smart Home. The features of the Smart Home can maintain the quality of human psychological and physical health. Smart Home can help maintain a healthy environment because it has features to make electricity consumption more efficient and reduce electricity wastage. This article aims to investigate the relationship between the *Internet of Things* and its application in health topics by providing an overview of examples of *Internet of Things* features that have been worked on in the healthcare field in other published articles. This article also provides an overview of the development of health topics to date which have undergone a revolution towards the Healthcare 4.0 system.

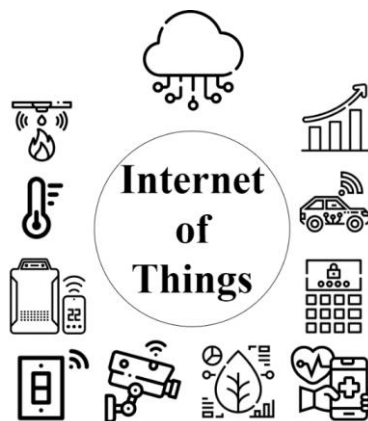
Keyword: *Internet of Things*; Smart Home; Smart Grid; *Healthcare* 4.0

1. Pendahuluan

Internet of Things telah diterapkan dalam banyak penelitian, dalam penelitian tersebut terdapat banyak sensor dan aktuator telah digunakan dan diimplementasikan [1]. *Internet of Things* juga menjadi salah satu komponen penting dalam membangun sistem industri 4.0 karena *Internet of Things* memungkinkan sistem berjalan secara *real-time* dan sistem juga memiliki kemampuan untuk melakukan pengambilan keputusan [2]. *Internet of Things* telah diterapkan di hampir semua aspek kehidupan setiap hari di semua perangkat elektronik yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari [3]. Penerapan *Internet of Things* yang sering terlihat dalam aktivitas sehari-hari adalah penerapan sistem *Internet of Things* pada kulkas, *remote control* TV, dan pada perangkat *smartphone* seperti aplikasi yang dapat menentukan rute tercepat menuju suatu tempat [4].

Definisi dari *Internet of Thing* telah dibahas dengan sangat luas dan banyak penelitian telah membahas topik ini. Dalam salah satu penelitian mengatakan pengertian dari *Internet of Things* adalah teknologi informasi *wireless* atau dapat juga menggunakan kabel yang terhubung ke aktuator dan sensor yang terintegrasi dalam suatu jaringan yang memiliki beberapa lapisan arsitektur [12]. Media penyimpanan juga disediakan untuk memperlancar kerja dari sensor dan aktuator, media penyimpanan dapat berupa *cloud* yang terhubung dengan internet [13]. Perkembangan *Internet of Things* difokuskan untuk membuat perangkat yang dapat melihat, mendengar, dan merasakan bau sehingga sistem dapat menganalisis data yang diperoleh dan dapat melakukan pengambilan keputusan dari data yang diperoleh [14].

Internet of Things juga banyak dikaitkan dengan pembahasan lain seperti sosial, ekonomi, fisika, ada juga pembahasan tentang *Internet of Things* yang memamsukkan *Internet of Things* dan penerapannya ke dalam kategori teknologi dan bisnis karena *Internet of Things* juga mempengaruhi dua kategori ini [15]. *Internet of Things* dapat diterapkan di banyak bidang termasuk transportasi, *healthcare*, industri, *Smart Home* hingga *Smart City* karena *Internet of Things* dapat menyediakan fasilitas komunikasi dan keamanan yang cerdas [16]. *Internet of Things* memiliki arsitektur yang bersifat fisik dan virtual, arsitektur fisik dapat berupa sensor, aktuator, unit control; sedangkan yang bersifat virtual dapat berupa *cloud* dan media komunikasi lainnya [17]. Dalam penelitian lain juga menghubungkan *Internet of Things* dengan banyak kata kunci seperti *Application*, *Architecture*, *Technologies*, *Cummunication*, *Security* dan *Challenge*, beberapa kata kunci di atas masih dapat dikembangkan kembali ke dalam pembahasan yang lebih spesifik [18].



Gambar 1. Penerapan Internet of Things

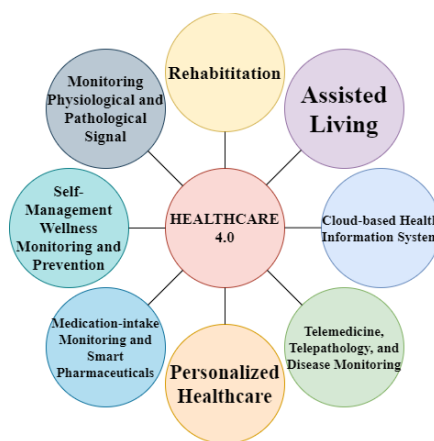
Dapat dilihat pada Gambar 1 penerapan *Internet of Things* mencakup hampir semua bidang kehidupan dan mengubah kebiasaan sehari-hari. Penerapan *Internet of Things* salah satunya dapat dilihat di bidang pertanian, hal ini dibahas dalam salah satu artikel yang membahas *Internet of Things* yang diterapkan di bidang pertanian dengan menggunakan sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan serta untuk mengondisikannya juga dan ada juga aplikasi yang dirancang untuk fitur pelengkap untuk membantu pertanian [19]. Selain pertanian, *Internet of Things* dapat diterapkan di rumah sehingga dapat

mengubah rumah menjadi *Smart Home* yang memiliki tujuan untuk memudahkan aktivitas yang dilakukan di lingkungan rumah dengan membuat aktivitas yang sebelumnya tidak otomatis menjadi otomatis [20].

Topik yang bisa dijangkau dan bisa diterapkan konsep *Internet of Things* masih sangat luas. Salah satu yang terlihat adalah di bidang *Smart Living*. *Smart Living* adalah istilah untuk sistem gaya hidup cerdas dengan tujuan meningkatkan kualitas hidup serta kesehatan dan keselamatan [21]. Salah satu penerapan dari sistem *Smart Living* adalah fitur kontrol pada lampu yang terkoneksi dengan internet, hal ini merupakan solusi untuk menghemat energi jika pengguna lupa mematikan lampu [22]. Penerapan *Internet of Things* dalam pemantauan kondisi *indoor* dapat diimplementasikan dengan menggunakan sensor dan *Smart Device* yang dapat mengirimkan data ke *cloud* sehingga kondisi ruangan dapat dipantau [23].

Manusia selalu melakukan pengembangan dan penelitian untuk mempermudah hidup dan membuat hidup lebih 'pintar' itulah mengapa istilah *Smart Living* diciptakan. Salah satu contoh perkembangan *Smart Living* yang dapat dilihat adalah perkembangan teknologi komunikasi yang sebelumnya menggunakan telepon konvensional, kini berkembang menjadi menggunakan *Smartphone* dan mempermudah komunikasi antar manusia [24]. Beberapa topik yang termasuk dalam konsep *Smart Living* adalah *Smart Service*, *Smart Some* dan *Smart Security*, karena topik-topik tersebut di atas membantu mempermudah dan juga berkontribusi pada kehidupan manusia [25]. Terapan *Smart Living* juga dapat meningkatkan kualitas kesehatan dan kenyamanan yang dibutuhkan di dalam ruangan seperti pengaturan suhu, kelembaban, gas dan kualitas udara dalam ruangan yang membuat tingkat kesehatan meningkat [26].

Internet of Things juga memiliki peran dalam bidang kesehatan, khususnya dalam sistem *Healthcare 4.0* yang memiliki definisi sistem kesehatan yang menerapkan konsep *Hi-tech* dan *Hi-touch*, serta menggunakan *cloud computing* dan menerapkan *Big Data*, *Artificial Intelligent*, *Machine Learning* dan *Blockchain* [27][28]. Fokus utama *Healthcare 4.0* adalah memberikan data kesehatan dan pelayanan Kesehatan secara *real-time* kepada pasien, perawat, dan tenaga medis. Sistem ini juga mengubah prinsip organisasi yang sebelumnya lebih berpusat pada fasilitas kesehatan menjadi berpusat pada pasien [29]. Di bidang *Healthcare 4.0* terdiri dari beberapa penerapan yang dapat dilihat di Gambar 2 [30].



Gambar 2. Healthcare 4.0 [30]

Pengaruh Internet of Things dalam sistem *Healthcare 4.0* terlihat pada peningkatan kualitas kesehatan sehingga jangkauannya dapat menjadi lebih luas, dan transisi sistem kesehatan ke digital dengan metode baru yang lebih efisien [31]. Salah satu contoh penerapan *Internet of Things* di bidang *healthcare* adalah dengan bantuan beberapa metode lain system dapat mengategorikan seberapa parah cedera kulit yang dialami oleh seseorang [32] dan penerapan lainnya, yaitu dengan menggunakan berbagai sensor yang bertujuan untuk mengetahui kondisi kesehatan pengguna dan dengan data ini system dapat memprediksi penyakit pengguna dengan menggunakan *Big Data* [33]. Penerapan lainnya

ada yang dengan menggunakan *Machine Learning* membuat sistem untuk mendeteksi penyakit seperti diabetes tipe 2 dan hipertensi [34]. Sistem prediksi penyakit dapat dibuat dengan menggunakan *Deep Learning* dalam bidang kesehatan. Namun, prediksi penyakit ini belum dapat mencapai tingkat akurasi 100%, sehingga masih membutuhkan peran ahli kesehatan untuk melakukan konsultasi dan diagnosa [35].

Perkembangan *Internet of Things* juga mempengaruhi revolusi sistem *Healthcare* menjadi sistem *Healthcare 4.0* yang bersifat efektif, efisien [5] dan *real-time* [6]. Pengembangan sistem *Healthcare 4.0* didukung oleh penerapan *Internet of Things* yang dapat mendukung sistem *Healthcare 4.0* di bidang *storage, security, operations, analysis, dan monitoring* [7]. Dalam artikel yang mengkaji penerapan *Internet of Things* di bidang *Healthcare*, disebutkan penerapannya dalam uji klinis acak yang dilakukan terhadap 357 pasien yang menjalani pengobatan kanker leher dan kepala menggunakan timbangan berat badan yang memiliki fitur *bluetooth* dan *sensor* tekanan darah untuk memantau pasien. Data tersebut digunakan untuk melakukan perawatan dan pengobatan untuk pasien tersebut. Penelitian ini mendapatkan hasil dengan menerapkan metode tersebut kondisi pasien menjadi lebih baik dan frekuensi serangan berkurang [8].

Penerapan *Internet of Things* di bidang kesehatan tidak hanya berada di bidang pengembangan sistem *Healthcare 4.0* saja. Penerapan *Internet of Things* di bidang kesehatan juga dapat dilihat pada topik *Smart home* [9]. Hal tersebut dikarenakan *Smart Home* dapat memberikan banyak manfaat di bidang kesehatan jika pengguna memiliki kesadaran untuk menerapkan sistem kesehatan pada sistem *Smart Home* yang digunakan [10]. Salah satu penerapan sistem *Smart Home* untuk meningkatkan kualitas kesehatan di rumah adalah fitur *Smart Home* untuk mengontrol kualitas udara di rumah. *Smart home* juga memiliki fitur untuk membuat lingkungan di luar rumah juga menjadi lebih baik, yaitu sistem *Home Energy Management* yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi dan pengendalian penggunaan listrik di rumah sehingga dapat mengurangi produksi emisi di pembangkit [11].

2. Metode

2.1. Big Data

Metode dan konsep yang digunakan bertujuan untuk mendukung dan mengembangkan sistem *Healthcare* yang telah disebutkan sebelumnya adalah *Big Data, Artificial Intelligence, Deep Learning Machine Learning, dan Blockchain*. Secara singkat *Big Data* dapat dijelaskan sebagai kumpulan data yang memiliki skala yang sangat besar yang tidak dapat diolah dengan menggunakan metode konvensional sehingga membutuhkan algoritma yang kompleks [36]. Dalam penelitian lain, definisi *Big Data* adalah logika untuk mengolah data digital yang penting dan memiliki ukuran yang sangat besar serta memiliki tujuh kriteria yaitu *Volume, Velocity, Variety, Veracity, Value, Variability, dan Visualization* [37]. *Big Data* sudah digunakan dan diterapkan dalam perawatan kesehatan untuk membantu operasi klinis, penelitian dan pengembangan obat, dan Perawatan Pribadi [38].

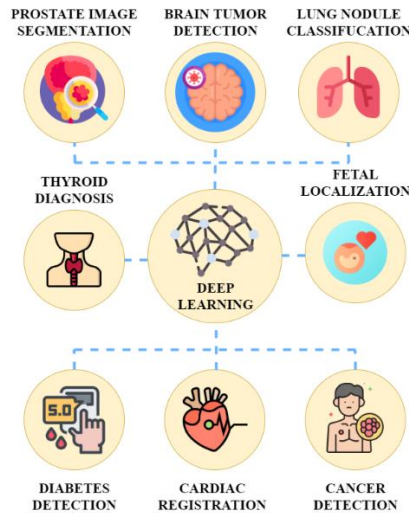
2.2. Artificial Intelligent (AI)

Metode lain yang disebutkan dan dapat digunakan untuk mengembangkan sistem *Healthcare* adalah *Artificial Intelligence (AI)*. Pada awalnya AI diperkenalkan dengan konsep awal yaitu komputer yang dapat menyelesaikan tugas-tugas yang membutuhkan kecerdasan dan dikemukakan oleh Alan Turing kemudian istilah AI sendiri dikemukakan oleh John McCarthy pada tahun 1956 pada konferensi Dartmouth [39]. AI di bidang kesehatan dapat digunakan untuk beberapa aspek seperti prediksi penyakit, diagnosis penyakit, anjuran pengobatan penyakit, dan semua itu dilakukan dengan algoritma saja [40]. Beberapa penerapan AI di bidang kesehatan yaitu AI digunakan untuk klasifikasi kanker kulit, mendeteksi aritmia, dan membuat diagnosis dengan akurasi yang cukup tinggi [41].

2.3. Deep Learning

Deep Learning adalah algoritma yang meniru fungsi otak manusia dalam mencerna informasi untuk pengambilan keputusan dengan mengolah input menggunakan filter berlapis yang berfungsi untuk memprediksi dan mengklasifikasikan data sehingga dapat menghasilkan output yang akurat [42]. *Deep*

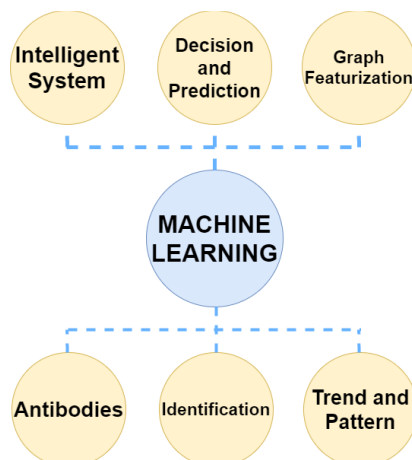
Learning memiliki beberapa proses untuk mengolah data yaitu arsitektur jaringan, proses *training*, *iterative inference*, proses *drawing* dan proses *output* [43]. *Deep Learning* juga dapat digunakan dalam topik kesehatan, beberapa kasus yang telah menggunakan metode ini adalah pencitraan medis untuk klasifikasi *Alzheimer*, deteksi kanker paru-paru, deteksi penyakit retina [44][43]. Beberapa penerapan *Deep Learning* dalam *Healthcare* dijelaskan in Gambar 3.



Gambar 3. Penerapan *Deep Learning* di *Healthcare* [43]

2.4. Machine Learning

Machine Learning mulai berkembang pesat sejak tahun 2006 karena Hinton menggunakan strategi *pre-training Greedy Layer* untuk melatih *Deep Belief Network (DBN)* [45]. *Machine Learning* merupakan salah satu metode kecerdasan buatan yang dapat membantu komputer dalam memodelkan suatu masalah berdasarkan pengalaman atau pembelajaran yang berupa data sampel dan dapat memprediksi hal-hal yang akan terjadi di masa yang akan datang. *Machine Learning* terbagi menjadi 2 yaitu pembelajaran terawasi menggunakan teknik jaringan syaraf tiruan, mesin vektor pendukung, dan pohon keputusan dan ada pembelajaran tanpa pengawasan menggunakan teknik *k-means* [46]. *Machine Learning* telah digunakan di bidang *Healthcare* dan terbukti bermanfaat, bahkan di masa pandemi COVID-19 *Machine Learning* dapat digunakan untuk mengurangi dampak pandemi ini [47]. Peran *Machine Learning* dalam pandemi dijelaskan dalam Gambar 4.

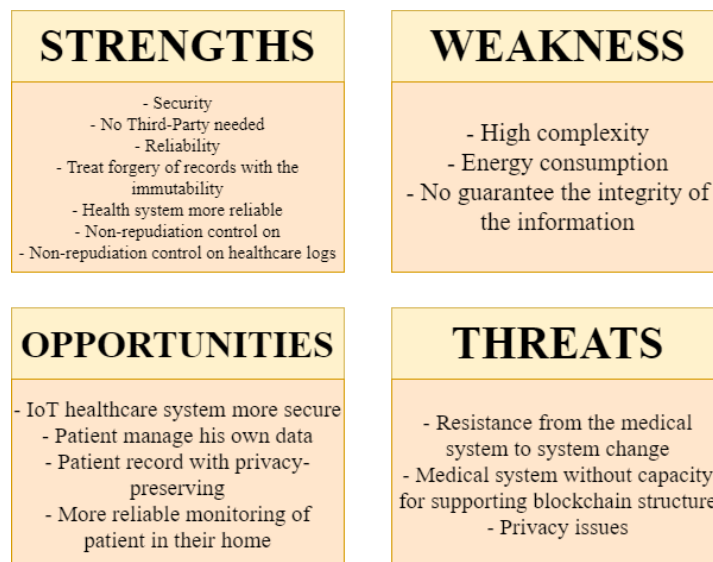


Gambar 4. Peran *Machine Learning* dalam Menangani Pandemi [47]

Gambar 3 menunjukkan beberapa faktor yang dapat dilakukan dengan Machine Learning untuk membantu mengurangi dampak pandemi Covid-19. *Machine Learning* dapat mengidentifikasi masalah di bidang kesehatan hingga ekonomi yang muncul akibat pandemi COVID-19 dan *Machine Learning* dapat melakukan beberapa hal untuk memprediksi dampak di masa depan [47].

2.5. Blockchain

Blockchain merupakan teknologi yang dapat menyediakan sistem yang bersifat *traceability-transparency* dan *sustainability* [48]. *Blockchain* memiliki sifat *innovative, decentralized*, dan distributif, dapat menjaga kerahasiaan karena didukung oleh kriptografi, terintegritas, dan dapat menyediakan data dan semua transaksi karena data yang direkam tidak dapat dihapus atau diganti. *Blockchain* telah digunakan untuk beberapa sektor seperti perbankan, SC, operasional, *real estate, Healthcare*, catatan kesehatan elektronik, hak cipta, musik, dan energi terbarukan [49]. Dalam penerapan *Blockchain* pada topik *Healthcare*, meningkatkan integrasi jaringan untuk layanan kesehatan dan sistem keamanan data di dalamnya sehingga sistem internal agar sistem dapat berjalan dengan baik dan lebih terstruktur [50]. Dalam salah satu penelitian yang mengkaji penerapan *Blockchain* di bidang *Healthcare* mengemukakan beberapa keuntungan, peluang, kelemahan dan ancaman dari penerapan *Blockchain* dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Keuntungan, Kekurangan, Peluang dan Ancaman Penerapan Blockchain [51]

Penelitian ini menjelaskan kelebihan *Blockchain* dalam penerapan teknologi *Blockchain*, yaitu keamanan yang terjamin, tidak memerlukan pihak ketiga untuk bekerja [52], dapat diandalkan, tahan terhadap pemalsuan data, sistem yang sehat dan andal, dan dapat dikendalikan. Penelitian ini juga menyebutkan kekurangan, peluang yang masih dapat dikembangkan oleh sistem dan ancaman yang mungkin dihadapi sistem [51].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Peran Internet of Things dalam Pandemi COVID-19

3.1.1. Penerapan Internet of Things dalam Masa Pandemi

Internet of Things telah mengubah kebiasaan dan kehidupan sehari-hari manusia, termasuk di bidang kesehatan. Di bidang kesehatan terlihat bahwa pemeriksaan awal yang biasanya dilakukan oleh perawat atau dokter telah digantikan dengan penggunaan sensor yang berhubungan dengan kesehatan [53]. Salah satu kasus penerapan *Internet of Things* di bidang kesehatan adalah bagi pasien rawat jalan yang memiliki penyakit yang memerlukan pengawasan dan tidak menginap di fasilitas kesehatan. *Internet of*

Things memiliki fitur yang dapat diterapkan, yaitu melacak lokasi pasien dan sensor yang dipasang pada pasien sehingga jika diperlukan petugas kesehatan dapat mengetahui lokasi pasien. Data untuk memantau status kesehatan pasien [54]. Beberapa sensor yang dapat digunakan untuk memantau kondisi kesehatan adalah sensor yang dapat mendeteksi detak jantung, LM35 sebagai sensor suhu yang dapat mengukur suhu tubuh, dan sensor tekanan darah [55]. Pada penelitian lain, sensor Accelerometer, Sensor Respirasi, dan Sensor IR juga digunakan sebagai sensor tambahan untuk memantau kesehatan pasien dan dalam penelitian ini menghubungkan pembacaan sensor dengan *Mobile Apps* [56]. Dalam kasus lain, untuk memantau detak jantung pengguna yang tidak sakit atau sehat, digunakan pita pintar dan datanya terhubung ke *Mobile Apps* [57].

Peran *Internet of Things* dalam penanganan virus Covid-19 sangat jelas mempengaruhi kehidupan masyarakat, dapat diperhatikan dalam satu makalah yang membahas tentang pengaruh *Internet of Things* dalam pandemi Covid-19 membahas beberapa inovasi yang dirancang. Inovasi tersebut mulai dari pendeteksian gejala Covid-19 hingga peran *Internet of Things* dalam logistik selama pandemi. Inovasi-inovasi yang disebutkan dalam makalah ini adalah *smart thermometer*, *smart glasses*, *smart drone*, *autonomic swab test robots*, dan *Q-Bands* yang dapat terhubung dengan *smartphone*, *Smart Buttons*, *social robots* [58]. Penelitian serupa lainnya menjelaskan penerapan *Internet of Things* berupa pengembangan aplikasi untuk membantu mengurangi penyebaran virus ini. Aplikasi ini memiliki fitur pendeteksi lokasi pengguna dan penyimpanan data *rapid test* Covid-19 pengguna sehingga jika pengguna positif virus Covid-19 pergerakannya dapat dideteksi dan dengan data ini juga pengguna yang positif terinfeksi dapat dibatasi pergerakannya [59]. *Internet of Things* juga memiliki peran untuk pasien yang terinfeksi virus Covid-19, penelitian yang membahas tentang peran *Internet of Things* untuk pasien yang terinfeksi menjelaskan dengan sensor kategori kesehatan seperti sensor detak jantung, suhu tubuh dan tekanan darah digunakan oleh pasien dan sensor tersebut mengambil data pasien dan kemudian data dikirim ke rumah sakit atau dokter yang sebelumnya telah dipilih dan data ini digunakan untuk melakukan konsultasi [60][61].

3.2. *Smart Home dan Smart Grid serta Hubungannya dengan Healthcare*

3.2.1. *Definisi dan Penerapan dari Smart Home di Topik Healthcare*

Smart Home memiliki definisi tempat tinggal yang menerapkan sistem pintar dengan bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan [10]. *Smart Home* menjamin kelangsungan sistem dan perkembangan yang lebih luas untuk meningkatkan kenyamanan penghuni rumah [62]. Berbagai fitur yang dimiliki *Smart Home* adalah memonitoring kondisi rumah. Fitur ini dikembangkan dengan *Mobile Apps* sehingga pengguna dapat memantau perangkat pintar yang terpasang di rumah meskipun jauh dari rumah selama *Smart Device* terhubung dengan internet dan pengguna juga terhubung ke internet. *Monitoring* rumah dapat dilakukan dengan WSN yang harus dimiliki oleh *Smart Home*, WSN tersebut saling berkomunikasi dan terhubung dengan node yang dapat melakukan pengolahan data secara lokal. [63].

Perangkat pintar yang dipasang di rumah bisa berupa *smart lighting* [64], *smart air conditioner* [65], *smart security system* seperti *smart cctv* [66][67], *smart fire alarm* [68], *smart switch*, *smart air quality control* [69]. Perangkat pintar tersebut meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan kualitas hidup penghuni rumah. Hal ini dapat terjadi karena fitur yang disediakan oleh perangkat yang disebutkan memberikan peningkatan fungsi rumah mulai dari peningkatan keamanan hingga efisiensi energi.

Smart Lighting merupakan salah satu fitur dari *Smart Home* yang dapat menjaga kualitas kesehatan penghuni rumah. *Smart Lighting* dirancang untuk membuat kondisi pencahayaan dalam lingkungan rumah menjadi nyaman bagi penghuni rumah karena kondisi pencahayaan mempengaruhi kesehatan fisik dan psikis [70]. Sistem *Smart Lighting* meningkatkan kualitas cahaya dan efisiensi penggunaan listrik, hal ini dapat terjadi karena penggunaan teknologi pencahayaan yang memiliki konsumsi daya kecil seperti LED tetapi meningkatkan kualitas pencahayaan dan fitur lain yang dapat meningkatkan penghematan energi listrik. Karena pengguna dapat menghidupkan dan mematikan lampu dalam jarak jauh bila penghuni lupa mematikan lampu atau tidak berada dalam rumah dalam waktu yang lama [71]. Sistem lain yang dapat diterapkan dalam *Smart Lighting* adalah lampu akan menyala saat pengguna berada di dekat lampu atau di dalam ruangan dan lampu akan mati bila pengguna meninggalkan ruangan

[72]. Dengan menerapkan sistem *Smart Lighting*, pengguna dapat menghemat pengeluaran listrik dari 17% hingga 60% [73].

Smart Home juga bisa mencakup bidang kesehatan karena dalam fitur *Smart Home* terdapat fitur yang berhubungan dengan *Healthcare* [74]. Sistem *Smart Home* menyediakan sistem *Healthcare* yang berkelanjutan untuk menciptakan lingkungan yang cocok untuk aktivitas yang sehat bagi penghuni rumah mulai dari penghuni muda dan lanjut usia [75]. Salah satu penerapannya adalah sistem *Healthcare* untuk memantau lansia, sistem ini bekerja dengan menggunakan sensor. Sensor kesehatan ini ditujukan untuk lansia dan bekerja dengan cara membaca data pengguna seperti detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh lalu mengirimkan data ke pengguna dan lansia tersebut agar pengguna dan lansia mengetahui kondisi kesehatan lansia yang tinggal di rumah tersebut [76]. Studi lain yang ditemukan dalam makalah adalah penggunaan sensor serupa untuk data pemeriksaan umum dan pengiriman dokter untuk melakukan pemeriksaan jarak jauh, dari data ini dokter dapat membuat diagnosis terkait dengan kondisi kesehatan pasien kemudian dilanjutkan dengan konsultasi [77].

Kualitas kesehatan tidak lepas dari faktor kualitas udara. Sistem *Smart Home* juga dapat berperan dalam menjaga dan memantau kualitas udara di lingkungan rumah. Salah satu indikator rumah sehat adalah kualitas udara yang baik, kualitas udara dapat dikatakan baik jika udara memenuhi beberapa syarat, kondisi suhu 20 sampai 23 derajat Celcius, kelembaban 20% - 30% dan kandungan debu maksimal di dalam udara adalah 0,15 mg/m³ [78]. Partikel di udara dibagi menjadi beberapa kategori menurut ukuran partikelnya yaitu partikel PM₁₀ berukuran 10 mikron, PM_{2.5} berukuran 2,5 mikron dan *Ultra-Fine Particulate Matter* atau UFPM berukuran 0,1 mikron [79]. Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas udara adalah PPD42 yang dapat mendeteksi partikel debu di udara, dan juga terdapat sensor gas untuk mendeteksi konsentrasi gas di udara [80].

Dalam sebuah penelitian yang telah dilakukan di China yang menunjukkan hubungan kualitas udara dengan kualitas hidup, penelitian ini mengatakan bahwa kualitas udara yang lebih tinggi akan meningkatkan kualitas kesehatan dan harapan hidup penduduk negara tersebut [81]. Pentingnya kualitas udara di rumah atau tempat kerja dalam ruangan juga mempengaruhi kesehatan karena sebagian besar aktivitas dilakukan di dalam ruangan, dalam sebuah penelitian mengatakan bahwa 90% aktivitas dilakukan di dalam ruangan [82]. Untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan, dapat digunakan sistem *Heating, Ventilation and Air Conditioning* (HVAC) [83].

3.2.2. Penerapan dan Studi Kasus Pendukung

Dalam penelitian ini sudah dibahas mengenai beberapa penerapan yang mendukung penelitian ini dan sudah diterapkan. Mulai dari beberapa inovasi *Internet of Things* yang dikembangkan untuk menangani pandemi ini dan inovasi ini berhasil membantu penanganan pandemi [84]. Penerapan dalam salah satu penelitian ditujukan untuk menangani pasien Covid-19 yang tidak dapat berkonsultasi kepada dokter secara langsung. Pasien dapat konsultasi secara daring menggunakan aplikasi dan dengan penggunaan beberapa sensor kesehatan yang dirancang dokter dapat mengetahui *indicator* kesehatan dari pasien tersebut untuk melakukan pengambilan keputusan [101].

Perkembangan *Smart Home* juga dapat dilihat dari salah satu penelitian yang merancang *remote control* untuk mengontrol peralatan rumah tangga menggunakan VR (*Virtual Reality*). Penelitian ini memodelkan rumah dengan menggunakan *software unity* lalu pengguna dapat menjelajahi rumah menggunakan VR. Pengguna dapat melihat peralatan rumah tangga apa saja yang aktif dan dapat menghidupkan dan mematikan peralatan yang diinginkan [86]. Penelitian di *paper* lain yang berhubungan dengan sistem *healthcare* mengangkat salah satu masalah yang sering terjadi yaitu penghuni rumah terjatuh dan tidak ada yang sadar sehingga pertolongan yang didapatkan terlambat. Penelitian ini merancang sensor yang dapat mendeteksi ketika penghuni rumah terjatuh akan memberikan pemberitahuan kepada penghuni rumah yang lain sehingga segera dapat melakukan pertolongan [87]. Semua fitur *Smart Home* dapat dilakukan dengan koneksi internet atau jaringan seperti Wi-Fi [104].

4. Kesimpulan

Internet of Things adalah topik yang sangat luas dari berbagai penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa *Internet of Things* telah mengubah aktivitas manusia sehari-hari. *Internet of Things* memudahkan dan membuat kualitas hidup dan kualitas kesehatan manusia meningkat dengan menggunakan fitur *Smart Home*. Pada sistem *Smart Home*, aktivitas kehidupan penghuni rumah dipermudah dengan adanya otomatisasi di beberapa peralatan rumah tangga, sistem keamanan juga ditingkatkan dengan penggunaan sistem *Smart Home*. Beberapa fitur *Smart Home* untuk meningkatkan kesehatan di rumah juga dibahas dalam artikel ini salah satunya adalah mengatur dan memantau kualitas udara dalam ruangan. Selain *Smart Home*, ada juga *Smart Grid* yang dapat meningkatkan tingkat kesehatan di *outdoor*. *Smart Grid* memiliki berbagai fitur yang dapat membuat konsumsi listrik menjadi lebih efektif dan efisien sehingga penghamburan listrik menjadi berkurang. *Smart Grid* juga menggunakan sumber listrik berupa energi baru dan terbarukan, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan mengurangi produksi emisi. Hal ini membuat kualitas lingkungan menjadi lebih baik dan dapat mengurangi dampak perubahan iklim (*Climate Change*). Artikel ini difokuskan kepada pembahasan penggunaan *Internet of Things* untuk meningkatkan kualitas kesehatan *indoor* dengan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan *outdoor* dengan menekan pemborosan listrik dan produksi emisi. Pembahasan penelitian ini masih dapat diperluas lebih lanjut untuk memperdalam pembahasan masing-masing algoritma dan metode yang digunakan, seperti penggunaan *Artificial Intelligent*, *Machine Learning*, *Deep Learning*, dan *Blockchain* yang memungkinkan untuk diulas pada penelitian selanjutnya. Selain itu masih ada beberapa topik yang sedang ramai dibahas yaitu *Climate Change* dan salah satu solusinya dapat berhubungan dengan penggunaan *Smart Home* dan *Smart Grid* yang dapat diulas di penelitian selanjutnya.

Referensi

- [1] S. Ghorpade, M. Zennaro, and B. Chaudhari, "Survey of localization for internet of things nodes: Approaches, challenges and open issues," *Future Internet*, vol. 13, no. 8. MDPI AG, Aug. 01, 2021. doi: 10.3390/fi13080210.
- [2] E. B. Hansen and S. Bøgh, "Artificial intelligence and internet of things in small and medium-sized enterprises: A survey," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 58, pp. 362–372, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2020.08.009.
- [3] W. Zhou, Y. Jia, A. Peng, Y. Zhang, and P. Liu, "The effect of IoT new features on security and privacy: New threats, existing solutions, and challenges yet to be solved," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 1606–1616, Apr. 2019, doi: 10.1109/JIOT.2018.2847733.
- [4] A. A. Laghari, K. Wu, R. A. Laghari, M. Ali, and A. A. Khan, "A Review and State of Art of Internet of Things (IoT)," *Archives of Computational Methods in Engineering*, Jul. 2021, doi: 10.1007/s11831-021-09622-6.
- [5] S. Paul *et al.*, "Industry 4.0 applications for medical/healthcare services," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 10, no. 3. MDPI AG, Sep. 01, 2021. doi: 10.3390/jsan10030043.
- [6] G. L. Tortorella, T. A. Saurin, F. S. Fogliatto, V. M. Rosa, L. M. Tonetto, and F. Magrabi, "Impacts of Healthcare 4.0 digital technologies on the resilience of hospitals," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 166, May 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2021.120666.
- [7] P. Sridhar Addepalli, P. S. Addepalli, and K. M. Tenneti, "Role of Big data in HealthCare and Internet of Things: A Detailed Bibliometric Survey," 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-970800/v1.
- [8] T. Jabeen, H. Ashraf, and A. Ullah, "A survey on healthcare data security in wireless body area networks," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 12, no. 10, pp. 9841–9854, Oct. 2021, doi: 10.1007/s12652-020-02728-y.
- [9] W. Li, T. Yigitcanlar, I. Erol, and A. Liu, "Motivations, barriers and risks of smart home adoption: From systematic literature review to conceptual framework," *Energy Research and Social Science*, vol. 80. Elsevier Ltd, Oct. 01, 2021. doi: 10.1016/j.erss.2021.102211.
- [10] D. Marikyan, S. Papagiannidis, and E. Alamanos, "A systematic review of the smart home literature: A user perspective," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 138, pp. 139–154, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.techfore.2018.08.015.

- [11] A. Akbari-Dibavar, S. Nojavan, B. Mohammadi-Ivatloo, and K. Zare, "Smart home energy management using hybrid robust-stochastic optimization," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 143, May 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106425.
- [12] W. Kassab and K. A. Darabkh, "A–Z survey of Internet of Things: Architectures, protocols, applications, recent advances, future directions and recommendations," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 163, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jnca.2020.102663.
- [13] X. Wang, X. Mao, and H. Khodaei, "A multi-objective home energy management system based on internet of things and optimization algorithms," *Journal of Building Engineering*, vol. 33, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101603.
- [14] M. Sarika, A. Korade, V. Kotak, and M. A. Durafe, "A Review Paper on Internet of Things(IoT) and its Applications," *International Research Journal of Engineering and Technology*, p. 1623, 2008, [Online]. Available: www.irjet.net
- [15] Z. Lv and A. K. Singh, "Big Data Analysis of Internet of Things System," *ACM Transactions on Internet Technology*, vol. 21, no. 2, 2021, doi: 10.1145/3389250.
- [16] A. Ahmed *et al.*, "Internet of Things and Smart Home Security Related papers Building Smart Cities Applications based on IoT Technologies: A Review Diyar Q Zeebaree Systematic Survey on Smart Home Safety and Security Systems Using the Arduino Platform Qusay Idrees Sarhan RESTful Web Services Based Communication for Smart Home Smart phone Systems Internet of Things and Smart Home Security," 2020.
- [17] P. Akbary, M. Ghiasi, M. R. R. Pourkheranjani, H. Alipour, and N. Ghadimi, "Extracting Appropriate Nodal Marginal Prices for All Types of Committed Reserve," *Computational Economics*, vol. 53, no. 1, Jan. 2019, doi: 10.1007/s10614-017-9716-2.
- [18] A. H. Mohd Aman, E. Yadegaridehkordi, Z. S. Attarbashi, R. Hassan, and Y. J. Park, "A Survey on Trend and Classification of Internet of Things Reviews," *IEEE Access*, vol. 8. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 111763–111782, 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3002932.
- [19] A. Villa-Henriksen, G. T. C. Edwards, L. A. Pesonen, O. Green, and C. A. G. Sørensen, "Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential," *Biosystems Engineering*, vol. 191. Academic Press, pp. 60–84, Mar. 01, 2020. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013.
- [20] H. Zemrane, Y. Baddi, and A. Hasbi, "Internet of Things Smart Home Ecosystem," in *Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 242, Springer International Publishing, 2020, pp. 101–125. doi: 10.1007/978-3-030-22773-9_8.
- [21] A. Kirimtat, O. Krejcar, A. Kertesz, and M. F. Tasgetiren, "Future Trends and Current State of Smart City Concepts: A Survey," *IEEE Access*, vol. 8. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 86448–86467, 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2992441.
- [22] Prof. Sathish and Dr. S. Smys, "A Survey on Internet of Things (IoT) based Smart Systems," *Journal of ISMAC*, vol. 2, no. 4, pp. 181–189, Sep. 2020, doi: 10.36548/jismac.2020.4.001.
- [23] S. Alani, S. N. Mahmood, S. Z. Attaallah, H. S. Mhmood, Z. A. Khudhur, and A. A. Dhannoon, "IoT based implemented comparison analysis of two well-known network platforms for smart home automation," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 442–450, Feb. 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i1.pp442-450.
- [24] A. S. K. Pathan, Z. M. Fadlullah, S. Choudhury, and M. Guerroumi, "Internet of Things for smart living," *Wireless Networks*, vol. 27, no. 6. Springer, pp. 4293–4295, Aug. 01, 2021. doi: 10.1007/s11276-019-01970-3.
- [25] M. Fischer, D. Heim, A. Hofmann, C. Janiesch, C. Klima, and A. Winkelmann, "A taxonomy and archetypes of smart services for smart living," *Electronic Markets*, vol. 30, no. 1, pp. 131–149, Mar. 2020, doi: 10.1007/s12525-019-00384-5.
- [26] W. L. Hsu *et al.*, "Establishment of smart living environment control system," *Sensors and Materials*, vol. 32, no. 1, pp. 183–195, 2020, doi: 10.18494/SAM.2020.2581.

- [27] S. Tanwar, K. Parekh, and R. Evans, "Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications," *Journal of Information Security and Applications*, vol. 50, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.jisa.2019.102407.
- [28] A. Kishor and C. Chakraborty, "Artificial Intelligence and Internet of Things Based Healthcare 4.0 Monitoring System," *Wireless Personal Communications*, 2021, doi: 10.1007/s11277-021-08708-5.
- [29] G. L. Tortorella, F. S. Fogliatto, A. mac Cawley Vergara, R. Vassolo, and R. Sawhney, "Healthcare 4.0: trends, challenges and research directions," *Production Planning and Control*, vol. 31, no. 15, pp. 1245–1260, Nov. 2020, doi: 10.1080/09537287.2019.1702226.
- [30] G. Aceto, V. Persico, and A. Pescapé, "Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare 4.0," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 18. Elsevier B.V., Jun. 01, 2020. doi: 10.1016/j.jii.2020.100129.
- [31] J. T. Kelly, K. L. Campbell, E. Gong, and P. Scuffham, "The Internet of Things: Impact and Implications for Health Care Delivery," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 22, no. 11. JMIR Publications Inc., Nov. 01, 2020. doi: 10.2196/20135.
- [32] K. Islam, C. Kaushal, and M. al Amin, "Smart Home-Healthcare for Skin Lesions Classification with IoT Based Data Collection Device. A Five Factor Model of Online Purchase Decision: A Study on Bikroy.Com, Bangladesh View project Breast Cancer diagnosis using histopathological images View project Smart Home-Healthcare for Skin Lesions Classification with IoT Smart Home-Healthcare for Skin Lesions Classification with IoT Based Data Collection Device. Based Data Collection Device," 2021, doi: 10.36227/techrxiv.16870729.
- [33] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Proceedings of the 2020 International Conference on Advances in Computing & Communication Engineering (ICACCE-2020) : 22-24 June 2020, Las Vegas, Nevada, United States*.
- [34] S. P. Charati *et al.*, "Smart home health monitoring system for predicting type 2 diabetes and hypertension," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.01.010.
- [35] M. Usak, M. Kubiak, M. S. Shabbir, O. V. Dudnik, K. Jermsittiparsert, and L. Rajabion, "Health care service delivery based on the Internet of things: A systematic and comprehensive study," *International Journal of Communication Systems*, vol. 33, no. 2, Jan. 2020, doi: 10.1002/dac.4179.
- [36] J. Wang, Y. Yang, T. Wang, R. Simon Sherratt, and J. Zhang, "Big data service architecture: A survey," *Journal of Internet Technology*, vol. 21, no. 2. Taiwan Academic Network Management Committee, pp. 393–405, 2020. doi: 10.3966/160792642020032102008.
- [37] G. T. Reddy *et al.*, "Analysis of Dimensionality Reduction Techniques on Big Data," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 54776–54788, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2980942.
- [38] Z. Lv and L. Qiao, "Analysis of healthcare big data," *Future Generation Computer Systems*, vol. 109, pp. 103–110, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.future.2020.03.039.
- [39] Y. Park, G. P. Jackson, M. A. Foreman, D. Gruen, J. Hu, and A. K. Das, "Evaluating artificial intelligence in medicine: Phases of clinical research," *JAMIA Open*, vol. 3, no. 3. Oxford University Press, pp. 326–331, 2020. doi: 10.1093/JAMIAOPEN/OOAA033.
- [40] V. Kaul, S. Enslin, and S. A. Gross, "History of artificial intelligence in medicine," *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 92, no. 4. Mosby Inc., pp. 807–812, Oct. 01, 2020. doi: 10.1016/j.gie.2020.06.040.
- [41] J. Varghese, "Artificial intelligence in medicine: Chances and challenges for wide clinical adoption," *Visceral Medicine*, vol. 36, no. 6. S. Karger AG, pp. 443–449, Dec. 01, 2020. doi: 10.1159/000511930.
- [42] S. Bhattacharya *et al.*, "Deep learning and medical image processing for coronavirus (COVID-19) pandemic: A survey," *Sustainable Cities and Society*, vol. 65, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2020.102589.

- [43] Y. Fu, Y. Lei, T. Wang, W. J. Curran, T. Liu, and X. Yang, "Deep learning in medical image registration: A review," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 65, no. 20. IOP Publishing Ltd, Oct. 21, 2020. doi: 10.1088/1361-6560/ab843e.
- [44] R. J. S. Raj, S. J. Shobana, I. V. Pustokhina, D. A. Pustokhin, D. Gupta, and K. Shankar, "Optimal feature selection-based medical image classification using deep learning model in internet of medical things," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 58006–58017, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2981337.
- [45] Y. Lei, B. Yang, X. Jiang, F. Jia, N. Li, and A. K. Nandi, "Applications of machine learning to machine fault diagnosis: A review and roadmap," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 138. Academic Press, Apr. 01, 2020. doi: 10.1016/j.ymsp.2019.106587.
- [46] A. Dogan and D. Birant, "Machine learning and data mining in manufacturing," *Expert Systems with Applications*, vol. 166. Elsevier Ltd, Mar. 15, 2021. doi: 10.1016/j.eswa.2020.114060.
- [47] S. Kushwaha *et al.*, "Significant applications of machine learning for covid-19 pandemic," *Journal of Industrial Integration and Management*, vol. 5, no. 4, pp. 453–479, Dec. 2020, doi: 10.1142/S2424862220500268.
- [48] M. Kouhizadeh, S. Saberi, and J. Sarkis, "Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers," *International Journal of Production Economics*, vol. 231, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107831.
- [49] P. Dutta, T. M. Choi, S. Somani, and R. Butala, "Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 142, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.tre.2020.102067.
- [50] A. Khatoun, "A blockchain-based smart contract system for healthcare management," *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.3390/electronics9010094.
- [51] E. J. de Aguiar, B. S. Faical, B. Krishnamachari, and J. Ueyama, "A Survey of Blockchain-Based Strategies for Healthcare," *ACM Computing Surveys*, vol. 53, no. 2. Association for Computing Machinery, Jun. 01, 2020. doi: 10.1145/3376915.
- [52] A. Tandon, A. Dhir, N. Islam, and M. Mäntymäki, "Blockchain in healthcare: A systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda," *Computers in Industry*, vol. 122, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.compind.2020.103290.
- [53] P. Valsalan, T. A. B. Baomar, and A. H. O. Baabood, "IoT based health monitoring system," *Journal of Critical Reviews*, vol. 7, no. 4, pp. 739–743, 2020, doi: 10.31838/jcr.07.04.137.
- [54] C. R. Srinivasan, G. Charan, and P. C. S. Babu, "An IoT based SMART patient health monitoring system," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 18, no. 3, pp. 1657–1664, 2020, doi: 10.11591/ijeecs.v18.i3.pp1657-1664.
- [55] M. P. Savaridass, N. Ikram, R. Deepika, and R. Aarnika, "Development of smart health monitoring system using Internet of Things," in *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 45, pp. 986–989. doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.046.
- [56] D. Sam, S. Srinidhi, V. R. Niveditha, S. Amudha, and D. Usha, "Progressed IOT Based Remote Health Monitoring System Monitoring and analysis of the recovery rate of Covid-19 positive cases to prevent dangerous stage using IoT and sensors View project detection of malware attack in smartphones using machine learning View project Progressed IOT Based Remote Health Monitoring System," *International Journal of Control and Automation*, vol. 13, no. 2s, pp. 268–273, 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/342149165>
- [57] N. Xiao, W. Yu, and X. Han, "Wearable heart rate monitoring intelligent sports bracelet based on Internet of things," *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 164, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.measurement.2020.108102.
- [58] A. Castiglione, M. Umer, S. Sadiq, M. S. Obaidat, and P. Vijayakumar, "The Role of Internet of Things to Control the Outbreak of COVID-19 Pandemic," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 21, pp. 16072–16082, Nov. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3070306.
- [59] R. P. Singh, M. Javaid, A. Haleem, and R. Suman, "Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic," *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, vol. 14, no. 4, pp. 521–524, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.dsx.2020.04.041.

- [60] M. Javaid and I. H. Khan, "Internet of Things (IoT) enabled healthcare helps to take the challenges of COVID-19 Pandemic," *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, vol. 11, no. 2, pp. 209–214, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jobcr.2021.01.015.
- [61] J. Oyeniyi, I. Kazeem, O. A. Oyeniran, L. Omotosho, I. Ogundoyin, and O. Oyeniran, "Application of Internet of Things (IoT) To Enhance the Fight against Covid-19 Pandemic Design and Implementation of Computerized Student Attendance System using Facial Recognition View project Deep Learning View project Application of Internet of Things (IoT) To Enhance the Fight against Covid-19 Pandemic," 2020. [Online]. Available: <http://www.ijmsat.com>
- [62] B. K. Sovacool and D. D. Furszyfer Del Rio, "Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 120. Elsevier Ltd, Mar. 01, 2020. doi: 10.1016/j.rser.2019.109663.
- [63] B. L. Risteska Stojkoska and K. v. Trivodaliev, "A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions," *Journal of Cleaner Production*, vol. 140. Elsevier Ltd, pp. 1454–1464, Jan. 01, 2017. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.006.
- [64] S. Tang, V. Kalavally, K. Y. Ng, and J. Parkkinen, "Development of a prototype smart home intelligent lighting control architecture using sensors onboard a mobile computing system," *Energy and Buildings*, vol. 138, pp. 368–376, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.12.069.
- [65] M. Taştan and H. Gökozan, "An Internet of Things Based Air Conditioning and Lighting Control System for Smart Home," *American Scientific Research Journal for Engineering*, [Online]. Available: <http://asrjetsjournal.org/>
- [66] M. N. M. Razali, N. A. Abdul-Kadir, and J. Kasim, "Smart Home Security with Dual Modes," in *2020 IEEE Student Conference on Research and Development, SCORED 2020*, Sep. 2020, vol. 2020-January, pp. 453–458. doi: 10.1109/SCORED50371.2020.9383185.
- [67] P. W. Khan, Y. C. Byun, and N. Park, "A data verification system for cctv surveillance cameras using blockchain technology in smart cities," *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, no. 3, Mar. 2020, doi: 10.3390/electronics9030484.
- [68] F. Saeed, A. Paul, A. Rehman, W. H. Hong, and H. Seo, "IoT-Based intelligent modeling of smart home environment for fire prevention and safety," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 7, no. 1, Mar. 2018, doi: 10.3390/jsan7010011.
- [69] A. Schieweck *et al.*, "Smart homes and the control of indoor air quality," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 94. Elsevier Ltd, pp. 705–718, Oct. 01, 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.05.057.
- [70] Y. Cho *et al.*, "Platform design for lifelog-based smart lighting control," *Building and Environment*, vol. 185, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107267.
- [71] M. Fächtenhans, E. H. Grosse, and C. H. Glock, "Smart lighting systems: state-of-the-art and potential applications in warehouse order picking," *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 12. Taylor and Francis Ltd., pp. 3817–3839, 2021. doi: 10.1080/00207543.2021.1897177.
- [72] T. A. Khoa *et al.*, "Designing Efficient Smart Home Management with IoT Smart Lighting: A Case Study," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8896637.
- [73] B. Zandi, A. Eissfeldt, A. Herzog, and T. Q. Khanh, "Melanopic limits of metamer spectral optimisation in multi-channel smart lighting systems," *Energies*, vol. 14, no. 3, Feb. 2021, doi: 10.3390/en14030527.
- [74] H. J. Kang, J. Han, and G. H. Kwon, "Determining the intellectual structure and academic trends of smart home health care research: Coword and topic analyses," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 23, no. 1. JMIR Publications Inc., Jan. 01, 2021. doi: 10.2196/19625.
- [75] A. R. Javed *et al.*, "Automated cognitive health assessment in smart homes using machine learning," *Sustainable Cities and Society*, vol. 65, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2020.102572.

- [76] M. Alaa, A. A. Zaidan, B. B. Zaidan, M. Talal, and M. L. M. Kiah, "A review of smart home applications based on Internet of Things," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 97. Academic Press, pp. 48–65, Nov. 01, 2017. doi: 10.1016/j.jnca.2017.08.017.
- [77] V. S. Naresh, S. Reddi, N. V. E. S. Murthy, and Z. Guessoum, "Secure Lightweight IoT Integrated RFID Mobile Healthcare System," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/1468281.
- [78] P. Wolkoff, "Indoor air humidity, air quality, and health – An overview," *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 221, no. 3. Elsevier GmbH, pp. 376–390, Apr. 01, 2018. doi: 10.1016/j.ijheh.2018.01.015.
- [79] D. A. Glencross, T. R. Ho, N. Camiña, C. M. Hawrylowicz, and P. E. Pfeffer, "Air pollution and its effects on the immune system," *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 151. Elsevier Inc., pp. 56–68, May 01, 2020. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.01.179.
- [80] L. Morawska *et al.*, "Applications of low-cost sensing technologies for air quality monitoring and exposure assessment: How far have they gone?," *Environment International*, vol. 116. Elsevier Ltd, pp. 286–299, Jul. 01, 2018. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.018.
- [81] J. Huang, X. Pan, X. Guo, and G. Li, "Health impact of China's Air Pollution Prevention and Control Action Plan: an analysis of national air quality monitoring and mortality data," *The Lancet Planetary Health*, vol. 2, no. 7, pp. e313–e323, Jul. 2018, doi: 10.1016/S2542-5196(18)30141-4.
- [82] V. van Tran, D. Park, and Y. C. Lee, "Indoor air pollution, related human diseases, and recent trends in the control and improvement of indoor air quality," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 8. MDPI AG, Apr. 02, 2020. doi: 10.3390/ijerph17082927.
- [83] C. Xu *et al.*, "The decay of airborne bacteria and fungi in a constant temperature and humidity test chamber," *Environment International*, vol. 157, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.envint.2021.106816.
- [84] E. I. Pascu-Gabara and A. Cepoi, "Innovative solutions to overcome the health services crisis within the Covid-19 era," *IBIMA Business Review*, vol. 2021, 2021, doi: 10.5171/2021.907184.
- [85] M. H. Ismael and A. T. Maolood, "Developing modern system in healthcare to detect COVID 19 based on Internet of Things," *Materials Today: Proceedings*, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.694.
- [86] Y. Zhang and X. Yin, "Design of Remote Control System for Smart Home Based on Unity and the Internet of Thing," in *Journal of Physics: Conference Series*, Feb. 2021, vol. 1744, no. 2. doi: 10.1088/1742-6596/1744/2/022099.
- [87] S. Shafi and D. J. Mallinson, "The potential of smart home technology for improving healthcare: a scoping review and reflexive thematic analysis," *Housing and Society*, 2021, doi: 10.1080/08882746.2021.1989857.
- [88] C. Stolojescu-Crisan, C. Crisan, and B. P. Butunoi, "An iot-based smart home automation system," *Sensors*, vol. 21, no. 11, Jun. 2021, doi: 10.3390/s21113784.